

**REGIONE
FRIULI - VENEZIA GIULIA**

COMUNE DI MARTIGNACCO (UD)

ATLAS SOLAR 2 s.r.l.
Via Cino Del Duca, 5
20122 MILANO (MI)
P.IVA 03045640301

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
AGRIVOLTAICO CON FOTOVOLTAICO AD INSEGUITORI MONOASSIALI
PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA, COMPRESIVO DI
IMPIANTO AGRICOLO CON ANNESSO APIARIO, SITO NEL COMUNE DI
MARTIGNACCO (UD), FORMATO DA DUE SEZIONI CIASCUNO PER UNA
POTENZA NOMINALE MASSIMA DI 9006 KW E POTENZA IN A.C. DI 8250
KW, ALLA TENSIONE RETE DI 20 KV E DELLE RELATIVE OPERE DI RETE
RICADENTI NEI COMUNI DI MARTIGNACCO (UD) E FAGAGNA (UD)**

**PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE
COMPRESIVO DELLE OPERE DI RETE PER LA CONNESSIONE**

ELABORATO

PRIME INDICAZIONI SULLE VERIFICHE STRUTTURALI - SISMICHE

DATA: 25/11/2021

SCALA : -

aggiornamento :



CONSULENZE E COLLABORAZIONI

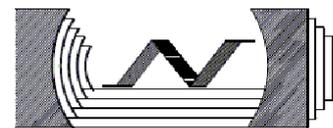
Arch. Gianluca DI DONATO
Dott. Massimo MACCHIAROLA
Ing. Elvio MURETTA
Archeol. Gerardo Fratanni
Geol. Davide SERAVALLI
Per. Ind. Alessandro CORTI



Energy for the Future

Udine (UD) Via Andreuzzi n°12, CAP 33100
Partita IVA 02943070306
www.atlas-re.eu

revisione	descrizione	data	DOC R04
A	PRIME INDICAZIONI SULLE VERIFICHE STRUTTURALI - SISMICHE	25/11/2021	
B			
C			



A.01.A	PREMESSA	2
A.01.B	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
A.01.C	METODI DI CALCOLO	4
A.01.C.1	Misure sulla sicurezza	5
A.01.C.2	Modelli di calcolo	5
A.01.C.3	Azioni sulla costruzione – Azioni ambientali e naturali	7
A.01.C.4	Azioni sulla costruzione – Destinazioni d’uso e sovraccarichi per le azioni antropiche	8
A.01.C.5	Azioni sulla costruzione – Azione sismica	9
A.01.C.6	Azioni sulla costruzione – Azione dovuta al vento	12
A.01.C.7	Azioni sulla costruzione – Azione dovuta alla temperatura	17
A.01.C.8	Azioni sulla costruzione – Neve	18
A.01.C.9	Combinazioni di carico	18
A.01.C.10	Durabilità	20
A.01.C.11	Prestazioni attese al collaudo	21
A.01.D	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DEI TERRENI	21
A.01.E	INDICAZIONI PER CABINA ELETTRICA, POWER STATION E CONTAINERS	21
A.01.F	STRUTTURE DI SOSTEGNO DEI MODULI FOTOVOLTAICI	22
A.01.G	POWER STATION E CONTAINER PER VANO TECNICO	25
A.01.H	CABINA PRINCIPALE D’IMPIANTO	26
A.01.L	PIASTRE DI FONDAZIONE	30
A.01.L.1	Verifiche geotecniche	31
A.01.L.2	Metodologie di calcolo	31
A.01.L.3	Definizione delle azioni elementari	31
A.01.L.4	Verifiche strutturali	31
A.01.M	INSEGUITORI SOLARI	32
A.01.M.1	Il Metodo di studio	32
A.01.M.1.1	Vibrazione di risonanza	33
A.01.M.1.2	Flutter torsionale	33
A.01.M.1.3	Galoppo torsionale	34
A.01.M.1.4	Pressione del vento in galleria e test di velocità (modelli rigidi + DAF)	35
A.01.M.1.5	Test dinamici della galleria del vento	36
A.01.M.1.6	Flutter Analysis Method (FAM)	36
A.01.M.1.7	Metodo di analisi del buffer (BAM)	37
A.01.M.1.8	Confronto tra carichi di vento statici e dinamici	38
A.02	CONCLUSIONI	40
A.03	CALCOLI STRUTTURALI	41

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	1	41

	<p>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p>Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p>Studio di Ingegneria</p>
---	--	--

A.01.A PREMESSA

La presente relazione è stata redatta per fornire le prime indicazioni circa le verifiche strutturali da condurre circa la messa in opera delle cabine elettriche, principali di impianto, delle strutture portamoduli previste nell'ambito della realizzazione di una centrale fotovoltaica per la produzione di energia elettrica da ubicarsi nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine) e con l'installazione delle opere ed infrastrutture connesse (cabine elettrica di conversione e smistamento, cabine di impianto, rete elettrica interrata a 20 kV, strade e opere connesse).

Tutta la progettazione è stata sviluppata utilizzando tecnologie ad oggi disponibili sul mercato europeo; considerando che la tecnologia fotovoltaica è in rapido sviluppo, dal momento della progettazione definitiva alla realizzazione potranno cambiare le tecnologie e le caratteristiche delle componenti principali (moduli fotovoltaici, inverter, strutture di supporto), ma resteranno invariate le caratteristiche complessive e principali dell'intero impianto in termini di potenza massima di produzione, occupazione del suolo e fabbricati.

Il progetto in oggetto riguarda la realizzazione di due impianti agrivoltaici con fotovoltaico a terra situati nella Regione Friuli Venezia Giulia, Comune di Martignacco (Provincia di Udine)

Gli impianti fotovoltaici avranno potenze rispettivamente di:

- Martignacco 1 potenza massima di picco 9006 kW e potenza nominale in uscita dagli apparati di conversione (AC) pari a 8250 kW;
- Martignacco 2 potenza massima di picco 9006 kW e potenza nominale in uscita dagli apparati di conversione (AC) pari a 8250 kW.

Le Aree oggetto dell'intervento e, precisamente, dei due campi fotovoltaici e impianto agricolo annesso sono ubicate geograficamente a Sud – Ovest del centro abitato del Comune di Martignacco (UD). Le coordinate geografiche del sito sono:

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	2	41

	<p>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p>Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p>Studio di Ingegneria</p>
---	--	--

	Geografiche WGS84	
	LAT	LONG
Sottocampo "MARTIGNACCO 1" (baricentro)	46.064924°	13.124884°

	Geografiche WGS84	
	LAT	LONG
Sottocampo "MARTIGNACCO 2" (baricentro)	46.062277°	13.124153°

Gli impianti agrivoltaici saranno allacciati alla rete MT di e-distribuzione nazionale tramite realizzazione di due nuove cabine di consegna collegate in antenna da cabina primaria AT/MT FAGAGNA, il tutto secondo i preventivi di connessione aventi codice di rintracciabilità n. 298304077 e n. 298287522, trasmessi da e-distribuzione e allegati al progetto. Le opere necessarie alla realizzazione della connessione riguardano la costruzione di due linee elettriche di media tensione (20 KV) in cavo interrato elicordato ad elica, atta al collegamento di nuove due cabine di consegna (ciascuna costituita da un blocco prefabbricato), ubicate nel Comune Martignacco (UD) al foglio di mappa n. 22, particella n. 15, tutto secondo gli schemi planimetrici allegati.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	3	41

	<p>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p>Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p>Studio di Ingegneria</p>
---	--	--

L'area d'interesse (di seguito "Area") per la realizzazione degli impianti agrivoltaici a terra ad inseguimento mono-assiale, presenta un'estensione complessiva di circa 34,5 ha ad una quota di circa 102 ml s.l.m. e non risulta acclive ma piuttosto pianeggiante.

A.01.B NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'analisi delle strutture e le verifiche sugli elementi saranno condotte in accordo alle vigenti disposizioni legislative ed in particolare delle seguenti norme:

- Legge n.1086 del 05/11/71 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge n.64 del 02/02/74 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. del 17/01/18 - Norme tecniche per le costruzioni (2018).
- C.M. n.7 del 19/01/2019 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni.
- Eurocodice 2 "Progettazione delle strutture di calcestruzzo".
- Eurocodice 3 "Progettazione delle strutture di acciaio".
- Eurocodice 8 "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica".

Saranno eseguite tutte le verifiche richieste dalle NTC18 per le costruzioni in assenza e in presenza di sisma, utilizzando il metodo degli stati limite.

A.01.C METODI DI CALCOLO

I metodi di calcolo adottati per il calcolo saranno i seguenti:

- 1) Per i carichi statici: METODO DELLE DEFORMAZIONI;
- 2) Per i carichi sismici: metodo dell'ANALISI MODALE o dell'ANALISI SISMICA STATICA EQUIVALENTE.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	4	41

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p align="center">Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	--	---

A.01.C.1 Misure sulla sicurezza

Il metodo di verifica della sicurezza che sarà adottato è quello degli Stati Limite (SL) che prevede due insiemi di verifiche rispettivamente per gli stati limite ultimi S.L.U. e gli stati limite di esercizio S.L.E..

La sicurezza viene quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore della corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo.

Le norme precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale.

Prescrivono inoltre che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali.

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limite definiti di concerto al Committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 17/01/2018 e successive modifiche ed integrazioni.

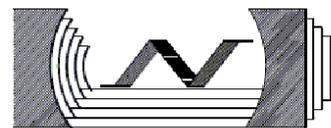
In particolare sarà verificata:

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (S.L.U.) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche saranno utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018 per i vari tipi di materiale.
- la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (S.L.E.) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio.
- la sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (S.L.D.) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al committente ed alle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica;
- la robustezza nei confronti di opportune azioni accidentali in modo da evitare danni sproporzionati in caso di incendi, urti, esplosioni, errori umani.

A.01.C.2 Modelli di calcolo

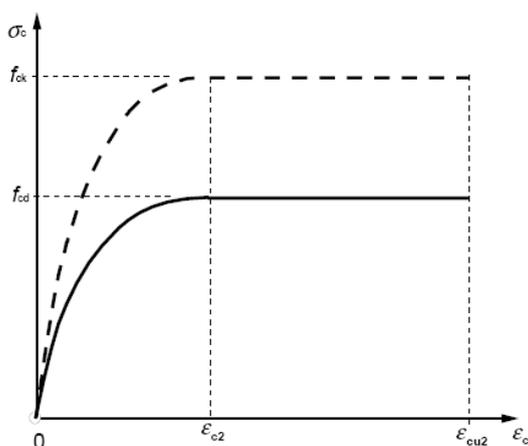
Saranno utilizzati come modelli di calcolo quelli esplicitamente richiamati nel D.M. 17/01/2018.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	5	41



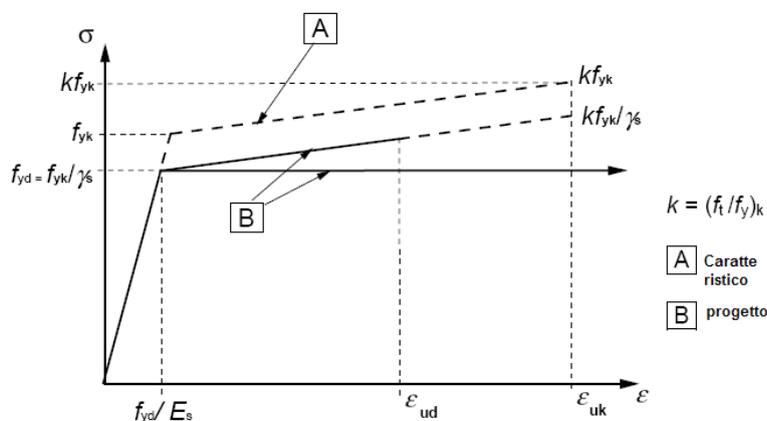
Per quanto riguarda le azioni sismiche ed in particolare per la determinazione del fattore di struttura, dei dettagli costruttivi e le prestazioni sia agli S.L.U. che allo S.L.D. si fa riferimento al D.M. 17/01/18 e alla circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019, n. 7 la quale è stata utilizzata come norma di dettaglio.

Per le verifiche sezionali i legami utilizzati sono:



Legame costitutivo di progetto parabola-rettangolo per il calcestruzzo.

Il valore ϵ_{cu2} nel caso di analisi non lineari sarà valutato in funzione dell'effettivo grado di confinamento esercitato dalle staffe sul nucleo di calcestruzzo.



SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	6	41

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p align="center">Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	--	---

Legame costitutivo di progetto elastico perfettamente plastico o incrudente a duttilità limitata per l'acciaio.

- legame rigido plastico per le sezioni in acciaio di classe 1 e 2 e elastico lineare per quelle di classe 3 e 4.

Il modello di calcolo utilizzato risulterà rappresentativo della realtà fisica per la configurazione finale anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

A.01.C.3 Azioni sulla costruzione – Azioni ambientali e naturali

Si stabilisce che le prestazioni attese nei confronti delle azioni sismiche siano verificate agli stati limite, sia di esercizio che ultimi individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (S.L.O.)
- Stato Limite di Danno (S.L.D.)

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (S.L.V.)
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (S.L.C.)

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

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

Per la definizione delle forme spettrali (spettri elastici e spettri di progetto), in conformità ai dettami del D.M. 17/01/2018 § 3.2.3. sono stati definiti i seguenti termini:

- Vita Nominale del fabbricato;
- Classe d'Uso del fabbricato;
- Categoria del Suolo;

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	7	41

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p align="center">Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	--	---

- Coefficiente Topografico;
- Latitudine e Longitudine del sito oggetto di edificazione.

Le verifiche delle prestazioni saranno effettuate per le azioni derivanti dalla neve, dal vento e dalla temperatura secondo quanto previsto dal cap. 3 del D.M. 17/01/18 e dalla Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n. 7 per un periodo di ritorno coerente alla classe della struttura ed alla sua vita utile.

Nel nostro caso avremo:

PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Il peso proprio degli elementi strutturali è stato valutato come prodotto del volume dell'elemento strutturale stesso per il proprio peso specifico. In particolare, sono stati utilizzati i seguenti pesi specifici: calcestruzzo armato: 2.500 kg/m³

acciaio: 7.850 kg/m³

CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

In questa tipologia sono considerati i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, valutati sulla base delle dimensioni effettive delle opere e dei pesi dell'unità di volume dei materiali costituenti. Ove presenti sono stati utilizzati i pesi elencati nella tabella 3.1.I del par. 3.1.2 delle NTC 2018. Ricadono in questa tipologia i pesi propri delle apparecchiature e delle strutture prefabbricate.

A.01.C.4 Azioni sulla costruzione – Destinazioni d'uso e sovraccarichi per le azioni antropiche

Per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si farà riferimento alla tabella del D.M. 17/01/2018 in funzione della destinazione d'uso.

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti qk [kN/m²]
- carichi verticali concentrati Qk [kN]
- carichi orizzontali lineari Hk [kN/m]

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	8	41

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p align="center">Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	--	---

In presenza di carichi verticali concentrati essi saranno applicati su impronte di carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dello orizzontamento.

A.01.C.5 Azioni sulla costruzione – Azione sismica

Ai fini delle N.T.C. 2018 l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

l'azione in superficie è stata assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.

In allegato alle N.T.C. 2018, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori dei precedenti parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

L'Ordinanza P.C.M. n.3274 del 23.03.2003 riclassifica l'intero territorio nazionale e in tale quadro i territori del Comune di Martignacco(UD) vengono classificati in zona sismica 2 (media sismicità), con normativa aggiornata attraverso la Delibera della Giunta Regionale del Friuli Venezia Giulia n. 845 del 6 maggio 2010.

Zone Sismiche	Classe	NORMATIVA PRECEDENTE		NORMATIVA ATTUALE
		Coefficiente Sismico S	Amplificazione sismica $C = (S - 2)/100$	Amplificazione sismica a (g)
1	Elevata Sismicità	12	0,1	0,35
2	Media Sismicità	9	0,07	0,25
3	Moderata Sismicità	6	0,04	0,15
4	Bassa Sismicità	0	0	0,05

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	9	41



Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)

Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.

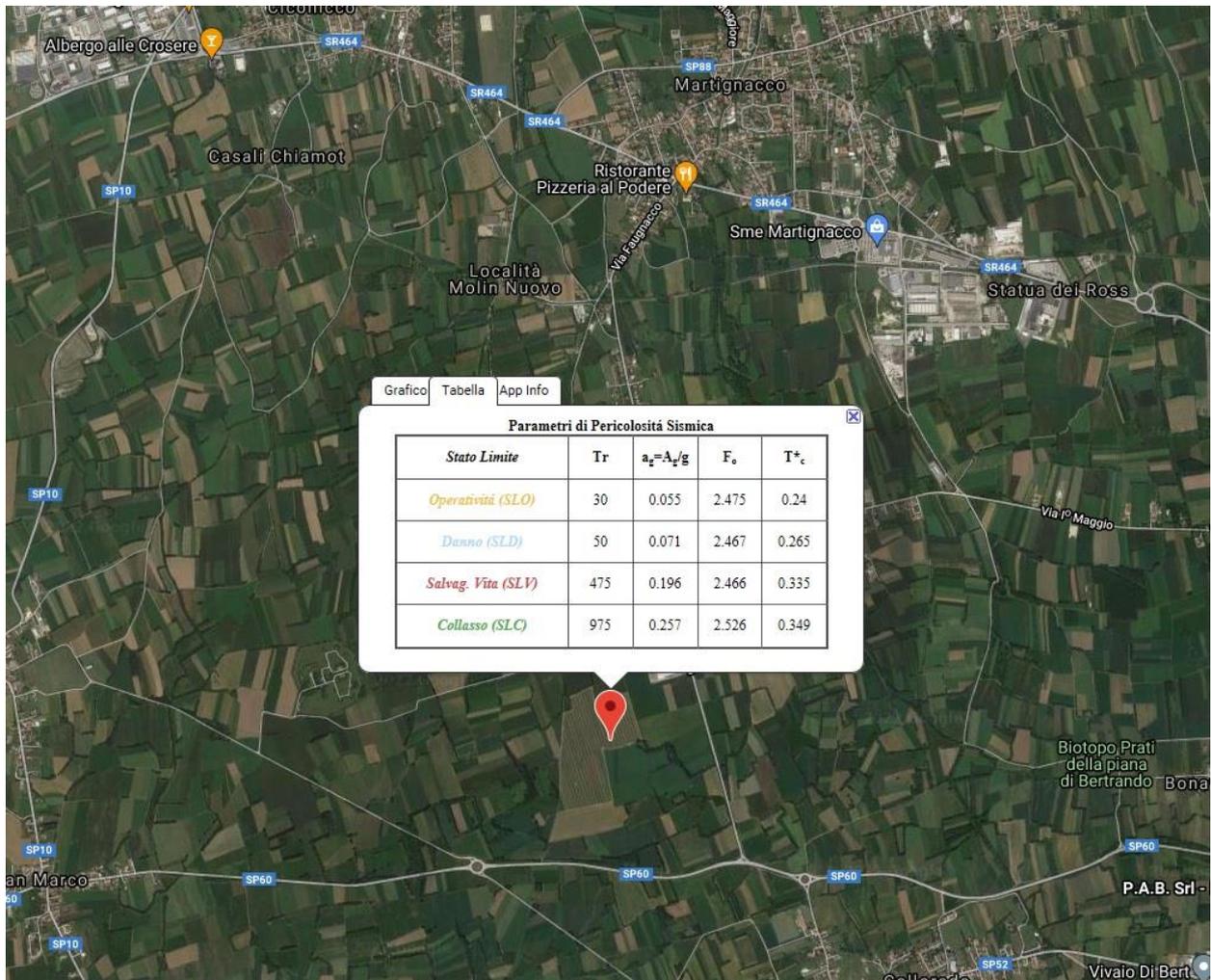


Studio di Ingegneria

Si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [a_g]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [a_g]
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25 \text{ g}$	0,35 g
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	10	41



Parametri di pericolosità sismica (Martignacco)

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	11	41

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p align="center">Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	--	---

- la vita di riferimento VR della costruzione,
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento PVR associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

Nel presente progetto, l'azione sismica è stata valutata tenendo conto dei seguenti parametri: coordinate del reticolo di riferimento (ED50):

Longitudine = 46.063172°

Latitudine = 13.122333°

- classe d'uso: Quarta (Punto 2.4.2 del D.M. 17/01/2018);
- vita nominale 50 anni (Punto 2.4.1 del D.M. 17/01/2018);
- categoria di suolo: B;
- categoria topografica: T1 (Tabella 3.2.III del D.M. 17/01/2018);
- coefficiente di condizione topografica: 1,0 (Tabella 3.2.V del D.M. 17/01/2018).

A.01.C.6 Azioni sulla costruzione – Azione dovuta al vento

Le azioni del vento sono state determinate in conformità al §3.3 del D.M. 17/01/18 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n. 7. Si precisa che tali azioni hanno valenza significativa in caso di strutture di elevata snellezza e con determinate caratteristiche tipologiche come ad esempio le strutture in acciaio.

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici. Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte a delle forze statiche equivalenti, calcolate come di seguito si riporta.

Le azioni statiche del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono la costruzione. L'azione del vento sul singolo elemento viene determinata considerando la combinazione più gravosa della pressione agente sulla superficie esterna e della pressione agente sulla superficie interna dell'elemento.

L'azione d'insieme esercitata dal vento su una costruzione è data dalla risultante delle azioni sui singoli elementi, considerando come direzione del vento, quella corrispondente ad uno degli assi principali della pianta della costruzione.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	12	41

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p align="center">Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	--	---

La pressione del vento è data dalla seguente espressione:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove:

- q_r è la pressione cinetica di riferimento, valutata secondo il punto 3.3.6 del D.M. 17/01/2018;
- c_e è il coefficiente di esposizione, valutata secondo il punto 3.3.7 del D.M. 17/01/2018;
- c_p è il coefficiente di pressione, funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento;
- c_d è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali, valutato secondo il punto 3.3.9. del DM 2018.

La pressione cinetica di riferimento q_r (in N/m²) è data dall'espressione:

$$q_r = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_r^2$$

nella quale v_r è la velocità di riferimento del vento (in m/s) e ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m³.

La velocità di riferimento v_r è riferita al periodo di ritorno di progetto.

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

Dove

- v_b è la velocità base di riferimento di cui al par. 3.3.1 del D.M. 17/01/2018;
- c_r è il coefficiente di ritorno funzione del periodo di ritorno T_R , in mancanza di specifiche indagini, è deducibile dalla seguente relazione:

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

La velocità di base di riferimento v_b è il valore medio su 10 minuti, misurata a 10 m dal suolo su un terreno con categoria di esposizione II, riferito ad un periodo di ritorno di 50 anni. In mancanza di adeguate indagini statistiche è data dall'espressione

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$$

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	13	41

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p align="center">Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	--	---

Dove

- $v_{b,0}$ è la velocità base al livello del mare, assegnata nella tab. 3.3.I del D.M. 17/01/2018 in funzione della zona in cui sorge la costruzione;

- c_a è il coefficiente di altitudine fornito dalla seguente relazione

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

$$c_a = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1) \quad \text{per } a_0 < a_s < 1500 \text{ m}$$

dove:

a_0 , k_s sono riportati nella tabella tab. 3.3.I del D.M. 17/01/2018 in funzione della zona ove sorge la costruzione; a_s è l'altitudine sul livello del mare (in m s.l.m.) del sito ove sorge la costruzione.

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

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

Nel caso in esame la zona di riferimento ha un'altitudine a_s medio di 102 m s.l.m. e, in riferimento alla tabella prima riportata ricade all'interno della zona 1; per cui risulta:

$$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

$$a_0 = 1000 \text{ m}$$

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	14	41

	<p>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p>Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p>Studio di Ingegneria</p>
---	--	--

$k_s = 0,40$.

Pertanto la velocità del vento associata al periodo di ritorno di progetto $T_r = 50$ anni, per l'altezza del sito esaminato è pari a:

$$v_r = 25 \text{ m/s}$$

La pressione cinetica di riferimento q_b pertanto è:

$$q_r = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_r^2$$

$$q_r = 0,5 \times 1,25 \times 25^2 = 391 \text{ N/mq}$$

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito su cui sorge la costruzione.

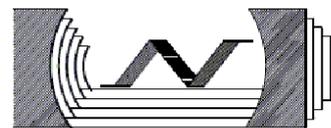
In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200$ m, esso è dato dalla formula:

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

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

Dove k_r , z_0 e z_{\min} sono forniti dalle tabelle indicate nelle figure seguenti e sono legate alla categoria del sito dove sorge la costruzione; mentre il valore di c_t è il coefficiente di topografia assunto normalmente pari ad 1.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	15	41



Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

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

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

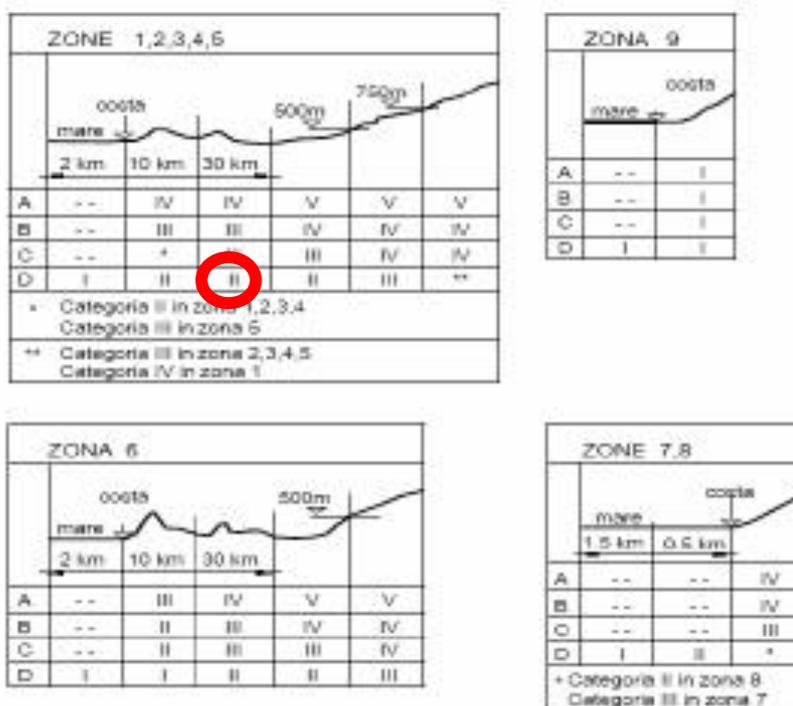


Fig. 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione



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

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

Il coefficiente di coefficiente di esposizione C_e , per il caso in esame in cui $z_{max} = 4,69m$ si assume:

$$C_e(z_{min}) = k_e^2 c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[7 + c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)\right] = 0,19^2 \ln\left(\frac{4,69}{0,05}\right) \left[7 + \ln\left(\frac{4,69}{0,05}\right)\right] = 1,89 \frac{kN}{m^2}$$

Il coefficiente dinamico c_d , con cui si considerano gli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali, si assume pari ad 1.

A.01.C.7 Azioni sulla costruzione – Azione dovuta alla temperatura

E' stato tenuto conto delle variazioni giornaliere e stagionali della temperatura esterna, irraggiamento solare e convezione comportano variazioni della distribuzione di temperatura nei singoli elementi strutturali, con un delta di temperatura di 15° C.

Nel calcolo delle azioni termiche, si terrà conto di più fattori, quali le condizioni climatiche del sito, l'esposizione, la massa complessiva della struttura, la eventuale presenza di elementi non strutturali isolanti, le temperature dell'aria esterne (Cfr. § 3.5.2), dell'aria interna (Cfr. § 3.5.3) e la distribuzione della temperatura negli elementi strutturali (Cfr § 3.5.4) viene assunta in conformità ai dettami delle N.T.C. 2018.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	17	41

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p align="center">Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	--	---

A.01.C.8 Azioni sulla costruzione – Neve

Il carico della neve sulle opere di copertura è stato valutato secondo il punto 3.4 del D.M. 17/01/2018, in base alla seguente relazione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

in cui si ha:

q_s = carico neve sulla copertura;

μ_i = coefficiente di forma della copertura di cui al (Cfr.§ 3.4.3);

q_{sk} = valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m²], fornito al (Cfr.§ 3.4.2) delle N.T.C. 2018 per un periodo di ritorno di 50 anni;

C_E = coefficiente di esposizione di cui al (Cfr.§ 3.4.4);

C_t = coefficiente termico di cui al (Cfr.§ 3.4.5).

Per quanto riguarda il carico della neve al suolo, la Provincia di Udine e il Comune di Martignacco (UD) è posta in zona I.

Poiché il sito dove verrà realizzata l'opera si trova a circa 102 m sul livello del mare, si assume:

$$q_{sk} = 1,50 \text{ (k/N) / mq}$$

Per il coefficiente di forma si farà riferimento alla tabella di cui al punto 3.4.3.1 dell NTC 2018 e, a vantaggio di sicurezza, si assumerà il valore di 0,8.

Il coefficiente C_E , a vantaggio di sicurezza, secondo le disposizioni della tabella 3.4.I, è stato posto pari a 1.

Il coefficiente termico C_t , secondo le disposizioni al punto 3.4.4, poiché si è in assenza di uno specifico e documentato studio, è stato posto pari a 1.

A.01.C.9 Combinazioni di carico

Le combinazioni di calcolo da considerare sono quelle previste dal D.M. 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	18	41

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p align="center">Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	--	---

In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni per cui si rimanda al § 2.5.3 delle N.T.C. 2018. Queste sono:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (S.L.U.) (2.5.1);
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7 (2.5.2);
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) reversibili (2.5.3);
- Combinazione quasi permanente (S.L.E.), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (2.5.4);
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 form. 2.5.5);
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6 form. 2.5.6).

Nelle combinazioni per S.L.E., si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.).

Nelle formule sopra riportate il simbolo + vuol dire "combinato con".

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{G_i} e γ_{Q_j} sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni già fornita in § 2.5.3 form. 3.2.16 delle N.T.C. 2018.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 3.2.17).

I valori dei coefficienti ψ_2 j sono riportati nella Tabella seguente.

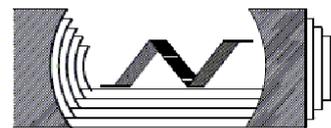
Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	19	41



Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)

Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.



Studio di Ingegneria

Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tabella dei coefficienti di combinazione

La struttura deve essere progettata così che il degrado nel corso della sua vita nominale, purché si adotti la normale manutenzione ordinaria, non pregiudichi le sue prestazioni in termini di resistenza, stabilità e funzionalità, portandole al di sotto del livello richiesto dalle presenti norme.

Le misure di protezione contro l'eccessivo degrado devono essere stabilite con riferimento alle previste condizioni ambientali.

La protezione contro l'eccessivo degrado deve essere ottenuta attraverso un'opportuna scelta dei dettagli, dei materiali e delle dimensioni strutturali, con l'eventuale applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi, nonché con l'adozione di altre misure di protezione attiva o passiva.

La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

A.01.C.10 Durabilità

Per garantire la durabilità della struttura saranno prese in considerazione opportuni stati limite di esercizio (S.L.E.) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali che nel caso delle opere in calcestruzzo anche l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche saranno riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche.

Inoltre per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	20	41

	<p>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p>Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p>Studio di Ingegneria</p>
---	--	--

Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 17/01/2018 e relative Istruzioni.

A.01.C.11 Prestazioni attese al collaudo

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 17/01/2018.

A.01.D CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DEI TERRENI

Per la caratterizzazione geologica e geomorfologica dei terreni, si faccia riferimento all'elaborato progettuale opportunamente dedicato e allegato alla presente.

A.01.E INDICAZIONI PER CABINA ELETTRICA, POWER STATION E CONTAINERS

Il predimensionamento delle piastre di fondazioni necessarie alla distribuzione dei carichi di cabine, containers di contenimento inverters, trasformatori ed apparati elettrici viene eseguito considerando le caratteristiche del terreno di sedime desumibili dalla relazione geologica e le azioni trasmesse dalle sovrastrutture desumibili dalle schede tecniche degli apparati.

Nella fase di Studio Geologico e geotecnico esecutivo si eseguiranno dettagliate indagini geologiche e geotecniche, con la esecuzione di sondaggi meccanici spinti fino a 20 metri, con prelievo di campioni indisturbati e prove geotecniche di laboratorio.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	21	41

	<p>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p>Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p>Studio di Ingegneria</p>
---	--	--

A.01.F STRUTTURE DI SOSTEGNO DEI MODULI FOTOVOLTAICI

Le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici sono ad inseguimento monoassiale con asse di rotazione lungo la direttrice Nord – Sud e permettono al piano dei pannelli di seguire la rotazione del sole E-O. Saranno utilizzate strutture con montanti infissi nel terreno sulle quali sono adagiati i pannelli disposti su due file.

I pannelli sono collegati, per mezzo di profilati trasversali, ad un'asse centrale che ruota attorno alla direttrice nord-sud grazie ad un dispositivo meccanico. L'asse orizzontale è posto ad una altezza pari a circa 3.00 ml fuori terra, con un angolo di rotazione di +/- 60°, sfruttando così al meglio l'assorbimento dell'energia solare.

I pilastri di sostegno sono immorsati nel terreno ad una profondità variabile in funzione delle caratteristiche meccaniche e litostratigrafiche dei terreni di fondazione.

I carichi dimensionanti sono quelli derivanti dalla combinazione delle azioni del vento incidente sulla struttura che provocano a livello fondale degli sforzi assiali sul montante. Il predimensionamento della profondità di infissione è soddisfatto se l'azione assiale esercitata dal vento è equilibrata dalle azioni tangenziali dovute al contatto con il terreno.

In fase di progettazione esecutiva sarà definita l'effettiva profondità di infissione (preliminarmente dimensionata nell'ordine di 2,0 – 2,5 m) atta a garantire l'equilibrio statico del sistema compatibile con le caratteristiche geomeccaniche del terreno di sedime, desumibili dalla relazione geologica.

Le modalità di ammorsamento di tali profilati variano dalla infissione (battitura) alla trivellazione. In alcuni casi le fondazioni potrebbero consistere anche in zavorre in c.a.

Comunque le innumerevoli applicazioni del fotovoltaico fanno sì che le strutture di supporto e sostegno dei moduli siano, per geometria e concezione, personalizzate per ogni singolo progetto.

Qualunque sia la struttura di sostegno prescelta, quest'ultima deve essere in grado di reggere il proprio peso nonché di resistere alle sollecitazioni esercitate da fattori esterni quali:

- la neve, per esempio, può comportare sollecitazioni di carico dovute all'accumulo sulla superficie dei moduli;
- la pressione dovuta all'azione del vento agente sul piano dei moduli che si traduce in quel fenomeno chiamato "effetto vela".

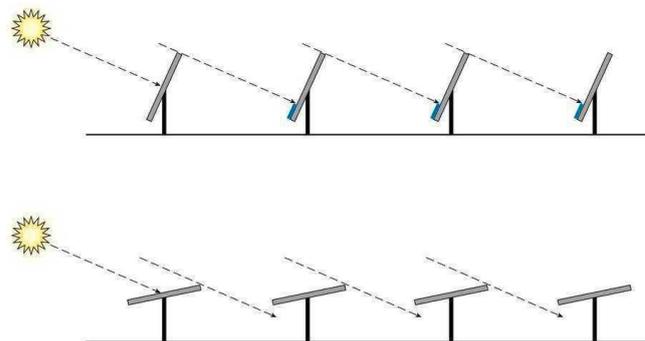
SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	22	41

	<p>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p>Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p>Studio di Ingegneria</p>
---	--	--

Da non sottovalutare per esempio, nella scelta dei materiali, è anche l'eventualità della presenza di azioni corrosive sulle parti metalliche della struttura che ne pregiudicherebbero la stabilità nel tempo.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 17 gennaio 2018 e la CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 stabiliscono i criteri per i carichi permanenti, carico d'esercizio, sovraccarico neve e azioni termiche, così come precedentemente elencato.

Tutti i componenti e le strutture saranno progettati in fase esecutiva per le condizioni ambientali specifiche dei siti in base alle normative locali e in base alle richieste tecniche inclusa l'ipotesi progettuale del carico del vento.



Il localizzatore orizzontale monoassiale ipotizzato, utilizza dispositivi elettromeccanici, che gli consentono di seguire il sole durante tutto il giorno da Est a Ovest sull'asse di rotazione orizzontale Nord-Sud (inclinazione 0°) e sono molto flessibili.

Il sistema di backtracking controlla e garantisce che una serie di pannelli non oscuri gli altri pannelli adiacenti. Quando l'angolo di elevazione del Sole è basso nel cielo, all'inizio o alla fine della giornata, l'ombreggiatura automatica tra le righe del tracker può ridurre l'output del sistema.

Tutto il sistema sopra descritto utilizza componenti meccanici ampiamente disponibili sul mercato, associati a sistemi elettronici (componenti in acciaio, articolazione di post-testine, motori che guidano i loro movimenti e una scheda elettronica di controllo che gestisce i motori).

Questa soluzione offre i seguenti vantaggi principali:

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	23	41

	<p>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p>Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p>Studio di Ingegneria</p>
---	--	--

- Completamente equilibrato e modulare, la struttura non richiede personale specializzato per l'installazione e il montaggio o particolari lavori di manutenzione.
- Scheda di controllo facile da installare e autoconfigurante. Il GPS integrato attiva sempre la giusta posizione geografica nel sistema per il tracciamento solare automatico.
- Cuscinetto a strisciamento sferico autolubrificato per compensare imprecisioni e errori nell'installazione di strutture meccaniche, o soluzioni tecniche alternative.
- Motore a corrente alternata o in corrente continua.
- Basso consumo elettrico.

Considerando la classificazione dell'ambiente corrosivo e considerando una vita di progetto minima di 35 anni, i pali della fondazione saranno zincati a caldo secondo EN ISO 1461: 2009, altre parti saranno zincate a caldo o pregalvanizzate (Sendzmir) in base alle specifiche del progetto.



Il supporto post guidato non richiede una base concreta. Il palo è un profilo in acciaio omega per massimizzare la superficie di contatto con il terreno, la profondità dipende dal tipo di terreno.

Una tipica flangia di 5 cm viene utilizzata per pilotare il montante con un autista che dovrebbe avere una guida per mantenere la direzione di inserimento entro le tolleranze minime.

Il kit di componenti post-testa può essere installato direttamente sui pilastri di fondazione guidati senza saldatura sul posto. In conformità con i vincoli ambientali più rigorosi, questa soluzione elimina la necessità di fondazioni in calcestruzzo, che riduce anche i tempi di costruzione.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	24	41

	<p>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p>Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p>Studio di Ingegneria</p>
---	--	--

I limiti di velocità del vento sono:

- Resistenza al vento fino a 72 km / h valida per qualsiasi posizione di lavoro ($\pm 55^\circ$)
- Resistenza al vento fino a 120 km / h in posizione riposta nel caso di posizionamento automatico di 15° per superfici più piccole.
- Velocità del vento per attivare il meccanismo di difesa: 60 km / h
- Tempo di andare da 55° a 0° di inclinazione: 100 sec.

Tutti i valori relativi alla resistenza al vento o al meccanismo di difesa devono essere considerati come valori minimi. I valori di impostazione effettivi saranno conformi alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) o alle normative di riferimento nel settore.

A.01.G POWER STATION E CONTAINER PER VANO TECNICO

Le cabine di campo, dette anche "Power Station", sono costituite da elementi prefabbricati di tipo containerizzati, progettati per garantire la massima robustezza meccanica e durabilità nell'ambiente in cui verranno installati, all'interno delle quali trovano posto l'inverter, il trasformatore e un vano tecnico. Le cabine, in numero pari a 3 per ogni campo, avranno le dimensioni in pianta di 6,06 ml x 2,44 ml e saranno posati su un basamento in calcestruzzo armato dello spessore di cm. 40 e di dimensioni esterne pari a 3,30 ml x 6,90 ml.

Di seguito una panoramica fotografica delle power station di cui sopra.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	25	41

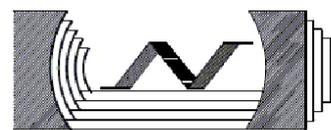


Immagine dell'inverter con trasformatore – MV POWER STATION 2750-EV della SMA o similare

Per quanto riguarda il container da adibire a vano tecnico è previsto un elemento sempre di tipo prefabbricato di tipo metallico di dimensioni di 11,90 ml x 2,40 ml per un'altezza fuori terra di circa 3,30 ml (di cui 2,80 ml altezza del box e 0,50 altezza dal piano campagna); questa struttura poggerà su plinti di cm 40 x 40 e altezza pari a cm. 50 e sorgerà su una piastra di fondazione dello spessore di cm 40 avente le dimensioni pari a ml 13,60 x ml 2,60..

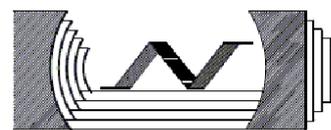
Le strutture in elevazione saranno del tipo prefabbricato in metallo e prodotte in stabilimento da un costruttore che ne fornirà i calcoli e/o i certificati di prodotto.

A.01.H CABINA PRINCIPALE D'IMPIANTO

La cabina di impianto raccoglie tutti i cavi provenienti dalle cabine di campo (cabine elettriche); la cabina d'impianto convoglia l'energia prodotta dall'impianto, tramite un elettrodotto interrato in media tensione (MT), alla cabina primaria di e- distribuzione.

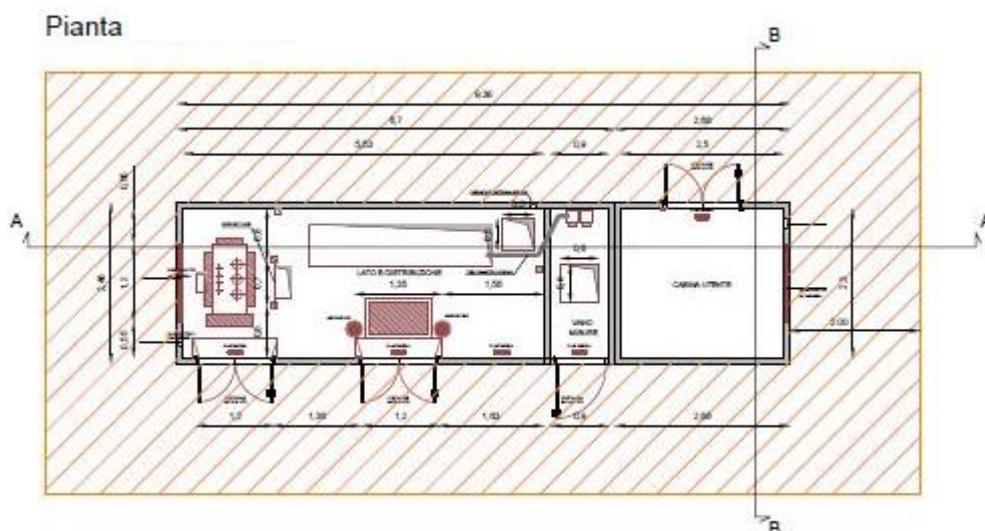
La costruzione della cabina d'impianto verrà realizzata in calcestruzzo armato di tipo prefabbricato e sarà posizionata come da planimetria generale dell'impianto allegata alla presente. La fondazione della stessa

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	26	41

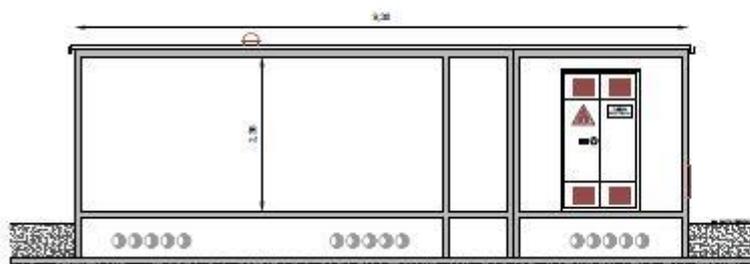


sarà costituita da piastra in conglomerato cementizio in opera avente superficie leggermente superiore a quella della cabina per gli sbordi laterali e altezza commisurata alla portanza dei terreni interessati, comunque non inferiore a cm. 40.

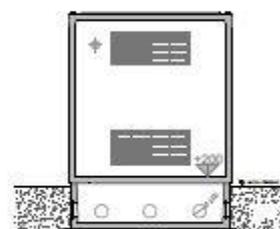
All'interno di essa, oltre alle celle di MT ed al trasformatore MT/BT Ausiliari, vi alloggeranno anche l'UPS, il rack dati, la centralina antintrusione, gli apparati di supporto e controllo dell'impianto di generazione ed il QGBT Ausiliari. La cabina d'impianto sarà costituita da un edificio dalla superficie complessiva di circa 24 mq (9,38x 2,48 metri) per una cubatura complessiva di circa 55 mc.



Sezione AA'



Sezione BB'



Particolari cabina d'impianto

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	27	41

	<p>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p>Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p>Studio di Ingegneria</p>
---	--	--

Tutti gli edifici suddetti saranno dotati di impianto elettrico realizzato a norma della legge 37/08. L'accesso alle cabine elettriche avviene tramite la viabilità interna.

La sistemazione di tale viabilità (percorsi di passaggio tra le strutture), sarà realizzata in materiale stabilizzato permeabile. La dimensione delle strade è stata scelta per consentire il passaggio di mezzi idonei ad effettuare il montaggio e la manutenzione dell'impianto.

I cavi elettrici BT dell'impianto e i cavi di collegamento MT delle cabine di trasformazione alla cabina di consegna saranno sistemati in appositi cunicoli e cavidotti interrati.

L'impianto di messa a terra della cabina di consegna è costituito da una parte interna di collegamento fra le diverse installazioni elettromeccaniche e da una parte esterna costituita da elementi disperdenti.

Ogni massa presente in cabina, come anche lo schermo dei cavi MT del Distributore deve essere connesso all'impianto di terra dell'utente. In ogni caso l'impianto di messa a terra deve essere tale da assicurare il rispetto dei limiti delle tensioni di passo e di contatto previsti dalla norma CEI 11-1.

L'impianto di messa a terra delle cabine viene sviluppato direttamente nell'ambito della realizzazione del manufatto civile. Tale criterio è stato adottato in quanto per tali cabine la rete di terra interna è compresa nella fornitura del fabbricato.

Per quanto riguarda, invece, l'attività di costruzione della cabina elettrica, si precisa che la stessa sarà costituita da monoblocchi prefabbricati e la sua realizzazione è subordinata al rispetto delle norme di legge vigenti, sia dal punto di vista urbanistico, sismico e di prevenzione incendi, oltre che rispettare le indicazioni del Nuovo Codice della Strada. La cabina principale d'impianto sarà posizionata come da allegata planimetria e rispetterà le prescrizioni previste al paragrafo 8.5.9 della Norma CEI 0-16. Il singolo elemento sarà in box prefabbricato e avrà caratteristiche strutturali adeguate alle sollecitazioni dovute al montaggio degli impianti, sarà dotato di adeguato impianto di illuminazione realizzato a regola d'arte e presenterà i requisiti di comportamento al fuoco previsti dalla Norma CEI 11-1. Le aperture del locale comunicheranno solo con spazi a cielo libero e garantiranno una sufficiente ventilazione naturale. Nessuna nuova viabilità esterna sarà realizzata essendo l'area già servita da infrastrutture viarie sufficienti per il transito di mezzi idonei ad effettuare sia il montaggio che la manutenzione dell'impianto.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	28	41

	<p>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p>Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p>Studio di Ingegneria</p>
---	--	--

A.01.I PALI D'ILLUMINAZIONE E VIDEOSORVEGLIANZA

La verifica strutturale degli elementi lineari in progetto, necessari per la realizzazione del sistema di illuminazione delle aree, utilizzati anche quali sostegni per gli apparati elettrici di videosorveglianza, consiste nel determinare la profondità di infissione nel terreno tale da soddisfare i requisiti di sicurezza strutturale delle parti in elevazione nei confronti delle azioni dinamiche indotte dal vento. Si ha stabilità quando il volume del terreno intorno alla base del palo è in grado di contrastare il momento di abbattimento generato dalle azioni del vento $Q=(h+c/2)$ con h altezza fuori terra del palo e c profondità di infissione. Definendo k = pressione sul terreno limite con valori tipici di circa 3,9 daN/cm² per ghiaie, sabbia asciutta compatta; 2,0 daN/cm² per terreno vegetale consistente e 1,0 daN/cm² per terreno di riporto e argilla umida sabbiosa, la verifica è soddisfatta quando

$$\sigma_c \leq k$$

Il valore di σ_c è calcolabile mediante la relazione:

$$\sigma_c = \frac{(h + \frac{c}{2})}{\pi \cdot \frac{D \cdot c^2}{48} \cdot 10^4} \leq k$$

Indicando con D il diametro del palo in prossimità del terreno.

Con la soprariportata relazione empirica è possibile determinare la profondità di infissione minima che garantisce l'equilibrio del sistema. È rinviata alla fase di progettazione esecutiva l'effettivo dimensionamento in ragione delle sezioni definitive dei lampioni e delle relative caratteristiche meccaniche dei materiali.

Per le caratteristiche geometriche si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	29	41

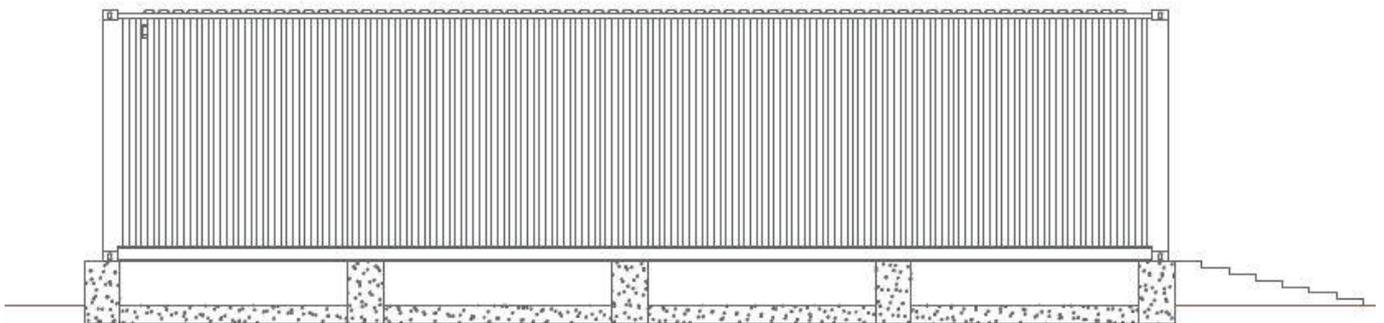
A.01.L PIASTRE DI FONDAZIONE

Relativamente ai calcoli preliminari delle strutture si è considerata una piastra tipo, ad esempio quella che costituirà la fondazione delle cabine principali d'impianto.

La piastra riporta dimensioni esterne in pianta pari a ml 12,65 x 3,00 x 0,40 (spessore).

Le piastre delle altre strutture in elevazione avranno il medesimo spessore e saranno armate con la stessa quantità di armatura al metro.

Anche i container verranno realizzati su piastre dello spessore di 40 cm sulle quali andranno alloggiati dei plinti di dimensioni 40x40x100 cm in modo da rialzare i container di 50 cm rispetto al piano campagna.



Piastra di fondazione e plinti per container

Il predimensionamento di tutte le piastre di fondazione viene eseguito considerando le caratteristiche del terreno di sedime desumibili dalla relazione geologica e le azioni trasmesse dalle sovrastrutture desumibili dalle schede tecniche degli apparati.

Di seguito si riportano le risultanze del calcolo eseguito e le relative verifiche geotecniche.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	30	41

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p align="center">Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	--	---

A.01.I.1 Verifiche geotecniche

Il predimensionamento delle piastre di fondazioni necessarie alla distribuzione dei carichi di cabine d'impianto, containers di contenimento inverter, trasformatori ed apparati elettrici viene eseguito considerando le caratteristiche del terreno di sedime desumibili dalla relazione geologica e le azioni trasmesse dalle sovrastrutture desumibili dalle schede tecniche degli apparati.

Comunque la stessa verifica è stata ipotizzata nell'allegata relazione geotecnica dove si evidenzia una relazione di verifica con relativo calcolo e che le caratteristiche geotecniche del terreno in esame sottolineano la fattibilità dell'intervento.

A.01.I.2 Metodologie di calcolo

L'analisi della piastra di fondazione è stata eseguita utilizzando una modellazione con il metodo degli elementi finiti (FEM).

A.01.I.3 Definizione delle azioni elementari

I pesi propri delle apparecchiature e delle strutture prefabbricate considerati ai fini del calcolo sono riassunti nella seguente tabella.

Carico apparecchiature	5000	Kg
Carico accidentale	200	Kg/mq
Peso proprio strutture	60000	Kg

Inoltre è stato considerato anche un sovraccarico accidentale, valutato come aree ad uso industriale (E2) e quantificato in 200 kg/mq.

A.01.I.4 Verifiche strutturali

Le strutture in elevazione, come già detto, saranno del tipo prefabbricato e prodotte in stabilimento da un costruttore che ne fornirà i calcoli e/o i certificati di prodotto.

Per i tabulati dei calcoli strutturali della piastra di fondazione si rimanda al capitolo dedicato.

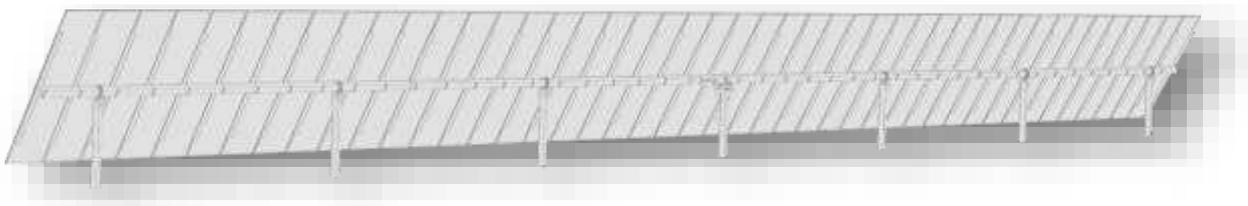
SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	31	41

	<p>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p>Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p>Studio di Ingegneria</p>
---	--	--

A.01.M INSEGUITORI SOLARI

Il progetto di un inseguitore solare monoassiale deve rispettare una serie di parametri che tengono conto degli effetti aeroelastici causati dal vento. Il miglioramento dell'elettronica è necessario anche per affrontare fenomeni meteorologici come cicloni, venti forti o tempeste elettriche.

Diversi studi hanno dimostrato che alcuni standard del codice di progettazione del vento applicati agli inseguitori solari non sono sufficienti per progettare queste strutture in modo affidabile, in quanto non considerano gli effetti del secondo ordine prodotti dall'azione del vento sul localizzatore. Al fine di prevenire i relativi problemi di instabilità strutturale, è necessario trovare nuove metodologie di analisi che migliorino la progettazione di strutture tracker affidabili quantificando la loro risposta agli effetti del vento del secondo ordine. Il capo dei consulenti eolici RWDI in collaborazione con Soltec ha sviluppato un metodo innovativo, Dy-WIND per un'analisi dinamica completa nel design del vento del tracker array. Con 15 anni di esperienza specialistica, Soltec ha incorporato questo metodo nella progettazione di inseguitori Soltec.



A.01.M.1 Il Metodo di studio

Nella progettazione di inseguitori solari diversi sono i fattori che influenzano la loro risposta agli effetti dinamici del vento. L'equazione del moto presenta la seguente forma:

$$I \cdot \ddot{\alpha} + k \cdot \alpha + c \cdot \dot{\alpha} = M_{SE} + M_{BUFF}$$

Al fine di studiare gli effetti del vento sulla struttura del tracker devono essere considerati diversi

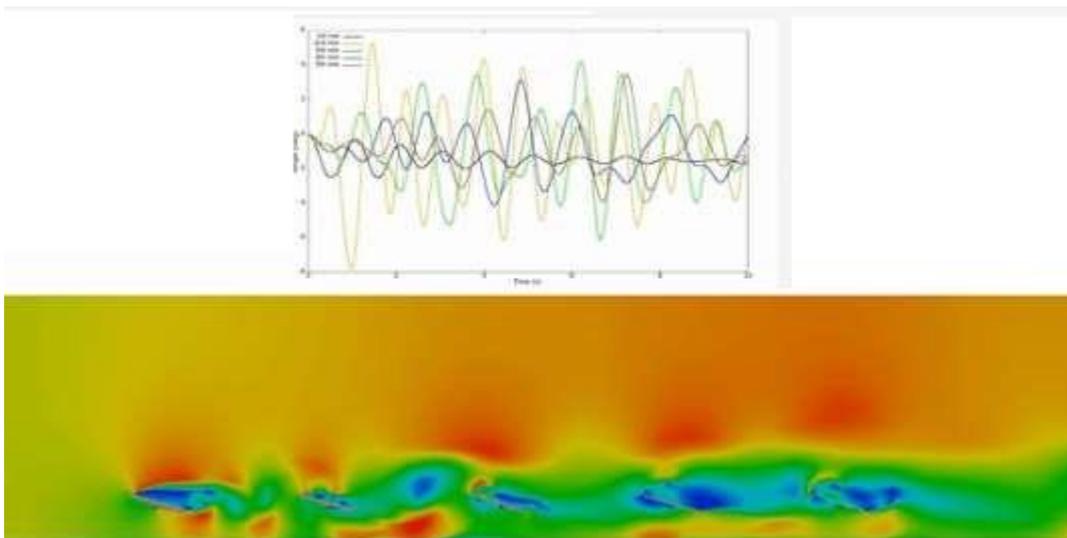
SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	32	41

	<p>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p>Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p>Studio di Ingegneria</p>
---	--	--

fenomeni come la fluttuazione del vento e la turbolenza. La parte di fluttuazione dei carichi del vento è dovuta alla turbolenza del vento e alla risposta dinamica della struttura. I carichi inerziali dovuti alla vibrazione risonante possono aumentare in modo significativo i carichi fluttuanti del vento.

A.01.M.1.1 Vibrazione di risonanza

La vibrazione di risonanza è causata dal generatore wind buffer o dall'effetto di risonanza della scia causata dalla turbolenza generata dalle file sopravento di un campo tracker. Questo meccanismo è studiato con i dati sulla pressione in galleria del vento e l'amplificazione del carico è rappresentata da un metodo ibrido di dinamici fattori di amplificazione (DAF) e metodo di analisi del buffer (BAM) utilizzando i dati della galleria del vento come input.

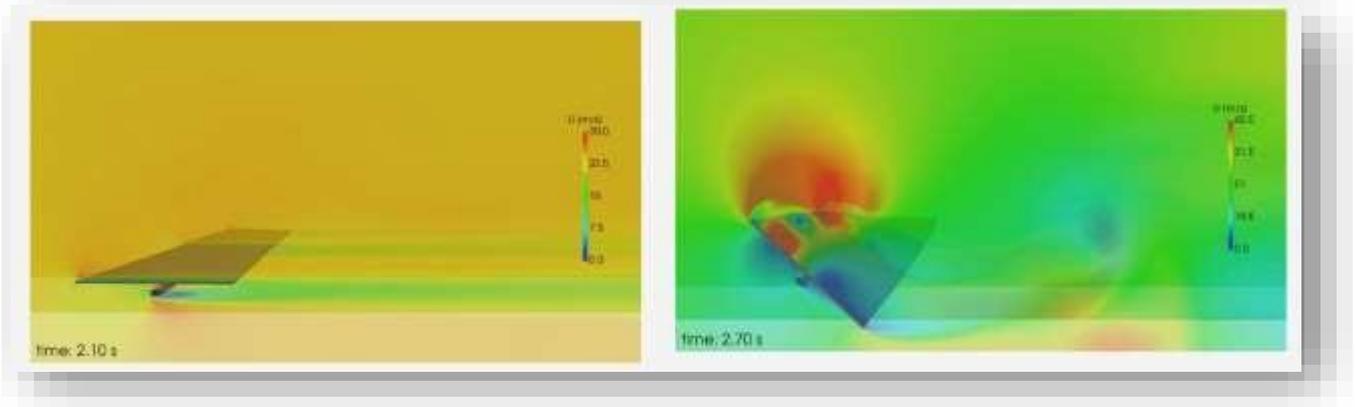
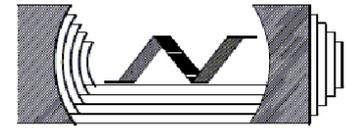


Simulazioni CFD eseguite da Soltec in collaborazione con Lynx basate sulla metodologia Dy-Wind

A.01.M.1.2 Flutter torsionale

Flutter è un'instabilità aerodinamica autoeccitata in cui le forze aerodinamiche dipendono dalla rotazione della velocità angolare della struttura stessa, e può portare ad ampiezze molto ampie in moto torsionale o movimento torsionale e verticale accoppiato. Per inseguitori che fanno affidamento su un tubo di torsione centrale guidato da una singola posizione, viene creata una modalità di vibrazione a torsione da una forma di vibrazione generalmente iniziata alle estremità della fila. Flutter torsionale caratterizza l'elevato angolo di inclinazione.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	33	41



Simulazioni CFD eseguite da Soltec in collaborazione con Lynx basate sulla metodologia Dy-Wind

A.01.M.1.3 Galoppo torsionale

Questa instabilità dipende dalla rotazione della struttura e può portare a grandi risposte nella stessa a caus delle vibrazioni nel momento di beccaggio aerodinamico. All’inizio, il crescente movimento di beccaggio riduce la rigidità strutturale complessiva, determinando torsioni unidirezionali della struttura o movimenti oscillatori a seconda della rigidità residua della struttura. Con l’aumentare della velocità del vento è probabile che questa instabilità causerà un guasto una volta superata la resistenza. Questa instabilità è indicata come “Torsional Galloping”, che caratterizza il comportamento dell’angolo di inclinazione basso.

Due analisi numeriche sono implementate per affrontare i meccanismi 2 e 3:

- Fluttering Analysis Method (FAM): predice la massima velocità del vento consentita prima che si verifichi l’instabilità;
- Buffeting Analysis Method (BAM): predice la risposta del tracker (carico a deflessione) a causa dell’azione del vento per gli array a più righe nel dominio del tempo.

Per eseguire queste analisi numeriche è fondamentale condurre due tipi di test in galleria del vento. I dati sperimentali ottenuti nella galleria del vento sono combinati con metodi numerici per ottenere ciascun metodo (DAF-BAM, FAM e BAM).

Il test convenzionale della pressione in galleria del vento utilizza modelli rigidi e può prevedere la

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	34	41

	<p>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p>Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p>Studio di Ingegneria</p>
---	--	--

forza del vento su ciascuna fila tenendo conto della scia del flusso d'aria dietro ogni fila. Questo funziona per determinare i fattori di amplificazione dinamica (DAF) per coprire l'intervallo di velocità del vento di progetto e tutte le direzioni del vento. Anche le misurazioni della velocità del vento con questo modello sono necessarie come input in FAM e BAM per gli array a più righe.

Il test dinamico della galleria del vento utilizza modelli aeroelastici per catturare la risposta e inoltre prevedere il comportamento della struttura in funzione della velocità del vento e del tempo. Questo funziona per determinare i coefficienti FAM e BAM.

A.01.M.1.4 Pressione del vento in galleria e test di velocità (modelli rigidi + DAF)

I coefficienti di carico statico del vento sono ottenuti dalle prove di pressione nella galleria del vento. Questi coefficienti non includono una tolleranza per il caricamento risonante causato da vibrazioni risonanti o buffering indotto dal risveglio. I fattori dinamici di amplificazione (DAF) rappresentano l'amplificazione del circuito dovuta a questi effetti, in base alla frequenza naturale di vibrazione del sistema strutturale, alla velocità del vento, alla lunghezza della corda e allo smorzamento nel sistema. Sono inoltre necessarie misurazioni della velocità del vento che forniscono il relativo cambiamento di velocità attraverso un array utilizzando il modello rigido come input in FAM e BAM.

È importante notare che questi coefficienti si basano su test in galleria del vento utilizzando modelli rigidi e, pertanto, non includono effetti di interazione fluido-struttura (o effetti aeroelastici). Questi effetti sono calcolati utilizzando i dati della pressione del tunnel del vento misurati come input per l'analisi del buffer del dominio del tempo. Questo approccio ibrido di Dynamic Amplification Factors e Buffeting Analysis Method consente una previsione completa del carico su array multi-fila su tutte le velocità del vento e le direzioni del vento. Questo metodo mostra che le prime due righe esterne in un campo di tracker sono le più colpite. Oltre la seconda fila, le file di inseguitori hanno un effetto di riparo e le forze del vento sulle file interne sono notevolmente ridotte.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	35	41

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p align="center">Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	--	---

A.01.M.1.5 Test dinamici della galleria del vento

Per studiare gli effetti aeroelastici associati alle instabilità, devono essere affrontati FAM e BAM. Il primo passo per eseguire questi due metodi è quello di ottenere i derivati aerodinamici dai test dinamici della galleria del vento e quindi implementare metodi e simulazioni numerici.

Per fare ciò, una sezione del tracker viene modellata su una scala appropriata, quindi viene esaminata nella galleria del vento progettata per questo scopo. Implementando un sistema di sospensione a molla e utilizzando lo smorzamento a correnti parassite, la rigidità torsionale, l'inerzia e il coefficiente di smorzamento vengono replicati, consentendo la rotazione del modello.

Una volta ottenuti i derivati aerodinamici (per la rigidità e lo smorzamento) nella galleria del vento, vengono sviluppati due diversi modelli numerici per implementare gli studi FAM e BAM:

- FAM: utilizza un modello numerico, misurazioni della velocità del vento da matrici a più righe e i derivati aerodinamici per prevedere la velocità massima del vento a posizioni di angolo di inclinazione variabile prima che il localizzatore diventi instabile e si verifichi il galoppo/flutter torsionale.
- BAM: utilizza un modello numerico, misurazioni della velocità del vento e della pressione da matrici multiple, i derivati aerodinamici e le fluttuazioni del vento per prevedere la deflessione torsionale del localizzatore. Questo modello numerico può anche essere utilizzato per estrarre le forze autoeccitate, le forze inerziali e le forze del vento che agiscono sul tracker per la progettazione.

A.01.M.1.6 Flutter Analysis Method (FAM)

La stabilità del tracker viene analizzata per valutare la sua risposta alle azioni dinamiche del vento. È importante che i fenomeni di instabilità, come il galoppo torsionale e il flutter torsionale, siano presi in considerazione quando si progettano i tracker e si predice il loro comportamento.

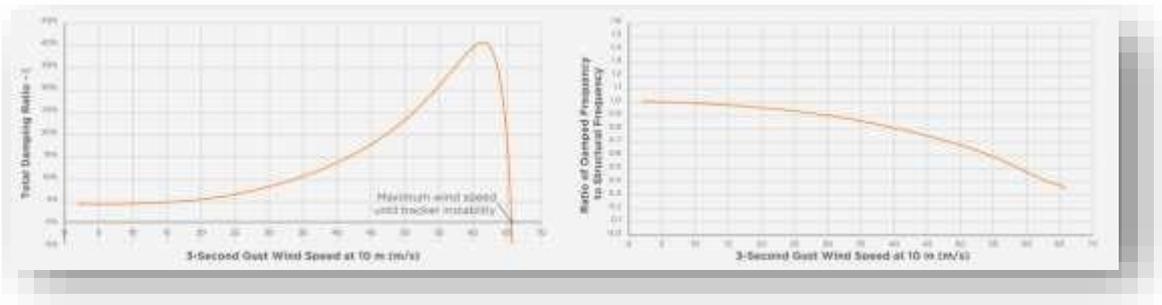
I risultati di questa analisi forniscono la variazione dello smorzamento totale (strutturale + aerodinamico) in funzione della velocità del vento. L'instabilità è definita come il punto in cui lo smorzamento totale è inferiore a 0. Questo studio è molto rilevante in quanto contrassegna la velocità

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	36	41

	<p>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p>Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p>Studio di Ingegneria</p>
---	--	--

del vento critico prima che il tracker vada in un'instabilità.

Questo metodo può essere applicato a matrici a più file mediante l'applicazione di misurazioni della velocità del vento a diversi angoli di inclinazione del localizzatore e mostra come la rigidità torsionale del sistema (strutturale + aerodinamica) diminuisca con l'aumentare della velocità del vento. Questa influenza ha associato ad essa una perdita di frequenza naturale, quindi il tracker tende ad essere più suscettibile alle azioni di buffeting del vento quando la velocità del vento aumenta per gli angoli di inclinazione bassi.



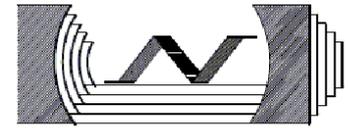
A sinistra FAM: rapporto di smorzamento/velocità del vento - a destra: rapporto di frequenza/velocità del vento

A.01.M.1.7 Metodo di analisi del buffer (BAM)

L'applicazione di questo metodo predice meglio il comportamento di un array tracker multi-fila sotto l'azione del vento, fornendo al contempo flessibilità nel processo di progettazione generalmente non pratico attraverso il test completo del modello aeroelastico. Questo metodo può simulare sia l'intero spettro delle fluttuazioni della turbolenza del vento sia la risposta del tracker a causa di forze auto-eccitazione e di buffeting. La forzatura dinamica è amplificata dal movimento strutturale e potrebbe produrre problemi strutturali con velocità del vento al di sotto della velocità di insorgenza critica per un'instabilità aerodinamica.

BAM è il metodo raccomandato per tenere conto dell'intero spettro delle fluttuazioni del picco del vento. Ciò significa che il momento massimo o la massima rotazione del tracker saranno calcolati dalla

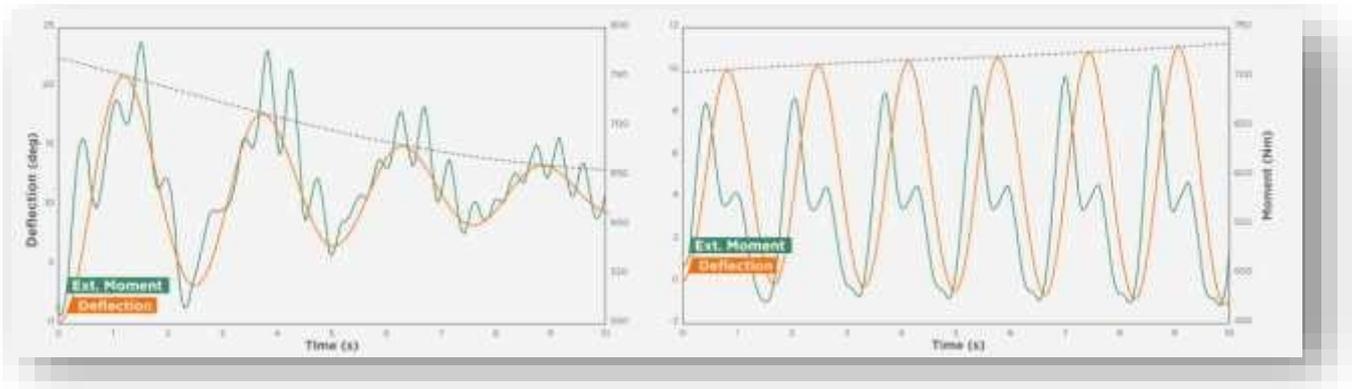
SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	37	41



velocità massima del vento di picco, che rappresenta il carico del caso peggiore. Questo è fondamentale nelle regioni prossime alla massima velocità del vento consentita prima che si verifichi instabilità.

Con questo metodo, i momenti massimi e la forza dovuta alle azioni del vento possono essere analizzati in ogni membro del tracker, quindi la progettazione di ciascuna di queste parti è più affidabile rispetto a qualsiasi altro metodo.

I risultati dell'analisi del buffer nelle serie temporali della rotazione del tracker e queste risposte possono essere utilizzate per prevedere la risposta massima del momento indotta dal vento, i picchi di fluttuazione del vento, i carichi inerziali e le forze autoeccitate. Se lo smorzamento complessivo nel sistema è negativo, la soluzione numerica per il localizzatore sarà instabile (oltre la velocità massima consentita del vento indicata nell'analisi del flutter).

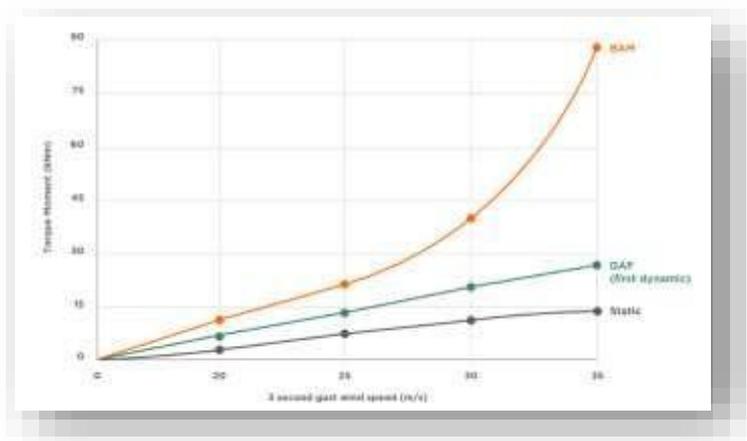
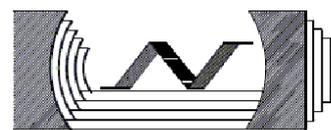


A sinistra FAM: risposta di stabilità (segnale smorzamento) - a destra: risposta all'impossibilità (aspetti strutturali previsti)

A.01.M.1.8 Confronto tra carichi di vento statici e dinamici

L'effetto maggiore prodotto dal vento è il momento torsionale. Questo momento di torsione influisce sul tubo di torsione e sul gruppo di supporto del motore. È notevolmente aumentato dagli effetti dinamici descritti in questo documento. Nelle tabelle seguenti c'è un confronto tra i momenti statici e quelli dinamici che influenzerebbero ciascuno dei componenti del tracker per diverse velocità del vento secondo ASCE 7 ed Eurocode.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	38	41



Confronto tra carichi di vento statici e dinamici

Velocità del vento	Statico	DAF	Buffeting	Δ da statico
20 m/s	4,8 Nm	7,4 kNm	11,8 kNm	x 2,45
25 m/s	7,5 Nm	13,6 kNm	22,1 kNm	x 2,95
30 m/s	10,9 kNm	20,4 kNm	40,6 kNm	x 3,72
35 m/s	14,8 kNm	27,8 kNm	88,5 kNm	x 5,98

In conclusione, si osserva che gli effetti del vento dinamico amplificano considerevolmente il momento torsionale sulla struttura del tracker. Il design affidabile del localizzatore richiede tubi con pareti più spesse e un gruppo di supporto del motore di sezione maggiore rispetto a quelli indicati quando si considerano solo i coefficienti statici. Come si può vedere, l'incremento del momento risulta essere più elevato secondo l'approccio BAM rispetto all'approccio DAF. L'applicazione dei risultati BAM indica un aumento di materiale nelle sezioni trasversali dei profili strutturali per ottenere forza e rigidità e, di conseguenza, un aumento proporzionale del costo unitario per inseguitore.

È da sottolineare che le strutture sono dotate di sistemi di protezione che permettono l'orientamento del tracker in caso di venti superiori a valori ammissibili prefissati.

	<p>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Martignacco (Provincia di Udine)</p> <p>Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 2 s.r.l.</p>	 <p>Studio di Ingegneria</p>
---	--	--

A.02 CONCLUSIONI

Vista la natura dell'opera, le azioni significative per il pre-dimensionamento delle strutture di sostegno degli inseguitori solari sono rappresentate dalla distribuzione dei carichi derivanti dalle azioni del vento. Altre azioni minori e certamente non dimensionanti, sono rappresentate dal peso proprio delle strutture, dal carico da neve e dalle azioni dinamiche indotte dalle sollecitazioni sismiche.

Le sollecitazioni derivanti da dette azioni risultano secondarie all'analisi strutturale rispetto alle azioni dinamiche indotte dal vento, visto soprattutto la trascurabile massa dei moduli che ricopre un ruolo determinante nelle verifiche statiche e dinamiche da sisma. Inoltre, vista la posizione dell'area di intervento i carichi da neve risultano marginali.

Per ciò che riguarda le restanti componenti minori quali container e pali di illuminazione, trattandosi di elementi standard si rimanda alla fase di progettazione esecutiva per le specifiche verifiche della sicurezza strutturale essendo comunque valutata, in via preliminare, la compatibilità strutturale delle opere in progetto.

Rinviando alla progettazione esecutiva la verifica strutturale delle opere secondo i dettami delle NTC2018, considerando quindi l'analisi dei carichi rigorosa e la combinazione delle azioni sui vari elementi strutturali, dalle verifiche svolte è evidente la piena compatibilità dell'opera per come pre-dimensionata, sotto l'aspetto statico e dinamico.

In merito agli impianti presenti, come meglio dettagliatamente riportati negli elaborati del progetto definitivo, si precisa che sono state considerate tutte le necessità del progetto, sia in termini di apparati che di apparecchiature e che pertanto i volumi tecnici necessari saranno esclusivamente quelli riportati nel presente progetto definitivo.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	40	41



Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nei Comuni di Bicinico e Santa Maria La Longa (Provincia di Udine)

Ditta Proponente: ATLAS SOLAR 1 s.r.l.



Studio di Ingegneria

A.03 CALCOLI STRUTTURALI

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
R04	0	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	25/11/2021	41	41

RELAZIONE <i>Ai sensi del Cap. 10.2 delle NTC 2018</i> ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L' AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO	

RELAZIONE DI CALCOLO

Sono illustrati con la presente i risultati dei calcoli che riguardano il progetto delle armature, la verifica delle tensioni di lavoro dei materiali e del terreno.

• **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I calcoli sono condotti nel pieno rispetto della normativa vigente e, in particolare, la normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni*, emanate con il D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. 42 del 20/02/2018, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 21 Gennaio 2019, n. 7 “*Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni*”.

• **METODI DI CALCOLO**

I metodi di calcolo adottati per il calcolo sono i seguenti:

- 1) Per i carichi statici: *METODO DELLE DEFORMAZIONI*;
- 2) Per i carichi sismici: metodo dell'*ANALISI MODALE* o dell'*ANALISI SISMICA STATICA EQUIVALENTE*.

Per lo svolgimento del calcolo si è accettata l'ipotesi che, in corrispondenza dei piani sismici, i solai siano infinitamente rigidi nel loro piano e che le masse ai fini del calcolo delle forze di piano siano concentrate alle loro quote.

• **CALCOLO SPOSTAMENTI E CARATTERISTICHE**

Il calcolo degli spostamenti e delle caratteristiche viene effettuato con il metodo degli elementi finiti (**F.E.M.**).

Possano essere inseriti due tipi di elementi:

- 1) Elemento monodimensionale asta (*beam*) che unisce due nodi aventi ciascuno 6 gradi di libertà. Per maggiore precisione di calcolo, viene tenuta in conto anche la deformabilità a taglio e quella assiale di questi elementi. Queste aste, inoltre, non sono considerate flessibili da nodo a nodo ma hanno sulla parte iniziale e finale due tratti infinitamente rigidi formati dalla parte di trave inglobata nello spessore del pilastro; questi tratti rigidi forniscono al nodo una dimensione reale.
- 2) L'elemento bidimensionale shell (*quad*) che unisce quattro nodi nello spazio. Il suo comportamento è duplice, funziona da lastra per i carichi agenti sul suo piano, da piastra per i carichi ortogonali.

Assemblate tutte le matrici di rigidità degli elementi in quella della struttura spaziale, la risoluzione del sistema viene perseguita tramite il *metodo di Cholesky*.

Ai fini della risoluzione della struttura, gli spostamenti X e Y e le rotazioni attorno l'asse verticale Z di tutti i nodi che giacciono su di un impalcato dichiarato rigido sono mutuamente vincolati.

• **RELAZIONE SUI MATERIALI**

Le caratteristiche meccaniche dei materiali sono descritti nei tabulati riportati nel seguito per ciascuna tipologia di materiale utilizzato.

• **VERIFICHE**

Le verifiche, svolte secondo il metodo degli stati limite ultimi e di esercizio, si ottengono involupando tutte le condizioni di carico prese in considerazione.

In fase di verifica è stato differenziato l'elemento trave dall'elemento pilastro. Nell'elemento trave le armature sono disposte in modo asimmetrico, mentre nei pilastri sono sempre disposte simmetricamente.

Per l'elemento trave, l'armatura si determina suddividendola in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante, valutando per tali conci le massime aree di armatura superiore ed inferiore richieste in base ai momenti massimi riscontrati nelle varie combinazioni di carico esaminate. Lo stesso criterio è stato adottato per il calcolo delle staffe.

Anche l'elemento pilastro viene scomposto in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante. Vengono però riportate le armature massime richieste nella metà superiore (testa) e inferiore (piede).

La fondazione su travi rovesce è risolta contemporaneamente alla sovrastruttura tenendo in conto sia la rigidità flettente che quella torcente, utilizzando per l'analisi agli elementi finiti l'elemento asta su suolo elastico alla *Winkler*.

Le travate possono incrociarsi con angoli qualsiasi e avere dei disassamenti rispetto ai pilastri su cui si appoggiano.

La ripartizione dei carichi, data la natura matriciale del calcolo, tiene automaticamente conto della rigidità relativa delle varie travate convergenti su ogni nodo.

Le verifiche per gli elementi bidimensionali (setti) vengono effettuate sovrapponendo lo stato tensionale del comportamento a lastra e di quello a piastra. Vengono calcolate le armature delle due facce dell'elemento bidimensionale disponendo i ferri in due direzioni ortogonali.

• **DIMENSIONAMENTO MINIMO DELLE ARMATURE.**

Per il calcolo delle armature sono stati rispettati i minimi di legge di seguito riportati:

TRAVI:

1. Area minima delle staffe pari a $1.5 \cdot b$ mmq/ml, essendo b lo spessore minimo dell'anima misurato in mm, con passo non maggiore di 0,8 dell'altezza utile e con un minimo di 3 staffe al metro. In prossimità degli appoggi o di carichi concentrati per una lunghezza pari all'altezza utile della sezione, il passo minimo sarà 12 volte il diametro minimo dell'armatura longitudinale.
2. Armatura longitudinale in zona tesa $\geq 0,15\%$ della sezione di calcestruzzo. Alle estremità è disposta una armatura inferiore minima che possa assorbire, allo stato limite ultimo, uno sforzo di trazione uguale al taglio.
3. In zona sismica, nelle zone critiche il passo staffe è non superiore al minimo di:
 - un quarto dell'altezza utile della sezione trasversale;
 - 175 mm e 225 mm, rispettivamente per CDA e CDB;
 - 6 volte e 8 volte il diametro minimo delle barre longitudinali considerate ai fini delle verifiche, rispettivamente per CDA e CDB;
 - 24 volte il diametro delle armature trasversali.

Le zone critiche si estendono, per CDB e CDA, per una lunghezza pari rispettivamente a 1 e 1,5 volte l'altezza della sezione della trave, misurata a partire dalla faccia del nodo trave-pilastro. Nelle zone critiche della trave il rapporto fra l'armatura compressa e quella tesa è maggiore o uguale a 0,5.

PILASTRI:

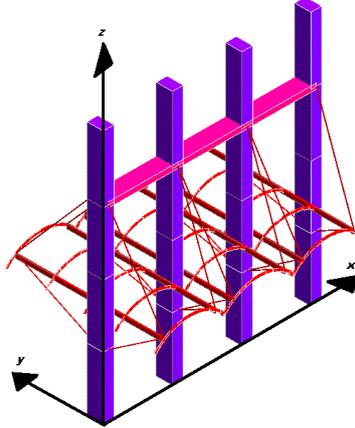
1. Armatura longitudinale compresa fra 0,3% e 4% della sezione effettiva e non minore di $0,10 \cdot N_{ed}/f_{yd}$;
2. Barre longitudinali con diametro ≥ 12 mm;
3. Diametro staffe ≥ 6 mm e comunque $\geq 1/4$ del diametro max delle barre longitudinali, con interasse non maggiore di 30 cm.
4. In zona sismica l'armatura longitudinale è almeno pari all'1% della sezione effettiva; il passo delle staffe di contenimento è non superiore alla più piccola delle quantità seguenti:
 - $1/3$ e $1/2$ del lato minore della sezione trasversale, rispettivamente per CDA e CDB;

- 125 mm e 175 mm, rispettivamente per CDA e CDB;
- 6 e 8 volte il diametro delle barre longitudinali che collegano, rispettivamente per CDA e CDB.

• SISTEMI DI RIFERIMENTO

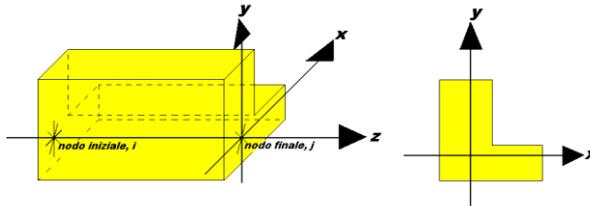
1) SISTEMA GLOBALE DELLA STRUTTURA SPAZIALE

Il sistema di riferimento globale è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali (O-XYZ) dove l'asse Z rappresenta l'asse verticale rivolto verso l'alto. Le rotazioni sono considerate positive se concordi con gli assi vettori:



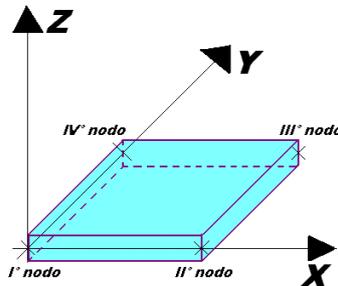
2) SISTEMA LOCALE DELLE ASTE

Il sistema di riferimento locale delle aste, inclinate o meno, è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse Z coincidente con l'asse longitudinale dell'asta ed orientamento dal nodo iniziale al nodo finale, gli assi X ed Y sono orientati come nell'archivio delle sezioni:



3) SISTEMA LOCALE DELL'ELEMENTO SHELL

Il sistema di riferimento locale dell'elemento shell è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse X coincidente con la direzione fra il primo ed il secondo nodo di input, l'asse Y giacente nel piano dello shell e l'asse Z in direzione dello spessore:



- **UNITÀ DI MISURA**

Si adottano le seguenti unità di misura:

[lunghezze]	= m
[forze]	= kgf / daN
[tempo]	= sec
[temperatura]	= °C

- **CONVENZIONI SUI SEGNI**

I carichi agenti sono:

- 1) Carichi e momenti distribuiti lungo gli assi coordinati;
- 2) Forze e coppie nodali concentrate sui nodi.

Le forze distribuite sono da ritenersi positive se concordi con il sistema di riferimento locale dell'asta, quelle concentrate sono positive se concordi con il sistema di riferimento globale.

I gradi di libertà nodali sono gli omologhi agli enti forza, e quindi sono definiti positivi se concordi a questi ultimi.

- **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA**

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa dell'archivio materiali.

<i>Materiale N.ro</i>	: Numero identificativo del materiale in esame
Densità	: <i>Peso specifico del materiale</i>
Ex * 1E3	: <i>Modulo elastico in direzione x moltiplicato per 10 al cubo</i>
Ni.x	: <i>Coefficiente di Poisson in direzione x</i>
Alfa.x	: <i>Coefficiente di dilatazione termica in direzione x</i>
Ey * 1E3	: <i>Modulo elastico in direzione y moltiplicato per 10 al cubo</i>
Ni.y	: <i>Coefficiente di Poisson in direzione y</i>
Alfa.y	: <i>Coefficiente di dilatazione termica in direzione y</i>
E11 * 1E3	: <i>Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 1a colonna</i>
E12 * 1E3	: <i>Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 2a colonna</i>
E13 * 1E3	: <i>Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 3a colonna</i>
E22 * 1E3	: <i>Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 2a riga - 2a colonna</i>
E23 * 1E3	: <i>Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 2a riga - 3a colonna</i>
E33 * 1E3	: <i>Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 3a riga - 3a colonna</i>

- **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA**

Si riporta di seguito il significato delle simbologie usate nelle tabelle di stampa dei dati di input dei fili fissi:

- **Filo** : Numero del filo fisso in pianta.
- **Ascissa** : Ascissa.
- **Ordinata** : Ordinata.

Si riporta di seguito il significato delle simbologie usate nelle tabelle di stampa dei dati di input delle quote di piano:

- **Quota** : Numero identificativo della quota del piano.
- **Altezza** : Altezza dallo spiccatto di fondazione.
- **Tipologia** : Le tipologie previste sono due:

0 = Piano sismico, ovvero piano che è sede di massa, sia strutturale che portata, che deve essere considerata ai fini del calcolo sismico. Tutti i nodi a questa quota hanno gli spostamenti orizzontali legati dalla relazione di impalcato rigido.

1 = Interpiano, ovvero quota intermedia che ha rilevanza ai fini della geometria strutturale ma la cui massa non viene considerata a questa quota ai fini sismici. I nodi a questa quota hanno spostamenti orizzontali indipendenti.

- **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA**

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa dell'input piastre.

Piastra N.ro	: <i>Numero identificativo della piastra in esame</i>
Filo 1	: <i>Numero del filo fisso su cui è stato posto il primo spigolo della piastra</i>
Filo 2	: <i>Numero del filo fisso su cui è stato posto il secondo spigolo della piastra</i>
Filo 3	: <i>Numero del filo fisso su cui è stato posto il terzo spigolo della piastra</i>
Filo 4	: <i>Numero del filo fisso su cui è stato posto il quarto spigolo della piastra</i>
Tipo carico	: <i>Numero di archivio delle tipologie di carico</i>
Quota filo 1	: <i>Quota dello spigolo della piastra inserito in corrispondenza del primo filo fisso</i>
Quota filo 2	: <i>Quota dello spigolo della piastra inserito in corrispondenza del secondo filo fisso</i>
Quota filo 3	: <i>Quota dello spigolo della piastra inserito in corrispondenza del terzo filo fisso</i>
Quota filo 4	: <i>Quota dello spigolo della piastra inserito in corrispondenza del quarto filo fisso</i>
Tipo sezione	: <i>Numero identificativo della sezione della piastra</i>
Spessore	: <i>Spessore della piastra</i>
Kwinkler	: <i>Costante di Winkler del terreno su cui poggia la piastra (zero nel caso di piastre in elevazione)</i>
Tipo mater.	: <i>Numero di archivio dei materiali shell</i>

ARCHIVIO MATERIALI PIASTRE: MATRICE ELASTICA

Materiale N.ro	Densita' kg/mc	Ex*1E3 kg/cm ²	Ni.x	Alfa.x (*1E5)	Ey*1E3 kg/cm ²	Ni.y	Alfa.y (*1E5)	E11*1E3 kg/cm ²	E12*1E3 kg/cm ²	E13*1E3 kg/cm ²	E22*1E3 kg/cm ²	E23*1E3 kg/cm ²	E33*1E3 kg/cm ²
1	2500	328	0,20	1,00	328	0,20	1,00	342	68	0	342	0	137

ARCHIVIO TIPOLOGIE DI CARICO

Car. N.ro	Peso Strut kg/mq	Perman. NONstru kg/mq	Varia bile kg/mq	Neve kg/mq	Destinaz. d'Uso	Psi 0	Psi 1	Psi 2	Anal Car. N.ro	DESCRIZIONE SINTETICA DEL TIPO DI CARICO
1	300	100	200	0	Categ. A	0,7	0,5	0,3	33	
2	0	500	1700	150	Categ. G	0,7	0,5	0,3		CARICO PIASTRA FONDAZIONE

DATI GENERALI DI STRUTTURA

DATI GENERALI DI STRUTTURA

Massima dimens. dir. X (m)	10,80	Altezza edificio (m)	0,00
Massima dimens. dir. Y (m)	3,80	Differenza temperatura(°C)	15

PARAMETRI SISMICI

Vita Nominale (Anni)	50	Classe d' Uso	IV Cu=2.0
Longitudine Est (Grd)	13,12519	Latitudine Nord (Grd)	46,06506
Categoria Suolo	B	Coeff. Condiz. Topogr.	1,00000
Sistema Costruttivo Dir.1	C.A.	Sistema Costruttivo Dir.2	C.A.
Regolarita' in Altezza	SI (KR=1)	Regolarita' in Pianta	SI
Direzione Sisma (Grd)	0	Sisma Verticale	ASSENTE
Effetti P/Delta	NO	Quota di Zero Sismico (m)	0,00000

PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.D.

Probabilita' Pvr	0,63	Periodo di Ritorno Anni	101,00
Accelerazione Ag/g	0,10	Periodo T'c (sec.)	0,29
Fo	2,45	Fv	1,05
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,20	Periodo TB (sec.)	0,14
Periodo TC (sec.)	0,41	Periodo TD (sec.)	2,00

PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.V.

Probabilita' Pvr	0,10	Periodo di Ritorno Anni	949,00
Accelerazione Ag/g	0,25	Periodo T'c (sec.)	0,35
Fo	2,52	Fv	1,72
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,14	Periodo TB (sec.)	0,16
Periodo TC (sec.)	0,47	Periodo TD (sec.)	2,62

PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO C.A. - DIR. 1

Classe Duttilita'	MEDIA	Sotto-Sistema Strutturale	Pareti
AlfaU/Alfa1	1,20	Fattore riduttivo KW	0,67
Fattore di comportam 'q'	2,40		

PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO C.A. - DIR. 2

Classe Duttilita'	MEDIA	Sotto-Sistema Strutturale	Pareti
AlfaU/Alfa1	1,20	Fattore riduttivo KW	0,67
Fattore di comportam 'q'	2,40		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI DEI MATERIALI

Acciaio per CLS armato	1,15	Calcestruzzo CLS armato	1,50
Legno per comb. eccez.	1,00	Legno per comb. fundament.:	1,30
Livello conoscenza	NUOVA COSTRUZIONE		
FRP Collasso Tipo 'A'	1,10	FRP Delaminazione Tipo 'A'	1,20
FRP Collasso Tipo 'B'	1,25	FRP Delaminazione Tipo 'B'	1,50
FRP Resist. Press/Fless	1,00	FRP Resist. Taglio/Torsione	1,20
FRP Resist. Confinamento	1,10		

DATI GENERALI DI STRUTTURA

DATI DI CALCOLO PER AZIONE NEVE

Zona Geografica	I Alpina	Coefficiente Termico	1,00
Altitudine sito s.l.m. (m)	102	Coefficiente di forma	1,00

Tipo di Esposizione	Normale	Coefficiente di esposizione	1,00
Carico di riferimento kg/mq	150	Carico neve di calcolo kg/mq	150,00

Il calcolo della neve e' effettuato in base al punto 3.4 del D.M. 2018 e relative modifiche e integrazioni riportate nella Circolare del 21/01/2019

COORDINATE E TIPOLOGIA FILI FISSI

Filo N.ro	Ascissa m	Ordinata m		Filo N.ro	Ascissa m	Ordinata m
1	1,00	1,00		2	1,00	4,80
3	6,40	1,00		4	6,40	4,80
5	11,80	1,00		6	11,80	4,80

QUOTE PIANI SISMICI ED INTERPIANI

Quota N.ro	Altezza m	Tipologia	IrregTamp		Quota N.ro	Altezza m	Tipologia	IrregTamp	
			XY	Alt.				XY	Alt.
0	0,00	Piano Terra							

GEOMETRIA PIASTRE ALLA QUOTA 0 m

Piastra N.ro	Filo 1	Filo 2	Filo 3	Filo 4	Tipo Car.	Quota Filo1	Quota Filo2	Quota Filo3	Quota Filo4	Tipo Sez.	Spess. cm	Kwinkl. kg/cmc	Tipo Mat.
1	2	1	3	4	2	0	0	0	0	1	40,0	10,0	1
2	3	5	6	4	2	0	0	0	0	1	40,0	10,0	1

COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.

DESCRIZIONI	1	2
Peso Strutturale	1,30	1,30
Perm.Non Strutturale	1,50	1,50
Var.Par.q>30Kn	1,50	1,05
Var.Neve h<=1000	0,75	1,50

COMBINAZIONI RARE - S.L.E.

DESCRIZIONI	1	2
Peso Strutturale	1,00	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00	1,00
Var.Par.q>30Kn	1,00	0,70
Var.Neve h<=1000	0,50	1,00

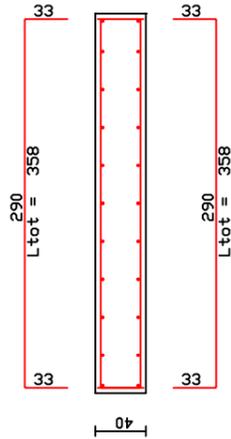
COMBINAZIONI FREQUENTI - S.L.E.

DESCRIZIONI	1	2
Peso Strutturale	1,00	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00	1,00
Var.Par.q>30Kn	0,50	0,30
Var.Neve h<=1000	0,00	0,20

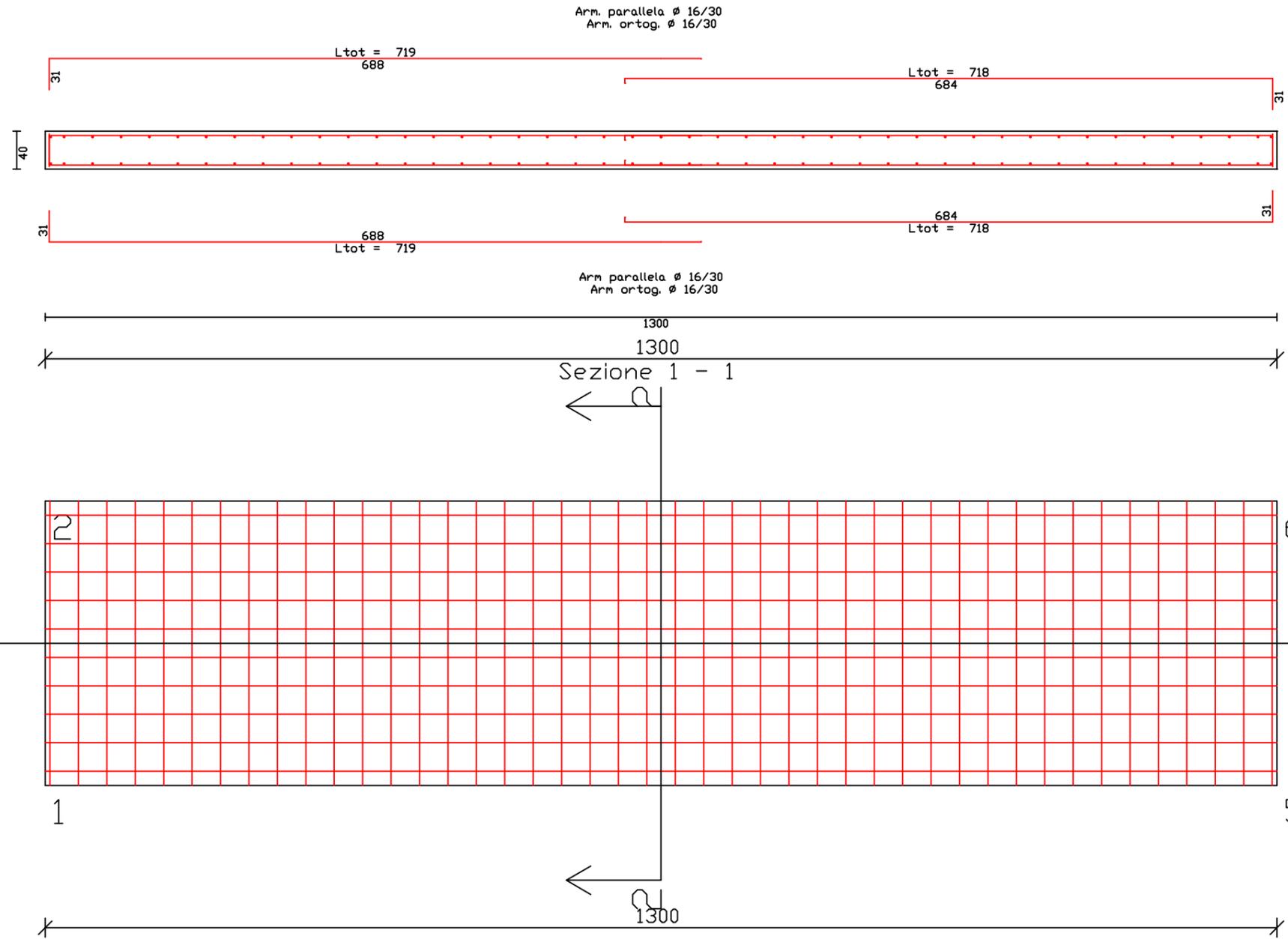
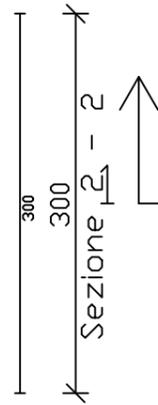
COMBINAZIONI PERMANENTI - S.L.E.

DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00
Var.Par.q>30Kn	0,30
Var.Neve h<=1000	0,00

Arm. parallela ϕ 16/30
Arm. ortog. ϕ 16/30



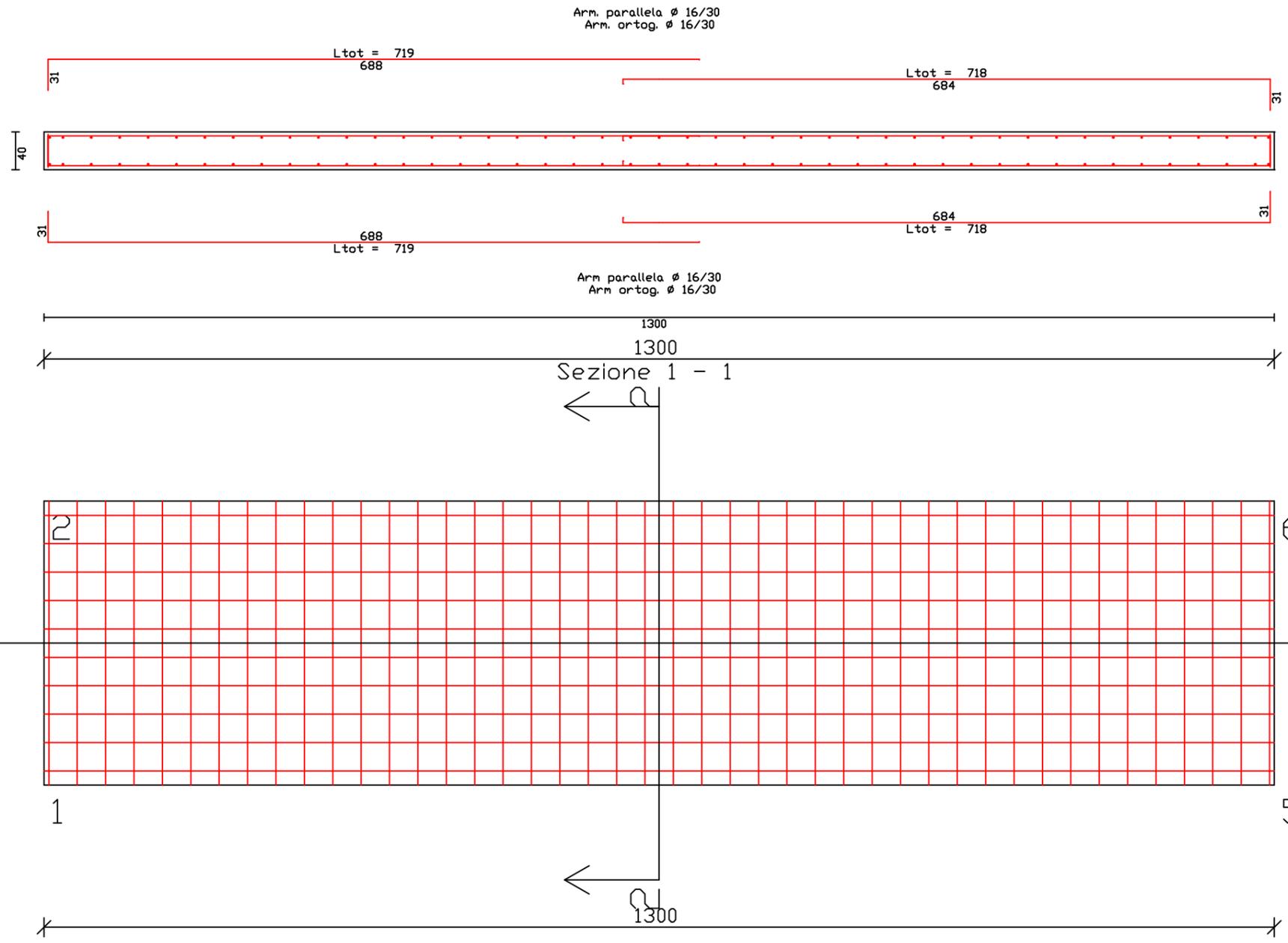
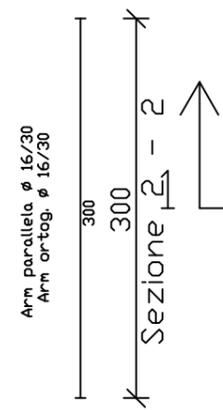
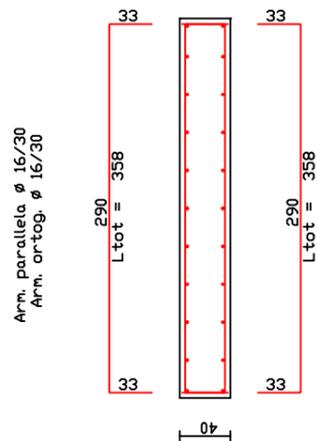
Arm. parallela ϕ 16/30
Arm. ortog. ϕ 16/30



ARMATURA DI BASE INFERIORE PIASTRA 1 QUOTA m.0.00
 ϕ 16/ 30 direz.X
 ϕ 16/ 30 direz.y (spessore= 40 cm)

ACCIAIO B450C CALCESTR. C30/37

le sovrapposizioni vanno sfalsate a ferri alterni di una lunghezza pari a 0,65 della sovrapposizione (EC 1992-2005 p 8.7.3)



ARMATURA DI BASE SUPERIORE PIASTRA 1 QUOTA m.0.00
 ϕ 16/ 30 direz.X
 ϕ 16/ 30 direz.y (spessore= 40 cm)

ACCIAIO B450C	CALCESTR. C30/37
---------------	------------------

le sovrapposizioni vanno falsate a ferri alterni di una lunghezza pari a 0,65 della sovrapposizione (EC 1992-2005 p 8.7.3)