



REGIONE  
SICILIA



COMUNE DI  
LICATA



LIBERO CONSORZIO  
COMUNALE DI  
AGRIGENTO

Proponente

# DREN SOLARE 13 S.R.L.

Sede legale: Via Triboldi Pietro, 4 - 26015 Soresina (CR)

SISTEMA ENERGIA **REGRAN**

REGRAN S.R.L.

Sede legale: Via M. Scelba n°4 - 97100 Ragusa (RG)

Tel. 0932 641497  
E-mail: info@regran.it  
Pec: info@pec.regran.it  
P.IVA: 01359480884

COLLABORATORI:

Ing. Giovanni Cassarino  
Ing. Juan Baglieri  
Dott. Ing. Salvatore Falla

Dott.Arch. Mirko Pasqualino Re  
Dott.Arch. Gaetano Di Quattro  
Geom. Marco Savasta  
Geom. Francesca Dinatale

Progettazione e sviluppo

IL PROGETTISTA

IL PROGETTISTA

COLLABORAZIONE



Ing. Marco Anfuso

Firma digitale  
Ing. Anfuso



Ing. Paolo Grande

Firma digitale  
Ing. Grande

Firma digitale  
tecnico (solo per  
relazioni ed elaborati  
specialistici)



## PROGETTO "AGV LICATA"

Opera

Progetto di un impianto agro-voltaico denominato "AGV LICATA" di potenza complessiva pari a 39,633 MW e potenza richiesta in immissione pari a 39.6 MW, da installarsi nel Comune di Licata (AG) in C.da Sconfitta, C.da Camastrella e C.da Giovine

Oggetto

Nome Elaborato:  
VIA2\_REL17\_Lavaggio Moduli FV

Formato:  
210 x 297

Descrizione Elaborato:  
Relazione lavaggio moduli

00  
Rev.

04/12/2023  
Data

Emissione per progetto definitivo  
Oggetto della revisione

Regran  
Elaborazione

DREN SOLARE 13 SRL  
Verifica e Approvazione

**COMUNE DI LICATA**  
**PROVINCIA DI AGRIGENTO**

**OGGETTO:**

**PROGETTO DI UN IMPIANTO SOLARE AGRO-FOTOVOLTAICO DENOMINATO “AGV LICATA” DI POTENZA DI PICCO DEL GENERATORE PARI A 39.633,16 kWp [DC] E POTENZA NOMINALE PARI A 39.600 KW [AC], DA INSTALLARSI SU INSEGUITORI SOLARI PRESSO LOTTO DI TERRENI SITO IN C.DA GIOVANE - CAMASTRELLA - SCONFITTA NEL COMUNE DI LICATA (AG).**

**LAVAGGIO MODULI FOTOVOLTAICI**

**Ditta:** “DREN SOLARE 13 SRL”

PARTITA IVA: 01785270198

VIA TRIBOLDI PIETRO 4

CAP 26015 – SORESINA (CR)

# Sommario

<b>1. PREMESSE</b> .....	3
2. INTRODUZIONE.....	4
3. BREVE DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FV IN OGGETTO.....	4
4. PROBLEMATICA DEL "SOILING" NEGLI IMPIANTI FV .....	10
3.1 Soiling: le cause.....	10
3.2 Soiling: possibili conseguenze.....	11
3.3 Tecniche di pulizia.....	13
4 PULIZIA DEI MODULI PER L'IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN OGGETTO .....	16
4.1 Sistema di lavaggio previsto per l'impianto FV in oggetto .....	16
4.2 Stima consumi idrici e approvvigionamento, in fase di cantiere .....	16
4.3 Stima consumi idrici in fase di esercizio dell'impianto fotovoltaico .....	17

## 1. PREMESSE

La Società "DREN SOLARE 13 SRL" rappresentata dal Sig. Bondi Andrea Paolo in qualità di Amministratore Unico, domiciliato per la carica presso la sede legale sita in via Triboldi Pietro 4, CAP 26015 – SORESINA (CR), P.IVA 01785270198, intende realizzare un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica, da allocare sul terreno sito in C.da Giovane - Camastrella - Sconfitta nel Comune di Licata, in Provincia di Agrigento.

In relazione a quanto sopra, la RE.GR.AN. S.r.l., con sede in Ragusa, via Mario Scelba n°4, P.IVA 01359480884, ha svolto la progettazione dell'impianto solare fotovoltaico in questione, compresi gli adempimenti tecnico-amministrativi necessari alla sua realizzazione.

L'impianto in progetto consiste nella realizzazione di un impianto fotovoltaico connesso alla Rete e-distribuzione per la cessione di energia elettrica, di potenza di picco del generatore (moduli) pari a 39.633,16 kWp [DC] e potenza in immissione ai fini della connessione pari a 39600 kW [AC], i cui moduli fotovoltaici saranno posti su strutture di sostegno in parte fisse ed in parte ad inseguitore monoassiale, montati su pali infissi nel terreno; l'impianto appartiene, quindi, alla tipologia definita "retrofit" all'art. 2, comma 6, lettera c, del Decreto A.R.T.A. n°173 del 17/05/2006, in quanto è installato su strutture facilmente rimovibili, ricadente nella fattispecie in zone destinate in gran parte a seminativo, che non necessitano di fondazioni e che non modificano in maniera permanente l'assetto morfologico, geologico ed idrogeologico del sito d'installazione.

Ai fini autorizzativi il proponente ha optato per l'attivazione della procedura di VIA Nazionale ai sensi dell'art.23 del D.Lgs. N.152/2006 ai fini della compatibilità Paesaggistico/Ambientale, presso il MASE (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica). Successivamente si procederà alla presentazione dell'Autorizzazione Unica ai sensi dell'ex art.12 del D.Lgs. N.387/2003, presso la Regione Sicilia – Dipartimento dell'Energia, Servizio 3 - Autorizzazioni Infrastrutture e Impianti Energetici. La progettazione dell'impianto e delle opere connesse alla costruzione ed all'esercizio, è stata condotta rispettando le prescrizioni rilasciate nel nuovo Piano Energetico Ambientale Regionale Siciliano (P.E.A.R.S.), prevedendo in particolare l'attuazione di misure di mitigazione ambientale, consistenti in parte nella realizzazione di una fascia perimetrale a verde della larghezza di ml 10, costituita da specie arboree autoctone e/o storicizzate poste a schermatura dell'impianto (Vedi VIA2\_TAV30\_Planimetria delle opere di mitigazione e VIA2\_REL26\_Relazione di mitigazione).

## 2. INTRODUZIONE

Lo scopo della presente relazione, che costituisce parte integrante della documentazione progettuale relativa alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico denominato "AGV LICATA", è quello di trattare la tematica del lavaggio dei moduli fotovoltaici.

In particolare, l'attenzione verterà sulla problematica legata ai depositi di sporcizia sui moduli fotovoltaici "soiling", sulle sue principali cause e conseguenze, nonché sulle soluzioni disponibili sul mercato ai fini della mitigazione della stessa. Infine, sarà descritta la tecnica adottata per il progetto in esame.

## 3. BREVE DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FV IN OGGETTO

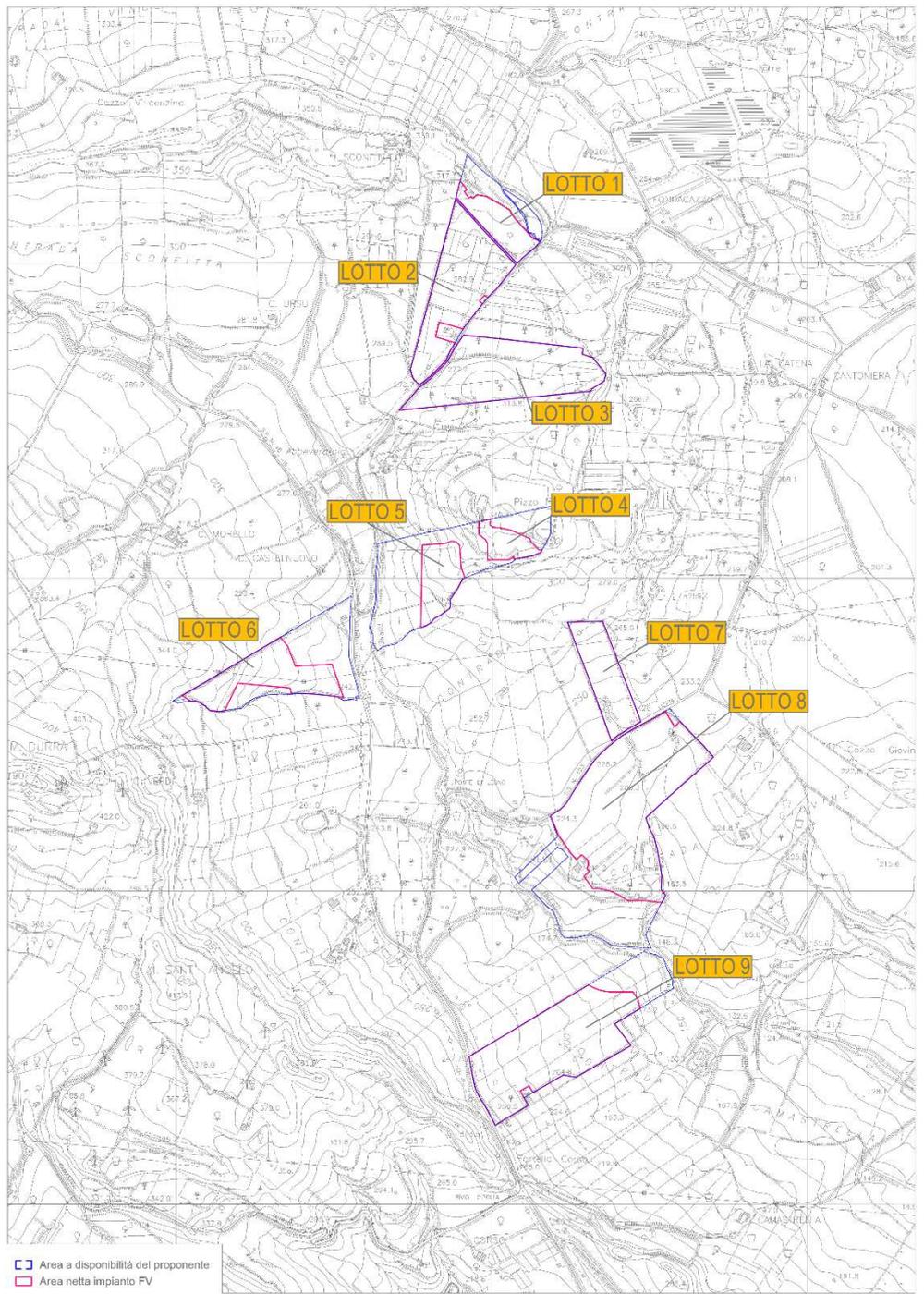
L'area in studio è localizzata nella parte orientale della Sicilia, in particolare l'impianto ricade nel terreno agricolo ubicato in C.da Giovane - Camastrella - Sconfitta nel territorio comunale di Licata (AG), individuati catastalmente nel N.C.T. del Comune di Licata (AG) come riportato di seguito (fig.2.3):

- Foglio di Mappa n° 5, particella n° 220;
- Foglio di Mappa n° 16, particella n° 5, 8, 9, 12, 13, 14, 74, 75, 76, 79, 80, 139, 165, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 174, 176, 177, 186, 188, 189, 190, 191, 192, 194, 332, 333, 400, 401, 402, 413, 415, 442, 443, 477;
- Foglio di Mappa n°6, particelle n° 16, 19, 58, 59, 109, 111, 113, 235, 237;
- Foglio di Mappa n°7, particelle n° 18, 19, 26, 44, 46, 51, 53, 104, 106, 143, 237, 373;

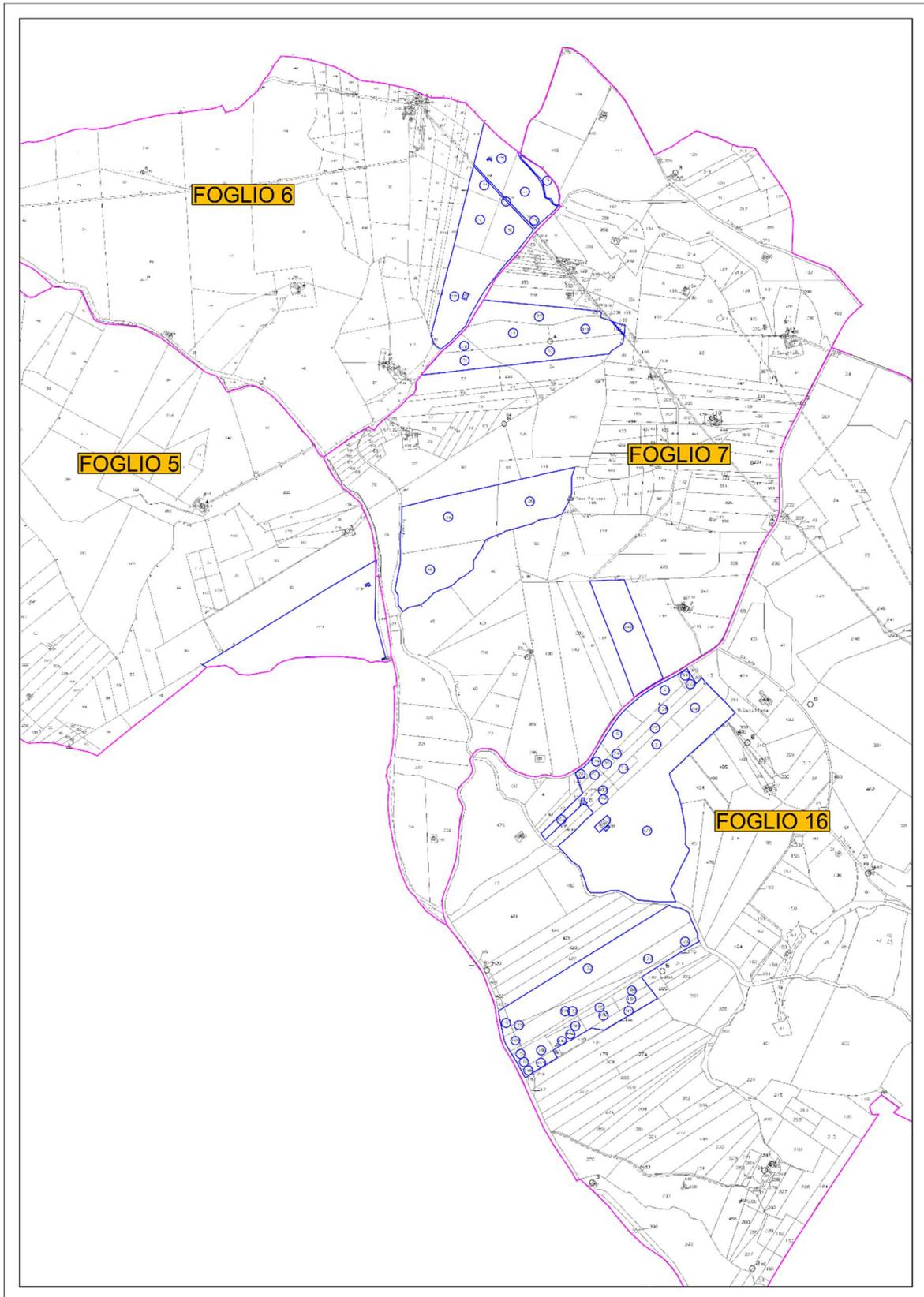


**Fig. 2.1 - Inquadramento Geografico**

L'area ricade all'interno del bacino idrografico denominato "Bacino Idrografico del F. Imera Meridionale (072) Area territoriale tra il Bacino Idrografico del F. Palma e il Bacino Idrografico del F. Imera Meridionale (071)", così come indicato nel Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) della regione Sicilia.



**Fig. 2.2 - Inquadramento Geografico su CTR**



**Fig. 2.3 - Inquadramento su Stralcio Catastale**

Topograficamente il sito ricade nel Foglio I.G.M. N.271, Quadrante II, Orientamento N.E. denominato "Licata" (Vedi elaborato: VIA2\_TAV01\_Inquadramento Area di Progetto su IGM).

Avendo progressivamente numerato i lotti in ordine crescente proseguendo da est verso ovest (come indicato in Fig. 2.1.2), si riportano di seguito le coordinate geografiche per ciascuno di essi (coordinate baricentriche):

*Lotto n°1:*

- Latitudine: 37°12'16.54"N;
- Longitudine: 13°53'4.73"E;

*Lotto n°2:*

- Latitudine: 37°12'9.21"N;
- Longitudine: 13°52'59.29"E;

*Lotto n°3:*

- Latitudine: 37°12'0.29"N;
- Longitudine: 13°53'5.79"E.

*Lotto n°4:*

- Latitudine: 37°11'42.64"N;
- Longitudine: 13°53'5.96"E;

*Lotto n°5:*

- Latitudine: 37°11'39.18"N;
- Longitudine: 13°52'57.76"E;

*Lotto n°6:*

- Latitudine: 37°11'29.45"N;
- Longitudine: 13°52'35.28"E.

*Lotto n°7:*

- Latitudine: 37°11'29.37"N;
- Longitudine: 13°53'18.85"E;

*Lotto n°8:*

- Latitudine: 37°11'14.85"N;
- Longitudine: 13°53'20.79"E;

*Lotto n°9:*

- Latitudine: 37°10'51.44"N;
- Longitudine: 13°53'13.57"E.

### 3.1 Caratteristiche elettriche dell'impianto fotovoltaico:

Il progetto di parco fotovoltaico prevede l'installazione di n° 54.292 pannelli fotovoltaici aventi una potenza massima unitaria cadauno fino a 730 Wp. La potenza nominale totale installata massima per l'impianto risulta pari a 39,63 MWp.

I pannelli saranno collegati in serie fra loro a formare stringhe di lunghezza pari a 28 moduli, le stringhe sono collegate a 36 inverter di stringa con potenza nominale di 165 kW per i Kaco Blueplanet 165 TL3 e 10 inverter con potenza nominale di 4100 kW per gli inverter Gamesa Proteus 4100, e tensione di uscita pari a 600 V per gli inverter Gamesa e 660 V per gli inverter Kaco. Questi ultimi sono associati a trasformatori 36 kV/BT, da dove partono i cavidotti a 36 kV che vanno a collegare le cabine tra di loro in modo da formare un doppio anello che garantisca la continuità di esercizio anche in caso di guasti (maggiori informazioni sono contenute all'interno dell'elaborato VIA2\_REL02\_Relazione impianto di rete); la cabina di consegna/smistamento a sua volta si connette, tramite cavo interrato su strada pubblica, direttamente allo stallo a 36 kV della Sotto Stazione Utente in progetto.

Il campo fotovoltaico, responsabile della conversione dell'energia solare in energia elettrica (in corrente continua), è strutturato come un sistema inverter; i moduli fotovoltaici, in numero pari a 54.292 sono organizzati in:

- 798 tracker da 56 moduli
- 236 tracker da 28 moduli
- 214 tracker da 14 moduli

Essi sono disposti come da planimetria allegata (Vedi Planimetria dell'impianto fotovoltaico "VIA2\_TAV16\_Planimetria Generale su C.T.R.").

I moduli fotovoltaici impiegati sono del tipo TWMHF - 66HD695-730W, aventi ciascuno potenza nominale pari a 730 Wp.

I pannelli fotovoltaici sopra descritti sono collegati in serie in numero di 28 a formare una stringa per una potenza di circa 20,44 kWp, quest'ultima sarà ancorata e sorretta da una struttura metallica caratterizzata da tecnologia ad inseguimento mono-assiale ad asse orizzontale (tracker). I tracker utilizzati sono di Ideematec, modello Horizon L:TEC 2P.

Tutte le strutture (tracker) saranno ad inseguimento solare rispetto ad un asse verticale e seguiranno l'orientamento Ovest-Est. La struttura meccanica è costituita da elementi verticali infissi mediante battitura direttamente nel terreno. Detti elementi rappresentano al contempo sia i montanti verticali fuori terra che le fondazioni profonde. Gli elementi orizzontali principali sono costituiti da profili a sezione tubolare cava. I supporti dei moduli, sono posizionati sulla trave in maniera ortogonale alla stessa, ed hanno la funzione di sorreggere i pannelli fotovoltaici.

L'installazione di tali tubi avverrà mediante la tecnica del "battipalo". Il loro dimensionamento verrà

calcolato, dal punto di vista statico, in base al progetto e sarà stabilito definitivamente a secondo delle condizioni del suolo e dell'ubicazione. La profondità d'infissione di tali strutture verrà accuratamente valutata mediante prove dirette condotte in situ mediante dinamometro; tali prove consistranno nella valutazione delle condizioni di rottura per taglio del terreno di sedime, raggiunte applicando una forza orizzontale in testa all'elemento e nella Verifica allo sfilamento. L'inseguitore sarà inserito sui pali battuti mediante dei veicoli di sollevamento adatti al terreno e al tipo di suolo. Durante la fase di trasporto dei moduli si cercherà di evitare forti vibrazioni per evitare il loro deterioramento.

L'utilizzo degli elementi tubolari consente l'ancoraggio delle strutture di sostegno dei moduli, determinando un impatto trascurabile sul terreno rispetto alle strutture di fondazione convenzionali (plinti in c.a.).

Questa tecnica presenta numerosi vantaggi, quali:

- l'immediata utilizzazione dell'opera, che potrà essere direttamente sottoposta al carico;
- la stabilità e durevolezza dell'intervento, grazie alle operazioni di ancoraggio;
- l'economicità e compatibilità ambientale dell'intervento, riducendo al minimo il disturbo e l'occupazione del suolo, rispetto alle strutture di fondazione convenzionali (plinti e platee di fondazione).

Il modello di tracker utilizzato è "Ideematec Horizon L:TEC 2P" con un range di inclinazione che arriva fino ai 60°. I tracker possono arrivare a 5 m. in larghezza e fino a 195 m. in lunghezza.

L'altezza del sostegno principale può arrivare fino a 2,50 m. Tra le caratteristiche meccaniche risulta anche la protezione dal forte vento, che porta la struttura ad assumere la posizione orizzontale.

Maggiori dettagli sono presenti nell'elaborato "VIA2\_TAV21\_Tipici strutture pannelli"

La tabella successiva riporta uno schema riassuntivo delle superfici interessate dall'impianto e dalle infrastrutture in progetto.

**Tab. 2.1 – Tabella Superficie**

<b>Tipologia di opera</b>	<b>Superfici [mq]</b>
Superficie interna alla recinzione (a+b+c+d+e+f)	491356,7546
a) Superficie complessiva dei moduli in pianta	168650,06
b) Viabilità di servizio	36389,76
c) Area a verde interna oggetto di mitigazione	103454,98
d) Guardiola, locale deposito, sala controllo	0,0
e) Cabine trasformazione	348,0
f) Superficie inutilizzata all'interno della recinzione	287336,6328
<b>Totale (superficie lorda a disposizione da contratto)</b>	<b>104858</b>

#### 4. PROBLEMATICA DEL “SOILING” NEGLI IMPIANTI FV

A seguito dell’accumulo di sporczia sui moduli fotovoltaici (fenomeno comunemente denominato “soiling”) si può andare incontro riduzioni, anche consistenti, dell’output energetico di un impianto fotovoltaico nell’arco della sua vita utile.

L’entità di tali perdite, dipendente da numerosi fattori che verranno di seguito analizzati, in linea generale può raggiungere percentuali variabili tra l’ 1 e 10-15% (nei casi più gravi) della produzione teoricamente ottenibile.

##### 4.1 Soiling: le cause

Tra le cause del “soiling”, che possono essere molteplici e variabili prevalentemente in funzione della località di installazione dell’impianto fotovoltaico, si elencano di seguito le principali:

- Polvere
- Deiezioni di uccelli;
- Deposito di detriti (es. fogliame, piume, altro);
- Salsedine

Per quanto riguarda la polvere, questa può essere trasportata dal vento o depositata dalla pioggia; può avere origine naturale (tipica di impianti FV installati in zone particolarmente aride) oppure antropica (tipica di impianti installati in zone urbanizzate o adiacenti ad aree di cantiere). Nel caso di impianti FV di grande taglia, transito dei mezzi di servizio può provocare il sollevamento di tali polveri.

A proposito della salsedine: nel caso di impianti FV installati a ridotte distanze dal mare (<10 km) il deposito di particolato di origine salmastra potrebbe comportare, oltre all’effetto *soiling*, anche fenomeni di corrosione sulle parti metalliche (cornice moduli FV, strutture di sostegno, ecc.) con potenziali gravi conseguenze.

Il principale fattore influenzante la severità del fenomeno è rappresentato dalla *località di installazione* dell’impianto fotovoltaico. Molto spesso gli impianti fotovoltaici vengono installati in località caratterizzate da un’elevata insolazione e da scarsità di precipitazioni, dunque zone molto aride e con presenza di rilevanti quantità di polveri.

Al contrario, l’installazione in zone caratterizzate da maggior umidità può beneficiare della minor quantità di polvere/sabbia, ma al contempo l’umidità può agevolare il fenomeno di “cementazione” dei depositi di sporczia ostacolando le operazioni di pulizia e/o riducendone l’efficacia.

## 4.2 Soiling: possibili conseguenze

Le principali conseguenze derivanti dalla deposizione di sporcizia sui moduli fotovoltaici possono essere sintetizzate come di seguito riportato:

- il deposito di polveri e/o altri materiali sul vetro frontale e posteriore dei moduli FV (solo frontale in caso di moduli a faccia singola) ha l'effetto di un vero e proprio filtro sulla radiazione solare incidente: si ha una riduzione dell'intensità della radiazione che riesce effettivamente a raggiungere le celle FV e che riesce dunque ad essere convertita in energia elettrica;
- lo sporcamiento non omogeneo delle celle FV che compongono un modulo, o analogamente dei moduli FV che compongono una stringa, comporta l'aumentare delle perdite di mismatch (o disaccoppiamento) poiché celle/moduli FV sporchi sono caratterizzati da un punto ottimale di lavoro, ovvero da una coppia valori di tensione e corrente, differenti rispetto a celle/moduli puliti. Dato che il punto di lavoro, imposto dall'inverter, è il medesimo per tutti i moduli FV collegati elettricamente in serie, è evidente che alcuni moduli saranno obbligati a lavorare in un punto di funzionamento non ottimale, con conseguenti perdite energetiche più elevate;
- in caso di sporcamiento non omogeneo delle celle FV che compongono un modulo, potrebbero inoltre insorgere fenomeni di surriscaldamento localizzato (cosiddetti "hot-spot"). Una cella FV ombreggiata/sporca risulta infatti caratterizzata da una corrente di lavoro inferiore rispetto alle celle FV "pulite" collegate elettricamente in serie. Se tale differenza di corrente diventa eccessiva, si verifica l'inversione della polarità della tensione della cella "sporca", che si comporterebbe a tutti gli effetti come un carico elettrico, assorbendo la corrente elettrica generata dalle celle FV pulite e dissipando tale energia sotto forma di calore. Ciò può provocare il surriscaldamento localizzato della cella FV fino a raggiungere temperature di svariate centinaia di gradi e causarne il degrado irreversibile o, in casi estremi, essere causa di incendio. Per prevenire tale fenomeno, in ogni modulo fotovoltaico sono installati i diodi di by-pass, ovvero componenti elettronici in grado di escludere dal funzionamento la porzione di moduli FV affetta da sporcizia (o ombreggiamento) e prevenire il verificarsi di questo fenomeno potenzialmente pericoloso, seppur a scapito di una minor produzione energetica;
- l'azione meccanica esercitata da polveri/particolato sul vetro frontale dei moduli FV, nonché eventuali operazioni di pulizia particolarmente aggressive, possono comportare l'abrasione superficiale del vetro stesso, con perdita delle proprietà ottiche (trasparenza e proprietà anti-riflettenti) e conseguente minor generazione energetica



Riguardo alle problematiche appena discusse, è importante sottolineare che la loro entità è anche connessa all'angolo di inclinazione dei moduli fotovoltaici (e più in generale alle condizioni installative dei moduli).

In particolare si precisa che un'elevata inclinazione dei moduli può favorire l'accumulo di sporcizia nella porzione inferiore dello stesso, in corrispondenza della cornice, determinando uno sporcamento non omogeneo; d'altro canto, l'elevata inclinazione agevola la naturale azione pulente esplicata dalle precipitazioni atmosferiche.

Nel caso di impianti fotovoltaici installati a latitudine elevate (es. Nord Italia), la problematica del soiling è generalmente meno rilevante a causa del maggior angolo di inclinazione con cui vengono installati i moduli FV (oltre ovviamente grazie alla maggior frequenza delle precipitazioni atmosferiche).

### 4.3 Tecniche di pulizia

Differenti tecniche possono essere adottate al fine di contrastare gli effetti del *soiling*; tale problematica è già stata infatti affrontata nonché approfonditamente studiata.

Delle differenti tecniche di pulizia dei moduli fotovoltaici disponibili sul mercato, ciascuna di esse è caratterizzata da propri vantaggi e svantaggi.

Le operazioni di pulizia solitamente vengono effettuate con una frequenza di 1-2 volte l'anno; quest'ultima può subire delle variazioni a seconda della località di installazione e delle caratteristiche dell'impianto fotovoltaico.

In generale si distinguono da un lato le tecniche di pulizia che prevedono l'utilizzo di acqua, e dall'altro le tecniche dry-cleaning (senz'acqua):

- Tecniche di pulizia che prevedono l'uso di acqua: l'acqua può agevolare la dissoluzione di eventuale particolato o altri composti chimici depositati sulla superficie e facilitarne in seguito la rimozione.  
Nelle zone più aride, laddove l'approvvigionamento della risorsa idrica risulta difficoltoso, tale tecnica potrebbe non essere praticabile: potrebbe esserne vietato l'uso (per tale scopo) da parte delle autorità locali.
- Tecniche di pulizia che non prevedono l'uso di acqua: le polveri devono essere asportate tramite azione meccanica, ovvero tramite spazzole o aria compressa.

La pulizia tramite acqua, ove praticabile, risulta sempre preferibile rispetto alle tecniche dry-cleaning, poiché l'azione meccanica tipica di quest'ultime potrebbe dar luogo a:

- *Danneggiamento del rivestimento antiriflesso (del vetro frontale dei moduli)*:  
è uno dei rischi derivanti dall'azione meccanica di pulizia e determina la compromissione irreparabile delle proprietà ottiche del vetro stesso e, di conseguenza, delle prestazioni energetiche del modulo; pur ricorrendo a spazzole "anti-graffio", le particelle stesse di sabbia possono infatti esercitare un'azione abrasiva sufficiente a provocare dei danni.
- *Flessione del modulo e conseguente formazione di microfratture*:  
alcune tipologie di particolato possono risultare più "appiccicose" e aderenti al vetro, richiedendo di conseguenza una maggiore pressione per consentire la loro rimozione. Tale maggiore pressione può eventualmente provocare la flessione del modulo fotovoltaico (con conseguente formazione di microfratture nelle celle FV) ; ciò può causare l'insorgere di molteplici fenomeni di degrado e decadimento prematuro delle prestazioni dei moduli fotovoltaici.

Di seguito è riportato un elenco delle principali tecniche impiegabili per la pulizia di moduli fotovoltaici in grandi impianti:

- Pulizia manuale dei moduli fotovoltaici

Avviene tramite spazzole con manico telescopico, eventualmente collegate ad una fonte idrica, che permettono di raggiungere anche i moduli installati in posizione più elevata; tale tecnica richiede un numero “elevato” di operatori non qualificati ed è tendenzialmente caratterizzata da un maggior rischio di danneggiamento dei moduli fotovoltaici;

- Pulizia tramite installazione di spazzole rotanti antigraffio su automezzi (trattore e/o furgone) in grado di circolare tra le strutture di sostegno dei moduli FV

Questo sistema, che è di gran lunga più diffuso ed utilizzato, può prevedere l'utilizzo di acqua oppure può essere effettuato in modalità “dry cleaning”. Le spazzole, in genere allocate su un braccio meccanico in grado di adattarsi automaticamente a distanza e inclinazione dei moduli fotovoltaici, consentono di effettuare efficacemente la pulizia delle superfici. È necessaria una *distanza minima* tra i filari di moduli FV, tipicamente variabile tra 2 e 3 metri a seconda della tipologia di automezzo previsto. Gli automezzi sono tipicamente dotati di fari, il che consente di effettuare queste operazioni anche in orario notturno, minimizzando le perdite per ombreggiamento sui moduli fotovoltaici che si avrebbero di giorno (derivanti dal transito dell'automezzo) e minimizzare eventuali rischi per la sicurezza, in quanto i moduli FV (non essendo irraggiati dal sole) non sono in tensione;



- Pulizia per mezzo dei sistemi “semi-automatizzati”

Si tratta di dispositivi robotici che:

- sono in grado di muoversi automaticamente lungo la stringa, sfruttando generalmente come guida di scorrimento la cornice metallica dei moduli, effettuando in tal modo la pulizia dei moduli stessi;

- d'altro canto tali dispositivi devono però essere manualmente posizionati all'inizio di ogni stringa (di moduli) e, una volta completata una stringa, devono essere spostati (ancora una volta manualmente) sulla successiva. Il numero di operatori necessari per poter effettuare le operazioni di spostamento è di almeno due.

Uno dei vantaggi di questo metodo risiede nella possibilità che i dispositivi vengano stoccati al chiuso nei periodi di non utilizzo, permettendo di preservarne la durabilità;

- Pulizia con sistemi "automatizzati"

I sistemi robotici in questo caso sono completamente automatizzati: dal momento che ne è prevista l'installazione di uno su ciascun filare di moduli fotovoltaici, non è necessaria la presenza di alcun operatore (cosa che invece era necessaria nel caso precedente). Ciascuno dei dispositivi, solitamente tramite binari dedicati, è in grado di traslare e quindi di garantire la pulizia dell'intera struttura.

La diffusione della tipologia appena descritta risulta finora alquanto limitata a causa degli elevati costi di installazione e manutenzione dei sistemi robotici stessi, che risultano tali da non rendere conveniente il loro utilizzo.

## **5 PULIZIA DEI MODULI PER L'IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN OGGETTO**

### **5.1 Sistema di lavaggio previsto per l'impianto FV in oggetto**

I moduli fotovoltaici impiegati, come già precisato, sono i TWMHF - 66HD695-730W da 730 Wp, aventi ciascuno dimensioni pari a  $2384 \pm 1303 \pm 35$  ed un peso pari a 38,7 kg; sono costituiti da 132 celle in silicio monocristallino, ad elevata efficienza, doppio vetro (frontale e posteriore) temprato ad elevata trasparenza e dotato di rivestimento anti-riflesso, nonché di cornice in alluminio.

Per l'impianto fotovoltaico in esame è previsto l'impiego di automezzi dotati di apposite spazzole rotanti antigraffio, che potranno eventualmente operare con l'ausilio di un getto di acqua demineralizzata. In tal modo è possibile beneficiare della combinazione tra:

- gli effetti dell'azione meccanica delle spazzole
- gli effetti dell'azione pulente dell'acqua

Tale scelta rappresenta infatti il miglior compromesso in termini di efficacia, e di tempo necessario a completare la pulizia dell'intero impianto, in rapporto al costo dell'operazione, ed affidabilità.

Si prevede che le operazioni di pulizia siano eseguite con cadenza semestrale.

Nonostante l'impiego di moduli bifacciali, non è attualmente prevista la periodica pulizia della superficie posteriore degli stessi, poiché è intrinsecamente meno soggetta al fenomeno del soiling in quanto più riparata; per tali superfici, eventuali interventi straordinari di pulizia verranno attivati in seguito ad ispezione visiva ed effettuati manualmente, tramite spazzole dotate di manico telescopico.

Gli interventi di pulizia straordinaria, da prendere in considerazione ad esempio in seguito a particolari eventi meteorologici tali da comportare la deposizione di importanti quantitativi di polvere, saranno effettuati solo in caso di necessità ed attivati in seguito a ispezione visiva dei moduli.

### **5.2 Stima consumi idrici e approvvigionamento, in fase di cantiere**

Il fabbisogno idrico in fase di cantiere necessario per le operazioni di lavaggio delle ruote degli automezzi pesanti e di bagnatura di eventuali depositi di materiale inerte e delle strade bianche ove necessario, è approssimativamente di circa 720m<sup>3</sup>.

L'approvvigionamento sarà garantito tramite autobotti.

## 5.2 Stima consumi idrici in fase di esercizio dell'impianto fotovoltaico

In fase progettuale, risulta possibile stimare il consumo idrico a partire da dati reperibili in letteratura scientifica di settore. Sebbene i dati reperibili siano molto eterogenei in quanto fortemente dipendenti dalla tecnologia dei moduli fotovoltaici e soprattutto dalle condizioni climatiche di installazione dell'impianto, il valore più frequentemente riportato fa riferimento ad un consumo di circa **0,5 litri di acqua per ogni metro quadrato** di superficie da pulire (ovvero la superficie frontale dei moduli fotovoltaici).

La superficie complessiva dei moduli fotovoltaici del presente impianto fotovoltaico ammonta a circa 168.650 m<sup>2</sup> (54.292 moduli FV aventi dimensioni: 2.384 m \* 1.303 m).

È possibile quindi stimare il consumo di acqua per ogni ciclo di pulizia:

$$\text{Consumo idrico} = 0.5 \frac{l}{m^2} \times 168.650,0 m^2 \div 1000 \frac{l}{m^3} = 84,32 \frac{m^3}{\text{ciclo di pulizia}}$$

Appurato che in relazione alle condizioni climatiche del sito di installazione sia ragionevole ipotizzare operazioni di pulizia con cadenza semestrale, segue che il consumo idrico annuale per il presente impianto ammonta quindi a circa 168,64 m<sup>3</sup>/anno.

Si prevede di effettuare l'approvvigionamento idrico di acqua demineralizzata tramite autobotti; Considerando una capacità di trasporto di 15 m<sup>3</sup> per singola autobotte, l'approvvigionamento è garantito dall'impiego di circa 11 autobotti all'anno.

Per stimare con precisione i consumi idrici necessari per effettuare le operazioni di pulizia dei moduli fotovoltaici è necessario conoscere il sistema di pulizia (modello, produttore, etc.); la selezione di tale sistema sarà effettuata dall'operatore di O&M che prenderà in carico le operazioni di manutenzione ordinaria dell'impianto in seguito alla sua realizzazione.

Si rammenta che in alternativa, potrà essere considerata la pulizia dei moduli dell'impianto senza l'impiego di acqua (modalità "dry-cleaning").