

**REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DEL VERBANO CUSIO OSSOLA
COMUNE DI FALMENTA**

**DERIVAZIONE D'ACQUA DAL TORRENTE FALMENTA PER LA
PRODUZIONE DI ENERGIA IDROELETTRICA**

Committente:

Officine Lorenzina S.r.l.
via della Stazione 18 , MASERA (VB)

**PROCEDIMENTO UNICO
AI SENSI DELL'ART. 12 D.LGS 387/2003**

**Relazione con integrazioni richieste in sede di
TERZA conferenza dei servizi**

GIUGNO 2017

Aggiorn.

**Ing. LALOMIA DARIO
P.zza Mercato,32
28845 Domodossola**

INDICE

INDICE	1
Premessa	2
Valori caratteristici della curva di durata delle portate.....	2
.....	4
Considerazioni sul Deflusso Minimo Vitale	7
Riepilogo caratteristiche idrologiche	12
Valutazione di coerenza con le “Linee Guida Regionali”	13
Dimensionamento idraulico delle opere di captazione.....	22
Misura della portata derivata (secondo i disposti della DPGR 7/R).....	23
Dimensionamento della luce a stramazzo per il rilascio del DMV	23
Calcolo dello stramazzo per il controllo visivo del rilascio del DMV	25
Misura della portata rilasciata (secondo i disposti della DPGR 7/R).....	25
Confronto sintetico tra resistenza del terreno di fondazione ed azioni sulla costruzione (Titolo 2.3 del D.M. 16.01.2008, verifica di sicurezza).....	26

Premessa

A seguito della terza conferenza dei servizi svoltasi presso gli uffici della Provincia del VCO in data 16/02/2017 si è resa necessaria una revisione di alcuni aspetti progettuali al fine di ottemperare alle osservazioni della Commissione Locale del Paesaggio e di Arpa Piemonte.

Proprio nell'ottica di un miglioramento ambientale del progetto si sono applicati correttivi a diversi aspetti sia di carattere visivo e di inserimento nel contesto ambientale sia parametrici di carattere idrologico.

Per quanto riguarda gli aspetti di inserimento paesaggistico si è provveduto allo spostamento planimetrico dell'edificio centrale e ad una sua diminuzione volumetrica al fine di renderlo maggiormente inserito nel contesto ambientale; a tale proposito si rimanda alla relazione paesaggistica aggiornamento giugno 2017 allegata alle presenti integrazioni. Per quanto riguarda gli aspetti di carattere idrologico, che verranno maggiormente trattati di seguito, si è provveduto ad una diminuzione della portata massima derivata e ad un notevole aumento del Deflusso Minimo Vitale.

Valori caratteristici della curva di durata delle portate

Di seguito vengono calcolati i principali valori che serviranno per la definizione della curva di durata delle portate:

quota massima bacino	2156 m.s.l.m.
quota sezione di prelievo	622 m.s.l.m.
afflusso meteorico annuo	2080,92 mm

La quota media del bacino calcolata tramite la formula semplificata

$$H = 0.5 * (0.9 * H_{max} + H_{min}) = 1281,20 \text{ m}$$

La portata specifica media annua

$$q_{MEDA} = 0,0086 * H + 0,03416 * A - 24,5694 = 57,53 \text{ l/s kmq}$$

mediante la portata specifica media annua si possono calcolare i valori caratteristici della curva di durata delle portate mediante le seguenti formule:

- $q_{10} = 5.06749 * S^{-0.057871} * q_{MEDA}^{0.965037} = 223 \text{ l/sec * kmq}$
- $q_{91} = 1.29772 * S^{0.009539} * q_{MEDA}^{0.976926} = 69 \text{ l/sec * kmq}$
- $q_{182} = 0.54425 * S^{0.049132} * q_{MEDA}^{0.980135} = 32 \text{ l/sec * kmq}$
- $q_{274} = 0.18670 * S^{0.069105} * q_{MEDA}^{1.108675} = 19 \text{ l/sec * kmq}$

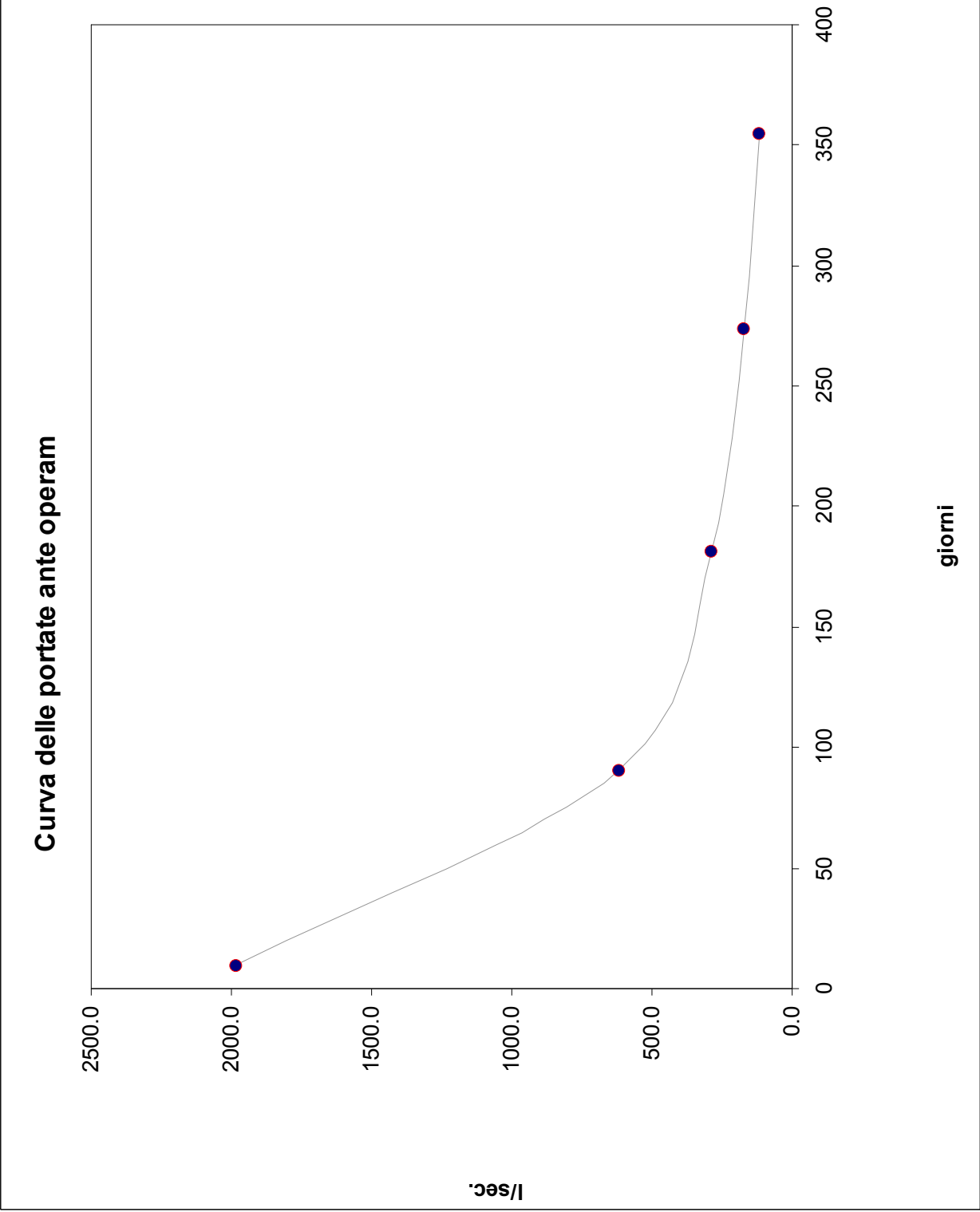
$$- q_{355} = 0.07560 * S^{0.068232} * q_{MEDA}^{1.234733} = 13 \text{ l/sec} * \text{kmq}$$

con q_{meda} , calcolata in precedenza e con S superficie del bacino sotteso pari a 8,90 kmq si ottengono i seguenti risultati

$$Q = q_{unitaria} * \text{Superficie bacino idrografico}$$

- $Q_{0-10} = q_{10} * S = 1984 \text{ l/sec}$
- $Q_{11-91} = q_{91} * S = 618 \text{ l/sec}$
- $Q_{92-181} = q_{182} * S = 286 \text{ l/sec}$
- $Q_{182-274} = q_{274} * S = 173 \text{ l/sec}$
- $Q_{275-355} = q_{355} * S = 116 \text{ l/sec}$

da cui si ottiene la seguente curva di durata delle portate che chiameremo ante operam



Nell'ambito dell'indagine idrologica del torrente Falmenta si sono calcolati anche i contributi medi mensili mediante le seguenti formule:

$$\begin{aligned} \text{gennaio } Q_{m-s} &= 14,16232 - 0,00683 * H_{med} + 0,36918 * Q_{med-s} \\ \text{febbraio } Q_{m-s} &= 16,49263 - 0,00824 * H_{med} + 0,37478 * Q_{med-s} \\ \text{marzo } Q_{m-s} &= 22,74646 - 0,01111 * H_{med} + 0,46902 * Q_{med-s} \\ \text{aprile } Q_{m-s} &= 13,85406 - 0,01101 * H_{med} + 1,15662 * Q_{med-s} \\ \text{maggio } Q_{m-s} &= - 9,83665 + 0,00797 * H_{med} + 1,63288 * Q_{med-s} \\ \text{giugno } Q_{m-s} &= - 34,9228 + 0,02826 * H_{med} + 1,62190 * Q_{med-s} \\ \text{luglio } Q_{m-s} &= - 24,4942 + 0,02066 * H_{med} + 1,04446 * Q_{med-s} \\ \text{agosto } Q_{m-s} &= - 16,0687 + 0,00955 * H_{med} + 0,95881 * Q_{med-s} \\ \text{settembre } Q_{m-s} &= - 13,0179 + 0,00232 * H_{med} + 1,21272 * Q_{med-s} \\ \text{ottobre } Q_{m-s} &= - 4,54832 + 0,00479 * H_{med} + 1,33784 * Q_{med-s} \\ \text{novembre } Q_{m-s} &= 16,50714 - 0,01604 * H_{med} + 1,25843 * Q_{med-s} \\ \text{dicembre } Q_{m-s} &= 18,06197 - 0,01030 * H_{med} + 0,56036 * Q_{med-s} \end{aligned}$$

Ottenendo i seguenti risultati

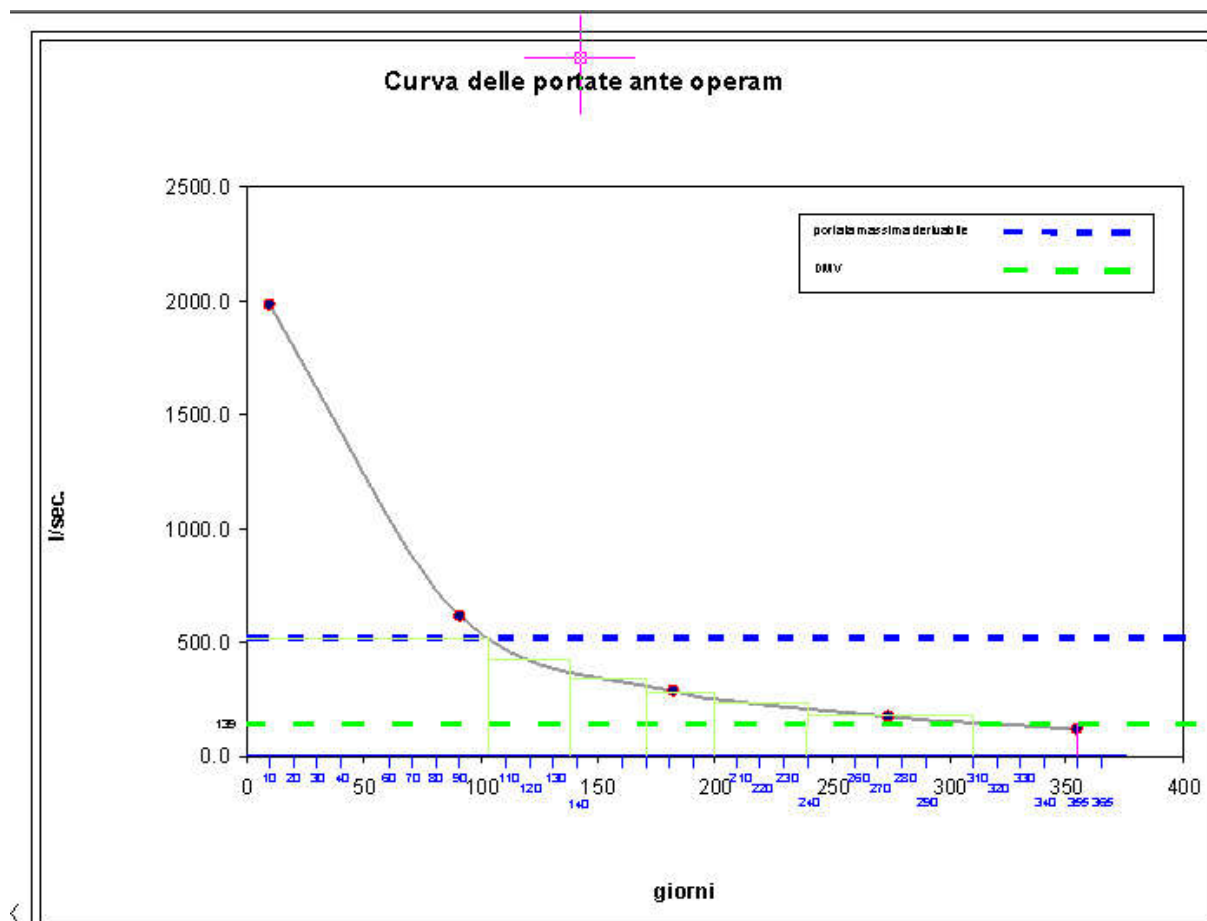
mese	qn (l/sec/kmq)	Qn (l/sec)
gennaio	27	237
febbraio	27	245
marzo	35	316
aprile	66	590
maggio	94	839
giugno	95	842
luglio	62	552
agosto	51	457
settembre	60	532
ottobre	66	590
novembre	68	608
dicembre	37	330

Dove :

qn è la portata naturale specifica media mensile (l/sec/kmq)

Qn è la portata naturalizzata media mensile (l/sec)

Dall'interpolazione della curva di durata delle portate è stato possibile ricavare la portata media derivabile:



descrizione	portata	giorni	portata*giorni
area 1	510	103	52530
area 2	411	33	13563
area 3	330	34	11220
area 4	270	30	8100
area 5	226	40	9040
area 6	174	70	12180
area 7	0	45	0

media calcolata su 355 giorni **300.37 l/sec**

Considerazioni sul Deflusso Minimo Vitale

DETERMINAZIONE DEL DMV

(secondo il Decreto del Presidente della Giunta Regionale 17 Luglio 2007 n° 8/R)

Il presente calcolo dei deflussi minimi da rilasciare a valle delle opere di presa dell'impianto in progetto viene eseguito sulla base dei contenuti dell'Allegato A del D.P.G.R. 8/R; tali indicazioni hanno per scopo quello di garantire i deflussi minimi negli alvei naturali di corsi d'acqua in presenza di utilizzazioni, in modo da mantenere vitali le condizioni istantanee di funzionalità e di qualità dell'ecosistema fluviale in senso globale. Tali istruzioni indicano una procedura da seguire basata su formule, tabelle ed elaborati grafici che consentono il calcolo dei deflussi minimi per ogni caso specifico.

Calcolo del Deflusso Minimo Vitale di base

Il DMV di base è il valore di DMV idrologico corretto in funzione della morfologia dell'alveo e dei fenomeni di interscambio idrico dei corsi d'acqua con la falda. Il DMV idrologico invece è la frazione di portata naturale media annua del corpo idrico in una data sezione, calcolata sulla base delle caratteristiche idrologiche peculiari delle diverse aree idrografiche.

$$\text{DMV di base} = k * q_{\text{MEDA}} * S * M * A$$

Dove

K = frazione della portata media annua (è un parametro sperimentale determinato per singole aree omogenee);

q_{MEDA} = portata specifica media annua naturale per unità di superficie del bacino sotteso (l/s kmq)

S = superficie del bacino sottesa dalla sezione del corpo idrico (kmq)

M = parametro morfologico

A = parametro che tiene conto dell'interscambio tra le acque superficiali e quelle sotterranee.

I parametri utilizzati per il calcolo del DMV di base per l'intero bacino imbrifero sono i seguenti:

k = 0.13 per l'area idrografica del bacino del Toce

S = 8,90 kmq

M = 0.90 in quanto, analizzando la tavola A.2.12 della Cartografia di Piano di Tutela delle Acque, le opere di presa in oggetto ricadono nella classe morfologica 1

A = 1 in quanto non facenti parte dei tratti elencati nella tabella contenuta al paragrafo "*fattore di interscambio idrico con la falda*"

I quali portano ad un valore di DMV da rilasciare all'opera di presa pari a **DMV di base = 59,91 l/sec**

Per quanto riguarda la portata rilasciata, l'impianto in progetto è soggetto alla modulazione dei rilasci, in modo da conservare, seppur attenuata, la naturale variabilità del regime dei deflussi, in quanto si tratta di un nuovo prelievo di portata massima istantanea maggiore di 500 l/sec.

La modulazione avviene adeguando in maniera direttamente proporzionale la portata di rilascio del DMV a valle dell'opera di presa alla portata istantanea in arrivo alla medesima (Modulazione di tipo A).

Nel caso in esame si è proceduto valutando una modulazione di tipo A secondo le modalità previste dal regolamento 8/R Allegato C ed in particolare il calcolo del DMV modulato sarà eseguito nel rispetto della seguente espressione:

$$Q_r = DMV_{base} + 10\%(Q_t - DMV_{base})$$

Il modo più semplice per realizzare tale modulazione è quello di dimensionare la gaveta di rilascio del DMV in modo che la curva caratteristica della portata transitante sia più possibile prossima a quella corrispondente alla relazione sopra riportata. La legge con cui varia il rilascio al variare del carico sul ciglio della gaveta è data dalla nota relazione:

$$Q = \mu_o * h * L * \sqrt[2]{2 * g * h}$$

Bisogna inoltre tenere conto della maggior tutela del corso d'acqua imposta dall'applicazione delle recenti normative di settore ossia la verifica di coerenza con la "Direttiva per la valutazione del rischio ambientale connesso alle derivazioni idriche in relazione agli obiettivi di qualità ambientale definiti dal Piano di gestione del distretto idrografico Padano" e dalle "Linee guida regionali"

In particolare bisogna prevedere un aumento del DMV che tenga conto delle condizioni maggiormente critiche ossia per le portate inferiori alla Q274; in particolare le Linee Guide recitano testualmente:

" riguardo le condizioni maggiormente critiche per l'ecosistema acquatico, vale a dire per portate inferiori alla Q274 (ante operam)

la soglia di allarme e' superata quando:

- Tra la condizione post operam e quella ante operam, vi è una riduzione del volume defluito maggiore del 20%*

la soglia di allerta e' superata quando:

- Tra la condizione post operam e quella ante operam, vi è una riduzione del volume defluito maggiore del 10% "*

Nel nostro caso **aumentando il deflusso minimo vitale a 139 l/sec** si ottiene la seguente verifica di coerenza:

verifica sulla Q274

condizione ante operam =portata naturale Q274 173 l/sec

condizione post operam =deflusso minimo 139.00 l/sec

volume ante operam 5 446 603.52 mc

volume post operam 4 383 504.00 mc

riduzione del volume 1 063 099.52

percentuale 19.52%

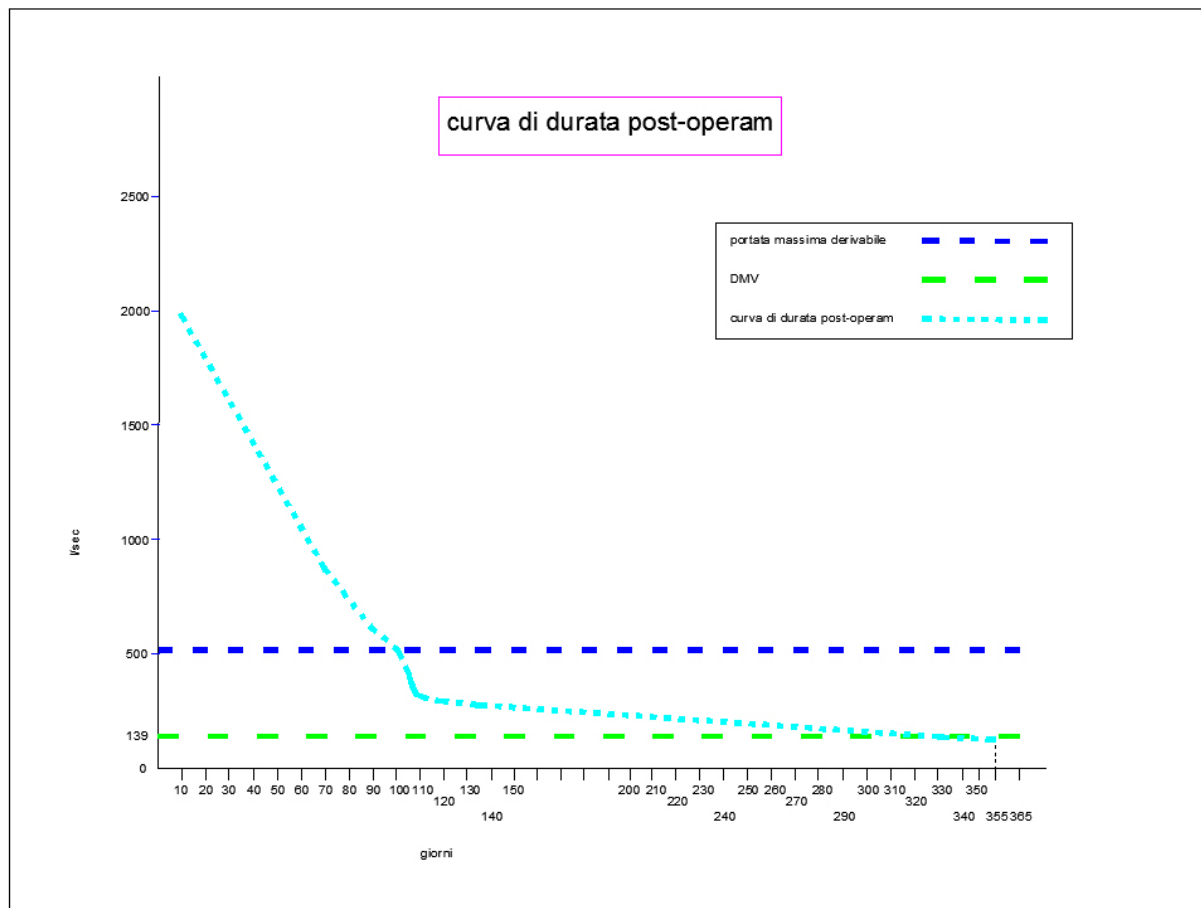
Quindi aumentando il DMV fino a 139 l/sec si ottiene, nei confronti della Q274, un regime di ALLERTA

A questo punto la modulazione del deflusso minimo garantito sarebbe verificata con una feritoia di altezza pari a 0,215 m (come dimostrato dalla tabella sottostante) ma dovendo aumentare il DMV fino ad una minimo di 139 l/sec si può calcolare che l'altezza della feritoia dovrà essere pari a 0,379 m e quindi la quota di DMV modulato è sempre abbondantemente rispettata

	larghezza feritoia L	carico h	portata naturale	DMV base+ modulato (da calcolo DPGR 8/R)	Q rilasciato dalla feritoia
	m	m	l/sec	l/sec	l/sec
minimo	0,35	0,215	59,63	59,63	59,63

gennaio	0,35	0,224	96,97	63,36	63,36
febbraio	0,35	0,229	115,79	65,25	65,25
marzo	0,35	0,246	190,51	72,72	72,72
aprile	0,35	0,281	352,93	88,96	88,96
maggio	0,35	0,325	567,05	110,37	110,37
giugno	0,35	0,372	814,89	135,16	135,16
luglio	0,35	0,345	672,10	120,88	120,88
agosto	0,35	0,312	505,19	104,19	104,19
settembre	0,35	0,307	480,10	101,68	101,68
ottobre	0,35	0,308	482,28	101,90	101,90
novembre	0,35	0,319	536,86	107,35	107,35
dicembre	0,35	0,249	206,55	74,32	74,32

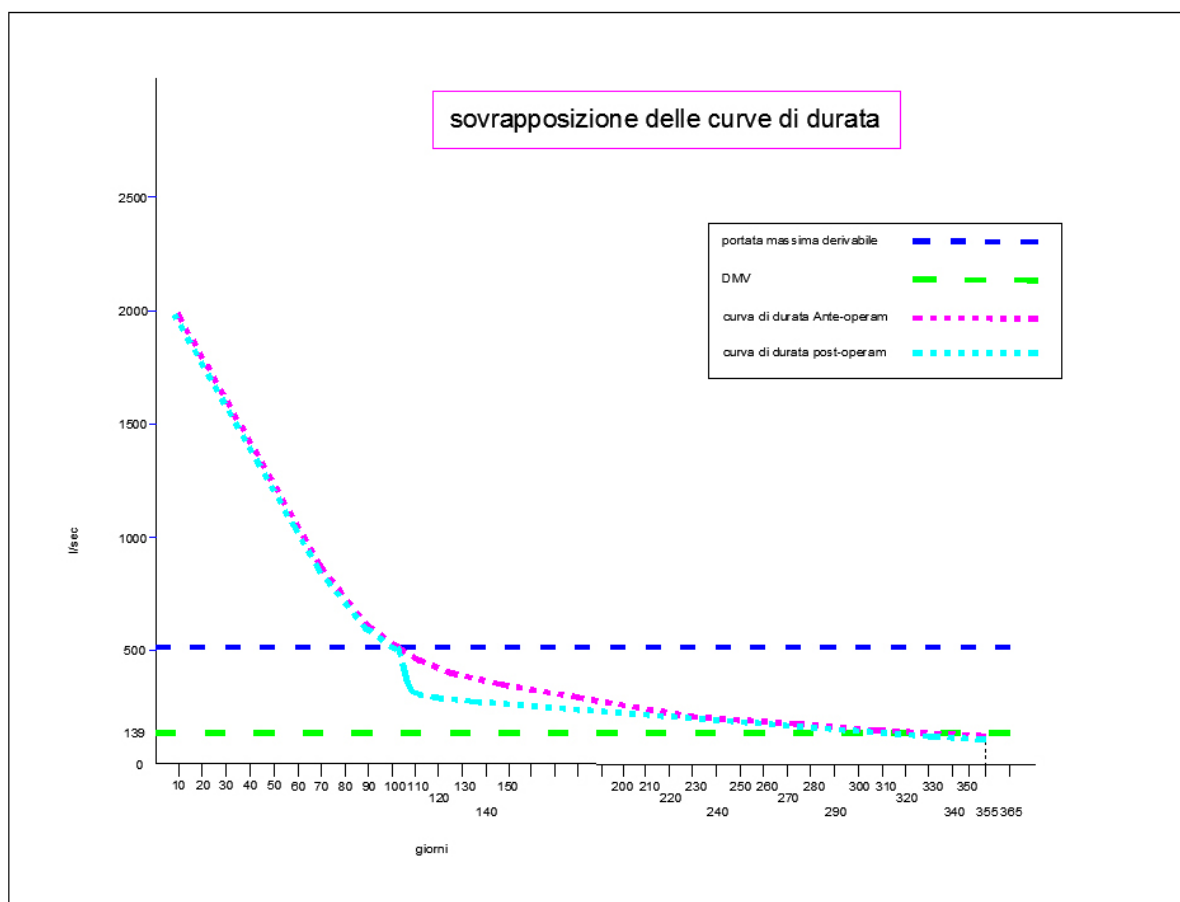
Per completare l'analisi idrologica si è calcolato anche la Curva di durata Post operam, di seguito riportata, e si è eseguito anche un confronto tra la curva di durata ante operam e quella post operam al fine di evidenziare la modifica apportata al regime idrologico del corso d'acqua dalla presenza dell'impianto



Curva di durata post operam

Analizzando la curva di durata post operam si può notare come la parte alta e la parte terminale della curva siano esattamente uguali a quelli della curva di durata ante operam questo per il fatto che esistono una limitazione superiore data dalla portata massima derivata (che nel nostro caso è pari a 510 l/sec) ed una limitazione inferiore dato dal deflusso minimo vitale da garantire sempre in alveo.

Quindi la presenza dell'impianto modificherà solamente la parte centrale della curva di durata come mostrato nella successiva immagine di confronto tra la curva di durata ante operam e la curva di durata post operam.



Sovrapposizione curva di durata ante-operam e post-operam

Riepilogo caratteristiche idrologiche

Bacino imbrifero	8,90 kmq
quota massima bacino	2156 m.s.l.m.
quota sezione di prelievo	622 m.s.l.m.
afflusso meteorico annuo	2080,92 mm
Portata specifica media annua (qMEDA)	57,53 l/sec/kmq
Portata media annua naturalizzata (Qn)	512 l/sec
Portata massima derivabile	510 l/sec
deflusso minimo vitale	139 l/sec
portata media di concessione	300,37 l/sec
Volume annuo derivato	9.472.615 mc
lunghezza complessiva asta corpo idrico	6,78 km
lunghezza tratto sotteso	1,689 km
quota sfioratori alla vasca di carico	621,35 m.s.l.m.
quota restituzione	487,55 m.s.l.m.
salto geodetico	133,80 m
potenza di concessione	394,27 kW
potenza istallata massima	670 kW
ore di funzionamento annuo	8000 ore
Produzione media annua	2.364.645 kWh

Valutazione di coerenza con le “Linee Guida Regionali”

Comparto idrologia

Per quanto riguarda questo comparto bisogna eseguire due verifiche di coerenza, la prima nei riguardi della riduzione del volume defluito e la seconda nei riguardi della Q274 ossia :

“Riguardo al comparto idrologico, con riferimento al tratto sotteso,

la soglia di allarme è superata quando:

- *tra la condizione post operam e quella ante operam vi è una riduzione del volume defluito maggiore del 60 %*

la soglia di allerta è superata quando:

- *tra la condizione post operam e quella ante operam vi è una riduzione del volume defluito maggiore del 50 %*

.....Riguardo le condizioni maggiormente critiche per l'ecosistema acquatico, vale a dire per portate inferiori alla Q274 (ante operam)

la soglia di allarme e' superata quando:

- *Tra la condizione post operam e quella ante operam, vi è una riduzione del volume defluito maggiore del 20%*

la soglia di allerta e' superata quando:

- *Tra la condizione post operam e quella ante operam, vi è una riduzione del volume defluito maggiore del 10% “*

Si riporta qui di seguito i risultati delle verifiche di coerenza eseguiti:

verifica sul volume complessivo derivato	
volume complessivo	16 147 851.44
volume derivato	9 472 614.90
riduzione del volume	6 675 236.54
percentuale	41.34%

Impatto Lieve (colore verde) entità di alterazione inferiore alla norma

verifica sulla Q274

condizione ante operam =portata naturale Q274 173 l/sec

condizione post operam =deflusso minimo 139.00 l/sec

volume ante operam 5 446 603.52 mc

volume post operam 4 383 504.00 mc

riduzione del volume 1 063 099.52

percentuale 19.52%

Impatto Medio (colore giallo) entità di alterazione che supera la soglia di allerta ma non raggiunge quella di allarme.

Comparto Morfologia

Il comparto morfologia prevede che la soglia di allarme è superata se si dovesse verificare anche una sola delle seguenti situazioni:

- *Quando l'abbassamento asintotico medio del fondo alveo superi il 30% dell'altezza del bankfull ante operam (differenza tra la quota del punto più depresso dell'alveo e la quota massima delle sponde - vedasi figura 4.5). Quando il tirante idrico è inferiore all'altezza del bankfull l'alveo contiene tutta la portata convogliata senza che siano superate le sponde e inondate le golene (la portata il cui tirante idrico è pari all'altezza del bankfull ha normalmente tempo di ritorno 1,5 - 3 anni). L'abbassamento dovrebbe essere valutato in almeno 2 sezioni consecutive nel tratto sotteso dall'impianto;*

Dall'analisi condotta si è potuto constatare che l'abbassamento asintotico medio del fondo d'alveo non supera il 30 %dell'altezza di bankfull ante operam

- *Quando la tipologia dell'opera di presa possa causare variazioni significative nel regime del trasporto solido e di conseguenza si possano ipotizzare marcate alterazioni nel profilo di fondo del corso d'acqua nel tratto sotteso e a valle della restituzione;*

Dall'analisi sulla tipologia dell'opera di presa si è potuto valutare che non vi saranno modificazioni significative del regime del trasporto solido e quindi essendo il fondo dell'alveo prevalentemente roccioso non ci saranno modificazioni nel profilo di fondo alveo.

- *Quando il posizionamento e la tipologia dell'opera di presa comportino l'ostruzione con opere definitive anche di un solo canale oppure implicino una variazione significativa dell'attuale pattern del corso d'acqua;*

La costruzione dell'opera di presa non comporta l'ostruzione di nessun canale e nessuna variazione del modello del corso d'acqua.

- *Quando la realizzazione dell'opera di presa richieda importanti interventi di artificializzazione dell'alveo, quali ad esempio la realizzazione di lunghi tratti di scogliere per "stabilizzare" le sponde esistenti dell'alveo, la rettificazione dello stesso, la costruzione di pennelli a monte dell'opera di presa per indirizzare la portata liquida, ecc.*

La costruzione dell'opera di presa non comporta la costruzione di nessuna opera di difesa spondale in quanto la stessa sarà costruita tra le pareti rocciose che delimitano l'incisione valliva dell'alveo stesso del torrente Falmenta.

Dall'analisi sopra condotta si può affermare che non vi è superamento di nessuna delle condizioni e quindi **non vi è superamento della soglia di allarme.**

La linee guida inoltre enunciano che: *"La soglia di allerta è superata quando l'abbassamento asintotico medio del fondo alveo superi il 20% dell'altezza del bankfull ante operam"*. Nel nostro caso, complice anche il fatto che il fondo alveo è prevalentemente roccioso in tutto lo sviluppo longitudinale del torrente Falmenta, l'altezza di bankfull è molto contenuta e come si può vedere dall'analisi condotta in 4 sezioni significative del corso d'acqua, di seguito riportata, è legittimo pensare che nello sviluppo longitudinale del tratto sotteso dalla derivazione possa raggiungere al massimo qualche punto percentuale.

Quindi anche in questo caso **non vi è superamento della soglia di allerta.**

Le Linee Guida inoltre formulano quanto segue: *" La soglia di allerta (gialla) è inoltre superata quando sia verificata una delle seguenti condizioni, individuabili tramite la caratterizzazione ante operam della regione fluviale interessata dal prelievo e la valutazione della sensibilità del sito all'intervento proposto:*

- *Il tratto di corso d'acqua interessato dalla derivazione è soggetto a naturali fenomeni di infiltrazione della portata liquida nei depositi alluvionali (subalveo) tali da lasciare il corso d'acqua asciutto per lunghi periodi (tali fenomeni sono frequenti in alcuni tratti apicali di conoide e in diversi corsi d'acqua di fondovalle);*

Dall'analisi condotta sul corso d'acqua ante operam si è potuto constatare che non vi sono fenomeni di infiltrazione della portata liquida tali da lasciare il corso d'acqua asciutto.

- *Il tratto di corso d'acqua interessato dalla derivazione è soggetto a fenomeni di sovralluvionamento (es. torrenti soggetti a frequenti fenomeni di colata detritica, corsi d'acqua di fondovalle con elevato trasporto solido,...);*

Il Torrente Falmenta non risulta soggetto a fenomeni di sovralluvionamento

- *Il corso d'acqua, in prossimità dell'opera di presa o nel tratto interessato dalla derivazione, è caratterizzato dalla presenza di più canali di deflusso;*

Il torrente Falmenta, in prossimità dell'opera di presa e nel tratto sotteso dalla derivazione non presenta canali di deflusso ma conserva un canale unico profondamente inciso nel substrato roccioso

- *Il tratto di corso d'acqua interessato dalla derivazione è soggetto a intensi/frequenti fenomeni di dissesto (erosioni di sponda, colate detritiche, frane attive, esondazioni...) che richiedono la realizzazione di opere di difesa idraulica longitudinali e trasversali tali da comportare un'artificializzazione dell'alveo. Si considerano fenomeni di dissesto ad esempio aree caratterizzate da frane attive, conoidi attivi, aree a pericolosità elevata;*

Non si prevede di realizzare nessuna opera di difesa spondale lungo il tratto interessato dalla derivazione in quanto le sponde risultano a prevalenza rocciosa.

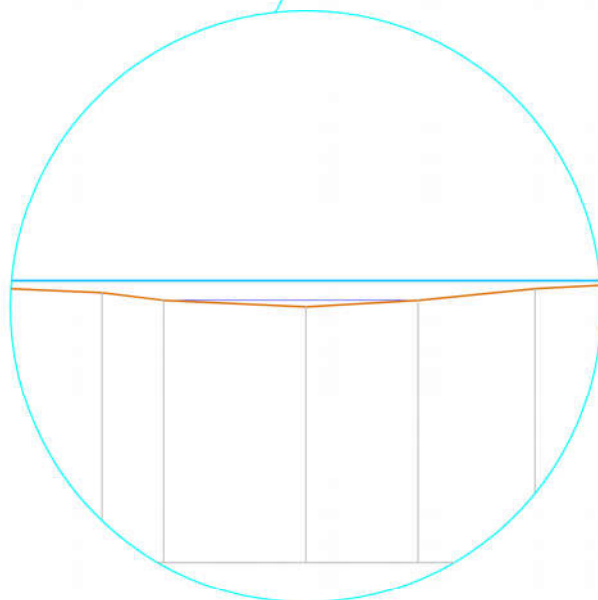
- *Più del 50% del tratto di corso d'acqua interessato dalla derivazione ha qualità morfologica così elevata ($IQM \geq 0,85$ - stato elevato) da meritare particolare salvaguardia.*

Il torrente Falmenta è caratterizzato da una qualità delle acque definita di carattere BUONO.

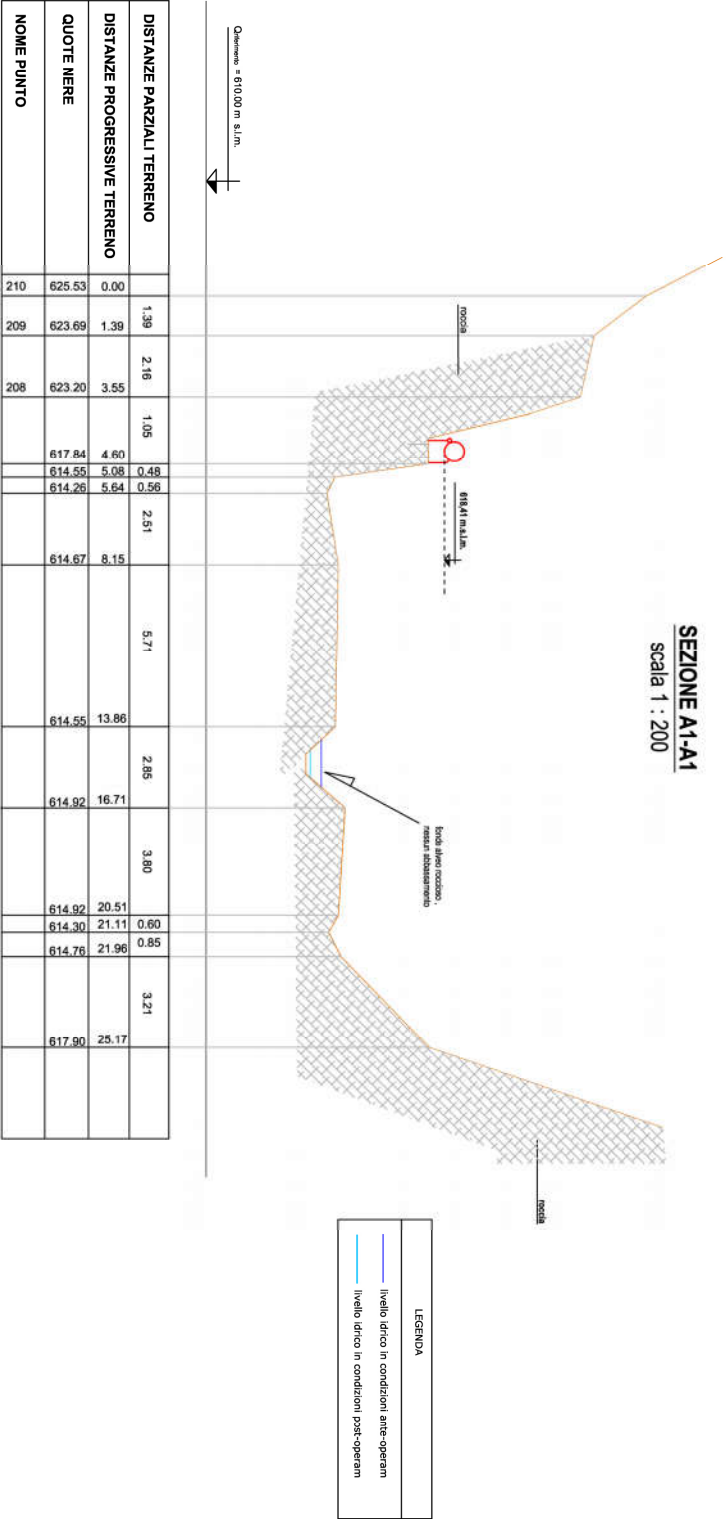
Dall'analisi sopra condotta si può affermare che non vi è superamento di nessuna delle condizioni e quindi **non vi è superamento della soglia di allerta.**

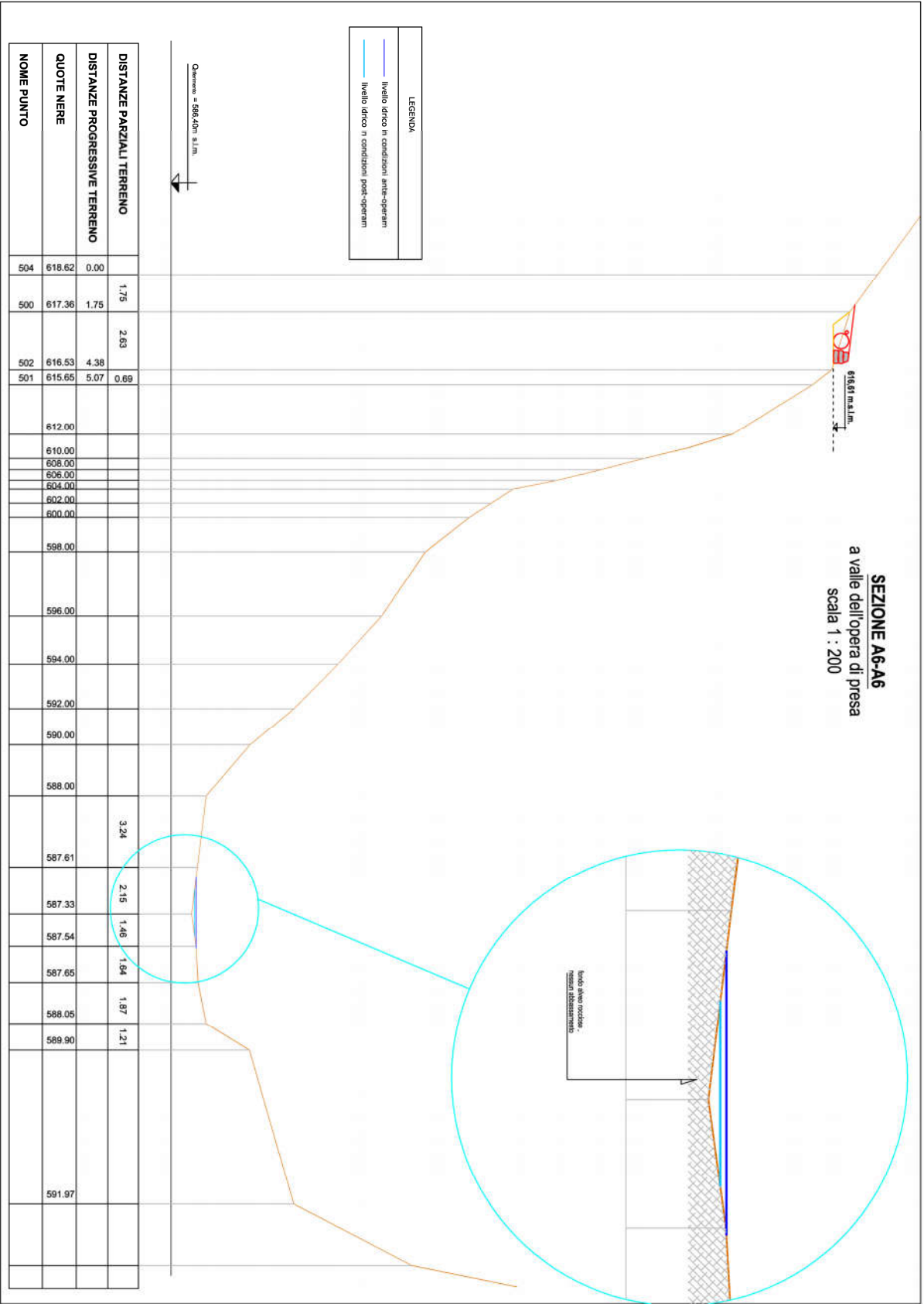
Quindi il comparto morfologia possiede un Impatto Lieve (colore verde) entità di alterazione inferiore alla norma

SEZIONE IN ALVEO
A00-A00
a monte dell'opera di presa
scala 1 : 200



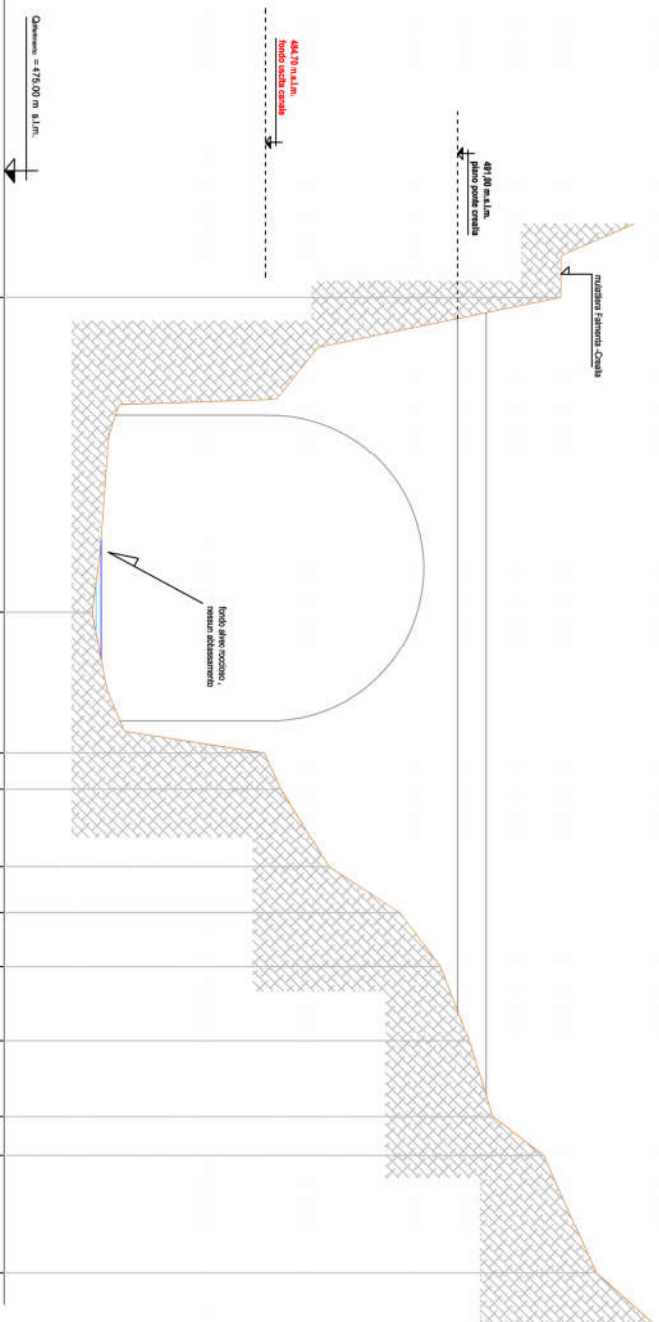
LEGENDA
— livello idrico in condizioni ante-operam
— livello idrico in condizioni post-operam

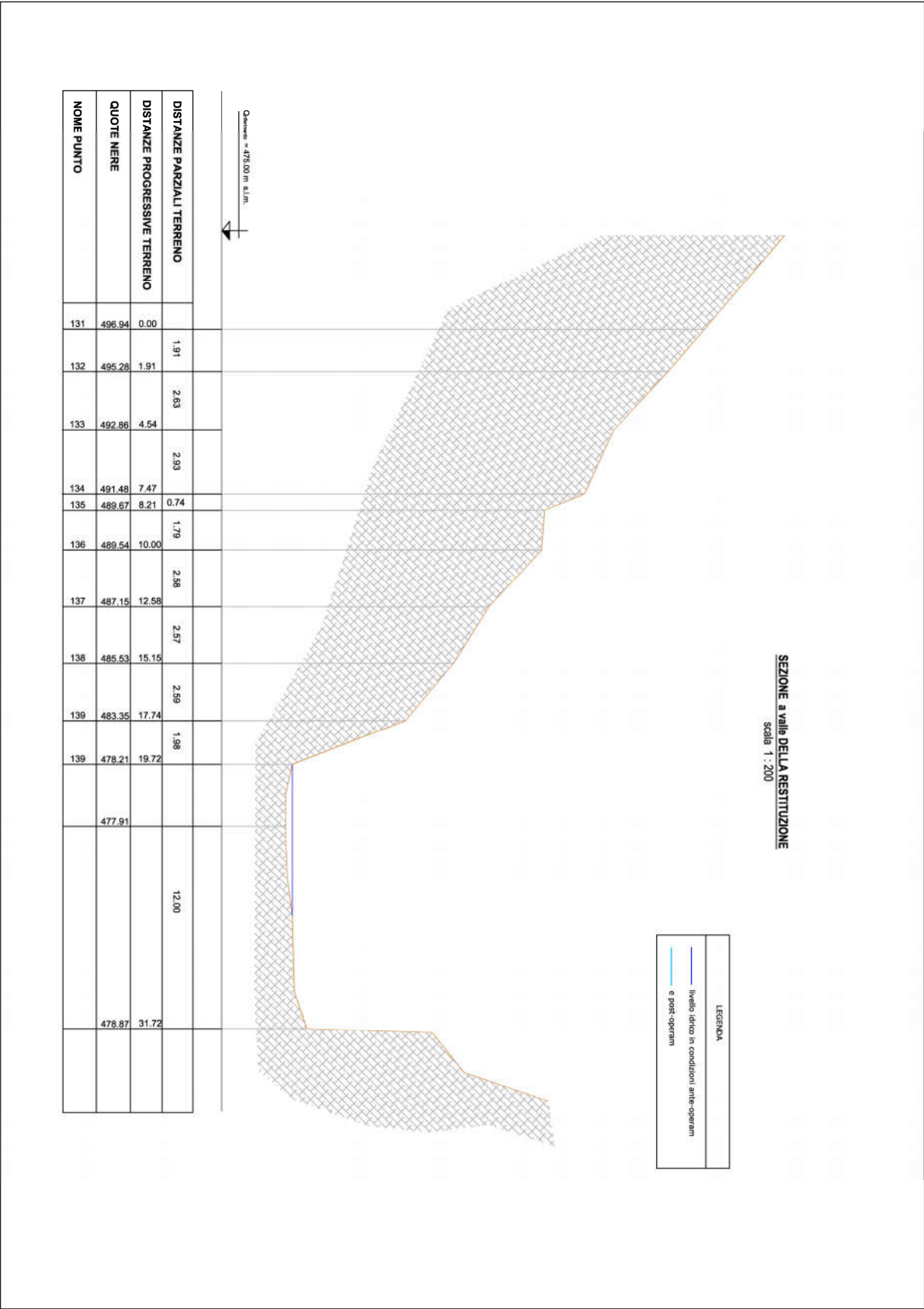




Scale 1: 200

LEGENDA

[illegible]



Comparto Qualità chimico fisica delle acque e Comparto componenti biotiche

Sono state sviluppate dal dott. Biologo Paolo Bazzoni e sono contenute nella relazione integrativa a firma dello stesso ed allegate alle presenti integrazioni

Dimensionamento idraulico delle opere di captazione

Per limitare il prelievo d'acqua al valore massimo di concessione è stato previsto, all'interno del canale di derivazione, un ciglio sfiorante avente la funzione di limitatore della portata e di controllo del rilascio modulato attraverso la feritoia ricavata nello sfioratore.

Il modello idraulico di riferimento per il calcolo di tale manufatto è quello di stramazzo in parete spessa dove la portata è ricavabile dalla seguente espressione:

$$Q = \mu_o * h * L * \sqrt[2]{2 * g * h}$$

Nota la portata massima derivabile, che nel nostro caso è pari a 679 l/sec e noti i valori geometrici dello stramazzo quali:

L = lunghezza stramazzo pari a 7.00 metri e

μ_o = coefficiente di efflusso pari a 0.385

Si può calcolare il carico h a cui corrisponde il prelievo massimo di progetto: la portata in eccesso rispetto a quella massima di progetto viene rilasciata direttamente dai due sfioratori laterali i quali hanno una soglia inferiore tale da mantenere un battente h rispetto al filo superiore dello stramazzo modulatore.

Esplicitando l'espressione sopra descritta è stato calcolato che il carico **h** è pari a **0,122 m**

scala delle portate	
Q (l/sec)	h (cm)
0	0
50	2.6
100	4.1
150	5.4
200	6.5
250	7.6
300	8.6
350	9.5
400	10.4
450	11.2
500	12.1
510	12.2

Misura della portata derivata (secondo i disposti della DPGR 7/R)

Secondo quanto prescritto nella DPGR 25 giugno 2007 n°7/R la misura in continuo della portata derivata lungo la condotta forzata sarà realizzata con sensore magnetico come previsto nell'Allegato B, parte B - punto 1 - comma b.

La strumentazione sarà costituita da un sensore "ad inserzione" da flangiare su uno stacco nella parte superiore della condotta e da un convertitore del segnale. Questo segnale può essere acquisito con continuità tramite il PLC di centrale ed è quindi possibile campionare le letture secondo una tempistica impostabile a piacere e registrarle su supporto informatico.

Al di fuori della vasca di carico verranno installati i sensori (vedi tavola 9 aggiornamento Giugno 2017).

Per effettuare una corretta misurazione della portata derivata occorre evitare turbolenze o depressioni in corrispondenza della sezione di misura pertanto il misuratore sarà collocato ad opportuna distanza da gomiti, allargamenti o restrizione del diametro.

In particolare secondo quanto contenuto al Punto 4. Lettera b) della parte B dell'allegato B) del regolamento regionale 7/R/2007 il tratto rettilineo a monte della sezione di misura sarà pari a cinque volte il diametro della condotta e pertanto il misuratore rispetterà la distanza di 3,60 metri dal cambio di direzione presente sulla condotta forzata.

Dimensionamento della luce a stramazzo per il rilascio del DMV

Il rilascio del deflusso minimo vitale (D.M.V.) è previsto, come indicato sulle planimetrie di progetto (vedi tavola 9 aggiornamento Giugno 2017), sul canale dissabbiatore che convoglierà in alveo la portata scaricata immediatamente a valle della traversa tramite l'apposito canale. Il rispetto del valore del DMV a valle della presa, è assicurato dalla presenza di uno stramazzo opportunamente dimensionato (feritoia) e posizionato in modo tale da essere costantemente sotto un battente minimo: la soglia di fondo della feritoia è più bassa della soglia superiore del setto

longitudinale (stramazzo modulatore della portata massima derivabile) che separa la parte di canale derivatore dal canale dissabbiatore/sghiaiatore. Noti il valore del rilascio minimo da garantire e la larghezza L della feritoia si ottiene la quota di battente minimo h da garantire sulla soglia della feritoia per ottenere il rilascio adeguato.

Il modello idraulico di riferimento per il calcolo di tale manufatto e quello di stramazzo in parete grossa dove la portata è ricavabile dalla seguente espressione:

$$Q = \mu_o * h * L * \sqrt{2 * g * h}$$

Nota la portata minima da garantire che è pari al DMV base e che nel nostro caso è pari a 139 l/sec e noti i valori geometrici dello stramazzo quali:

L = lunghezza feritoia pari a 0.35 metri

μ_o = coefficiente di efflusso pari a 0.385

Si ottiene che il battente minimo da garantire h è pari a 0.379 m

A questo punto la modulazione del deflusso minimo garantito sarebbe verificata con una feritoia di altezza pari a 0,215 m (come dimostrato dalla tabella sottostante) ma dovendo aumentare il DMV fino ad un minimo di 139 l/sec si può calcolare che l'altezza della feritoia dovrà essere pari a 0,379 m e quindi la quota di DMV modulato è sempre abbondantemente rispettata

	larghezza feritoia L	carico h	portata naturale	DMV base+ modulato (da calcolo DPGR 8/R)	Q rilasciato dalla feritoia
	m	m	l/sec	l/sec	l/sec
minimo	0,35	0,215	59,63	59,63	59,63

gennaio	0,35	0,224	96,97	63,36	63,36
febbraio	0,35	0,229	115,79	65,25	65,25
marzo	0,35	0,246	190,51	72,72	72,72
aprile	0,35	0,281	352,93	88,96	88,96
maggio	0,35	0,325	567,05	110,37	110,37
giugno	0,35	0,372	814,89	135,16	135,16
luglio	0,35	0,345	672,10	120,88	120,88
agosto	0,35	0,312	505,19	104,19	104,19
settembre	0,35	0,307	480,10	101,68	101,68
ottobre	0,35	0,308	482,28	101,90	101,90
novembre	0,35	0,319	536,86	107,35	107,35
dicembre	0,35	0,249	206,55	74,32	74,32

Calcolo dello stramazzo per il controllo visivo del rilascio del DMV

Il deflusso minimo vitale modulato verrà convogliato in una vaschetta, ricavata a lato del canale derivatore, da questa direttamente nell'alveo del Torrente Falmenta. Al termine della vaschetta, prima dell'ingresso del DMV in alveo, è stato inserito uno stramazzo modulatore, necessario per consentire la misurazione ed il controllo visivo del DMV stesso.

Lo stramazzo in parete grossa possiede le seguenti caratteristiche geometriche:

L= lunghezza dello stramazzo pari a 1,20 m

μ_o = coefficiente di efflusso pari a 0.385

Per cui applicando la formula dello stramazzo in parete grossa

$$Q = \mu_o * h * L * \sqrt{2 * g * h}$$

Come portata minima in uscita dallo stramazzo del DMV abbiamo il DMV base pari a 139 l/sec che porta ad aver un carico idraulico sullo stramazzo pari a 16,60 cm

Misura della portata rilasciata (secondo i disposti della DPGR 7/R)

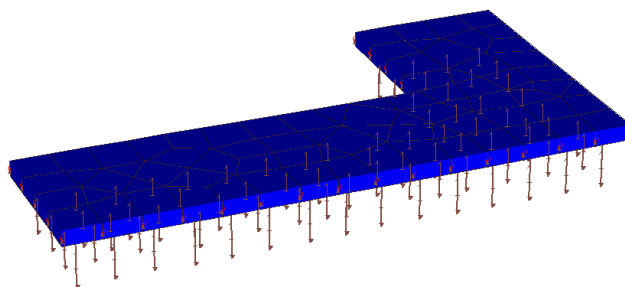
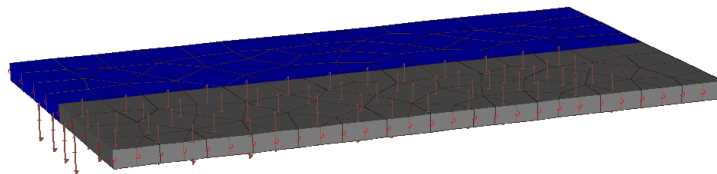
Come prescritto dall'articolo 12 comma 2 del D.P.G.R. 17 luglio 2007 n° 8/R verrà installato un misuratore in continuo della portata rilasciata. La misurazione e la registrazione in continuo verrà eseguita posando una sonda ad ultrasuoni che misura il livello dell'acqua all'interno della vaschetta per il rilascio del DMV. Inoltre per il controllo visivo del rilascio verrà installata un'asta idrometrica (vedi posizione nella tavola 9 aggiornamento Giugno 2017)

Confronto sintetico tra resistenza del terreno di fondazione ed azioni sulla costruzione (Titolo 2.3 del D.M. 16.01.2008, verifica di sicurezza)

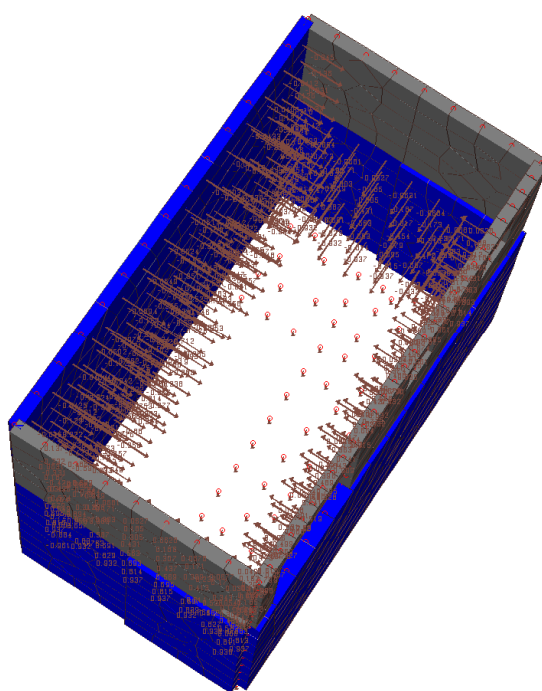
Si riportano nel seguito, in forma grafica, le azioni di carico agenti sul fabbricato ed i conseguenti valori di pressione sul terreno di fondazione. Da quanto appresso riportato si rileva che la verifica di sicurezza di questa porzione strutturale è soddisfatta in quanto i valori di carico agenti sul terreno sono compatibili con la resistenza dello stesso con adeguato coefficiente di sicurezza.

Carichi permanenti

- Peso proprio delle strutture in c.a. = $2,5 \text{ kN/m}^3$
- Peso proprio soletta di copertura = $2,5 \text{ kN/m}^3 \times 0,3 \text{ m} = 0,75 \text{ kN/m}^2$
- Peso terreno = $0,2 \text{ kN/m}^2$

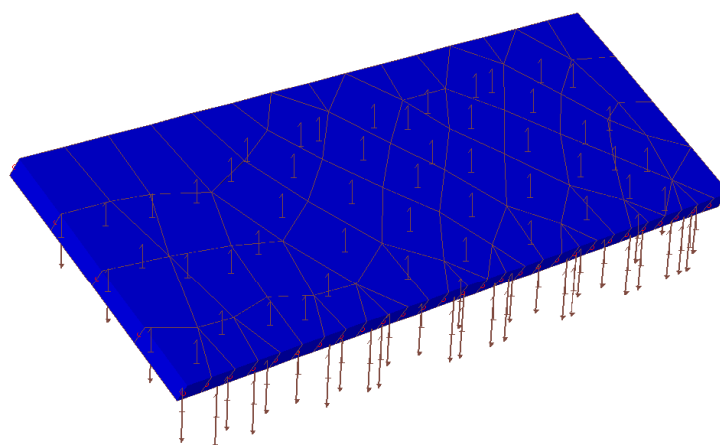


Spinta terreno



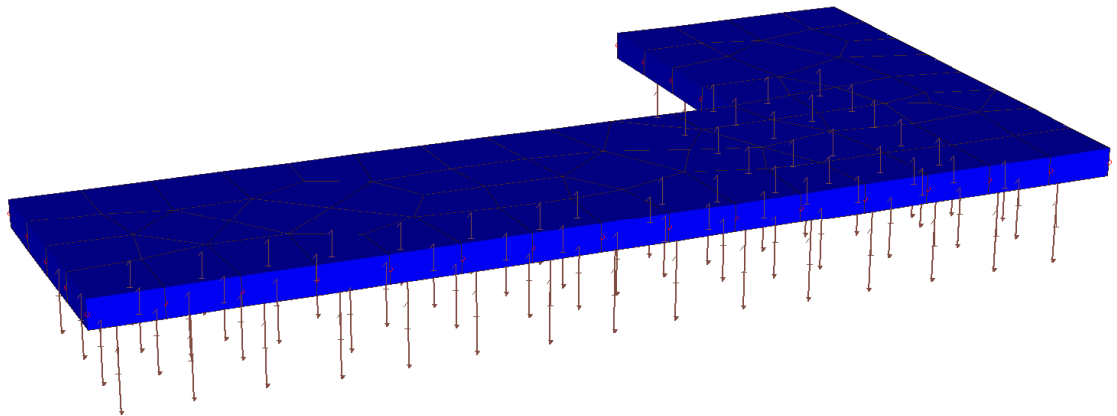
Carichi da neve

L'effetto di questa azione è stato stabilito in $4,00 \text{ kN/m}^2$, valore superiore ai minimi stabiliti in termini di legge.



Scarichi accidentali - Sovraccarico sulla soletta

L'effetto di questa azione è stato stabilito in 5,00 kN/m².



Carichi da vento

L'effetto di questa azione, nel caso specifico, non influenza il regime statico della struttura.

Carichi sismici

Il modello della struttura è costituito da un involucro delimitato dai pannelli murari in calcestruzzo armato. I calcoli sono stati eseguiti secondo analisi statica equivalente considerato il rispetto delle condizioni che ne consentono l'applicazione: costruzioni regolari in altezza aventi primo periodo di vibrazione della struttura, nella direzione in esame, inferiore a 2,5 T_c. Nel nostro caso il primo periodo, calcolato con la relazione semplificata (la costruzione è comunque interrata ed in roccia)

$$T_1 = C H^{3/4} = 0,075 \times 5.5^{3/4} = 0,269 \text{ sec} < 1,015 \text{ sec} = 2,5 T_c = 2,5 \times 0.406$$

I carichi sismici vengono valutati come già indicato, ovvero applicando la relazione

$$G_k + \sum (\Phi_{E,i} \cdot Q_{ki})$$

COMBINAZIONI DI CARICO

COMBINAZIONI DI CARICO

NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI - D.M. 14/01/2008 (STATICO E SISMICO)

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Statica	Azione sismica: Sisma assente Torsione: Assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.500
2	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
3	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
4	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
5	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
6	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
7	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
8	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
9	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
10	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
11	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
12	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
13	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
14	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
15	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
16	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
17	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
18	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.000
19	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.200
20	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
21	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
22	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
23	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
24	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
25	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
26	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
27	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
28	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
29	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
30	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
31	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
32	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
33	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
34	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
35	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Oraria	Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
36	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000

La verifica di sicurezza del sistema fondazione terreno deve essere eseguita assumendo come azioni in fondazione le resistenze degli elementi strutturali soprastanti con la limitazione che tali azioni devono risultare non superiori a queste ultime moltiplicate per un fattore 1.1 per classe di duttilità Bassa e 1.3 per classe di duttilità alta, e comunque non maggiori di quelle risultanti da un'analisi elastica delle strutture in elevazione eseguita assumendo un fattore di struttura unitario. Il valore di cui si amplificano le azioni sismiche viene impostato come nel riquadro sotto riportato nel quale, essendo in duttilità bassa, si moltiplica il sisma del fattore 1.1.

Proprietà

Opzioni:

- Progetto
 - Normativa**
 - Dati spettro
 - Riepilogo
- Generali
 - Generazione
 - Visualizzazione
 - Nodi, vincoli e cerniere
 - Statistiche
 - File

:: Progetto :: Normativa

Vita nominale costruzione: 50 anni

Classe d'uso costruzione: IV

Vita di riferimento: 100 anni

Spettro di risposta: Stato limite ultimo SLV

Probabilità superamento periodo riferimento: 10 %

Tempo di ritorno del sisma: 949 anni

Comune: Falmenta - (VB) Mappa...

ag/g: 0.059 F0: 2.7 Tc*: 0.3

Categoria suolo: A

Coeff.moltiplicativo sisma: 1.1

Coefficiente topografico: 1.2

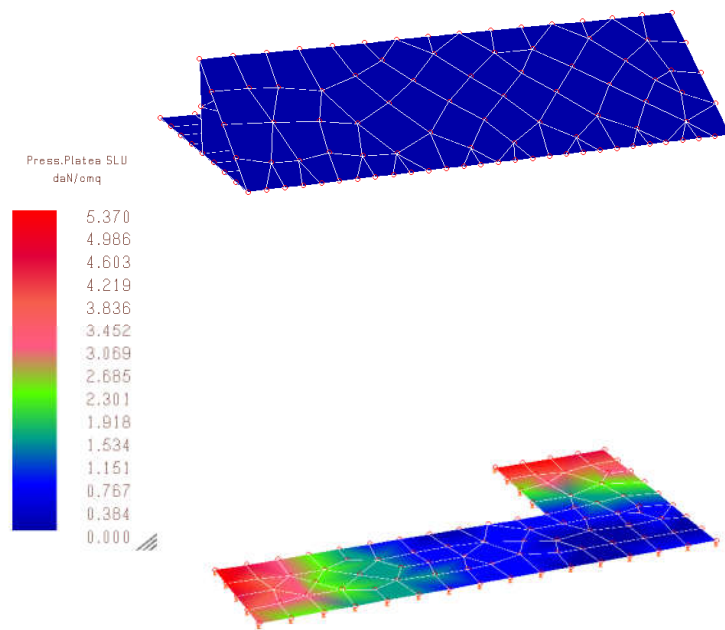
☐ Coefficienti moltiplicativi per effetti II ordine

Direzione 1 (X): 0

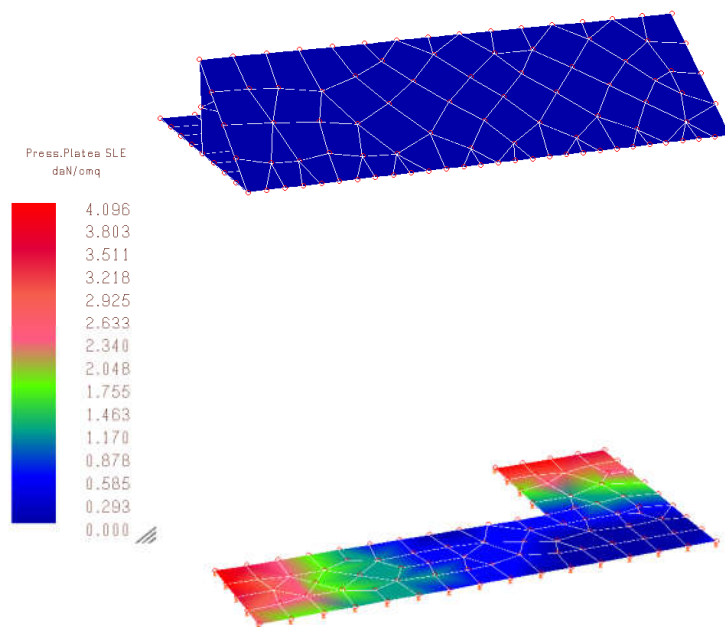
Direzione 2 (Y): 0

OK Annulla

PRESSIONI SUL TERRENO DI FONDAZIONE SLU



PRESSIONI SUL TERRENO DI FONDAZIONE SLE



VALORI DI PRESSIONE MASSIMA CON STATO LIMITE ELASTICO E FATTORE DI STRUTTURA UNITARIO

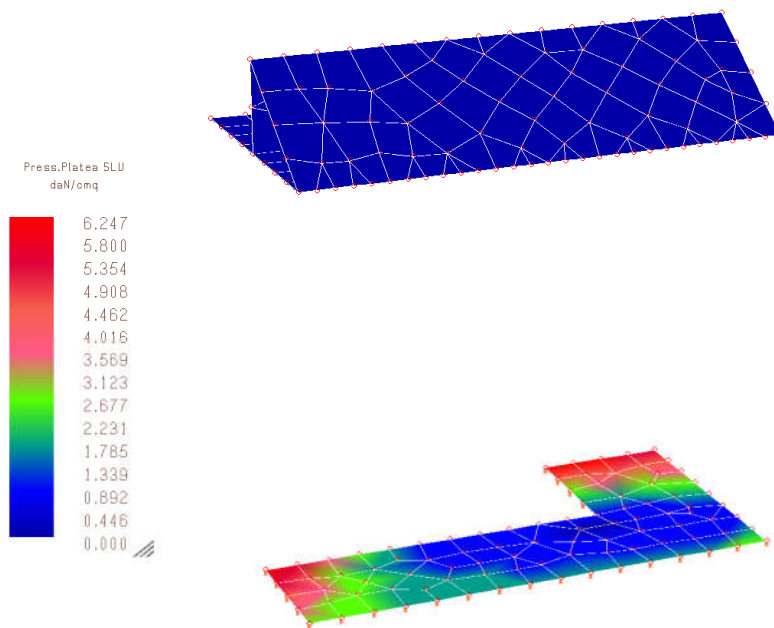
Rilanciando il calcolo della struttura in queste condizioni, al fine di verificare quanto sopra, si applica il sottostante riquadro

The image shows a software window titled "Proprietà" with a sidebar on the left and a main configuration area on the right. The sidebar contains a tree view with the following items: "Progetto" (expanded), "Normativa" (selected), "Dati spettro", "Riepilogo", "Generali", "Generazione", "Visualizzazione", "Nodi, vincoli e cerniere", "Statistiche", and "File". The main area is titled ":: Progetto :: Normativa" and contains the following fields and controls:

- Vita nominale costruzione: 50 anni
- Classe d'uso costruzione: IV
- Vita di riferimento: 100 anni
- Spettro di risposta: Elastico
- Probabilità superamento periodo riferimento: 10 %
- Tempo di ritorno del sisma: 949 anni
- Comune: Falmenta - (VB) [Mappa...]
- ag/g: 0.059 F0: 2.7 Tc*: 0.3
- Categoria suolo: A
- Coeff.moltiplicativo sisma: 1.3
- Coefficiente topografico: 1.2
- ☐ Coefficienti moltiplicativi per effetti II ordine
- Direzione 1 (X): 0
- Direzione 2 (Y): 0

At the bottom right, there are "OK" and "Annulla" buttons.

PRESSIONI SUL TERRENO DI FONDAZIONE STATO LIMITE ELASTICO



La condizione azioni max inferiori a quelle con analisi elastica e fattore di struttura unitario è verificata e quindi procediamo alla verifica del sistema struttura-terreno nelle condizioni sopra definite.

La verifica della pressione sul suolo allo stato limite ultimo non si differenzia pertanto da quella in campo statico e la pressione sul suolo può essere valutata esaminando i risultati dell'analisi che è stata specificatamente effettuata maggiorando le azioni sismiche.

In definitiva si può semplicemente valutare l'involuppo degli effetti delle combinazioni sia sismiche che statiche nello stesso modello.

VERIFICHE ANALITICHE NELLE VARIE COMBINAZIONI DI CARICO

Caratteristiche geotecniche del terreno:

Peso specifico terreno: 2600 daN/m³ Cu, coesione:
 0.300 daN/cm²
 Angolo di attrito: 43.00 gradi Profondità di posa:
 50.0 cm
 Angolo di attrito terreno-fondazione 19.80 gradi Adesione terreno-fondazione:
 0.132 daN/cm²

Metodo di calcolo della capacità portante:

Criterio di: Vesic

Coefficienti sismici globali:

Coefficiente sismico [khiX]: 0.127
 Coefficiente sismico [khiY]: 0.127
 Coefficiente sismico [khk]: 0.014

Tipo fondazione: platea

Area: 393362 cmq

Lato medio: 627 cm

Fattore di riduzione (Bowles) rg: 0.876, Base ridotta B': 549 cm

Combinazione: 1 Descrizione: Statica azione sismica ASSENTE

Coefficienti parziali gM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo res. taglio: 1.00
 Coesione efficace: 1.00
 Resistenza non drenata: 1.00
 Peso dell'unità di volume: 1.00

Coefficienti parziali gR di sicurezza per le verifiche SLU

Capacità portante: 1.00
 Scorrimento: 1.00

Fattore Ng:	106.46	Fattore Nc:	
110.34 Fattore Ng:	206.50		
Fatt. inclinazione del carico [iqX]:	1.00	Fatt. inclinazione del carico [icX]:	
1.00 Fatt. inclinazione del carico [igX]:	1.00		
Fatt. inclinazione del carico [iqY]:	1.00	Fatt. inclinazione del carico [icY]:	
1.00 Fatt. inclinazione del carico [igY]:	1.00		
Fattore di forma [sq]:	1.00	Fattore di forma [sc]:	
1.00 Fattore di forma [sg]:	1.00		
Fattore di profondità [dq]:	1.02	Fattore di profondità [dc]:	
1.04 Fattore di profondità [dg]:	1.00		
Coefficiente correttivo [egk]:	0.00	Coefficiente correttivo [egiX]:	
0.00 Coefficiente correttivo [egiY]:	0.00		

Verifica della capacità portante

QUlt: 195.859 daN/cm²
 Max pressione suolo: 5.370 daN/cm²
 Indice di resistenza: 0.03

Combinazione: 2 Descrizione: Sisma 100%+X 30%+Y azione sismica PRESENTE

Coefficienti parziali gM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo res. taglio: 1.00
 Coesione efficace: 1.00
 Resistenza non drenata: 1.00
 Peso dell'unità di volume: 1.00

Coefficienti parziali gR di sicurezza per le verifiche SLU

Capacità portante: 1.00

Scorrimento: 1.00

Fattore Nq:	106.46	Fattore Nc:	
110.34	Fattore Ng:	206.50	
Fatt. inclinazione del carico [iqX]:	0.85	Fatt. inclinazione del carico [icX]:	
0.85	Fatt. inclinazione del carico [igX]:	0.62	
Fatt. inclinazione del carico [iqY]:	0.85	Fatt. inclinazione del carico [icY]:	
0.85	Fatt. inclinazione del carico [igY]:	0.62	
Fattore di forma	[sq]: 1.00	Fattore di forma	[sc]:
1.00	Fattore di forma	[sg]:	1.00
Fattore di profondita'	[dq]: 1.02	Fattore di profondita'	[dc]:
1.04	Fattore di profondita'	[dg]:	1.00
Coefficiente correttivo	[egk]: 0.99	Coefficiente correttivo	[egiX]:
0.63	Coefficiente correttivo	[egiY]:	0.63

Verifica della capacità portante

QUlt (sisma in dir.X): 133.353 daN/cm²
QUlt (sisma in dir.Y): 133.353 daN/cm²
Max pressione suolo: 4.256 daN/cm²
Indice di resistenza: 0.03

Verifica a scorrimento

Carico orizzontale in dir.X agente sulla fondazione:	58149.49 daN
Carico orizzontale in dir.Y agente sulla fondazione:	58149.49 daN
Carico verticale agente sulla fondazione:	458812.63 daN
Forza resistente per attrito:	217106.43 daN
Indice di resistenza:	0.27

Combinazione: 3 Descrizione: **Sisma 100%+X 30%-Y** azione sismica **PRESENTE**

Coefficienti parziali gM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo res. taglio: 1.00
Coesione efficace: 1.00
Resistenza non drenata: 1.00
Peso dell'unità di volume: 1.00

Coefficienti parziali gR di sicurezza per le verifiche SLU

Capacità portante: 1.00
Scorrimento: 1.00

Fattore Nq:	106.46	Fattore Nc:	
110.34	Fattore Ng:	206.50	
Fatt. inclinazione del carico [iqX]:	0.85	Fatt. inclinazione del carico [icX]:	
0.85	Fatt. inclinazione del carico [igX]:	0.62	
Fatt. inclinazione del carico [iqY]:	0.85	Fatt. inclinazione del carico [icY]:	
0.85	Fatt. inclinazione del carico [igY]:	0.62	
Fattore di forma	[sq]: 1.00	Fattore di forma	[sc]:
1.00	Fattore di forma	[sg]:	1.00
Fattore di profondita'	[dq]: 1.02	Fattore di profondita'	[dc]:
1.04	Fattore di profondita'	[dg]:	1.00
Coefficiente correttivo	[egk]: 0.99	Coefficiente correttivo	[egiX]:
0.63	Coefficiente correttivo	[egiY]:	0.63

Verifica della capacità portante

QUlt (sisma in dir.X): 133.353 daN/cm²
QUlt (sisma in dir.Y): 133.353 daN/cm²
Max pressione suolo: 2.847 daN/cm²
Indice di resistenza: 0.02

Verifica a scorrimento

Carico orizzontale in dir.X agente sulla fondazione:	58149.49 daN
Carico orizzontale in dir.Y agente sulla fondazione:	58149.49 daN
Carico verticale agente sulla fondazione:	458812.63 daN
Forza resistente per attrito:	217106.43 daN
Indice di resistenza:	0.27

Combinazione: 4 Descrizione: **Sisma 100%-X 30%+Y** azione sismica **PRESENTE**

Coefficienti parziali gM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo res. taglio: 1.00
Coesione efficace: 1.00
Resistenza non drenata: 1.00
Peso dell'unita' di volume: 1.00

Coefficienti parziali gR di sicurezza per le verifiche SLU

Capacita' portante: 1.00
Scorrimento: 1.00

Fattore Ng:	106.46	Fattore Nc:	
110.34	Fattore Ng:	206.50	
Fatt. inclinazione del carico [iqX]:	0.85	Fatt. inclinazione del carico [icX]:	
0.85	Fatt. inclinazione del carico [igX]:	0.62	
Fatt. inclinazione del carico [iqY]:	0.85	Fatt. inclinazione del carico [icY]:	
0.85	Fatt. inclinazione del carico [igY]:	0.62	
Fattore di forma	[sq]: 1.00	Fattore di forma	[sc]:
1.00	Fattore di forma	[sg]:	1.00
Fattore di profondita'	[dq]: 1.02	Fattore di profondita'	[dc]:
1.04	Fattore di profondita'	[dg]:	1.00
Coefficiente correttivo	[egk]: 0.99	Coefficiente correttivo	[egiX]:
0.63	Coefficiente correttivo	[egiY]:	0.63

Verifica della capacita' portante

QUlt (sisma in dir.X): 133.353 daN/cm²
QUlt (sisma in dir.Y): 133.353 daN/cm²
Max pressione suolo: 5.400 daN/cm²
Indice di resistenza: 0.04

Verifica a scorrimento

Carico orizzontale in dir.X agente sulla fondazione:	58149.49 daN
Carico orizzontale in dir.Y agente sulla fondazione:	58149.49 daN
Carico verticale agente sulla fondazione:	458812.63 daN
Forza resistente per attrito:	217106.43 daN
Indice di resistenza:	0.27

Combinazione: 5 Descrizione: **Sisma 100%-X 30%-Y** azione sismica **PRESENTE**

Coefficienti parziali gM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo res. taglio: 1.00
Coesione efficace: 1.00
Resistenza non drenata: 1.00
Peso dell'unita' di volume: 1.00

Coefficienti parziali gR di sicurezza per le verifiche SLU

Capacita' portante: 1.00
Scorrimento: 1.00

Fattore Ng:	106.46	Fattore Nc:	
110.34	Fattore Ng:	206.50	
Fatt. inclinazione del carico [iqX]:	0.85	Fatt. inclinazione del carico [icX]:	
0.85	Fatt. inclinazione del carico [igX]:	0.62	
Fatt. inclinazione del carico [iqY]:	0.85	Fatt. inclinazione del carico [icY]:	
0.85	Fatt. inclinazione del carico [igY]:	0.62	
Fattore di forma	[sq]: 1.00	Fattore di forma	[sc]:
1.00	Fattore di forma	[sg]:	1.00
Fattore di profondita'	[dq]: 1.02	Fattore di profondita'	[dc]:
1.04	Fattore di profondita'	[dg]:	1.00
Coefficiente correttivo	[egk]: 0.99	Coefficiente correttivo	[egiX]:
0.63	Coefficiente correttivo	[egiY]:	0.63

Verifica della capacità portante

QUlt (sisma in dir.X): **133.353** daN/cm²
 QUlt (sisma in dir.Y): **133.353** daN/cm²
 Max pressione suolo: **4.529** daN/cm²
 Indice di resistenza: **0.03**

Verifica a scorrimento

Carico orizzontale in dir.X agente sulla fondazione: **58149.49** daN
 Carico orizzontale in dir.Y agente sulla fondazione: **58149.49** daN
 Carico verticale agente sulla fondazione: **458812.63** daN
 Forza resistente per attrito: **217106.43** daN
 Indice di resistenza: **0.27**

Combinazione: **6** Descrizione: **Sisma 30%+X 100%+Y** azione sismica **PRESENTE**

Coefficienti parziali gM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo res. taglio: **1.00**
 Coesione efficace: **1.00**
 Resistenza non drenata: **1.00**
 Peso dell'unita' di volume: **1.00**

Coefficienti parziali gR di sicurezza per le verifiche SLU

Capacita' portante: **1.00**
 Scorrimento: **1.00**

Fattore Ng:	106.46	Fattore Nc:	
110.34 Fattore Ng:	206.50		
Fatt. inclinazione del carico [iqX]:	0.85	Fatt. inclinazione del carico [icX]:	
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igX]:	0.62		
Fatt. inclinazione del carico [iqY]:	0.85	Fatt. inclinazione del carico [icY]:	
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igY]:	0.62		
Fattore di forma [sq]:	1.00	Fattore di forma [sc]:	
1.00 Fattore di forma [sg]:	1.00		
Fattore di profondita' [dq]:	1.02	Fattore di profondita' [dc]:	
1.04 Fattore di profondita' [dg]:	1.00		
Coefficiente correttivo [egk]:	0.99	Coefficiente correttivo [egiX]:	
0.63 Coefficiente correttivo [egiY]:	0.63		

Verifica della capacità portante

QUlt (sisma in dir.X): **133.353** daN/cm²
 QUlt (sisma in dir.Y): **133.353** daN/cm²
 Max pressione suolo: **6.086** daN/cm²
 Indice di resistenza: **0.05**

Verifica a scorrimento

Carico orizzontale in dir.X agente sulla fondazione: **58149.49** daN
 Carico orizzontale in dir.Y agente sulla fondazione: **58149.49** daN
 Carico verticale agente sulla fondazione: **458812.63** daN
 Forza resistente per attrito: **217106.43** daN
 Indice di resistenza: **0.27**

Combinazione: **7** Descrizione: **Sisma 30%+X 100%-Y** azione sismica **PRESENTE**

Coefficienti parziali gM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo res. taglio: **1.00**
 Coesione efficace: **1.00**
 Resistenza non drenata: **1.00**
 Peso dell'unita' di volume: **1.00**

Coefficienti parziali gR di sicurezza per le verifiche SLU

Capacita' portante: **1.00**
 Scorrimento: **1.00**

Fattore Nq:	106.46	Fattore Nc:	
110.34 Fattore Ng:	206.50		
Fatt. inclinazione del carico [iqX]:	0.85	Fatt. inclinazione del carico [icX]:	
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igX]:	0.62		
Fatt. inclinazione del carico [iqY]:	0.85	Fatt. inclinazione del carico [icY]:	
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igY]:	0.62		
Fattore di forma [sq]:	1.00	Fattore di forma [sc]:	
1.00 Fattore di forma [sg]:	1.00		
Fattore di profondita' [dq]:	1.02	Fattore di profondita' [dc]:	
1.04 Fattore di profondita' [dg]:	1.00		
Coefficiente correttivo [egk]:	0.99	Coefficiente correttivo [egiX]:	
0.63 Coefficiente correttivo [egiY]:	0.63		

Verifica della capacità portante

QUlt (sisma in dir.X): **133.353** daN/cm²
 QUlt (sisma in dir.Y): **133.353** daN/cm²
 Max pressione suolo: **2.265** daN/cm²
 Indice di resistenza: **0.02**

Verifica a scorrimento

Carico orizzontale in dir.X agente sulla fondazione:	58149.49 daN
Carico orizzontale in dir.Y agente sulla fondazione:	58149.49 daN
Carico verticale agente sulla fondazione:	458812.63 daN
Forza resistente per attrito:	217106.43 daN
Indice di resistenza:	0.27

Combinazione: **8** Descrizione: **Sisma 30%-X 100%+Y** azione sismica **PRESENTE**

Coefficienti parziali gM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo res. taglio: **1.00**
 Coesione efficace: **1.00**
 Resistenza non drenata: **1.00**
 Peso dell'unita' di volume: **1.00**

Coefficienti parziali gR di sicurezza per le verifiche SLU

Capacita' portante: **1.00**
 Scorrimento: **1.00**

Fattore Nq:	106.46	Fattore Nc:	
110.34 Fattore Ng:	206.50		
Fatt. inclinazione del carico [iqX]:	0.85	Fatt. inclinazione del carico [icX]:	
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igX]:	0.62		
Fatt. inclinazione del carico [iqY]:	0.85	Fatt. inclinazione del carico [icY]:	
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igY]:	0.62		
Fattore di forma [sq]:	1.00	Fattore di forma [sc]:	
1.00 Fattore di forma [sg]:	1.00		
Fattore di profondita' [dq]:	1.02	Fattore di profondita' [dc]:	
1.04 Fattore di profondita' [dg]:	1.00		
Coefficiente correttivo [egk]:	0.99	Coefficiente correttivo [egiX]:	
0.63 Coefficiente correttivo [egiY]:	0.63		

Verifica della capacità portante

QUlt (sisma in dir.X): **133.353** daN/cm²
 QUlt (sisma in dir.Y): **133.353** daN/cm²
 Max pressione suolo: **6.247** daN/cm²
 Indice di resistenza: **0.05**

Verifica a scorrimento

Carico orizzontale in dir.X agente sulla fondazione:	58149.49 daN
Carico orizzontale in dir.Y agente sulla fondazione:	58149.49 daN
Carico verticale agente sulla fondazione:	458812.63 daN
Forza resistente per attrito:	217106.43 daN
Indice di resistenza:	0.27

Combinazione: 9 Descrizione: **Sisma 30%-X 100%-Y** azione sismica **PRESENTE**

Coefficienti parziali gM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo res. taglio: 1.00
Coesione efficace: 1.00
Resistenza non drenata: 1.00
Peso dell'unita' di volume: 1.00

Coefficienti parziali gR di sicurezza per le verifiche SLU

Capacita' portante: 1.00
Scorrimento: 1.00

Fattore Nq: 106.46 Fattore Nc:
110.34 Fattore Ng: 206.50
Fatt. inclinazione del carico [iqX]: 0.85 Fatt. inclinazione del carico [icX]:
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igX]: 0.62
Fatt. inclinazione del carico [iqY]: 0.85 Fatt. inclinazione del carico [icY]:
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igY]: 0.62
Fattore di forma [sq]: 1.00 Fattore di forma [sc]:
1.00 Fattore di forma [sg]: 1.00
Fattore di profondita' [dq]: 1.02 Fattore di profondita' [dc]:
1.04 Fattore di profondita' [dg]: 1.00
Coefficiente correttivo [egk]: 0.99 Coefficiente correttivo [egiX]:
0.63 Coefficiente correttivo [egiY]: 0.63

Verifica della capacita' portante

QUlt (sisma in dir.X): 133.353 daN/cm²
QUlt (sisma in dir.Y): 133.353 daN/cm²
Max pressione suolo: 2.745 daN/cm²
Indice di resistenza: 0.02

Verifica a scorrimento

Carico orizzontale in dir.X agente sulla fondazione: 58149.49 daN
Carico orizzontale in dir.Y agente sulla fondazione: 58149.49 daN
Carico verticale agente sulla fondazione: 458812.63 daN
Forza resistente per attrito: 217106.43 daN
Indice di resistenza: 0.27

Combinazione: 10 Descrizione: **Sisma 100%+X 30%+Y** azione sismica **PRESENTE**

Coefficienti parziali gM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo res. taglio: 1.00
Coesione efficace: 1.00
Resistenza non drenata: 1.00
Peso dell'unita' di volume: 1.00

Coefficienti parziali gR di sicurezza per le verifiche SLU

Capacita' portante: 1.00
Scorrimento: 1.00

Fattore Nq: 106.46 Fattore Nc:
110.34 Fattore Ng: 206.50
Fatt. inclinazione del carico [iqX]: 0.85 Fatt. inclinazione del carico [icX]:
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igX]: 0.62
Fatt. inclinazione del carico [iqY]: 0.85 Fatt. inclinazione del carico [icY]:
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igY]: 0.62
Fattore di forma [sq]: 1.00 Fattore di forma [sc]:
1.00 Fattore di forma [sg]: 1.00
Fattore di profondita' [dq]: 1.02 Fattore di profondita' [dc]:
1.04 Fattore di profondita' [dg]: 1.00
Coefficiente correttivo [egk]: 0.99 Coefficiente correttivo [egiX]:
0.63 Coefficiente correttivo [egiY]: 0.63

Verifica della capacita' portante

QUlt (sisma in dir.X): 133.353 daN/cm²

QUlt (sisma in dir.Y): **133.353** daN/cm²
Max pressione suolo: **4.256** daN/cm²
Indice di resistenza: **0.03**

Verifica a scorrimento

Carico orizzontale in dir.X agente sulla fondazione: **58149.49** daN
Carico orizzontale in dir.Y agente sulla fondazione: **58149.49** daN
Carico verticale agente sulla fondazione: **458812.63** daN
Forza resistente per attrito: **217106.43** daN
Indice di resistenza: **0.27**

Combinazione: **11** Descrizione: **Sisma 100%+X 30%-Y** azione sismica **PRESENTE**

Coefficienti parziali gM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo res. taglio: **1.00**
Coesione efficace: **1.00**
Resistenza non drenata: **1.00**
Peso dell'unita' di volume: **1.00**

Coefficienti parziali gR di sicurezza per le verifiche SLU

Capacita' portante: **1.00**
Scorrimento: **1.00**

Fattore Nq: **106.46** Fattore Nc:
110.34 Fattore Ng: **206.50**
Fatt. inclinazione del carico [iqX]: **0.85** Fatt. inclinazione del carico [icX]:
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igX]: **0.62**
Fatt. inclinazione del carico [iqY]: **0.85** Fatt. inclinazione del carico [icY]:
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igY]: **0.62**
Fattore di forma [sq]: **1.00** Fattore di forma [sc]:
1.00 Fattore di forma [sg]: **1.00**
Fattore di profondita' [dq]: **1.02** Fattore di profondita' [dc]:
1.04 Fattore di profondita' [dg]: **1.00**
Coefficiente correttivo [egk]: **0.99** Coefficiente correttivo [egiX]:
0.63 Coefficiente correttivo [egiY]: **0.63**

Verifica della capacità portante

QUlt (sisma in dir.X): **133.353** daN/cm²
QUlt (sisma in dir.Y): **133.353** daN/cm²
Max pressione suolo: **2.847** daN/cm²
Indice di resistenza: **0.02**

Verifica a scorrimento

Carico orizzontale in dir.X agente sulla fondazione: **58149.49** daN
Carico orizzontale in dir.Y agente sulla fondazione: **58149.49** daN
Carico verticale agente sulla fondazione: **458812.63** daN
Forza resistente per attrito: **217106.43** daN
Indice di resistenza: **0.27**

Combinazione: **12** Descrizione: **Sisma 100%-X 30%+Y** azione sismica **PRESENTE**

Coefficienti parziali gM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo res. taglio: **1.00**
Coesione efficace: **1.00**
Resistenza non drenata: **1.00**
Peso dell'unita' di volume: **1.00**

Coefficienti parziali gR di sicurezza per le verifiche SLU

Capacita' portante: **1.00**
Scorrimento: **1.00**

Fattore Nq: **106.46** Fattore Nc:
110.34 Fattore Ng: **206.50**

Fatt. inclinazione del carico [iqX]:	0.85	Fatt. inclinazione del carico [icX]:	
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igX]:	0.62		
Fatt. inclinazione del carico [iqY]:	0.85	Fatt. inclinazione del carico [icY]:	
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igY]:	0.62		
Fattore di forma [sq]:	1.00	Fattore di forma [sc]:	
1.00 Fattore di forma [sg]:	1.00		
Fattore di profondita' [dq]:	1.02	Fattore di profondita' [dc]:	
1.04 Fattore di profondita' [dg]:	1.00		
Coefficiente correttivo [egk]:	0.99	Coefficiente correttivo [egiX]:	
0.63 Coefficiente correttivo [egiY]:	0.63		

Verifica della capacità portante

QUlt (sisma in dir.X): **133.353** daN/cm²
 QUlt (sisma in dir.Y): **133.353** daN/cm²
 Max pressione suolo: **5.400** daN/cm²
 Indice di resistenza: **0.04**

Verifica a scorrimento

Carico orizzontale in dir.X agente sulla fondazione:	58149.49 daN
Carico orizzontale in dir.Y agente sulla fondazione:	58149.49 daN
Carico verticale agente sulla fondazione:	458812.63 daN
Forza resistente per attrito:	217106.43 daN
Indice di resistenza:	0.27

Combinazione: **13** Descrizione: **Sisma 100%-X 30%-Y** azione sismica **PRESENTE**

Coefficienti parziali gM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo res. taglio: **1.00**
 Coesione efficace: **1.00**
 Resistenza non drenata: **1.00**
 Peso dell'unita' di volume: **1.00**

Coefficienti parziali gR di sicurezza per le verifiche SLU

Capacita' portante: **1.00**
 Scorrimento: **1.00**

Fattore Nq:	106.46	Fattore Nc:	
110.34 Fattore Ng:	206.50		
Fatt. inclinazione del carico [iqX]:	0.85	Fatt. inclinazione del carico [icX]:	
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igX]:	0.62		
Fatt. inclinazione del carico [iqY]:	0.85	Fatt. inclinazione del carico [icY]:	
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igY]:	0.62		
Fattore di forma [sq]:	1.00	Fattore di forma [sc]:	
1.00 Fattore di forma [sg]:	1.00		
Fattore di profondita' [dq]:	1.02	Fattore di profondita' [dc]:	
1.04 Fattore di profondita' [dg]:	1.00		
Coefficiente correttivo [egk]:	0.99	Coefficiente correttivo [egiX]:	
0.63 Coefficiente correttivo [egiY]:	0.63		

Verifica della capacità portante

QUlt (sisma in dir.X): **133.353** daN/cm²
 QUlt (sisma in dir.Y): **133.353** daN/cm²
 Max pressione suolo: **4.529** daN/cm²
 Indice di resistenza: **0.03**

Verifica a scorrimento

Carico orizzontale in dir.X agente sulla fondazione:	58149.49 daN
Carico orizzontale in dir.Y agente sulla fondazione:	58149.49 daN
Carico verticale agente sulla fondazione:	458812.63 daN
Forza resistente per attrito:	217106.43 daN
Indice di resistenza:	0.27

Combinazione: **14** Descrizione: **Sisma 30%+X 100%+Y** azione sismica **PRESENTE**

Coefficienti parziali gM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo res. taglio: 1.00
 Coesione efficace: 1.00
 Resistenza non drenata: 1.00
 Peso dell'unita' di volume: 1.00

Coefficienti parziali gR di sicurezza per le verifiche SLU

Capacita' portante: 1.00
 Scorrimento: 1.00

Fattore Nq: 106.46 Fattore Nc:
110.34 Fattore Ng: 206.50
 Fatt. inclinazione del carico [iqX]: 0.85 Fatt. inclinazione del carico [icX]:
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igX]: 0.62
 Fatt. inclinazione del carico [iqY]: 0.85 Fatt. inclinazione del carico [icY]:
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igY]: 0.62
 Fattore di forma [sq]: 1.00 Fattore di forma [sc]:
1.00 Fattore di forma [sg]: 1.00
 Fattore di profondita' [dq]: 1.02 Fattore di profondita' [dc]:
1.04 Fattore di profondita' [dg]: 1.00
 Coefficiente correttivo [egk]: 0.99 Coefficiente correttivo [egiX]:
0.63 Coefficiente correttivo [egiY]: 0.63

Verifica della capacita' portante

QUlt (sisma in dir.X): 133.353 daN/cm²
 QUlt (sisma in dir.Y): 133.353 daN/cm²
 Max pressione suolo: 6.086 daN/cm²
 Indice di resistenza: 0.05

Verifica a scorrimento

Carico orizzontale in dir.X agente sulla fondazione: 58149.49 daN
 Carico orizzontale in dir.Y agente sulla fondazione: 58149.49 daN
 Carico verticale agente sulla fondazione: 458812.63 daN
 Forza resistente per attrito: 217106.43 daN
 Indice di resistenza: 0.27

Combinazione: 15 Descrizione: Sisma 30%+X 100%-Y azione sismica **PRESENTE**

Coefficienti parziali gM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo res. taglio: 1.00
 Coesione efficace: 1.00
 Resistenza non drenata: 1.00
 Peso dell'unita' di volume: 1.00

Coefficienti parziali gR di sicurezza per le verifiche SLU

Capacita' portante: 1.00
 Scorrimento: 1.00

Fattore Nq: 106.46 Fattore Nc:
110.34 Fattore Ng: 206.50
 Fatt. inclinazione del carico [iqX]: 0.85 Fatt. inclinazione del carico [icX]:
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igX]: 0.62
 Fatt. inclinazione del carico [iqY]: 0.85 Fatt. inclinazione del carico [icY]:
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igY]: 0.62
 Fattore di forma [sq]: 1.00 Fattore di forma [sc]:
1.00 Fattore di forma [sg]: 1.00
 Fattore di profondita' [dq]: 1.02 Fattore di profondita' [dc]:
1.04 Fattore di profondita' [dg]: 1.00
 Coefficiente correttivo [egk]: 0.99 Coefficiente correttivo [egiX]:
0.63 Coefficiente correttivo [egiY]: 0.63

Verifica della capacita' portante

QUlt (sisma in dir.X): 133.353 daN/cm²
 QUlt (sisma in dir.Y): 133.353 daN/cm²
 Max pressione suolo: 2.265 daN/cm²

Indice di resistenza: 0.02

Verifica a scorrimento

Carico orizzontale in dir.X agente sulla fondazione: 58149.49 daN
Carico orizzontale in dir.Y agente sulla fondazione: 58149.49 daN
Carico verticale agente sulla fondazione: 458812.63 daN
Forza resistente per attrito: 217106.43 daN
Indice di resistenza: 0.27

Combinazione: 16 Descrizione: Sisma 30%-X 100%+Y azione sismica PRESENTE

Coefficienti parziali gM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo res. taglio: 1.00
Coesione efficace: 1.00
Resistenza non drenata: 1.00
Peso dell'unita' di volume: 1.00

Coefficienti parziali gR di sicurezza per le verifiche SLU

Capacita' portante: 1.00
Scorrimento: 1.00

Fattore Nq: 106.46 Fattore Nc:
110.34 Fattore Ng: 206.50
Fatt. inclinazione del carico [iqX]: 0.85 Fatt. inclinazione del carico [icX]:
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igX]: 0.62
Fatt. inclinazione del carico [iqY]: 0.85 Fatt. inclinazione del carico [icY]:
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igY]: 0.62
Fattore di forma [sq]: 1.00 Fattore di forma [sc]:
1.00 Fattore di forma [sg]: 1.00
Fattore di profondita' [dq]: 1.02 Fattore di profondita' [dc]:
1.04 Fattore di profondita' [dg]: 1.00
Coefficiente correttivo [egk]: 0.99 Coefficiente correttivo [egiX]:
0.63 Coefficiente correttivo [egiY]: 0.63

Verifica della capacità portante

QUlt (sisma in dir.X): 133.353 daN/cm²
QUlt (sisma in dir.Y): 133.353 daN/cm²
Max pressione suolo: 6.247 daN/cm²
Indice di resistenza: 0.05

Verifica a scorrimento

Carico orizzontale in dir.X agente sulla fondazione: 58149.49 daN
Carico orizzontale in dir.Y agente sulla fondazione: 58149.49 daN
Carico verticale agente sulla fondazione: 458812.63 daN
Forza resistente per attrito: 217106.43 daN
Indice di resistenza: 0.27

Combinazione: 17 Descrizione: Sisma 30%-X 100%-Y azione sismica PRESENTE

Coefficienti parziali gM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo res. taglio: 1.00
Coesione efficace: 1.00
Resistenza non drenata: 1.00
Peso dell'unita' di volume: 1.00

Coefficienti parziali gR di sicurezza per le verifiche SLU

Capacita' portante: 1.00
Scorrimento: 1.00

Fattore Nq: 106.46 Fattore Nc:
110.34 Fattore Ng: 206.50
Fatt. inclinazione del carico [iqX]: 0.85 Fatt. inclinazione del carico [icX]:
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igX]: 0.62

Fatt. inclinazione del carico [iqY]:	0.85	Fatt. inclinazione del carico [icY]:	
0.85 Fatt. inclinazione del carico [igY]:	0.62		
Fattore di forma [sq]:	1.00	Fattore di forma [sc]:	
1.00 Fattore di forma [sg]:	1.00		
Fattore di profondita' [dq]:	1.02	Fattore di profondita' [dc]:	
1.04 Fattore di profondita' [dg]:	1.00		
Coefficiente correttivo [egk]:	0.99	Coefficiente correttivo [egiX]:	
0.63 Coefficiente correttivo [egiY]:	0.63		

Verifica della capacità portante

QUlt (sisma in dir.X): **133.353** daN/cm²
 QUlt (sisma in dir.Y): **133.353** daN/cm²
 Max pressione suolo: **2.745** daN/cm²
 Indice di resistenza: **0.02**

Verifica a scorrimento

Carico orizzontale in dir.X agente sulla fondazione: **58149.49** daN
 Carico orizzontale in dir.Y agente sulla fondazione: **58149.49** daN
 Carico verticale agente sulla fondazione: **458812.63** daN
 Forza resistente per attrito: **217106.43** daN
 Indice di resistenza: **0.27**

Combinazione: **18** Descrizione: **Rara** azione sismica **ASSENTE**

Coefficienti parziali gM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo res. taglio: **1.00**
 Coesione efficace: **1.00**
 Resistenza non drenata: **1.00**
 Peso dell'unita' di volume: **1.00**

Coeff. sicurezza SLE: **3.0**

Fattore Ng:	106.46	Fattore Nc:	
110.34 Fattore Ng:	206.50		
Fatt. inclinazione del carico [iqX]:	1.00	Fatt. inclinazione del carico [icX]:	
1.00 Fatt. inclinazione del carico [igX]:	1.00		
Fatt. inclinazione del carico [iqY]:	1.00	Fatt. inclinazione del carico [icY]:	
1.00 Fatt. inclinazione del carico [igY]:	1.00		
Fattore di forma [sq]:	1.00	Fattore di forma [sc]:	
1.00 Fattore di forma [sg]:	1.00		
Fattore di profondita' [dq]:	1.02	Fattore di profondita' [dc]:	
1.04 Fattore di profondita' [dg]:	1.00		
Coefficiente correttivo [egk]:	0.00	Coefficiente correttivo [egiX]:	
0.00 Coefficiente correttivo [egiY]:	0.00		

Verifica della capacità portante

QUlt: **195.859** daN/cm²
 Max pressione suolo: **4.096** daN/cm²
 Indice di resistenza: **0.06**

Combinazione: **19** Descrizione: **Frequente** azione sismica **ASSENTE**

Coefficienti parziali gM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo res. taglio: **1.00**
 Coesione efficace: **1.00**
 Resistenza non drenata: **1.00**
 Peso dell'unita' di volume: **1.00**

Coeff. sicurezza SLE: **3.0**

Fattore Ng:	106.46	Fattore Nc:	
110.34 Fattore Ng:	206.50		

Fatt. inclinazione del carico [iqX]:	1.00	Fatt. inclinazione del carico [icX]:	
1.00 Fatt. inclinazione del carico [igX]:	1.00		
Fatt. inclinazione del carico [iqY]:	1.00	Fatt. inclinazione del carico [icY]:	
1.00 Fatt. inclinazione del carico [igY]:	1.00		
Fattore di forma [sq]:	1.00	Fattore di forma [sc]:	
1.00 Fattore di forma [sg]:	1.00		
Fattore di profondita' [dq]:	1.02	Fattore di profondita' [dc]:	
1.04 Fattore di profondita' [dg]:	1.00		
Coefficiente correttivo [egk]:	0.00	Coefficiente correttivo [egiX]:	
0.00 Coefficiente correttivo [egiY]:	0.00		

Verifica della capacità portante

QUlt: 195.859 daN/cm²
 Max pressione suolo: 3.913 daN/cm²
 Indice di resistenza: 0.06

Combinazione: 20 Descrizione: **Quasi permanente** azione sismica **ASSENTE**

Coefficienti parziali gM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo res. taglio: 1.00
 Coesione efficace: 1.00
 Resistenza non drenata: 1.00
 Peso dell'unita' di volume: 1.00

Coeff. sicurezza SLE: 3.0

Fattore Nq:	106.46	Fattore Nc:	
110.34 Fattore Ng:	206.50		
Fatt. inclinazione del carico [iqX]:	1.00	Fatt. inclinazione del carico [icX]:	
1.00 Fatt. inclinazione del carico [igX]:	1.00		
Fatt. inclinazione del carico [iqY]:	1.00	Fatt. inclinazione del carico [icY]:	
1.00 Fatt. inclinazione del carico [igY]:	1.00		
Fattore di forma [sq]:	1.00	Fattore di forma [sc]:	
1.00 Fattore di forma [sg]:	1.00		
Fattore di profondita' [dq]:	1.02	Fattore di profondita' [dc]:	
1.04 Fattore di profondita' [dg]:	1.00		
Coefficiente correttivo [egk]:	0.00	Coefficiente correttivo [egiX]:	
0.00 Coefficiente correttivo [egiY]:	0.00		

Verifica della capacità portante

QUlt: 195.859 daN/cm²
 Max pressione suolo: 3.868 daN/cm²
 Indice di resistenza: 0.06

CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO, SOLUTORE E AFFIDABILITÀ DEI RISULTATI

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 14.01.2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore Studio Software AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito (www.amv.it) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene pertanto sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LiFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore.

Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di *Lanczos* noto come *Thick Restarted Lanczos* ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo.

Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria *LAPACK*.

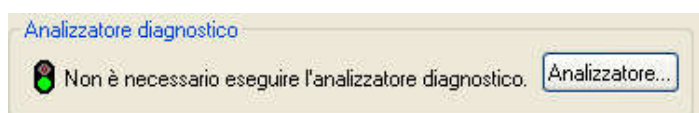
L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidezza elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidezza geometrica.

Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato.

Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il manuale di validazione è disponibile sul sito www.amv.it.

E' importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture.

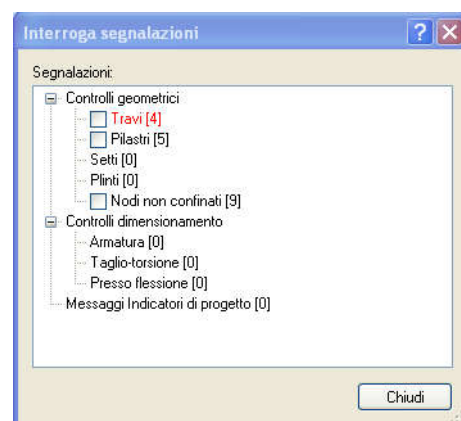
In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodiagnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti



della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente.

Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per il c.a., acciaio, legno, alluminio, muratura etc.

Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo). Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione.



Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. E' possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.

Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidità del sistema.

Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire dalle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.

Controlli ed accettabilità dei risultati

Tutti i risultati sono stati oggetto di controllo. In particolare in questa fase di progettazione si è posta attenzione alla correttezza del modello ad elementi finiti, della rappresentazione dell'analisi sismica. Le sollecitazioni risultanti sono state oggetto di verifica utilizzando sia software di calcolo diversi sia con calcoli semplici fatti a mano al fine di identificare, se non il valore preciso, almeno la correttezza dell'ordine di grandezza.

A conforto dei controlli effettuati si aggiunge anche il fatto che il programma di calcolo utilizzato è sul mercato da molti anni risultando pertanto sufficientemente testato.

Il programma di calcolo utilizzato MasterSap è idoneo a riprodurre nel modello matematico il comportamento della struttura e gli elementi finiti disponibili e utilizzati sono rappresentativi della realtà costruttiva. Le funzioni di controllo disponibili, innanzitutto quelle grafiche, consentono di verificare la riproduzione della realtà costruttiva ed accertare la corrispondenza

del modello con la geometria strutturale e con le condizioni di carico ipotizzate. Si evidenzia che il modello viene generato direttamente dal disegno architettonico riproducendone così fedelmente le proporzioni geometriche. In ogni caso sono stati effettuati alcuni controlli dimensionali con gli strumenti software a disposizione dell'utente. Tutte le proprietà di rilevanza strutturale (materiali, sezioni, carichi, sconnessioni, etc.) sono state controllate attraverso le funzioni di indagine specificatamente previste. Sono state sfruttate le funzioni di autodiagnostica presenti nel software che hanno accertato che non sussistono difetti formali di impostazione.

E' stato accertato che le risultanti delle azioni verticali sono in equilibrio con i carichi applicati. Sono state controllate le azioni taglianti di piano ed accertata la loro congruenza con quella ricavabile da semplici ed agevoli elaborazioni. Le sollecitazioni prodotte da alcune combinazioni di carico di prova hanno prodotto valori prossimi a quelli ricavabili adottando consolidate formulazioni ricavate dalla Scienza delle Costruzioni. Anche le deformazioni risultano prossime ai valori attesi. Il dimensionamento e le verifiche di sicurezza hanno determinato risultati che sono in linea con casi di comprovata validità, confortati anche dalla propria esperienza