

SCALA  <b>N.A.</b>	SEDE PROGETTO  <b>CAGLIARI</b>		FORMATO  <b>A4</b>	
REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	02/10/2023	Ing. R. Sacconi	Innova Service S.r.l. Arch. G. R. Porpiglia	DS Italia 14 S.r.l.
DATA  <b>02/10/2023</b>	TIPO DI EMISSIONE  <b>Prima Emissione</b>			
<b>Committente- Sviluppo progetto FV:</b> <b>DS Italia 14 S.r.l.</b> Via del Plebiscito n. 112 - Roma (RM) P.IVA 16380571006 		<b>Studio di progettazione:</b> <b>LA SIA S.p.A.</b> Viale L. Schiavonetti, 28600173-Roma (RM) P.IVA 08207411003 		
PROGETTO <b>Progetto Definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Bonorva-Mores” della potenza di picco di 36.079,5 kWp e potenza di immissione di 29.830 kW e delle relative opere di connessione alla RTN nei comuni di Bonorva e di Mores (SS)</b>				
TITOLO ELABORATO		<b>RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE  DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE</b>		
<b>Coordinamento Progettisti:</b> <b>INNOVA SERVICE S.r.l.</b> Via Santa Margherita, 4 - 09124 Cagliari (CA) P.IVA 03379940921, PEC: innovaserviceca@pec.it				
<b>GRUPPO DI LAVORO:</b> <b>per INNOVA SERVICE S.r.l.</b> Giorgio Roberto Porpiglia - Architetto Silvio Matta - Ingegnere Elettrico Aurora Melis - Geometra Antonio Dedoni - Ingegnere Idraulico Marta Camba - Geologo				
<b>per La SIA S.p.A.</b> Riccardo Sacconi - Ingegnere Civile Stefano Cherchi - Archeologo Franco Milito - Agronomo Francesco Paolo Pinchera - Biologo Rita Bosi - Dottore Agronomo				
NOME ELABORATO  <b>REL_SP_STRUT</b>				REV  <b>00</b>

## INDICE

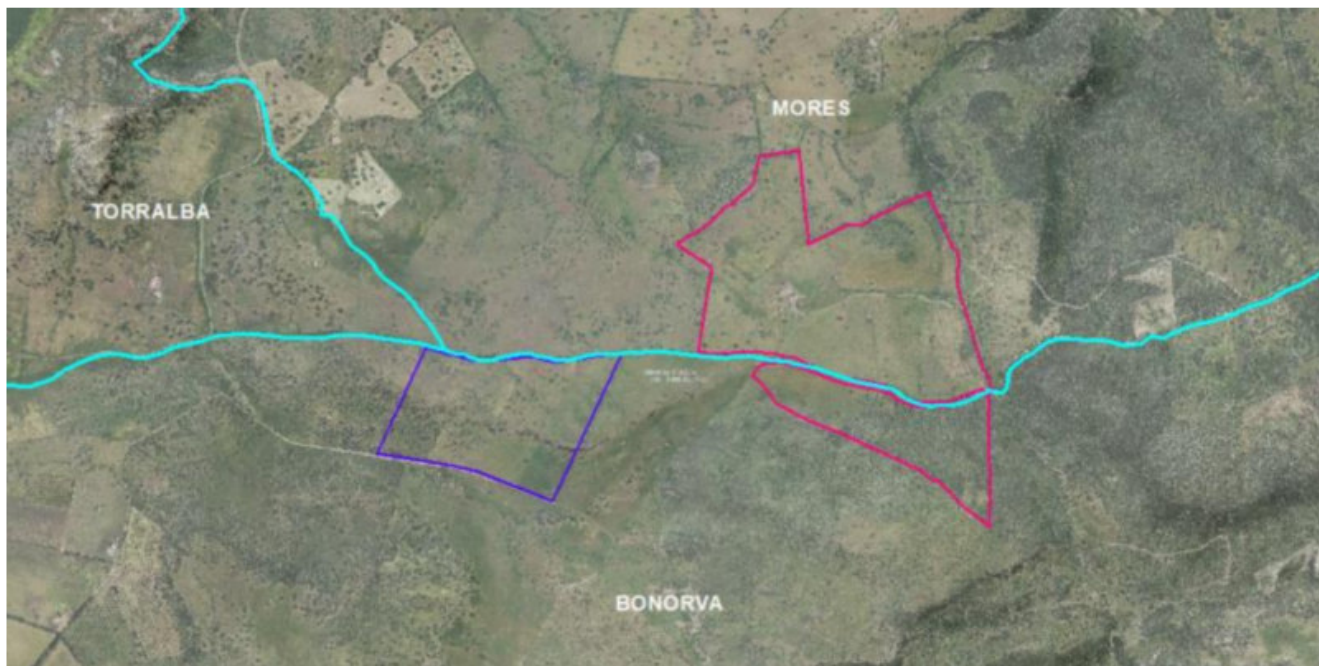
1. PREMESSA.....	3
2. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO IN RELAZIONE AGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE ED AI VINCOLI AMBIENTALI.....	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	4
3.1 <i>Inquadramento geologico regionale</i> .....	4
3.2 <i>Inquadramento geologico locale</i> .....	7
3.2.1 <i>Stratigrafia</i> .....	9
4. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE.....	9
5. CARATTERISTICHE PRINCIPALI.....	10
6. INQUADRAMENTO NORMATIVO .....	12
7. CALCOLO DELLE AZIONI .....	13
Calcolo pressione del vento .....	13
Calcolo azione del vento da applicare in Fondazione .....	14
Verifica della Fondazione su micropali in acciaio .....	16

## 1. PREMESSA

La presente relazione è relativa al progetto di realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica della potenza di **36.079,5 kW** nel territorio dei Comuni di Bonorva – e di Mores (SS) e delle relative opere di connessione, ricadenti anch'esse nel territorio dei comuni di Bonorva e di Mores.

## 2. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO IN RELAZIONE AGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE ED AI VINCOLI AMBIENTALI

Viene di seguito esposta la caratterizzazione localizzativa - territoriale del sito sul quale è previsto l'impianto e la rispondenza dello stesso alle indicazioni urbanistiche comunali, provinciali e regionali. Da tali dati risulta evidente la bontà dei siti scelti e la compatibilità degli stessi con le opere a progetto, fermo restando l'obbligo di ripristino dello stato dei luoghi a seguito di dismissione dell'impianto. L'area interessata ricade interamente nel territorio del comune di Bonorva – Mores provincia di Sassari.



L'impianto oggetto di studio interessa due territori comunali: Mores e Bonorva. Entrambi sono comuni appartenenti alla provincia di Sassari e pertanto collocati nella Sardegna settentrionale. Mores possiede un'estensione areale di circa 95 Km<sup>2</sup> mentre Bonorva 149,75 km<sup>2</sup>.

Nello specifico, si riporta l'inquadramento cartografico dell'area oggetto di intervento:

- I.G.M. Serie 25 foglio 480 Il "Foresta di Burgos"
- CTR – scala 1:10000 – sez. 480110 "Umulu";
- Carta Geologica d'Italia – scala 1:100.000 – foglio 193 "Bonorva"
- Carta Geologica d'Italia – scala 1:50.000 – foglio 480 "Bonorva"

Coordinate dell'area interessata dal progetto (WGS 84):

Latitudine Nord 40° 29.531'N

Latitudine Sud 40° 28.981'N

Longitudine Est 8° 52.939'E  
Longitudine Ovest 8° 51.745'E

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

#### 3.1 *Inquadramento geologico regionale*

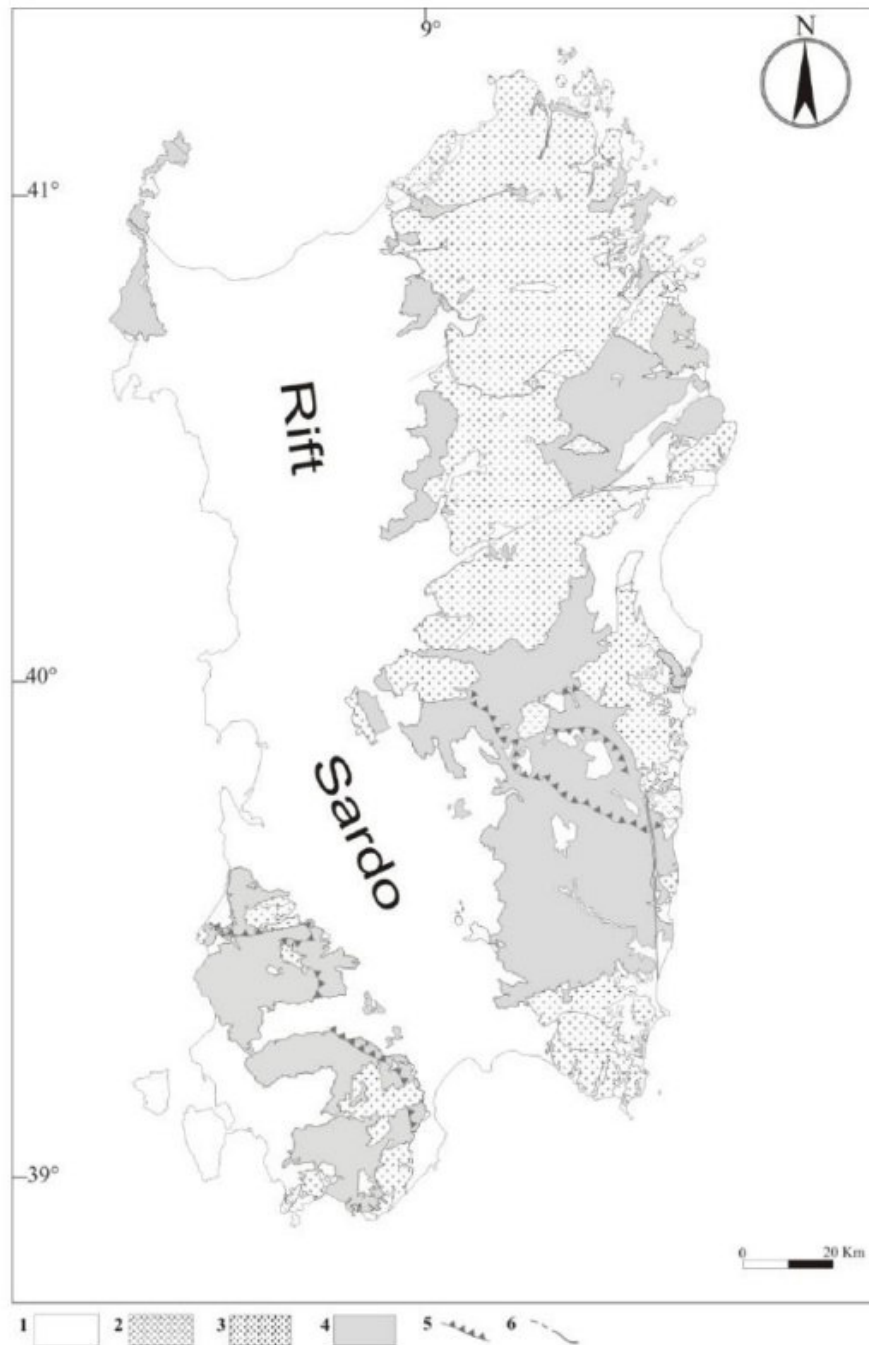
L'ossatura della Sardegna è caratterizzata da un basamento Paleozoico e da coperture tardoerciniche, mesozoiche, e cenozoiche (paleogeniche, oligo-mioceniche e plio-plestoceniche) differenti per ambiente e significato geodinamico.

Il basamento Paleozoico è costituito da metamorfiti intruse da unità plutoniche di composizione prevalentemente granitoidi (Carmignani et al., 1991 e riferimenti). Questo basamento rappresenta un frammento della catena ercinica sudeuropea, originata dalla collisione fra i margini continentali Armoricano e di Gondwana (Carmignani et al., 1992); esso è caratterizzato da un marcato aumento del grado metamorfico da SW a NE (Di Simplicio et al., 1974; Franceschelli et al., 1982). Procedendo da SW a NE, la catena ercinica della Sardegna è stata storicamente divisa in tre principali zone: esterna, a falde di ricoprimento e assiale (Carmignani et al., 1982; 1986 cum bibl.).

Le sequenze metamorfiche del basamento paleozoico sono caratterizzate da metamorfismo progrado di tipo Barroviano dalla zona esterna (facies degli scisti verdi) a quella assiale (facies anfibolitica). Durante le fasi postcollisionali, caratterizzate dal collasso e dall'esumazione dell'edificio a falde di ricoprimento, tutto il basamento metamorfico è stato iniettato da una serie di plutoni ad affinità calcicalina composizionalmente variabili da granodioriti a leucograniti, con quantità accessorie di rocce gabbroidi e tonalitiche, costituenti nell'insieme il batolite sardo. L'età di messa in posto è riferibile ad un intervallo temporale 310-300 Ma (Di Simplicio et al., 1974; Secchi et al., 1991; Di Vincenzo et al., 1992). Età radiometriche leggermente più recenti e riferibili a 286 Ma, sono state ottenute con il metodo Ar/Ar su plutoniti granitiche affioranti nel Sàrrabus meridionale (Sardegna sud-orientale; Dini et al., 2005).

Tutto il batolite è attraversato da uno sciame di filoni ad andamento variabile a seconda della regione. Esso è dominato da rocce basiche ("lamprofiri" Auct.) e francamente granitiche riferibili ad un intervallo di tempo compreso fra  $290 \pm 10$  e  $230 \pm 10$  Ma sulla base di numerosi dati radiometrici Ar-Ar e Rb-Sr (Vaccaro et al., 1991). Coperture tardo-erciniche. Durante le fasi estensionali della tettonica tardo-ercinica, si sviluppano dei bacini, colmati, in seguito, da successioni vulcaniche di stirpe orogenica e sedimentarie note in letteratura come "coperture tardo-erciniche". Tali coperture comprendono depositi dei bacini carbonifero-permiani sviluppatisi durante la fase distensiva post-collisionale, contemporaneamente all'esumazione della catena e alla messa in posto del batolite e di buona parte del suo corteo filoniano (Carmignani et al., 1991).

Tali successioni giacciono in netta discordanza angolare sul basamento metamorfico in diversi settori dell'isola. Questa attività vulcanica è generalmente considerata come la parte finale del ciclo intrusivo tardo-ercinico (Bralia et al., 1981 e riferimenti).



**Fig.:** Schema geologico semplificato del basamento paleozoico della Sardegna. (1) Coperture post-paleozoiche. (2) coperture vulcanosedimentarie tardo-erciniche; 3-4 basamento paleozoico; (3) granitoidi; (4) basamento metamorfico. Altri simboli: (5) accavallamenti principali; (6) faglie. Da Carmignani et al. (1991), modificato.

Le coperture mesozoiche sono rappresentate da successioni dominate da rocce carbonatiche di ambiente prevalentemente marino. Esse superano complessivamente i 1000 m di spessore ed affiorano diffusamente nella Sardegna orientale, nella Nurra meridionale, e nel Sulcis. Affioramenti più o meno discontinui di rocce mesozoiche caratterizzano il Sarcidano e la Barbagia (regione dei tacchi). Le coperture paleogeniche affiorano diffusamente nel Sulcis e nel Cixerri e in maniera discontinua nella Sardegna centrale. Esse raggiungono localmente i 400 m di spessore e sono

costituite da sedimenti terrigeni di ambiente marino e continentale. Nel Sulcis, contengono potenti intercalazioni di carbone ("lignifero" Auct.). Tettonicamente, sono riferibili alla chiusura eoligocenica dei Pirenei ad ovest e delle Alpi occidentali che proseguivano a est del paleo blocco Sardo-Corso.

Coperture oligo-mioceniche. La porzione occidentale della Sardegna è dominata da coperture sedimentarie e vulcaniche orogeniche oligo-mioceniche che colmano il cosiddetto Rift sardo (Cherchi & Montadert, 1982; Fig. 2.2/B). Le sequenze del Rift, potenti sino a 1 000 m, affiorano diffusamente dal Logudoro-Meilogu sino alle estreme propaggini del Campidano meridionale e costituiscono uno dei tratti geologici e geomorfologici più importanti dell'Isola. Le successioni orogeniche affiorano nella Sardegna sudoccidentale (Sulcis) fuori dal Rift principale e costituiscono la zona vulcanica sudoccidentale nella zoneografia proposta da Lecca et al. (1997).

Nell'insieme, il Rift sardo è colmato da imponenti successioni vulcaniche e sedimentarie costituite da rocce andesitiche, ignimbriti e sedimenti prevalentemente di ambiente marino. Le successioni del Sulcis, poste fuori dal Rift, appaiono piuttosto caratteristiche. Esse nella porzione terminale contengono, infatti, successioni peralcaline (comenditi) leggermente più recenti rispetto alle successioni del Rift principale; non si osservano inoltre sequenze marine post-vulcaniche ampiamente diffuse nella Sardegna meridionale (Campidano meridionale) e nord-occidentale (Logudoro-Meilogu).

Le successioni vulcaniche sono nell'insieme riferibili all'intervallo temporale 27-15 Ma sulla base di numerosi dati radiometrici K/Ar, Rb/Sr e Ar/Ar (Morra et al., 1994; Lecca et al., 1997 e riferimenti). Sulla base dei dati stratigrafici e tettonici, Lecca et al. (1997) successivamente Sau et al. (2005) distinguono due fasi di Rift (Fig. 2.2B). Un quadro stratigrafico moderno è anche fornito da Assorgia et al. (1997). Le coperture vulcaniche anorogeniche.

Le fasi di apertura del Tirreno contribuiscono alla riattivazione del Rift sardo e all'instaurarsi di un vulcanismo anorogenico. Dal punto di vista tettonico, tale riattivazione non è però omogenea.

La Sardegna meridionale e centrale è dominata da processi di subsidenza, che originano ad esempio il graben del Campidano, mentre quella settentrionale è caratterizzata da innalzamenti isostatici e basculamento dei principali blocchi tettonici, che innescano fasi erosionali. Il ciclo vulcanico anorogenico plio-pleistocenico è caratterizzato da talora estesi espandimenti di rocce prevalentemente basiche ad affinità alcalina, transizionale e subalcalina (Beccaluva et al., 1987).

Esse costituiscono gli altopiani di Abbasanta, Paulilatino ed altri minori espandimenti nel Meilogu e nella Sardegna meridionale (giare). Complessi centrali sono invece rappresentati dal Montiferru e dal M.te Arci ai bordi settentrionali della fossa campidanese.

La Sardegna è classicamente divisa in tre grossi complessi geologici, che affiorano distintamente in tutta la regione per estensioni circa equivalenti: il basamento metamorfico ercinico, il complesso magmatico tardo- paleozoico e le successioni vulcano-sedimentarie tardo-paleozoiche, mesozoiche e cenozoiche.

La formazione della Sardegna (superficie di 24.098 km<sup>2</sup>) è strettamente legata ai movimenti compressivi tra Africa ed Europa. Questi due blocchi continentali si sono ripetutamente avvicinati, scontrati e allontanati negli ultimi 400 milioni di anni.

L'isola rappresenta una microplacca continentale con uno spessore crostale variabile dai 25 ai 35 km ed una litosfera spessa circa 80 km. Essa è posta tra due bacini con una struttura crostale

di tipo oceanico (Bacino Ligure- Provenzale che cominciò ad aprirsi circa 30 Ma e Bacino Tirrenico) caratterizzati da uno spessore crostale inferiore ai 10 km.

L'attuale posizione del blocco sardo-corso è frutto di una serie di progressivi movimenti di deriva e rotazione connessi alla progressiva subduzione di crosta oceanica chiamata Oceano Tetide al di sotto dell' Europa.

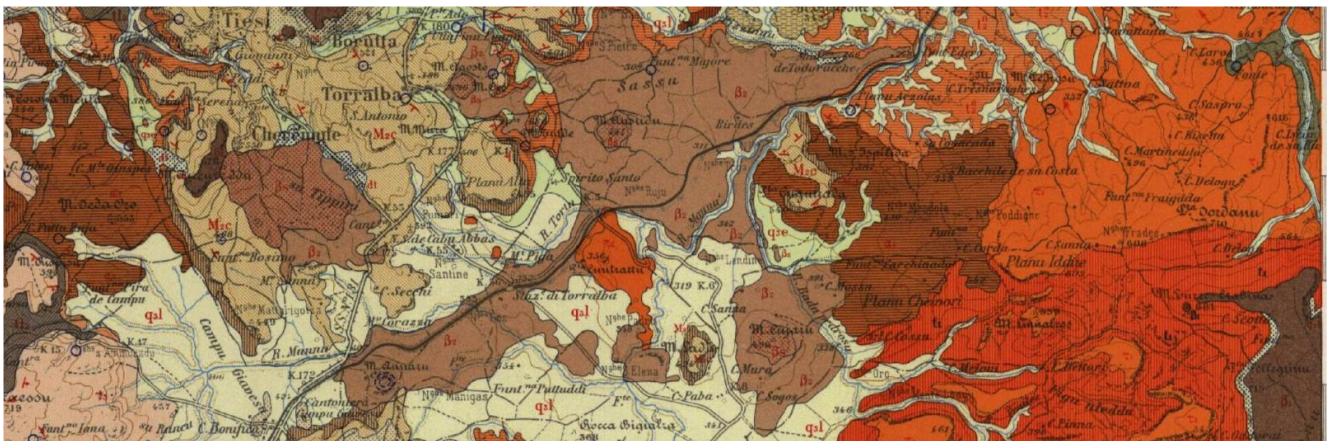
La storia collisionale Varisica ha prodotto tre differenti zone distinte dal punto di vista strutturale:

- “Zona a falde Esterne” a foreland “thrusts-and-folds” belt formata da rocce metasedimentarie con età variabile da Ediacarian superiore (550Ma) a Carbonifero inferiore (340Ma) che affiora nella zona sud occidentale dell’isola.

Il metamorfismo è di grado molto basso Anchimetamorfismo al limite con la diagenesi.

- “Zona a falde Interne” un settore della Sardegna centrale con vergenza sud ovest costituito da metamorfiti paleozoiche in facies scisti verdi di origine sedimentaria e da una suite vulcanica di età ordoviciano anch’essa metamorfosata in condizioni di basso grado

- “Zona Assiale” (Northern Sardinia and Southern Corsica) caratterizzata da rocce metamorfiche di medio e alto grado con migmatiti e grandi intrusioni granitiche tardo varisiche (320- 280Ma).



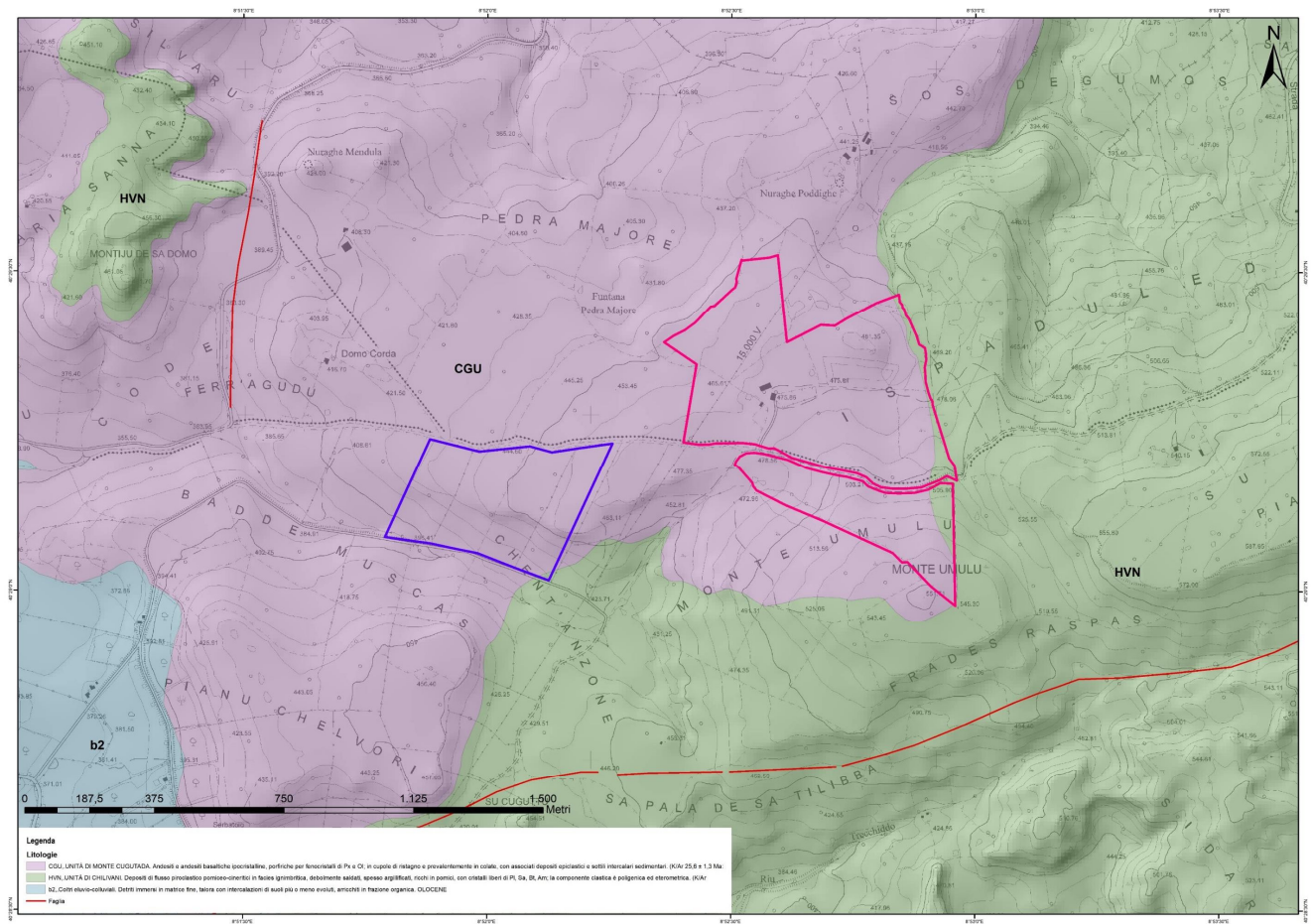
### 3.2 Inquadramento geologico locale

Nello specifico, le litologie interessate dal progetto sono le seguenti:

CGU, UNITÀ DI MONTE CUGUTADA.: Andesiti e andesiti basaltiche ipocristalline, porfiriche per fenocristalli di Px e Ol; in cupole di ristagno e prevalentemente in colate, con associati depositi epiclastici e sottili intercalari sedimentari.

Nella pagina successiva si può osservare una scheda relativa ad una perforazione eseguita in prossimità

dell’area interessata dal progetto e resa disponibile dall’Archivio Nazionale delle Indagini nel Sottosuolo - ISPRA (legge 464/84). La stratigrafia di tale perforazione riporta uno strato superficiale dello spessore di 28 metri, caratterizzato da una facies tufacea altamente alterata e argillificata, sotto la quale è presente un imponente substrato roccioso di vulcaniti.





### 3.2.1 Stratigrafia

Dalla relazione Geologica redatta dalla Dott.ssa Geol. Marta Camba ci troviamo sottosuoli appartenenti alla categoria B: " Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s."

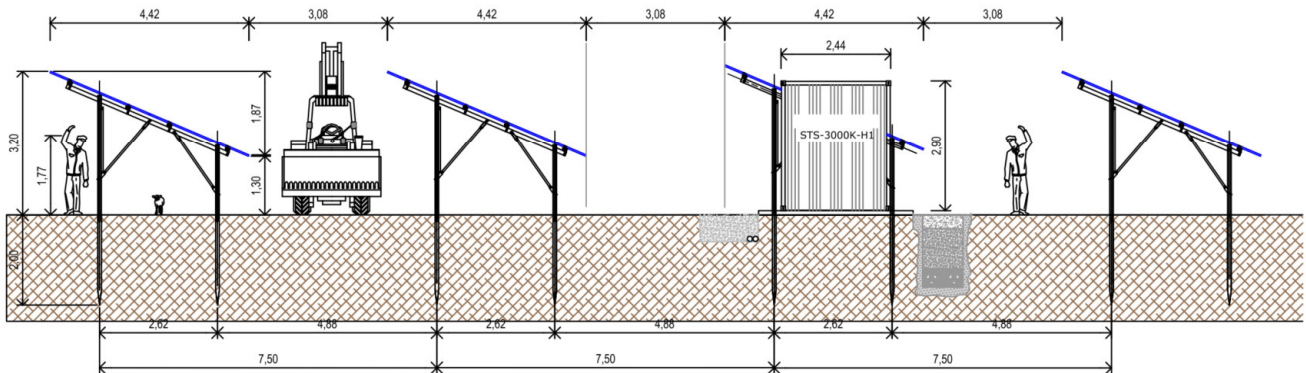
<b>BONORVA - MORES</b>	<b>Peso di volume</b>	<b>Angolo di Attrito</b>	<b>Resistenza a compressione</b>	<b>Coesione</b>
<b>Metri dal p.c</b>	<b>T/m<sup>3</sup></b>	<b>°</b>	<b>T/m<sup>2</sup></b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>
0.00-1.00	1,75 -1,9	39-33	850-3000	0
-1.00-5.00	2,1-2,3	32-36	2000-5100	0

## 4. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE

La realizzazione dell'impianto sarà eseguita mediante l'installazione di moduli fotovoltaici a terra installati su sistema fisso. Il fissaggio della struttura di sostegno dei moduli al terreno avverrà a mezzo di un sistema di fissaggio del tipo a infissione con battipalo nel terreno e quindi amovibile in maniera tale da non degradare, modificare o compromettere in qualunque modo il terreno utilizzato per l'installazione e facilitarne lo smantellamento o l'ammodernamento in periodi successivi senza l'effettuazione di opere di demolizione scavi o riporti. Il movimento dei moduli avviene durante l'arco della giornata con piccolissime variazioni di posizione che ad una prima osservazione darà l'impressione che l'impianto risulti fermo. Data la presenza di uno strato di roccia superficiale, sarà necessario realizzare preventivamente dei preforni trivellati dove andare a battere il palo di fondazione.

- 1) I pali in acciaio zincato, direttamente infissi nel terreno;
- 2) La struttura porta moduli, montata sulla testa dei pali, composta da profilati in alluminio, sulla quale vengono posate due file parallele di moduli fotovoltaici;

STRUTTURA FISSA:  
ANGOLO 23°

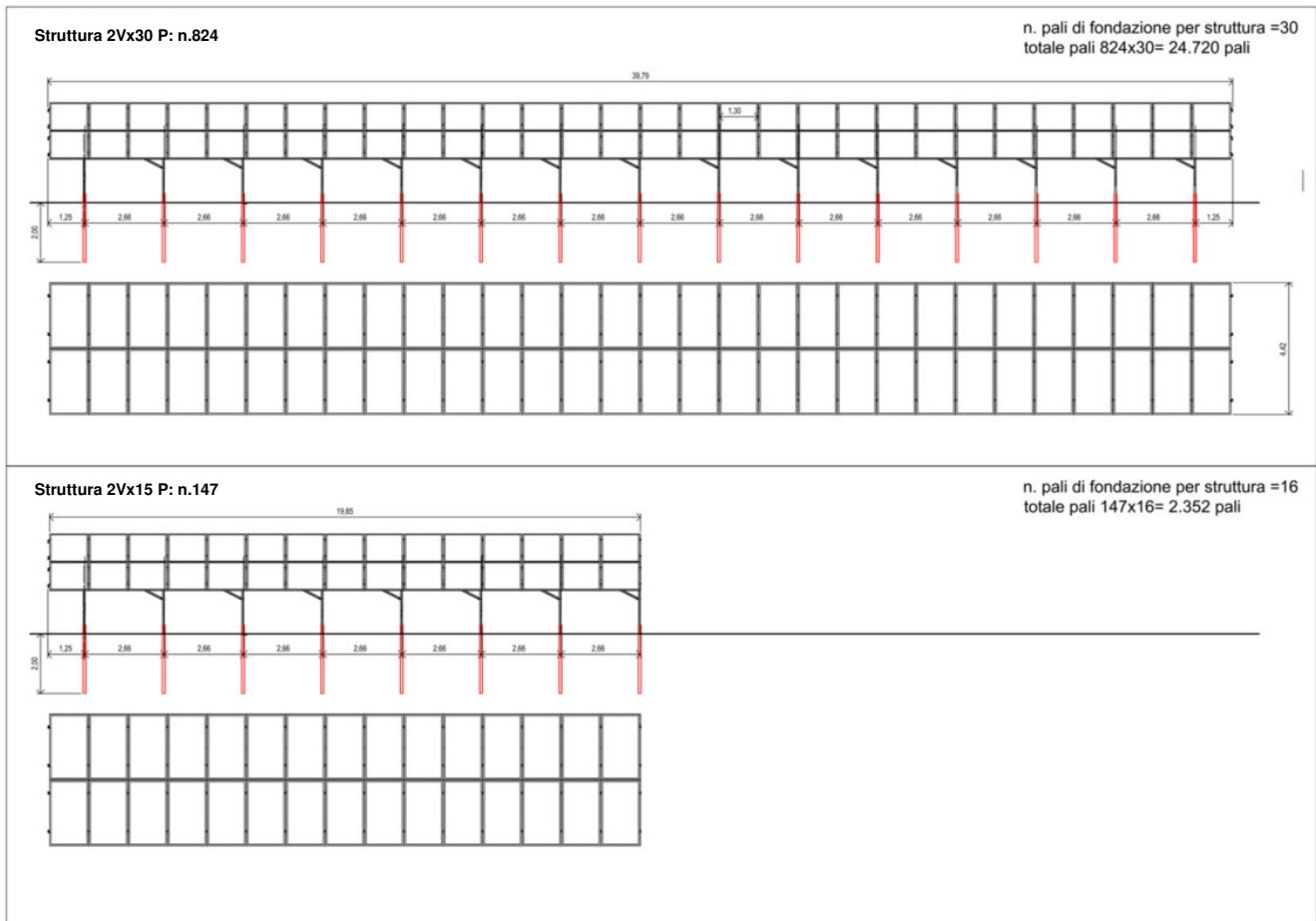


L'altezza dei pali di sostegno è stata fissata in modo tale che lo spazio libero tra il piano campagna ed i moduli, sia superiore a 1,3 m, per agevolare la fruizione del suolo per le attività agricole. Di conseguenza, l'altezza massima raggiunta dai moduli è di 3,20 m. La tipologia di struttura prescelta, considerata la distanza tra le strutture gli ingombri e l'altezza del montante principale si presta ad una perfetta integrazione impianto tra impianto fotovoltaico ed attività agricole.

## 5. CARATTERISTICHE PRINCIPALI

La struttura Assembly 2V30 è adatta alle condizioni geotecniche del sito specifico e alla quantità di spazio di installazione disponibile. La configurazione elettrica delle stringhe (30 moduli per stringa) verrà raggiunta utilizzando la seguente configurazione:

Struttura 2Vx30 e 2Vx15 moduli fotovoltaici in verticale per sfruttare al meglio l'area a disposizione.



Il sistema di supporto dei moduli fotovoltaici prevede, come opera di fondazione, sostegni verticali conficcati direttamente nel terreno ad una profondità di 2,00 metri ed interasse di 2,66metri.

Visti i risultati delle indagini geologiche che rilevano il banco roccioso a poca profondità (vedi relazione geologica allegata) provvederà ad effettuare dei fori a misura con il martello fondo-foro, ed il successivo reinterro del terreno frammentato estratto con l'inserimento del sostegno verticale con la macchina batti-palo. I pali infissi nel terreno saranno in acciaio galvanizzato a caldo. La struttura metallica di montaggio dei moduli fv sarà fissata alla fila di pali. L'intelaiatura, che comprenderà una trave maestra e altre trasversali, sarà in alluminio. Tale intelaiatura sarà fissata ai pali per mezzo di ganci ed asole.

Tutti i componenti di fissaggio saranno realizzati in acciaio puro.

I moduli fotovoltaici saranno fissati alla struttura di supporto attraverso delle grappe adatte, come richiesto dal manuale di installazione dei moduli.

## 6. INQUADRAMENTO NORMATIVO

- Legge 64/1974 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche". Indicazioni progettuali per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.
- Decreto Ministero Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 17 gennaio 2018"

## 7. CALCOLO DELLE AZIONI

Di seguito viene riportato il calcolo dell'azione da vento (azione dominante) gravante sull'impianto fotovoltaico e che dovrà essere sostenuta dalla struttura di fondazione.

Il singolo pannello relativo all'impianto fotovoltaico è di dimensioni pari a circa 1,303m x 2,384m.

Il carico generato dai moduli e dalla struttura di sostegno dell'impianto fotovoltaico è pari a:

$P_{\text{impianto}} = n \cdot \text{pannelli} \times P_{\text{pan+sostegno}} = 2 \times 30 \times 100 \text{kg} = 6000 \text{ kg}$  per 40 metri di lunghezza totali.

L'azione del vento di seguito riportata è stata considerata agente sui moduli con una inclinazione pari a 30°

### Calcolo pressione del vento

La pressione del vento, calcolata secondo il D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni", e Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 17 gennaio 2018" di seguito riportata in forma sintetica nella tabella seguente ed evidenziata dal riquadro rosso:

### LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Ubicazione:

Località	BONORVA
Provincia	SASSARI
Regione	SARDEGNA
Latitudine	40,41800 N
Longitudine	8,76800 E
Altitudine s.l.m.	508,0 m

### CALCOLO DELLE AZIONI DELLA NEVE E DEL VENTO

Normativa di riferimento:

D.M. 17 gennaio 2018 - NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Cap. 3 - AZIONI SULLE COSTRUZIONI - Par. 3.3 e 3.4

Circolare n.7 - 21 gennaio 2019 C.S.LL.PP.

### NEVE

Il carico della neve sulle coperture è calcolato in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale;

Esp.: zona topografica di esposizione al vento;

Ce: coefficiente di esposizione al vento;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

as: altitudine del sito;

qsk: valore caratteristico del carico della neve al suolo (per Tr = 50 anni);

Zona	Esposizione	Ce	TR	as	qsk
III	Zona normale	1,00	50 anni	508 m	107,89

Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda  $\alpha = 30,0^\circ$

$\mu_1 = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 86 \text{ daN/mq}$

### VENTO

La velocità del vento è calcolata in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale (NTC - Tab. 3.3.I);

Vb,0: velocità base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

- a0: altitudine base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);  
 ks: parametro in funzione della zona in cui sorge la costruzione (NTC - Tab. 3.3.I);  
 as: altitudine del sito;  
 TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;  
 Vb: velocità di riferimento calcolata come segue:  
 $V_b = V_{b,0}$  per  $a_s \leq a_0$   
 $V_b = V_{b,0} (1 + k_s ((a_s / a_0) - 1))$  per  $a_0 < a_s \leq 1500$  m  
 per  $a_s > 1500$  m vanno ricavati da opportuna documentazione o da indagini comprovate  
 Tali valori non dovranno essere minori di quelli previsti per  $a_s = 1500$  m  
 Cr: coefficiente di ritorno in funzione del periodo di ritorno TR  
 Vr: velocità di riferimento riferita al periodo di ritorno TR

Zona	Vb,0	a0	ks	as	TR	Vb	Cr	Vr
6	28 m/s	500 m	0,36	508 m	50 anni	28,16 m/s	1,000	28,16 m/s

Pressione cinetica di riferimento,  $q_r = \rho V_r^2 / 2 = 50$  daN/mq

dove:  $\rho$  è la densità dell'aria (assunta convenzionalmente costante = 1,25 kg/mc)

Esposizione: Cat. V - Entroterra fino a 500 m di altitudine

Da cui i parametri della tabella 3.3.II delle NTC

Kr	z0	z min
0,23	0,70 m	12 m

Classe di rugosità del terreno: A (NTC - Tab. 3.3.III)

Aree urbane con almeno il 15% della superficie coperta da edifici la cui altezza media superi 15 m

L'azione del vento sulle costruzioni è determinata dai seguenti parametri:

- Cp: coefficiente di pressione;  
 Cd: coefficiente dinamico;  
 Ct: coefficiente di topografia;  
 Ce: coefficiente di esposizione (funzione di z, z0 e Ct);  
 z: altezza sul suolo.

Cp	Cd	Ct	Ce	z
1,00	1,00	1,00	1,48	4,00 m

**Pressione del vento**

$$p = q_r C_e C_p C_d = 73 \text{ daN/mq}$$

## Calcolo azione del vento da applicare in Fondazione

La pressione del vento calcolata precedentemente ha portato alla determinazione delle sollecitazioni più gravose da applicare in fondazione,

Considerando l'area di influenza di un singolo palo pari a 3m di lunghezza, secondo le combinazioni di carico amplificate previste dal D.M. 17 Gennaio 2018, considerando l'azione del vento applicata ,nel caso di specie, ad una tettoia a falda singola secondo il paragrafo C3.3.8.2.1 della Circolare 21 gennaio 2019 n. 7:

<b>AZIONI CARATTERISTICHE (ESTRADOSSO FONDAZIONE)</b>		
<b>N [kg]</b>	<b>V [kg]</b>	<b>M [kgm]</b>
343,00	876,00	1752,00

## Verifica della Fondazione su micropali in acciaio

- Micropali con tubolare in acciaio con infissione a secco su preforo

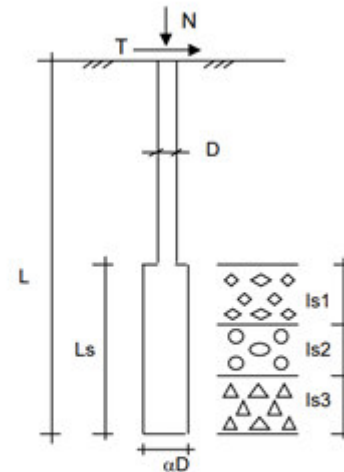
### CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO

**OPERA:** BONORVA-MORES

**DATI DI INPUT:**

**Sollecitazioni Agenti:**

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	6,00	0,00	6,00
T (kN)	26,00	0,00	26,00



coefficienti parziali	azioni		proprietà del terreno	
	permanenti $\gamma_g$	temporanee variabili $\gamma_q$	$\xi$	$\gamma_s$
Stato limite ultimo <input type="radio"/>	1,00	1,30	1,50	1,30
Tensioni ammissibili <input type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,00
definiti dall'utente <input checked="" type="radio"/>	1,00	1,50	1,00	1,30

**Caratteristiche del micropalo:**

Diametro di perforazione del micropalo (D): 0,18 (m)

Lunghezza del micropalo (L): 3,00 (m)

**Armatura:**

Diametro dell'armatura (Darm): 193,7 (mm)

Spessore dell'armatura (Sarm): 8,0 (mm)

Modulo di elasticità dell'acciaio costituente l'armatura (Earm): 210.000 (N/mm<sup>2</sup>)

Area dell'armatura (Aarm): 4667 (mm<sup>2</sup>)

Momento di inerzia della sezione di armatura (Jarm): 2,016E+07 (mm<sup>4</sup>)

Modulo di resistenza della sezione di armatura (Warm): 208.109 (mm<sup>3</sup>)

Tipo di acciaio

Tensione di snervamento dell'acciaio (fy): 275 (N/mm<sup>2</sup>)

Tensione ammissibile dell'acciaio ( $\sigma_{amm}$ ): 190 (N/mm<sup>2</sup>)

**Malta di iniezione:**

Res. compressione monoassiale malta di iniezione ( $\sigma_{malta}$ ): 0 (N/mm<sup>2</sup>)

**Coefficiente di Reazione Laterale:**

Coeff. di Winkler (k): 1,0 (MN/m<sup>3</sup>)



**CAPACITA' PORTANTE ESTERNA**

**Capacità portante di fusto**

$$Ql = \sum_i \pi \cdot D_{si} \cdot s_i \cdot l_{si}$$

Tipo di Terreno	Spessore (l <sub>si</sub> ) (m)	α (-)	D <sub>si</sub> = α · D (m)	s <sub>i</sub> caratt. (MPa)	s <sub>i</sub> calcolo (MPa)	Q <sub>si</sub> (kN)
Roccia	5,00	2,00	0,36	0,300	0,231	1304,97
	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,00

**L<sub>s</sub> = 5,00 (m)      Q<sub>l</sub> = 1304,97 (kN)**

**Capacità portante di punta**

$$Q_p = 0,15 \cdot Q_l$$

**Q<sub>p</sub> = 195,75 (kN)**

**CARICO LIMITE DEL MICROPALO**

**COEFFICIENTE DI SICUREZZA**

$$Q_{lim} = Q_b + Q_l$$

$$F_s = Q_{lim} / N \quad (F_s > 1)$$

**Q<sub>lim</sub> = 1500,71 (kN)**

**F<sub>s</sub> = 250,12**

**CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO**

Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam.(β) (β = k · D<sub>arm</sub>):

**0,19 (N/mm<sup>2</sup>)**

$$P_k = 2 \cdot (\beta \cdot E_{arm} \cdot J_{arm})^{0,5}$$

$$\eta = P_k / N \quad (\eta > 10)$$

**P<sub>k</sub> = 1810,92 (MN)**

**η = 301,82**

**VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI**

Momento massimo per carichi orizzontali (M):  
(Ipotesi di palo con testa impedita di ruotare)

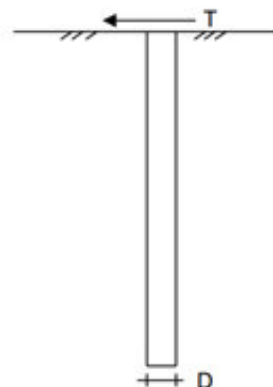
$$M = T / (2 \cdot b)$$

$$b = \sqrt[4]{\frac{k \cdot D}{4 \cdot E_{arm} \cdot I_{arm}}}$$

**b = 0,321 (1/m)**

Momento Massimo (M):

**M = 40,48 (kN m)**



**VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO**

Acciaio Fe 430

Tensioni nel singolo micropalo

$$\sigma = N/A_{arm} \pm M/W_{arm}$$

$$\tau = 2 \cdot T/A_{arm}$$

**σ<sub>max</sub> = 195,82 (N/mm<sup>2</sup>)**

**σ<sub>min</sub> = -193,25 (N/mm<sup>2</sup>)**

**τ = 11,14 (N/mm<sup>2</sup>)**

$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2)^{0,5}$$

**σ<sub>id</sub> = 196,77 (N/mm<sup>2</sup>)**