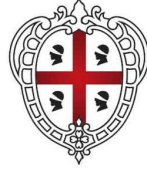


REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



Provincia del Sud Sardegna
COMUNE DI SILIQUA COMUNE DI VALLERMOSA



TITOLO
TITLE

VALUTAZIONI ED AUTORIZZAZIONI AMBIENTALI

PROGETTO DEFINITIVO

DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO DENOMINATO "NYX"
E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

PROGETTAZIONE
ENGINEERING

Sviluppatore:

ENERGETICA  AGROLUX s.r.l.

Gruppo di progettazione:

Studio Ing. Valeria Medici

COMMITTENTE
CLIENT

 NYX S.R.L.

 GREENCELLS
GROUP

OGGETTO
OBJECT

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

REL

RS08

DATA / DATE

MAGGIO 2024

AUTORE/CREATOR

E.D.B.

CONTROLLO/EDIT

V.M.

APPR

G.C.

REV

00



COMUNE DI SILIQUA

Regione Sardegna

**REALIZZAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO DA 37.764 KWP
(33.125 KW IN IMMISSIONE) CON INSEGUITORI
MONOASSIALI (TRACKER) - COMUNE DI SILIQUA (SU)**

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Integrazione specialistica: **Ing. Emanuele Daniele Bosco**

INDICE

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-URBANISTICO	3
DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	5
PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA.....	7
INQUADRAMENTO IDROLOGICO DELL'AREA.....	10
STATO ATTUALE – USO DEL SUOLO, CALCOLO DEL CN.....	14
STATO DI PROGETTO – USO DEL SUOLO, CALCOLO DEL CN.....	15
ALLEGATO A – TAVOLA PAI.....	16

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-URBANISTICO

L'area interessata dallo studio è situata all'esterno del Comune di Siliqua, più precisamente a NW dello stesso tessuto urbano. Morfologicamente trattasi di un territorio essenzialmente sub - pianeggiante, debolmente ondulato, la cui quota s.l.m.m. è variabile da un minimo di circa +92m/95m ad un massimo di circa +100m/110m, debolmente degradante verso sud in direzione della SS130.

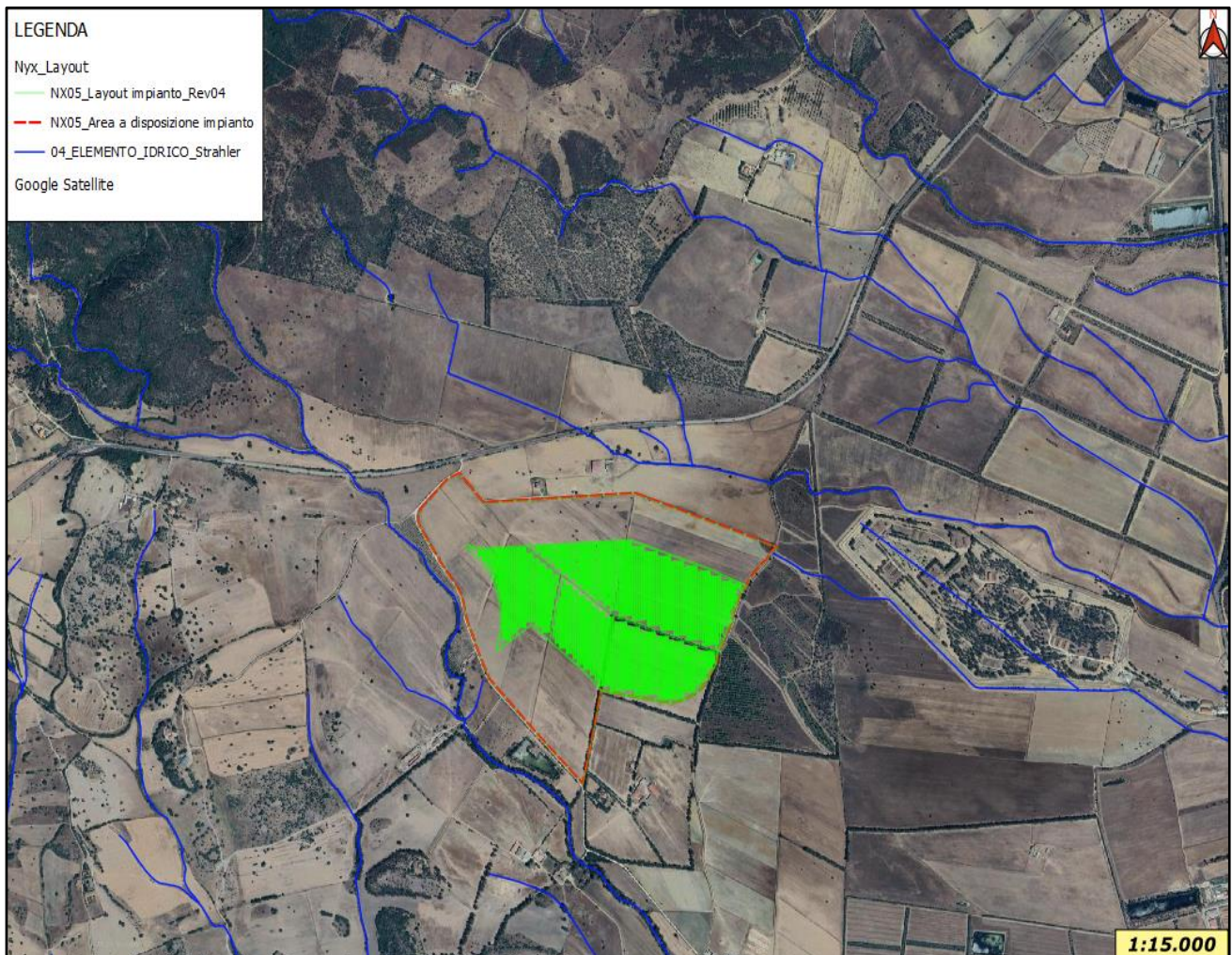
Corograficamente è inquadrabile nei seguenti Fogli Regionali:

- Foglio **I.G.M.** N. 556 – sez IV quadrante denominato "Vallermosa" alla scala 1:25.000;
- Foglio **C.T.R.** N. 556060 (Siliqua) alla scala 1:10.000.

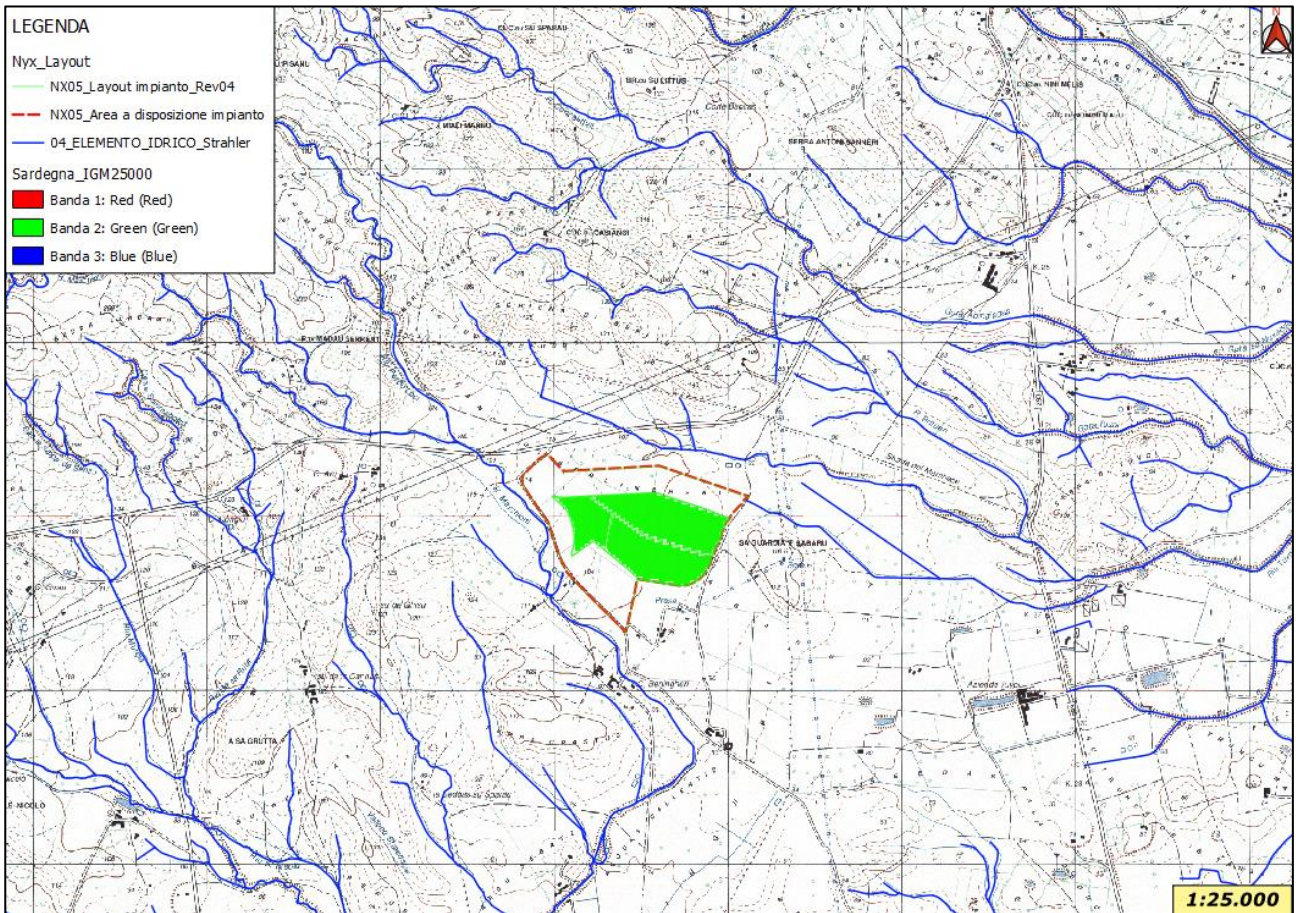
Coordinate Km Gauss-Boaga areale sensibile (Fuso 32)

- **X** = 1480467.6560 **E**
- **Y** = 4353711.3980.7 **N**

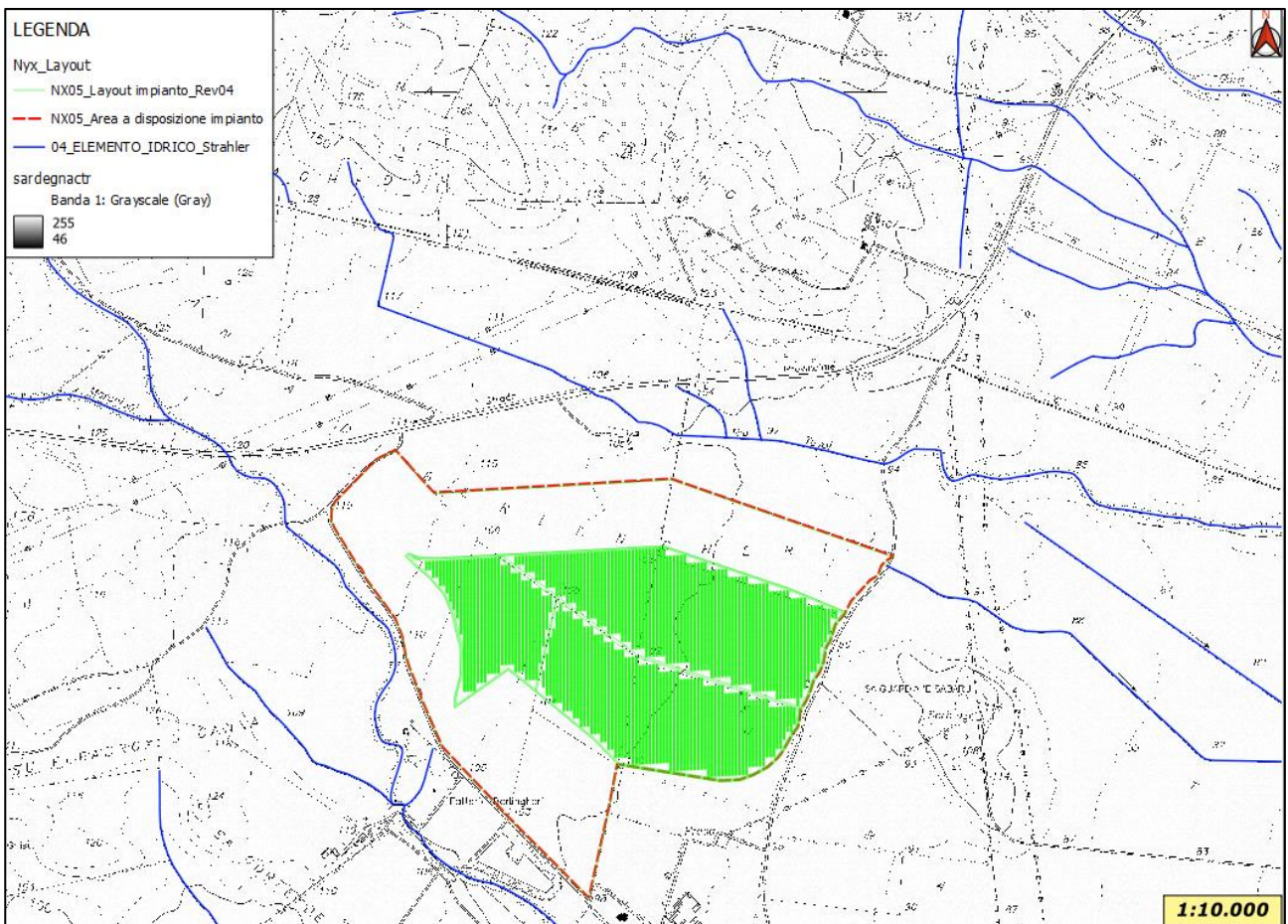
ORTOFOTO 20016



IGM



CTR



DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il progetto consiste in un impianto agrivoltaico avanzato sito nelle aree agricole dei comuni di Siliqua e di Vallermosa, Provincia del Sud Sardegna.

In riferimento ai parametri urbanistici di progetto, i lotti a disposizione della società proponente possiedono superficie catastale pari a circa 741.000 mq, mentre la superficie recintata dedicata alla protezione delle strutture fotovoltaiche avrà un'estensione pari a circa 350.000 mq. L'area nella quale insisterà l'impianto agrivoltaico in progetto è classificata come "E2 - Agricola principale".

La Committente intende realizzare nel territorio dei Comuni di Siliqua e Vallermosa (SU), Località Tanca di Berlingheri, un impianto agrivoltaico da 37.764 kWp (33.125 kW in immissione) con inseguitori monoassiali (tracker), comprensivo delle relative opere di connessione in MT alla RTN.

Le opere progettuali da realizzare, si possono così sintetizzare:

- Impianto agrivoltaico ad inseguimento monoassiale, della potenza complessiva installata di 37.764 kWp;
- Cavidotto interrato, in cavo 36 kV, per il collegamento dell'impianto allo stallo Utente, di lunghezza pari a circa 2,9 km, da realizzarsi nei comuni di Siliqua e Vallermosa;
- Nuovo stallo arrivo produttore a 36 kV che dovrà essere realizzato nella sezione a 150 kV della nuova Stazione Elettrica 220/150/36 kV della RTN di Vallermosa, di proprietà del gestore di rete.

L'impianto in progetto, del tipo ad inseguimento monoassiale (inseguitori di rollio), prevede l'installazione di strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (realizzate in materiale metallico), disposte in direzione Nord-Sud su file parallele ed opportunamente spaziate tra loro (interasse di 8,00 m), per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti. I moduli ruotano sull'asse da Est a Ovest, seguendo l'andamento giornaliero del sole. L'angolo massimo di rotazione dei moduli di progetto è di +/- 60°. L'altezza dell'asse di rotazione dal suolo è pari a 3,45 m.

L'impianto sarà costituito da:

- 56.364 moduli fotovoltaici di potenza unitaria paria a 670 Wp, installati su strutture di sostegno in acciaio di tipo mobile (inseguitori), con relativi motori elettrici per la movimentazione. Le strutture saranno ancorate al suolo tramite paletti in acciaio direttamente infissi nel terreno evitando qualsiasi struttura in calcestruzzo, riducendo sia i movimenti si terra (scavi e rinterri) che le opere di ripristino conseguenti. È previsto in particolare che siano installati 922 inseguitori che sostengono 56 moduli e 169 inseguitori che sostengono 28 moduli;
- 5 cabinati (Shelter) preassemblati in stabilimento dal fornitore e contenti il gruppo conversione/trasformazione da 3.125 kVA;
- 7 cabinati (Shelter) preassemblati in stabilimento dal fornitore e contenti il gruppo conversione/trasformazione da 2.500 kVA;
- Una Cabina di Raccolta (CdR FV) per la raccolta dell'energia prodotta dall'impianto;
- Tutta la rete BT, ovvero dei cavi BT in c.c. (cavi solari) e relativa quadristica elettrica (quadri

di parallelo stringhe), dei cavi BT in c.a. e relativa quadristica elettrica di comando, protezione e controllo;

- Il cavidotto interrato MT, per il trasferimento dell'energia prodotta dall'impianto agrivoltaico (raccolta nella CdS) verso la SE del Gestore di Rete.

Il progetto prevede la realizzazione dell'opera mediante la seguente sequenza di operazioni:

Pulizia del terreno e preparazione del piano di posa della strutture porta moduli e delle cabine;
Realizzazione delle recinzioni;

- Realizzazione scavi a sezione ristretta per la posa dei cavidotti e posa dei pozzetti di raccolta;

- Posa in opera delle strutture portanti (tracker) mediante infissione nel terreno dei pali di sostegno;

- Posa in opera dei basamenti delle cabine/shelter prefabbricati, relativi allacci alle reti tecnologiche;

- Montaggio e cablaggio moduli e degli shelter (gruppo inverter/trasformatori);

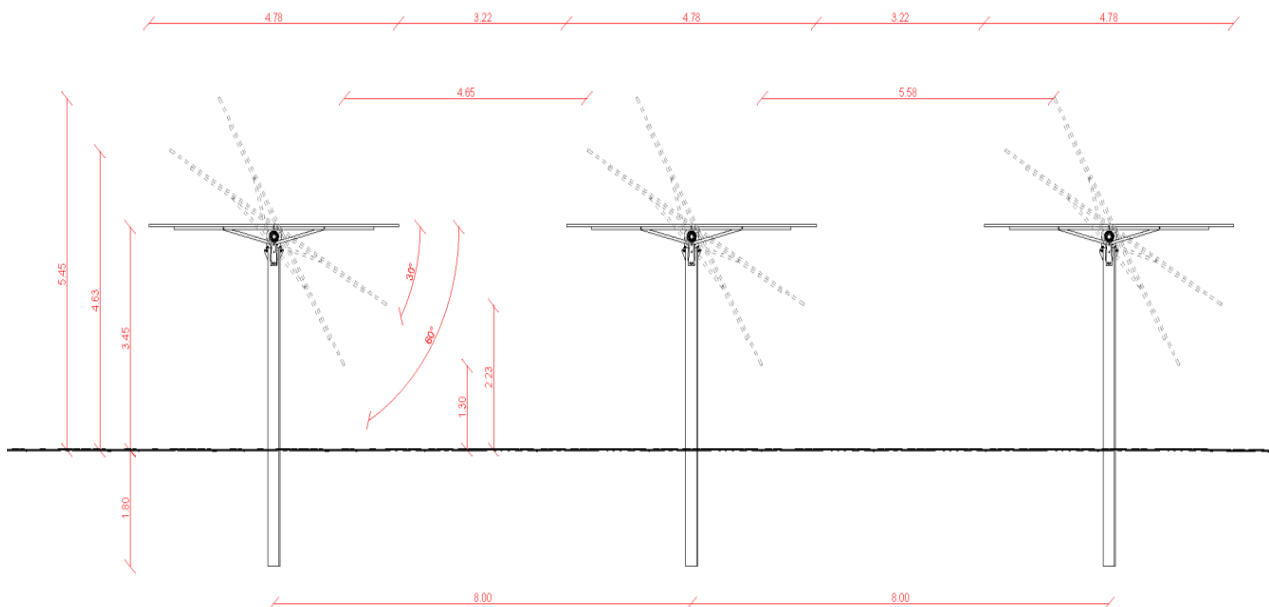
- Installazione dei quadri di campo;

- Allestimento delle cabine (cabina di raccolta MT) con posa dei quadri ausiliari, dei quadri BT e dei quadri MT

- Posa della linea di connessione alla rete RTN;

- Collaudi intermedi e finale.

Il materiale proveniente dagli scavi per la posa dei cavidotti sarà utilizzato per il dovuto rinterro.



Ciascun tracker si muove in maniera indipendente rispetto agli altri poiché ognuno è dotato di un proprio motore. La movimentazione dei tracker nell'impianto agrivoltaico è controllata da un software che include un algoritmo di backtracking per evitare ombre reciproche tra file adiacenti. Da un punto di vista strutturale il tracker è realizzato in acciaio da costruzione in conformità agli Eurocodici, con maggior parte dei componenti zincati a caldo.

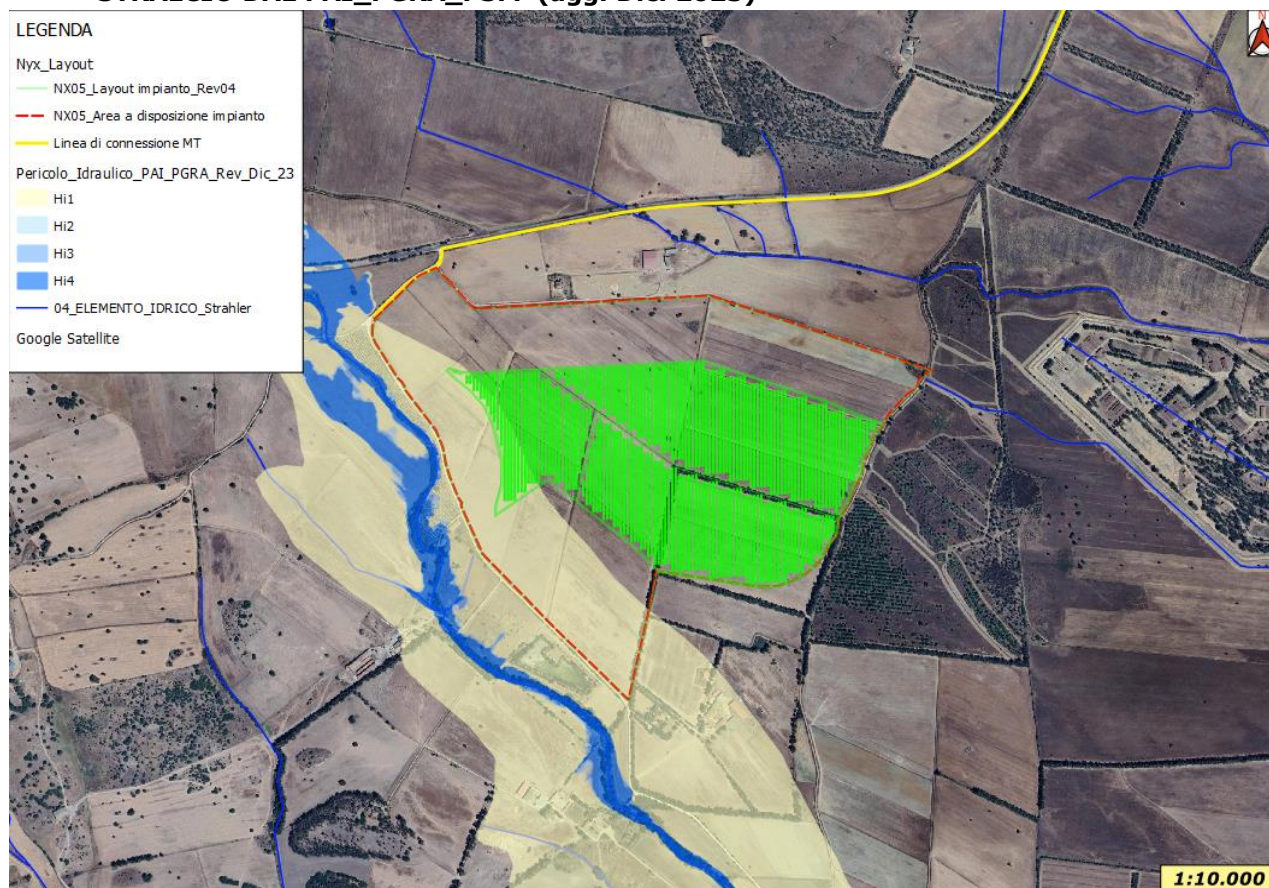
PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA

In riferimento al rischio idrogeologico la Regione Sardegna ha elaborato dei piani cui bisogna rapportarsi per qualsiasi opera e/o intervento da realizzarsi.

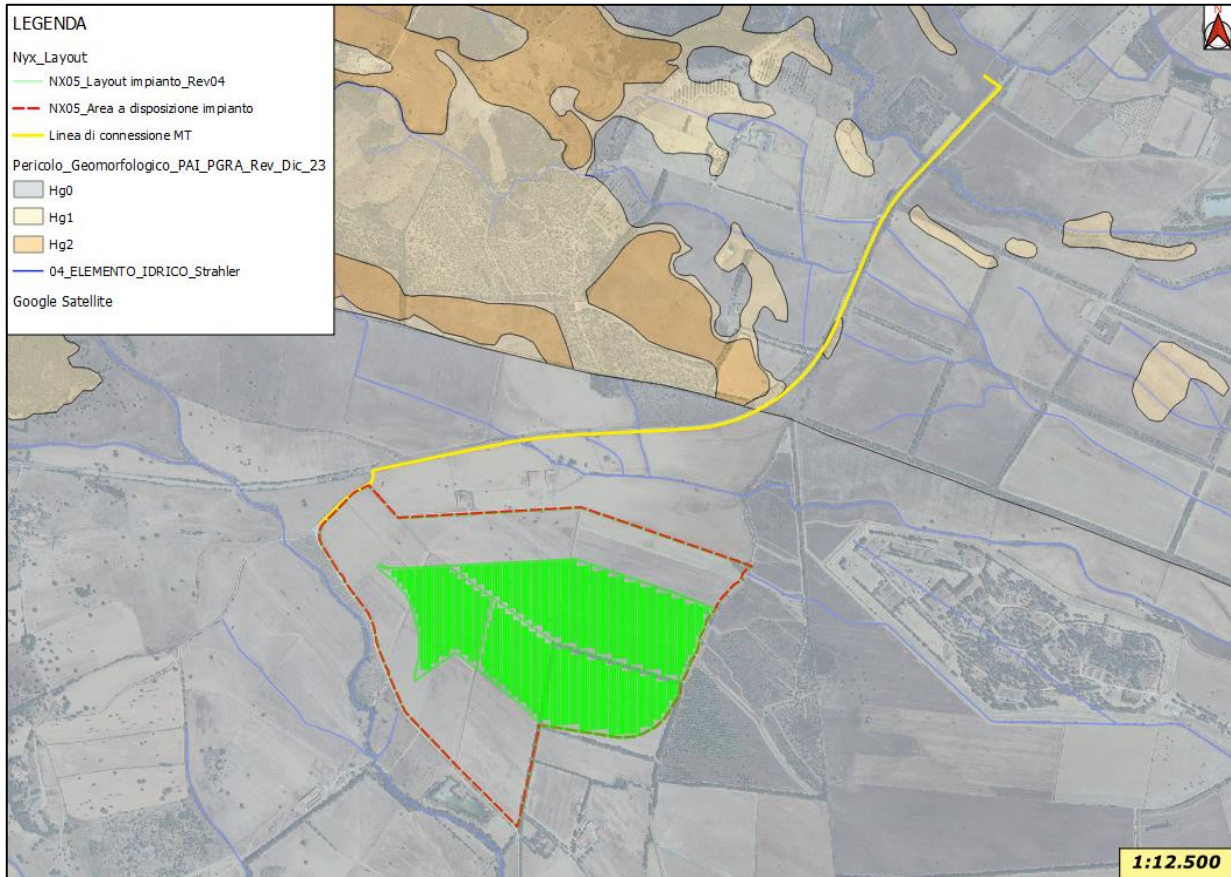
- Il *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)*, elaborato dalla Regione Sardegna ai sensi della L. 18.05.1989 n. 183 e dalla L. 03.08.1998 n. 267, approvato con D.P.G.R. n. 67 del 10.07.2006 e aggiornato con D.P.G.R. 148 del 26.10.2012, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.
- Il *Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)* approvato definitivamente dal Comitato istituzionale con Delibera n.2 del 17.12.2015, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali; costituisce un approfondimento ed una integrazione del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.)
- Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA)

Il Comune di Siliqua è ricompreso all'interno del bacino unico della Sardegna, sub-bacino n. 7 "Flumendosa-Campidano-Cixerri" così come individuato dal P.A.I. Sardegna e dal P.S.F.F. Sardegna. Nella fattispecie la zona in cui dovrà realizzarsi l'intervento ricade all'interno della fascia di prima salvaguardia stabilita dall'art 30 ter delle NTA del PAI, come meglio specificato nelle immagini che seguono.

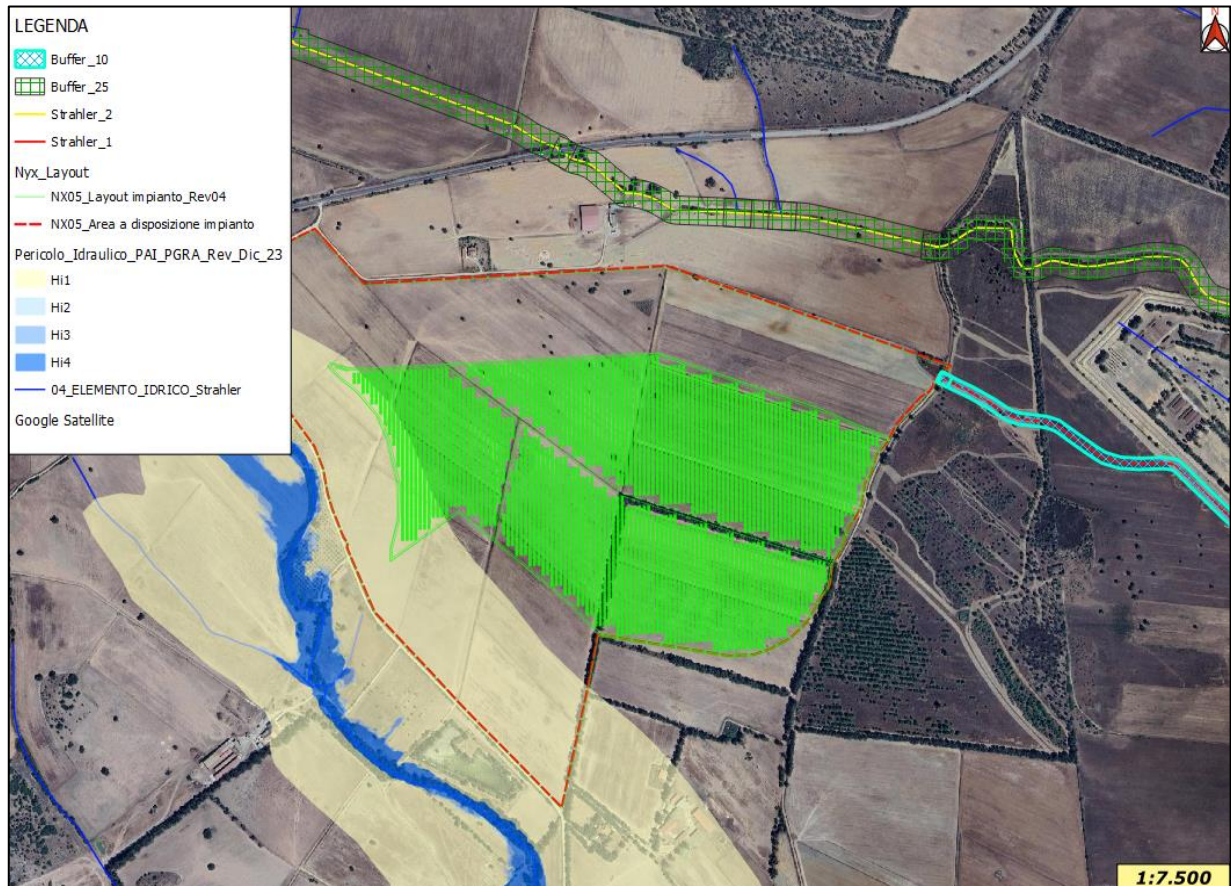
• STRALCIO DAL PAI_PGRA_PSFF (agg. Dic. 2023)



• STRALCIO DAL PAI_FRANA



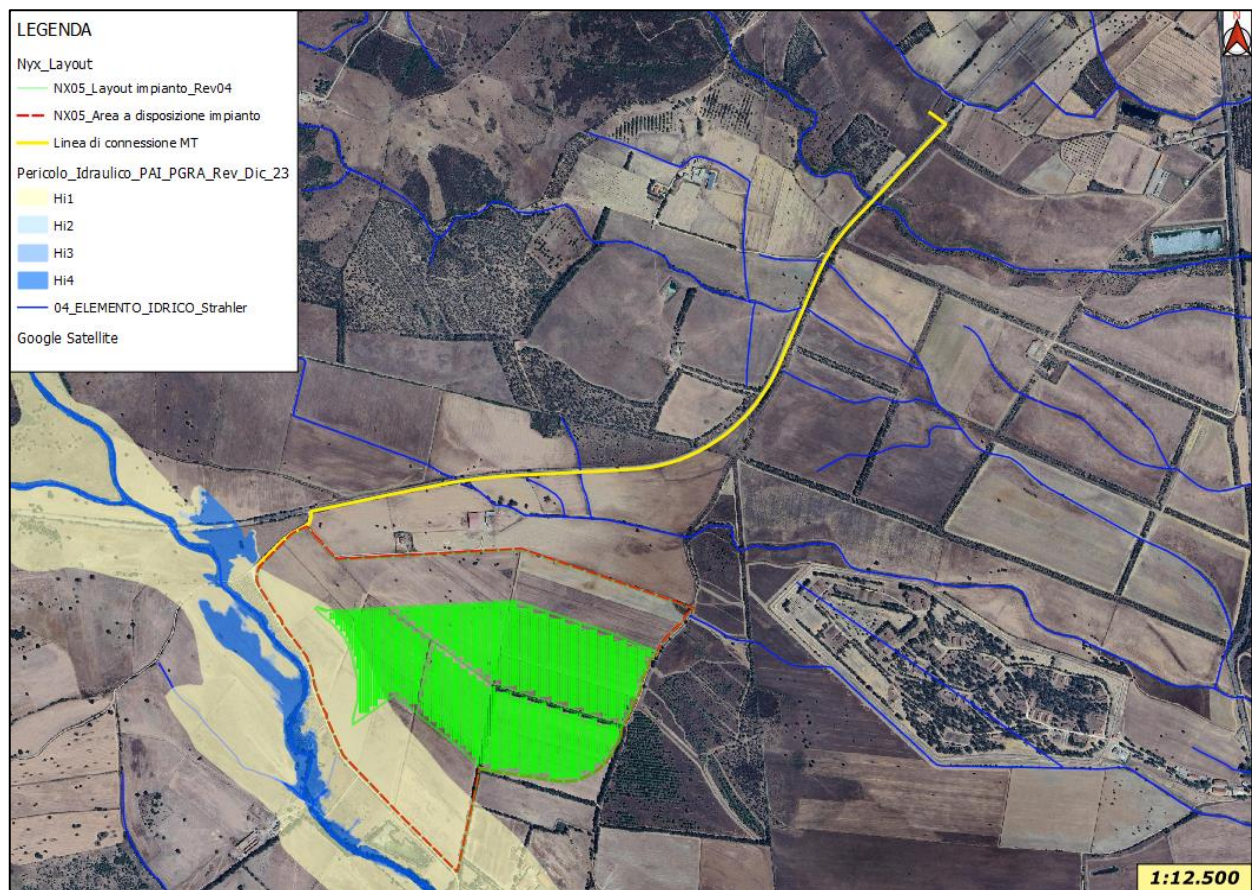
• Art.30 Ter NTA PAI Sardegna (n° Strahler 1 e 2) per le aste non studiate



L'area oggetto di intervento, oltre a non essere interessata da nessuna fascia di pericolosità idraulica, non ricade all'interno di alcuna fascia di rispetto definita

dall'art. 30ter delle NTA del PAI. Motivo per cui, il layout di progetto risulta compatibile e ammissibile con le NTA del PAI.

- **Art. 27 comma 3 lettera "h" delle NTA del PAI – Interferenze col il reticolo idrografico**



Attraversando il cavidotto degli elementi idrici, l'intervento è regolamentato dall'art.27 delle NTA del PAI.

Nello specifico, l'intervento risulta ammissibile ai sensi dell'art. 27 comma 3 lettera "h". Il paragrafo specifica alcune condizioni per le quali l'intervento risulta ammissibile. In un' apposita relazione tecnica, prodotta in aggiunta alla presente, verranno riportati tutti gli accorgimenti presi affinché l'opera sia compatibile con le prescrizioni previste per il caso in esame dalla norme del PAI.

INQUADRAMENTO IDROLOGICO DELL'AREA

L'altezza di pioggia critica viene calcolata a partire dalla curva di possibilità pluviometrica che esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione, τ , ad assegnata frequenza di accadimento o periodo di ritorno T_R .

Le curve di possibilità pluviometrica disponibili si possono esprimere secondo due differenti distribuzioni probabilistiche:

- distribuzione **Log-Normale** (Sardegna suddivisa in 4 sottozone omogenee)
- distribuzione **TCEV** (Sardegna suddivisa in 3 sottozone omogenee definizione della pioggia indice)

In entrambi i casi, la Sardegna è suddivisa in zone pluviometriche omogenee per le piogge di breve durata. Ciascuna zona, per distribuzione geografica, può rappresentare un distinto regime pluviometrico. Le curve sono state determinate per ciascun gruppo nella forma:

$$h = a \cdot \tau^n$$

dove h rappresenta l'altezza di precipitazione per una durata τ , mentre a ed n sono i coefficienti caratteristici di ogni gruppo omogeneo, funzione del tempo di ritorno e, nel caso della distribuzione TCEV, della pioggia indice.

Si descrive brevemente la procedura utilizzata per la determinazione delle curve segnalatrici di possibilità climatica valide nelle località esaminata, utilizzando i risultati in (Deidda e Piga, 1998) qui presentati in forma aggiornata. L'altezza di pioggia lorda $h_l(\tau)$ in mm di durata τ in ore e di assegnato tempo di ritorno T in anni è fornita dalla seguente relazione monomia:

$$h_l(\tau) = a\tau^n \quad (2)$$

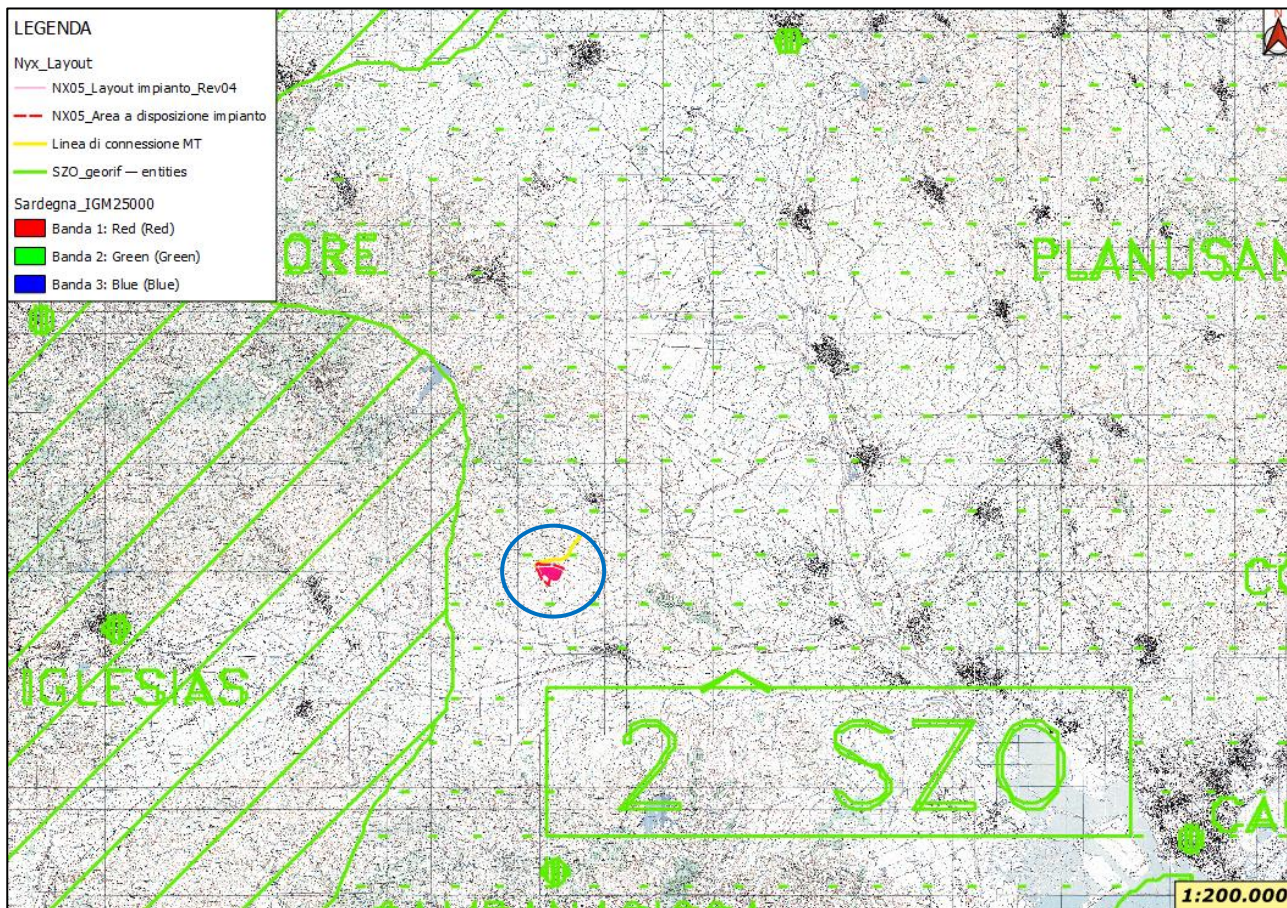
La pioggia indice, definita nella distribuzione TCEV ed elemento tipico della singola stazione pluviometrica, tiene conto dell'altezza di pioggia caduta in 1 ora e consente di rappresentare direttamente le caratteristiche degli eventi meteorici per il territorio in esame; pertanto è l'elemento che permette di scendere più in dettaglio rispetto alla semplice suddivisione in sottozone che caratterizza il metodo basato sulla distribuzione Log-Normale.

Anche in virtù di questo fatto come distribuzione probabilistica delle piogge si è adottata la **TCEV** (Two Component Extreme Value) parametrizzata secondo lo studio condotto da Deidda e Piga sulle curve di possibilità climatica in Sardegna a partire dall'analisi dei massimi annui delle piogge brevi e intense.

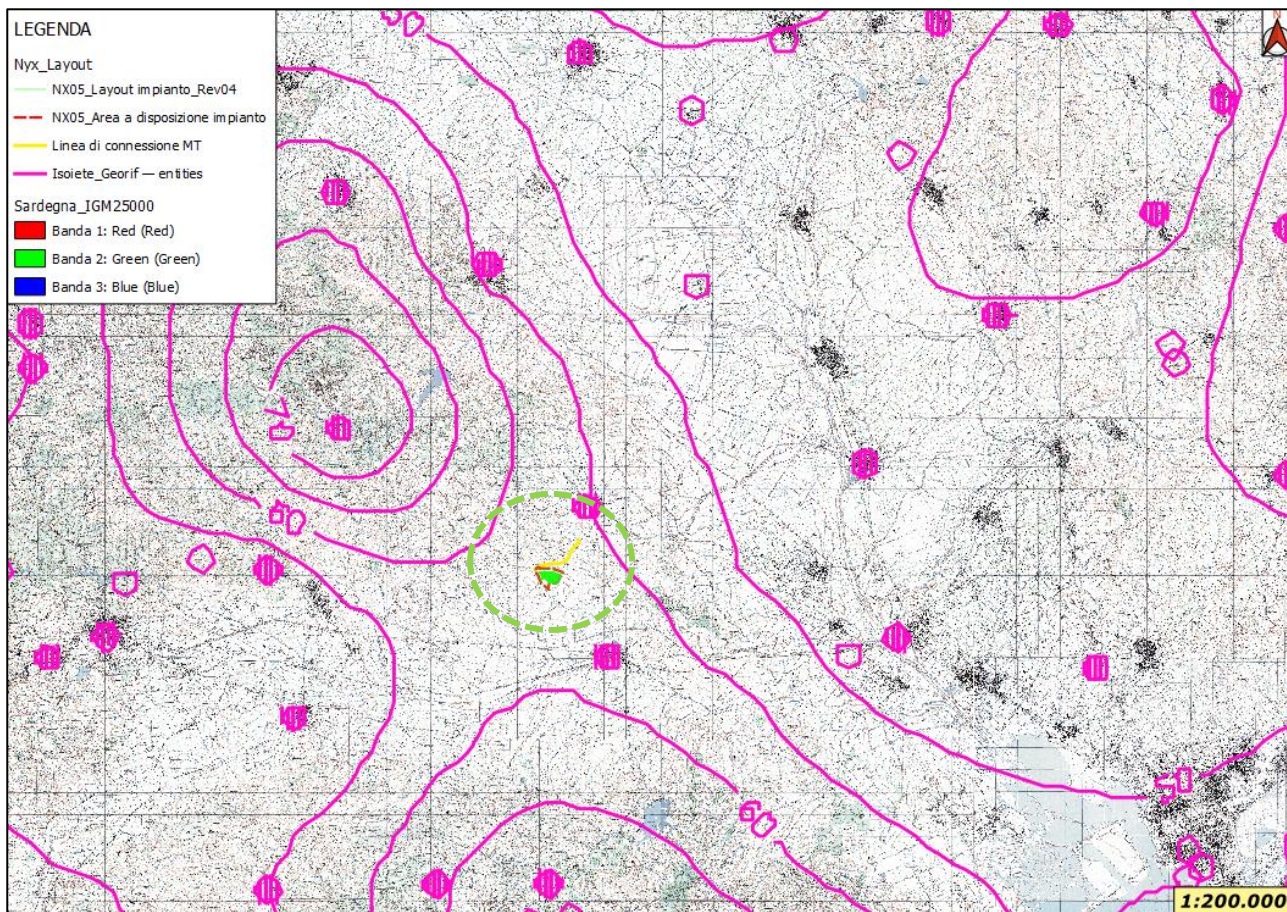
Di seguito si descrive il calcolo per un tempo di ritorno di T anni.

L'applicazione del metodo prevede il calcolo preliminare della pioggia indice giornaliera $\bar{h}(g)$ valutabile per interpolazione dalle isoiete della carta della relativa distribuzione spaziale.

SUDDIVISIONE IN SZO DELLA SARDEGNA - SZO 2



CARTA DELLE ISOIETE - REGIONE SARDEGNA- PIOGGIA INDICE 60 mm



Dalla pioggia indice giornaliera si ricava la **pioggia indice** o pioggia media di durata τ ,

$$\bar{h}(\tau) = \frac{\bar{h}_g}{0.886 * 24^{(-0.493+0.476 \text{Log}(\bar{h}_g))}} * \tau^{(-0.493+0.476 \text{Log}(\bar{h}_g))} \quad (2)$$

In questa relazione la pioggia indice va calcolata assumendo come durata quella critica

$$\Theta \equiv T_c + t_f$$

Il tempo di corrivazione è stato stimato, mentre per il tempo di formazione del deflusso superficiale si procede in modo iterativo con la formula suggerita nelle linee guida PAI:

$$t_f = \frac{I_a}{i(\Theta, r)}$$

Essendo

I_a l'assorbimento iniziale (vedi stima delle perdite SCS)
 $i(\Theta, r)$ l'intensità di pioggia ragguagliata di durata critica.

Definita la pioggia indice si definisce una variabile aleatoria normalizzata:

$$h'(\tau) = \frac{h(\tau)}{\bar{h}(\tau)} = a \tau^n \quad (2)$$

Dove a ed n sono i parametri della curva normalizzata definiti per le tre sotto zone omogenee della Sardegna (SZO) in funzione del tempo di ritorno per durate minori e maggiori di 1 ora e per tempi di ritorno maggiori o minori di 10 anni con le seguenti formule (per $T > 10$ anni):

SZO	Durata ≤ 1 ora	Durata > 1 ora
Sottozona 1	$a=0.46378+1.0386*\text{Log}(T)$	$a=0.46378+1.0386*\text{Log}(T)$
	$n=-0.18449+0.23032*\text{Log}(T)-3.3330*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=-1.0563*10^{-2}-7.9034*10^{-3} \text{Log}(T)$
Sottozona 2	$a=0.44182+1.0817*\text{Log}(T)$	$a=0.44182+1.0817*\text{Log}(T)$
	$n=-0.18676+0.24310*\text{Log}(T)-3.5453*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=-5.6593*10^{-3}-4.0872*10^{-3} \text{Log}(T)$
Sottozona 3	$a=0.41273+1.1370*\text{Log}(T)$	$a=0.40926+1.1441*\text{Log}(T)$
	$n=-0.19055+0.25937*\text{Log}(T)-3.8160*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=1.5878*10^{-2}+7.6250*10^{-3} \text{Log}(T)$

Tabella 1 Parametri della curva normalizzata

Poiché i bacini ricadono interamente in **sottozona 2**, in funzione della durata critica e del tempo di ritorno (maggiori di 10 anni) si possono calcolare i valori di a ed n .

Assumendo T si determinano a ed n e sostituendo nella (2) si determina il valore della variabile aleatoria normalizzata posto $\tau \equiv \Theta$

$$h'(\tau) = a \tau^n$$

Utilizzando la relazione (2) si perviene infine a determinare l'altezza di pioggia critica relativa ad un dato T :

$$h(\Theta) = h'(\Theta) \bar{h}(\Theta)$$

Quella determinata è la pioggia **lorda** critica h con tempo di ritorno T anni, ma per stimare la portata con la formula 1 occorre la cosiddetta pioggia netta h_{netta} valutata con la formula:

$$h_{netta} = \Phi h = \frac{(h - I)^2}{(h + S - I)}$$

dove:

S (in mm) è l'assorbimento del bacino, espresso dalla relazione

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

CN Curve Number

I_a è l'assorbimento iniziale legato ad S dalla relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S$$

Nel caso in questione, considerato l'uso del suolo e il tipo di suolo e ponendoci nelle condizioni più critiche di AMCIII si determina il CN quindi S, I e $h_{netta} = \Phi h$.

$$\Phi = \frac{h_{netta}}{h}$$

Il coefficiente di deflusso ϕ è il parametro che determina la trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi. Esso è determinato, come il rapporto tra il volume defluito attraverso un'assegnata sezione in un definito intervallo di tempo e il volume meteorico totale precipitato nell'intervallo stesso. Il coefficiente di deflusso è valutato considerando le caratteristiche di permeabilità, e quindi, di utilizzo, delle diverse superfici presenti nell'intero bacino scolante.

Si calcola un coefficiente di ragguglio r per $\tau = \Theta$ con la relazione valida per $A < 20 \text{ km}^2$

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354}) \tau^{(-0.40 + 0.0208 \ln(4.6 - \ln(A)))}$$

Introducendo ϕ , **h**, **r**, **A** e Θ nella (1) si ha infine la determinazione della portata Q relativa a quel tempo di ritorno.

Inoltre, dalla carta delle isoiete elaborate della regione Sardegna, risulta che l'area studiata è caratterizzata da un valore di pioggia indice pari a **60 mm**

VALUTAZIONE DEL PARAMETRO CURVE NUMBER

I valori del parametro Curve Number (CN), compreso tra 0 e 100, valutano la capacità di assorbimento dei suoli in funzione delle caratteristiche dell'uso del suolo, la litologia e la permeabilità. Seguendo le procedure proposte dalla RAS, in primis, sulla base dei dati dell'uso del suolo (RAS - Carta Corine) si sono attribuiti i valori del CN(I) alle diverse tipologie di suolo ricadenti nel bacino, in seguito corretti in funzione delle caratteristiche geologiche (Δ CN), ed eseguendo una media pesata rispetto all'area dei diversi valori considerati si ottiene il CN(II); in ultimo, applicando la specifica relazione:

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43 + 0.0057CN(II)}$$

si è ottenuto il parametro CN corretto.

Lo studio proposto dalla RAS, ha analizzato le diverse classi in considerazione degli aspetti geologici preminenti e delle caratteristiche di permeabilità, cui sono stati attribuiti i coefficienti di variazione (Δ CN) corrispondenti ad ogni tipo litologico.

I coefficienti di variazione del Curve Number sono assunti nell'intervallo di valori (- 5, +15): un coefficiente di variazione pari a - 5 è tipico dei terreni incoerenti ad elevata capacità di infiltrazione, mentre un valore +15 è proprio di rocce con strutture cristalline compatte e poco permeabili.

STATO ATTUALE – USO DEL SUOLO, CALCOLO DEL CN

Preliminarmente alla valutazione degli aspetti idrologici e idraulici, è necessaria la caratterizzazione geo-pedologica dell'area mediante uno studio di dettaglio realizzato nell'ambito della progettazione dell'intervento di trasformazione territoriale per il quale, alcune informazioni di base sono deducibili dai tematismi resi disponibili, quali carta geologica, carta dell'uso del suolo, carta Corinne Land Cover ecc.

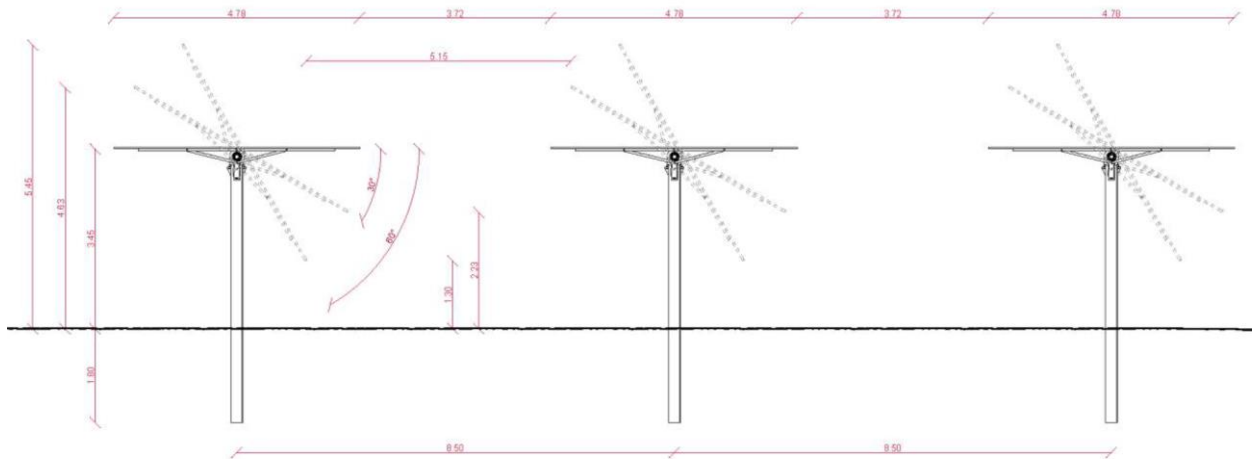
Dalla mappa dell'uso del suolo della Regione Sardegna (Corine Land Cover R.A.S. -2008), è stata ricavata, la seguente classe di uso del suolo (UDS):



Applicando quindi le formulazioni prima descritte, si ottiene per la superficie oggetto di studio, un valore del CN III pari a **79.8**.

STATO DI PROGETTO – USO DEL SUOLO, CALCOLO DEL CN

Come già detto, il progetto prevede 56.364 moduli fotovoltaici di potenza unitaria paria a 670 Wp, installati su strutture di sostegno in acciaio di tipo mobile (inseguitori), con relativi motori elettrici per la movimentazione. Le strutture saranno ancorate al suolo tramite paletti in acciaio direttamente infissi nel terreno evitando qualsiasi struttura in calcestruzzo, riducendo sia i movimenti di terra (scavi e rinterri) che le opere di ripristino conseguenti. È previsto in particolare che siano installati 922 inseguitori che sostengono 56 moduli e 169 inseguitori che sostengono 28 moduli.



Le acque meteoriche, nell'area oggetto di intervento, non necessitano ad oggi di regimazione di particolare importanza. Tale situazione, è giustificata dal fatto che la naturale permeabilità dei terreni superficiali fa sì che l'acqua, nei primi spessori, venga assorbita da questi e naturalmente eliminata attraverso percolazione ed evapotraspirazione. Questa condizione resterà sostanzialmente invariata durante la fase di realizzazione e funzionamento dell'impianto, in quanto l'acqua piovana scorrerà lungo i pannelli per poi ricadere sul terreno alla base di questi.

Quindi, risulterà del tutto trascurabile l'incremento di impermeabilizzazione del suolo dovuta alla presenza dei pannelli.

ALLEGATO A – TAVOLA PAI

