



REGIONE PUGLIA  
 PROVINCIA DI FOGGIA  
 COMUNI DI FOGGIA E MANFREDONIA



PROGETTO IMPIANTO SOLARE AGRO-VOLTAICO DA  
 REALIZZARE NEL COMUNE DI FOGGIA (FG) C.DA TITOLO, E  
 RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI  
 MANFREDONIA, DI POTENZA PARI A **62.452,04 kWp**,  
 DENOMINATO "**FOGGIA - MANFREDONIA**"

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE FABBISOGNI IDRICI



livello prog.	Codice Pratica STMG	N. elaborato	DATA	SCALA
PD	201901116	VF6FYQ3_I17	15.03.2024	

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

RICHIEDENTE E PRODUTTORE

HF Solar 3 S.r.l.



ENTE

PROGETTAZIONE



Arch. A. Calandrino  
 Arch. M. Gullo  
 Arch. S. Martorana  
 Arch. F. G. Mazzola  
 Arch. G. Vella

Ing. D. Siracusa  
 Ing. A. Costantino  
 Ing. C. Chiaruzzi  
 Ing. G. Schillaci  
 Ing. G. Buffa



Il Progettista

Il Progettista

## Sommario

1.	Descrizione dell'impianto .....	2
2.	Problematica del "soiling" negli impianti Fotovoltaici .....	3
2.1	Cause .....	3
2.2	Possibili conseguenze .....	3
2.3	Tecniche di pulizia.....	4
3.	Pulizia dei moduli dell'impianto .....	7
3.1	Moduli FV .....	7
3.2	Sistema di lavaggio previsto per l'impianto FV in oggetto.....	7
4.	Approvvigionamento idrico .....	7
4.1	Stima consumi idrici (fase di esercizio impianto FV).....	7
5.	Fabbisogni Idrici Lavoratori .....	8
6.	Approvvigionamento idrico agro .....	8

## 1. Descrizione dell'impianto

Il progetto in esame prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico. L'area per l'installazione dell'impianto fotovoltaico si trova nel territorio comunale di **Foggia (FG)**, in contrada Titolo e annesso opere di connessione nel territorio comunale di Manfredonia. Gli impianti saranno collegati alla rete tramite cavidotti interrati.

L'impianto risiederà su un appezzamento di terreno posto ad un'altitudine media di **44.00 m s l m**, dalla forma poligonale irregolare; dal punto di vista morfologico, il lotto è pianeggiante, su questo saranno disposte le strutture degli inseguitori solari orientate secondo l'asse Nord-Sud.

L'area è facilmente raggiungibile a sud tramite strada comunale, in direzione Sud-Est. La viabilità interna al sito sarà garantita da una rete di strade interne in terra battuta (rotabili/carrabili), predisposte per permettere il naturale deflusso delle acque ed evitare l'effetto barriera.

L'estensione complessiva del terreno è circa **104 ettari**, mentre l'area occupata dagli inseguitori (area captante) risulta pari a circa **34.4 ettari**, determinando sulla superficie catastale complessiva assoggettata all'impianto, un'incidenza pari a circa il **33 %**.

L'area, oggetto di studio, è un terreno rurale, regolarmente alternato tra foraggio e coltura cerealicola, e confinante a sud e a ovest con terreni agricoli caratterizzati prevalentemente dalla medesima coltura.

Tutte le particelle ricadono in zona E – Agricola del P.R.G. del comune di Foggia.

La potenza di picco dell'impianto fotovoltaico è pari a **62.452.04 KWp**, sulla base di tale potenza è stato dimensionato tutto il sistema.

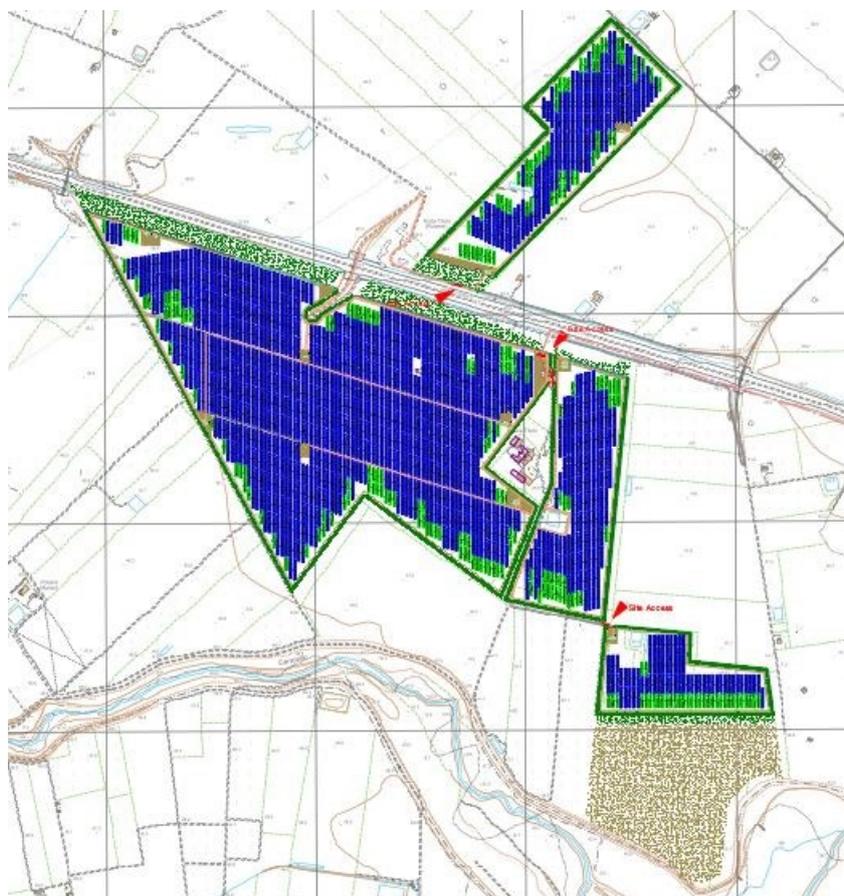


Figura 1 - Layout progetto

## 2. Problematica del “soiling” negli impianti Fotovoltaici

L'accumulo di sporcizia sui moduli fotovoltaici (fenomeno comunemente denominato “soiling”) può comportare riduzioni anche consistenti dell'output energetico di un impianto FV nell'arco della sua vita utile. L'entità di tali perdite è dipendente da molti fattori, che verranno analizzati nel seguito della relazione, ma che in linea generale può raggiungere percentuali variabili tra 1% e 10-15% (nei casi più gravi) della produzione di energia.

### 2.1 Cause

Le cause del “soiling” possono essere molteplici, variabili prevalentemente in funzione della località di installazione, le principali:

- Polvere: trasportata dal vento o depositata dalla pioggia; può essere sia di origine naturale (ad esempio in caso di impianti FV installati in zone particolarmente aride) oppure antropica (in caso di impianti installati in zone urbanizzate o adiacenti ad aree di cantiere); nel caso di impianti FV di grande taglia tali polveri possono essere inoltre sollevate dal transito dei mezzi di servizio;
- Deposito di detriti (es. foglie, piume, altro);
- Deiezioni di uccelli;
- Salsedine: in 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.

Frequentemente gli impianti fotovoltaici vengono installati in zone caratterizzate da un'elevata insolazione e molto aride, ovvero caratterizzate dalla presenza di rilevanti quantità di polveri e dalla scarsità di precipitazioni. Al contrario, l'installazione in zone caratterizzate da maggior umidità può beneficiare della minor quantità di polvere/sabbia, di contro potrebbe agevolare il fenomeno di “cementazione” dei depositi di sporcizia ostacolando le operazioni di pulizia e/o riducendone l'efficacia.

### 2.2 Possibili conseguenze

Le principali conseguenze derivanti dalla deposizione di sporcizia sui moduli fotovoltaici possono essere:

- il deposito di polveri e/o altri materiali sul vetro frontale dei moduli FV (e posteriore in caso di moduli bifacciali) ha l'effetto di un vero e proprio filtro sulla radiazione solare incidente, riducendo l'intensità della radiazione che riesce effettivamente a raggiungere le celle FV e che può quindi essere convertita in energia elettrica;
- lo sporco 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) in quanto 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 sporco 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.
- 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 antiriflettenti) e conseguente minor generazione energetica.



L'entità delle perdite e di problematiche diffuse sono conseguenza anche delle modalità di installazione dei moduli FV stessi, come l'angolo di inclinazione dei moduli; una maggiore inclinazione può favorire l'accumulo di sporcizia nella porzione inferiore dello stesso, in corrispondenza della cornice (sporcamento non omogeneo), di contro, una maggiore inclinazione agevola la naturale azione pulente esercitata 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 alla maggior frequenza delle precipitazioni atmosferiche.

### 2.3 Tecniche di pulizia

La problematica del soiling è già stata affrontata dagli operatori del settore nonché approfonditamente studiata in ambito accademico, al fine di ottimizzare le tecniche con le quali mitigarla. Esistono differenti tecniche di pulizia di moduli fotovoltaici disponibili sul mercato, ciascuna di esse caratterizzata da pregi e difetti. La cadenza con cui effettuare queste operazioni solitamente è di 1 – 2 volte all'anno, ma può variare in funzione della località di installazione e alle caratteristiche dell'impianto FV. Nelle zone più aride, la pulizia che prevede utilizzo di considerevoli quantità di acqua potrebbe essere non praticabile, per difficoltà nell'approvvigionamento della risorsa (e del suo costo).

Le tecniche di pulizia senza acqua (dry-cleaning) sono generalmente meno efficaci, in quanto l'acqua può agevolare la dissoluzione di eventuale particolato o altri composti chimici depositati sulla superficie e facilitarne in seguito la rimozione. In assenza di acqua, le polveri devono essere asportate tramite azione meccanica, ovvero tramite spazzole o aria compressa. In caso di azione meccanica, uno dei principali rischi è quello di danneggiare il vetro frontale dei moduli compromettendo irreparabilmente le proprietà ottiche del vetro stesso

e conseguentemente le prestazioni energetiche del modulo FV. Anche utilizzando spazzole “anti-graffio”, le particelle stesse di sabbia possono infatti effettuare un’azione abrasiva sufficiente ad arrecare dei danni.

Alcune particolari tipologie di particolato possono inoltre risultare particolarmente “appiccicose” e aderenti al vetro, richiedendo di conseguenza una maggiore pressione per consentire la loro rimozione. Tale maggiore pressione può eventualmente causare la flessione del modulo FV con conseguente formazione di microfratture nelle celle FV, cosa che può causare l’insorgere di molteplici fenomeni di degrado e decadimento premature delle prestazioni dei moduli FV. Alla luce delle osservazioni riportate è comprensibile come la pulizia tramite acqua, ove praticabile, sia sempre preferibile alle tecniche “a secco”. Si riporta di seguito un elenco delle principali tecniche per la pulizia dei moduli fotovoltaici in impianti di grande taglia: • il sistema più semplice è ovviamente la pulizia manuale dei moduli fotovoltaici, tramite spazzole con manico telescopico eventualmente collegate ad una fonte idrica, in grado 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 FV; • il sistema di gran lunga più diffuso ed utilizzato prevede l’installazione di spazzole rotanti anti-graffio su automezzi (trattore e/o furgone) in grado di circolare tra le strutture di sostegno dei moduli FV. Questo sistema può prevedere l’utilizzo di acqua oppure può essere effettuato in modalità “dry cleaning”. Le spazzole sono installate solitamente su un braccio meccanico in grado di adattarsi automaticamente a distanza e inclinazione dei moduli fotovoltaici ed effettuare efficacemente la pulizia della superficie. Per consentire tale tipologia di pulizia è necessaria una distanza minima tra i filari di moduli FV, tipicamente tra 2 e 3 metri a seconda della tipologia di automezzo previsto. Gli automezzi sono solitamente dotati di fari, il che consente di effettuare queste operazioni anche in orario notturno, minimizzando le perdite per ombreggiamento sui moduli FV 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;

- i cosiddetti sistemi “semi-automatizzati” prevedono l’impiego di dispositivi robotici che, solitamente utilizzando la cornice metallica dei moduli fotovoltaici come “binario”, sono in grado di muoversi automaticamente lungo la stringa ed effettuare la pulizia dei moduli. Tali dispositivi devono però essere manualmente posizionati all’inizio di ogni stringa di moduli FV e, una volta completata una stringa, devono essere manualmente spostati sulla successiva; sono necessari almeno due operatori per ciascun dispositivo, al fine di effettuare le operazioni di spostamento. Uno dei vantaggi di questi di questo metodo è che i dispositivi possono essere stoccati al chiuso nei periodi di non utilizzo, prolungandone potenzialmente la vita utile;

- sistemi “automatizzati”: si tratta di sistemi robotici completamente automatizzati. Viene in questo caso installato un dispositivo su ciascun filare di moduli FV che è in grado, solitamente tramite binari dedicati, di spostarsi lungo la sua struttura effettuando la pulizia dei moduli FV. Sono sistemi che non richiedono l’impiego di alcun operatore. Questa tipologia di sistemi ha, ad oggi, riscontrato un successo e una diffusione molto limitata in quanto i costi di installazione e manutenzione di tali dispositivi si sono frequentemente tali da non rendere conveniente il loro utilizzo.



## 3. Pulizia dei moduli dell'impianto

### 3.1 Moduli FV

I moduli fotovoltaici selezionati per il dimensionamento dell'impianto sono moduli fotovoltaici in silicio monocristallino da 670 Wp realizzati dal produttore Trina Solar, modello Vertex Bifacial Dual Glass, e presentano una potenza nominale a STC2 pari a 660 Wp. Ciascun modulo è composto da 132 mezze-celle realizzate in silicio mono-cristallino ad elevata efficienza, doppio vetro (frontale e posteriore) temprato ad elevata trasparenza e dotato di rivestimento anti-riflesso, cornice in alluminio, per una dimensione complessiva pari a 2'384 x 1'303 x 35 mm ed un peso pari a 38,7 kg.

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

Per l'impianto fotovoltaico oggetto della presente iniziativa progettuale è previsto l'impiego di automezzi dotati di apposite spazzole rotanti anti-graffio, che potranno eventualmente operare con l'ausilio di un getto di acqua demineralizzata, in maniera tale da sfruttare la combinazione dell'azione meccanica delle spazzole con l'azione pulente dell'acqua. Tale scelta risulta infatti il miglior compromesso in termini di efficacia, ovvero tempo necessario a completare la pulizia dell'intero impianto in rapporto al costo dell'operazione, ed affidabilità. Si prevede di effettuare le operazioni di pulizia con cadenza semestrale. Eventuali interventi di pulizia straordinaria, ad esempio in seguito a particolari eventi meteorologici che possono comportare la deposizione di importanti quantitativi di polvere, verranno effettuati solo in caso di necessità ed attivati in seguito a ispezione visiva dei moduli. La distanza mantenuta tra le strutture fisse è di circa 5,2 m. Non è attualmente prevista l'esecuzione periodica della pulizia della superficie della superficie posteriore dei moduli fotovoltaici, nonostante si preveda l'impiego di moduli bifacciali, in quanto più riparata e intrinsecamente meno soggetta al fenomeno del soiling. Eventuali interventi straordinari di pulizia di tali superfici verranno attivati in seguito ad ispezione visiva ed effettuati manualmente, tramite spazzole dotate di manico telescopico.

## 4. Approvvigionamento idrico

Stima consumi idrici e approvvigionamento (fase di cantiere) Il fabbisogno idrico in fase di cantiere è stimato in circa 1000 m<sup>3</sup>, necessari 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. L'approvvigionamento sarà garantito tramite i bacini idrici esistenti e autobotti.

### 4.1 Stima consumi idrici (fase di esercizio impianto FV)

Il consumo idrico relativo all'esercizio di un impianto fotovoltaico è fondamentalmente correlato alle operazioni di pulizia dei moduli FV. Per stimare con precisione i consumi idrici necessari per effettuare le operazioni di pulizia dei moduli fotovoltaici è necessario conoscere il sistema di pulizia (tecnologia/modello/produttore), tuttavia 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. In fase progettuale, risulta tuttavia 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 FV 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 350.000 m<sup>2</sup> (93.212 moduli FV aventi dimensioni: 2.384m \* 1.303m).

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

$Consumo\ idrico = 0.5\ l\ m^2 \times 350.000\ m^2 \div 1000\ l\ m^3 = 175m^3\ ciclo\ di\ pulizia$  in considerazione delle condizioni climatiche del sito di installazione, è ragionevole ipotizzare una frequenza semestrale delle operazioni di pulizia. Il consumo idrico annuale per il presente impianto FV così stimato ammonta quindi a circa **350 m<sup>3</sup> /anno**.

Per quanto concerne l'approvvigionamento idrico si prevede di effettuare l'approvvigionamento di acqua demineralizzata tramite autobotte. Considerando una capacità di trasporto di 15'000 l per singola autobotte, l'approvvigionamento è garantito dall'impiego di circa 25 autobotti all'anno. In alternativa, potrà essere considerata la pulizia dei moduli FV in modalità "dry-cleaning", ovvero senza l'impiego di acqua.

## 5. Fabbisogni Idrici Lavoratori

I lavori di che trattasi investono capitoli realizzativi riconducibili sostanzialmente a scavi, perforazioni e infissioni, forniture ed installazioni in genere, e opere a corredo relativi alla definizione compiuta dell'impianto. In tal senso durante i lavori sono previsti in media 10 uomini/giorno. L'articolata estensione planimetrica dell'impianto prevede lavorazioni estese su circa 100 ettari, con uno sviluppo lineare fino a circa 1 chilometro. In questa fase si stima, in accordo con le indicazioni fornite dall'INAIL, un fabbisogno idrico giornaliero per operaio pari a circa 100 litri. Inoltre si prevede per il contenimento delle polveri in atmosfera due diverse misure: la bagnatura delle piste. E' da precisare che l'azione di riduzione delle polveri è da realizzarsi solo quando si prevede o si presenta il fenomeno dell'innalzamento delle polveri, ovvero nei periodi estivi, con bassa percentuale di umidità assoluta, nelle zone ove è programmato l'effettivo passaggio dei mezzi (non sempre in tutte le piste).

## 6. Approvvigionamento idrico agro

I sistemi agrivoltaici possono rappresentare importanti soluzioni per l'ottimizzazione dell'uso della risorsa idrica, in quanto il fabbisogno di acqua può essere talvolta ridotto per effetto del maggior ombreggiamento del suolo. È pertanto importante tenere in considerazione se il sistema agrivoltaico prevede specifiche soluzioni integrative che pongano attenzione all'efficientamento dell'uso dell'acqua (sistemi per il risparmio idrico e gestione acque di ruscellamento). Il fabbisogno irriguo per l'attività agricola può essere soddisfatto attraverso:

- auto-approvvigionamento: l'utilizzo di acqua può essere misurato dai volumi di acqua dei serbatoi/autobotti prelevati attraverso pompe in discontinuo o tramite misuratori posti su pozzi aziendali o punti di prelievo da corsi di acqua o bacini idrici, o tramite la conoscenza della portata concessa (l/s) presente sull'atto della concessione a derivare unitamente al tempo di funzionamento della pompa;
- servizio di irrigazione: l'utilizzo di acqua può essere misurato attraverso contatori/misuratori fiscali di portata in ingresso all'impianto dell'azienda agricola e sul by-pass dedicato all'irrigazione del sistema agrivoltaico;
- misto: il cui consumo di acqua può essere misurato attraverso la disposizione di entrambi i sistemi di misurazione suddetti.

Gli utilizzi idrici a fini irrigui sono quindi funzione del tipo di coltura, della tecnica colturale, degli apporti idrici naturali e dall'evapotraspirazione così come dalla tecnica di irrigazione, per cui per monitorare l'uso di questa risorsa bisogna tener conto che le variabili in gioco sono molteplici e non sempre prevedibili. In generale le imprese agricole non misurano l'utilizzo irriguo nel caso di disponibilità di pozzi aziendali o di punti di prelievo da corsi d'acqua o bacini idrici (autoapprovvigionamento), ma hanno determinate portate concesse dalla Regione o dalla Provincia a derivare sul corpo idrico a cui si aggiungono i costi energetici per il sollevamento dai pozzi o dai punti di prelievo.

L'olivo è notoriamente resistente alla siccità, e quindi capace di vegetare anche in ambienti aridi o semi-aridi grazie alla capacità di utilizzare l'acqua del terreno e di valorizzare le precipitazioni con un apparato radicale dalla notevole espansione.

L'irrigazione è importante soprattutto nei primi anni d'impianto e nel periodo estivo. Se la pianta andasse in carenza idrica durante l'estate e la primavera si incorrerebbe in aperture anomale dei fiori e conseguente aborto dell'ovario, in una ridotta dimensione dei frutti e poca polpa rispetto all'intero frutto che darebbe meno olio. Per ovviare a tale problema si interviene con la modalità di somministrazione dell'acqua in "regime di deficit idrico controllato" in cui l'apporto idrico è ridotto e/o sospeso nelle fasi fenologiche meno sensibili alla carenza d'acqua, garantendo un adeguato rifornimento idrico nelle fasi più importanti per la produzione.

Il fabbisogno irriguo stagionale in regime di deficit idrico, di norma va da metà Maggio fino a metà di Settembre (circa 4 mesi), si aggira intorno ai 1300/1500 m<sup>3</sup>/ha nei primi 2-6 anni.

Considerando un'area interessata da uliveti di circa 14 ettari, il fabbisogno irriguo sarà di 21.000 m<sup>3</sup>.

Chiaramente le condizioni ambientali e l'efficienza del metodo irriguo possono modificare in misura sensibile il fabbisogno.

Il prato permanente che verrebbe coltivato al di sotto dei pannelli trarrà vantaggio del minore irraggiamento dovuto all'ombreggiamento e sfrutterà il vantaggio della minore evapotraspirazione non essendo prevista la coltivazione in asciutto e quindi tenendo conto solo dell'apporto irriguo dovuto alle precipitazioni.