

COMUNE DI

CARPI (MO)

PROGETTO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,40 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE



ELABORATO

STUDIO FENOMENI ABBAGLIAMENTO ENAC

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

LIV. PROG.	TIPO DOC.	COD. CART.	CODICE PROGETTO	CODICE ELABORATO	DATA	SCALA
PFTE	REL	AU_03;ASS_VIA_03	ITOMY171	ITOMY171.PFTE_03_ALTRO_SPA_ENAC_SFA	12/23	---

REVISIONI

REV	DATA	AUTORE	DESCRIZIONE	VERIFICATO	APPROVATO
01	12/23	ILIOS	Studio fenomeni abbagliamento ENAC	IVC	IVC

PROGETTAZIONE

ILIOS

ILIOS S.r.l.

Via Montenapoleone 8, 20121, Milano (MI)
T: +39 080 8937976 - E: info@iliositalia.com
C.F. e P.IVA 12427580969

GRUPPO DI LAVORO

Dott. Ing. Vito Calio
S.C. Boschetto 27, 70017, Putignano (BA)
E: v.calio@iliositalia.com
M: +39 328 4819015



SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI


(TIMBRO E FIRMA PER BENESTARE)

RICHIEDENTE




Sonnedit Leonardo S.r.l.

Corso Buenos Aires n.54, 20124, Milano (MI), Italy
C.F.:12857360965
E: sxleonardo.pec@maildoc.it

Documento:	STUDIO FENOMENI DI ABBAGLIAMENTO						
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,40 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO SRL	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	1 / 14
Codice Progetto:	ITOMY171	Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE_03_ALTRO_SPA_ENAC_SFA			

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	2
2. NORMATIVA E LEGGI DI RIFERIMENTO	3
3. DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	3
3.1 SOLARE FOTOVOLTAICO CON PANNELLI IN SILICIO	4
4. ANALISI DEL FENOMENO DELL'ABBAGLIAMENTO	4
4.1 IMPATTO VISIVO	4
4.2 FENOMENO OTTICO DELL'IMMAGINE RESIDUA	5
5. VALUTAZIONE DELL'IMPATTO	6
5.1 PREMESSA	6
5.2 SIMULAZIONE TRAMITE SOFTWARE.....	7
5.3 METODO QUANTITATIVO	12
6. CONCLUSIONI.....	12
7. INDICE DELLE FIGURE	13
8. INDICE DELLE TABELLE.....	14

Documento:	STUDIO FENOMENI DI ABBAGLIAMENTO						
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,40 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO SRL	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	2 / 14
Codice Progetto:	ITOMY171	Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE_03_ALTRO_SPA_ENAC_SFA			

1. PREMESSA

Il presente documento viene redatto ai fini di valutare i fenomeni di abbagliamento ai piloti, in quanto come visto nella "Verifica Preliminare" circa gli "Ostacoli e pericoli per la navigazione aerea", a cui si rimanda per maggiori dettagli all'elaborato "ITOMY171.PFTE_03_ALTRO_SPA_ENAC_RTVP", l'impianto agrivoltaico in progetto è risultato all'interno dell'area circolare di 3,1 km dall'ARP dell'aeroporto di Carpi "Budrione", e quindi ad una distanza inferiore a 6 km dall'ARP del più vicino aeroporto.

Lo scopo del presente documento quindi, è quello di analizzare e valutare il processo legato all'abbagliamento dei campi fotovoltaici, quale potenziale disturbo alle operazioni aeronautiche, sulla base delle Linee Guida ENAC "LG 2022/02 APT Ed.1 del 26/04/2022 - Valutazione degli impianti fotovoltaici nei dintorni aeroportuali".

Il progetto in esame ha come obiettivo la realizzazione di un impianto Agrivoltaico destinato alla produzione di coltivazioni orticole e la produzione di energia elettrica da fonte solare tramite l'impiego di moduli fotovoltaici. L'impianto verrà installato a terra utilizzando una tecnologia ad inseguimento solare con movimentazione mono-assiale (da est verso ovest).

L'impianto comporta un significativo contributo alla produzione di energie rinnovabili e prevede la totale cessione dell'energia, secondo le vigenti norme, alla Società TERNA S.p.A.

Dalla verifica cartografica condotta sul portale geografico del comune di Carpi risulta che l'area oggetto di intervento ricade interamente in "Zona Agricola Normale", definita all'Art. 65 delle Norme Tecniche del Piano Regolatore Generale.

Gli impianti fotovoltaici sono localizzati in località "Fossoli" del Comune di Carpi e risultano serviti dalla Strada Statale Romana Nord, oltreché da viabilità comunale ed interpodereale.

Il cavidotto di collegamento dell'impianto al futuro ampliamento della Stazione Elettrica denominata "Carpi-Fossoli", localizzata in agro di Carpi (MO) in località Fossoli, attraversa ortogonalmente la Strada Statale Romana Nord, nonché Via Valle, oltre che alcuni terreni agricoli circostanti l'area di impianto.

Dal punto di vista morfologico tutta l'area del lotto si presenta pianeggiante.

La superficie totale dell'intervento è pari a circa 30,44 ha. Di questa quella recintata ed utilizzata per l'installazione dei moduli fotovoltaici è circa 20,17 ha, le restanti aree saranno destinate alle fasce di rispetto e/o di tutela.

L'area impianto risulta essere distante circa 3,5 km dal centro abitato di Carpi, e circa 1,1 km dal centro abitato di Fossoli, frazione del comune di Carpi.

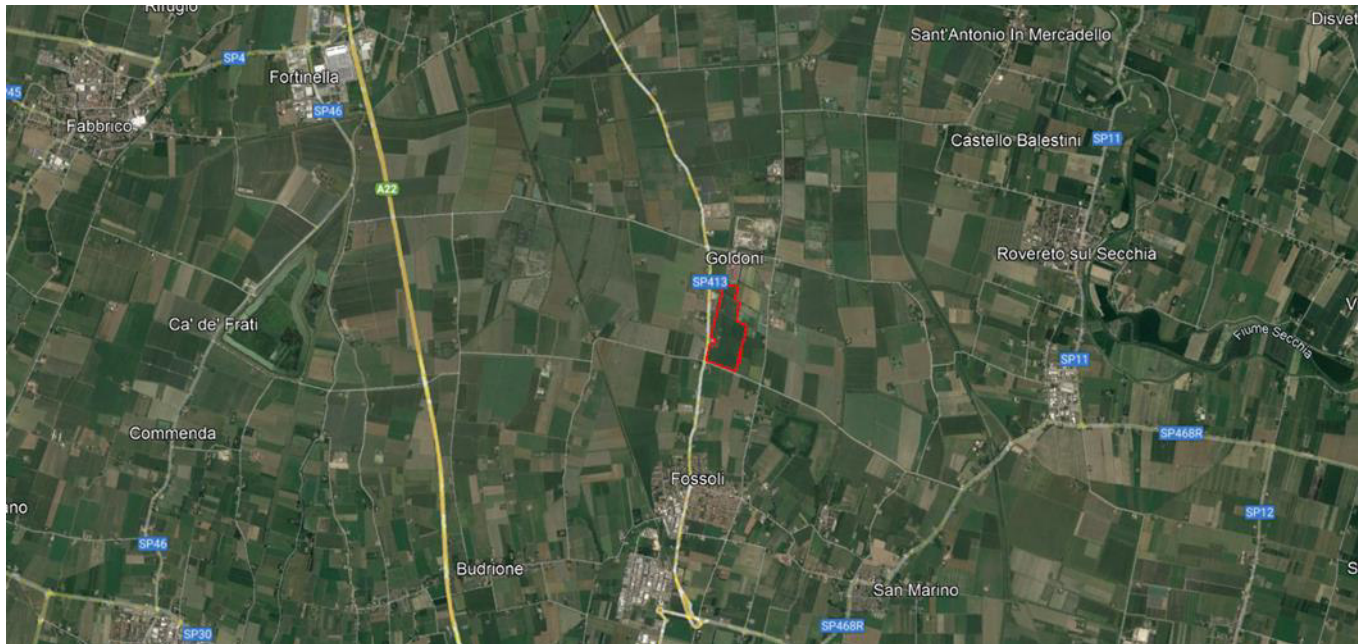


Figura 1: Ubicazione delle opere su orto-foto

ILIOS S.r.l.


Sede Legale:
Via Montenapoleone 8,
20121, Milano (MI)

Sede Operativa:
Via Massimo D'Azeglio 2,
70017, Putignano (BA)

Telefono: +39 080 8935086
E-mail: info@iliositalia.com
PEC: iliositalia@legalmail.it

CCIAA Milano-Monza-Brianza-
Lodi
C.F. e P.IVA 12427580869



Documento:	STUDIO FENOMENI DI ABBAGLIAMENTO						
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,40 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO SRL	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	3 / 14
Codice Progetto:	ITOMY171			Cod. Documento:	ITOMY171.PFTE_03_ALTRO_SPA_ENAC_SFA		

Di seguito si riportano le coordinate geografiche e l'ubicazione:

- Latitudine: 44°50'16"
- Longitudine: 10°53'59"
- Quota terreno: 19 m s.l.m.

2. NORMATIVA E LEGGI DI RIFERIMENTO

Il presente documento fa riferimento alla seguente normativa:

- Regolamento ENAC per la Costruzione ed Esercizio Aeroporti;
- D.M. Infrastrutture e Trasporti 01/02/2006 "Norme di attuazione della L. 2 aprile 1968, n.518, concernente la liberalizzazione delle aree di atterraggio";
- Linee Guida LG 2022/02 APT Ed.1 del 26/04/2022 - Valutazione degli impianti fotovoltaici nei dintorni aeroportuali;
- Decreto del Ministero della Difesa 19 dicembre 2012, n. 258 - Regolamento recante attività di competenza del Ministero della difesa in materia di sicurezza della navigazione aerea e di imposizione di limitazioni alla proprietà privata nelle zone limitrofe agli aeroporti militari e alle altre installazioni aeronautiche militari;
- Codice della navigazione di cui al D. Lgs.151/2006.

Per quanto non espressamente citato si rimanda alla normativa di legge vigente in materia, ove applicabile.

È bene specificare che, dall'esame della normativa prodotta dalle CAA (Civil Aviation Authorities) europee, quali Regno Unito, Germania, Olanda e Francia, non risulta uno sviluppo di metodologie di valutazione dei fenomeni di abbagliamento, bensì risulta l'emissione di semplici raccomandazioni sotto forma di "Interim Policy", che rimandano ai proponenti l'onere di dimostrare la compatibilità delle installazioni con le operazioni aeronautiche. A livello internazionale invece, il principale riferimento è quello della FAA americana (Federal Aviation Administration), con l'emissione della recente policy "Review of Solar Energy System Projects on Federally-Obligated Airports. Federal Register: 2021-09862 (2021)".

La suddetta Policy, raccomanda l'analisi degli effetti dell'abbagliamento per gli operatori della torre di controllo, ritenendo gli effetti sui piloti paragonabili a quelli causati da fonti naturali (quali ad esempio specchi d'acqua).

3. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Nel presente paragrafo si riporta un elenco delle opere costituenti l'impianto agrovoltico in progetto:

1. Impianto fotovoltaico:

- Fornitura e posa in opera di strutture fotovoltaiche orientabili automaticamente in direzione est-ovest, fissate a terra mediante infissione di pali di fondazione in acciaio, sulle quali saranno installati due moduli fotovoltaici in posizione verticale aventi ciascuno lunghezza 2278 mm che generano un'altezza massima dal suolo, con vela inclinata di 55°, pari a 4500 mm;
- Fornitura di 58 inverter di stringa per la trasformazione della corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici in corrente alternata a bassa tensione;
- Fornitura e posa in opera di 7 "skid" di trasformazione della corrente alternata a bassa tensione prodotta dagli inverter in corrente alternata in alta tensione;
- Fornitura e posa in opera una cabina di raccolta rete monoblocco in calcestruzzo cementizio armato contenente tutti i quadri necessari al collegamento della dorsale elettrica dalla quale partirà l'elettrodotto di collegamento con la Stazione elettrica;
- Dorsali di collegamento elettrico tra le varie apparecchiature dell'impianto;
- Impianto di videosorveglianza e illuminazione perimetrale con telecamere montate su sostegni metallici e collegati al centro di controllo mediante rete Hyperlan;
- Impianto di messa a terra delle cabine elettriche;
- Recinzione perimetrale in rete metallica elettrosaldata e cancelli d'ingresso con struttura metallica;
- Viabilità interna e di accesso ai campi in misto granulare stabilizzato;

2. Opere di mitigazione:

- Piantumazione di siepe perimetrale;
- Realizzazione di aperture nella recinzione al fine di favorire il passaggio della fauna di piccola taglia;
- Installazione di pali tutori per volatili;
- Realizzazione di strisce per impollinazione;
- Realizzazione di sassaia per anfibi e rettili;

ILIOS S.r.l.


Sede Legale:
Via Montenapoleone 8,
20121, Milano (MI)

Sede Operativa:
Via Massimo D'Azeglio 2,
70017, Putignano (BA)

Telefono: +39 080 8935086
E-mail: info@iliositalia.com
PEC: iliositalia@legalmail.it

CCIAA Milano-Monza-Brianza-Lodi
C.F. e P.IVA 12427580869



Documento:	STUDIO FENOMENI DI ABBAGLIAMENTO						
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,40 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO SRL	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	4 / 14
Codice Progetto:	ITOMY171			Cod. Documento:	ITOMY171.PFTE_03_ALTRO_SPA_ENAC_SFA		

f. Installazione di arnie per api;

3. Elettrodotto di collegamento tra l'impianto e la stazione elettrica

- Realizzazione di cavidotto AT interrato su trincea realizzata lungo i bordi delle viabilità esistenti;
- Superamento delle interferenze con il reticolo idrografico e con la viabilità mediante l'utilizzo della tecnica TOC;

4. Futuro ampliamento della Stazione Elettrica "Carpi Fossoli"

- Realizzazione n. 3 trasformatori 380/36 kV prolungando le sbarre 380 kV;
- Realizzazione n. 3 nuovi passi di sbarra, ciascuno equipaggiato con uno stallo trasformatore;

5. Progetto agricolo

- Coltivazione di specie vegetali orticole.

La tabella sottostante riporta i dati salienti dell'impianto agrivoltaico.

Potenza nominale:	18,97 MWp
Totale moduli fotovoltaici:	32.708
Totale trasformatori:	7
Totale inverter:	58
Tipo moduli fotovoltaici:	ASTRONERGY CHSM72M(DG)/F-BH 580 – Bifacciali – mono-cristallino
Potenza unitaria moduli fotovoltaici:	580 Wp
Tipo strutture di sostegno:	ad inseguimento mono-assiale, infisse al suolo
Rete di collegamento:	Alta tensione 36 kV
Gestore della rete:	TERNA S.p.A.
Orientamento moduli	Est-Ovest
Escursione angolare tracker	±55° rispetto al piano orizzontale
Potenza immissione	17,40 MW
Posizione dei quadri di parallelo delle stringhe	Dislocati presso l'impianto
Posizione degli inverter	in posizione quanto più possibile baricentrica rispetto ai relativi sotto-campi
Posizione del trasformatore BT/AT	Nei locali di trasformazione posti all'interno di ciascuna delle cabine di trasformazione.
Posizione del quadro di bassa tensione (QP).	All'interno delle cabine (skids) di trasformazione AT/BT
Posizione del quadro di trasformazione	All'interno del locale di trasformazione (in prossimità del trasformatore) posto all'interno di cabina di trasformazione AT/BT (Skid).
Punto di consegna	Presso il futuro ampliamento della Stazione Elettrica denominata "Carpi-Fossoli" Terna S.p.A. 380/132 kV sita nel Comune di Carpi (MO).
Superficie impianto recintata:	20,17 ha
Superficie coltivata:	22,74 ha

Tabella 1: Dati generali circa l'impianto agrivoltaico

3.1 Solare fotovoltaico con pannelli in silicio

Le principali tipologie di tecnologie fotovoltaiche sono quelle associate ai pannelli in silicio, monocristallino nel caso specifico. I pannelli monocristallini sono costituiti da grandi cristalli di silicio che sono meno comuni, più costosi e più efficienti.

Più nello specifico, il silicio cristallino viene tagliato in dischi, lucidato e collegato tra loro con conduttori metallici e assemblato su un pannello. I pannelli sono ricoperti da un sottile strato di vetro protettivo e il pannello è fissato ad un substrato di cemento termicamente conduttivo che trattiene il calore disperso prodotto dal pannello e ne impedisce il surriscaldamento.

4. ANALISI DEL FENOMENO DELL'ABBAGLIAMENTO

4.1 Impatto visivo

L'abbagliamento è la sensazione negativa percepita dall'osservatore, generata dalla presenza di una zona significativamente più luminosa con valori eccessivi di luminanza nel contesto del campo visivo.

La risposta dell'occhio alle variazioni di intensità luminosa dell'ambiente, può portare alla riduzione delle prestazioni visive (acuità visiva, percezione del contrasto, velocità di percezione) e disturbi astenoici (affaticamento, stanchezza, disagio).

L'abbagliamento si può classificare a seconda dell'incidenza del raggio proveniente dalla fonte luminosa:

- Diretto: raggio luminoso che colpisce direttamente la fovea;
- Indiretto, che incide su zone più periferiche.

ILIOS S.r.l.


Sede Legale:
Via Montenapoleone 8,
20121, Milano (MI)

Sede Operativa:
Via Massimo D'Azeglio 2,
70017, Putignano (BA)

Telefono: +39 080 8935086
E-mail: info@iliositalia.com
PEC: iliositalia@legalmail.it

CCIAA Milano-Monza-Brianza-
Lodi
C.F. e P.IVA 12427580869



Documento:	STUDIO FENOMENI DI ABBAGLIAMENTO						
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,40 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO SRL	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	5 / 14
Codice Progetto:	ITOMY171	Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE_03_ALTRO_SPA_ENAC_SFA			

La stessa terminologia si usa a seconda se il fascio colpisce l'osservatore direttamente o indirettamente, quindi riflesso da una superficie, quali i campi fotovoltaici o le facciate specchiate degli edifici.

La conseguenza dell'abbagliamento può essere:

- Debilitante: quando vi è un peggioramento istantaneo, temporaneo, ma reversibile delle funzioni visive;
- Infastidite: quando provoca un senso di disagio che non determina inabilità visiva come il caso precedente, ma invece determina disturbi astenopeci e difficoltà di concentrazione, riduzione della capacità di attenzione, aumento delle probabilità di errore, riduzione del rendimento.

Inoltre, per descrivere le conseguenze della riflessione solare sulle superfici riflettenti, le linee guide della FAA americane introducono i concetti seguenti:

- Glint (luccichio): improvviso ed intenso lampo di luce che può derivare da un riflesso diretto del sole nel pannello solare, il quale potrebbe causare disturbo ad un osservatore che dovesse passare nei pressi di un pannello solare/campo fotovoltaico ad una certa velocità. È bene comunque specificare che gli effetti del luccichio improvviso non sono limitati ai soli pannelli solari ma possono verificarsi da qualsiasi superficie riflettente, comprese le facciate degli edifici;
- Glare (bagliore): sorgente continua di luminosità eccessiva, che potrebbe essere sperimentato ad esempio da un osservatore stazionario situato nel percorso della luce solare riflessa dalla faccia del pannello.

L'impatto dell'abbagliamento è legato all'interazione tra la posizione del sole, la posizione e l'elevazione dei moduli solari, la riflettività della superficie dei moduli, le dimensioni dell'installazione nonché la posizione dell'osservatore e qualsiasi potenziale barriera tra essi interposta.

È importante sottolineare comunque che, l'impatto dell'abbagliamento sulla persona è ancora poco compreso a livello scientifico e dipende anche dalla percezione soggettiva dell'osservatore.

4.2 Fenomeno ottico dell'immagine residua

Gli effetti dell'abbagliamento si possono quantificare attraverso il concetto di "immagine residua", anche detta "after-image", la quale risulta essere un'illusione ottica che crea un'immagine che continua a comparire nella visione anche quando l'esposizione dell'immagine originale è cessata.

Per la valutazione degli effetti di un'immagine residua sull'impatto visivo, si devono prendere in considerazione i seguenti parametri:


- Posizione dell'osservatore e tipo di visione interessata;
- Intensità e collocazione della sorgente luminosa riflettente;
- Valutazione globale del contesto visivo in cui la fonte è collocata;
- Valutazione dell'irraggiamento retinale;
- Analisi del potenziale di impatto dei differenti irraggiamenti retinali in funzione degli angoli sottesi delle sorgenti.

Più nello specifico, sono necessarie due variabili per la valutazione dell'impatto oculare: l'irraggiamento retinale e la misura dell'angolo sotteso della sorgente di abbagliamento.

La grandezza e l'impatto dell'immagine residua sul campo visivo dipendono dalla dimensione dell'angolo sotteso della sorgente: per un dato irraggiamento retinale, un angolo minore della sorgente produce un'immagine residua minore, e quindi anche un impatto potenziale più basso.

Se l'irraggiamento retinale è abbastanza forte per un dato angolo sotteso della sorgente, si potrebbe produrre un danno oculare permanente da ustione retinale.

Per un dato irraggiamento, un angolo sotteso maggiore comporta pertanto un'immagine retinale maggiore e fornisce una potenza maggiore alla retina che non può essere facilmente dissipata dal perimetro dell'immagine retinale "calda" come invece accadrebbe nel caso di un'area retinale minore.

Documento:	STUDIO FENOMENI DI ABBAGLIAMENTO						
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,40 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO SRL	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	6 / 14
Codice Progetto:	ITOMY171			Cod. Documento:	ITOMY171.PFTE_03_ALTRO_SPA_ENAC_SFA		

5. VALUTAZIONE DELL'IMPATTO

5.1 Premessa

Sulla base dei dati di letteratura e di altri studi per la valutazione dell'impatto visivo causato da installazioni fotovoltaiche, si può innanzitutto specificare che:

- L'intensità di una riflessione causata dai pannelli solari può variare dal 2% al 50% della luce incidente, a seconda dell'angolo di incidenza, e, di conseguenza, a seconda del periodo dell'anno;
- L'intensità dei riflessi dei pannelli solari è uguale, se non inferiore, a quella di uno specchio d'acqua, e simile a quella causata del vetro;
- Gli effetti di riflessione sui pannelli solari sono significativamente meno intensi di molte altre superfici riflettenti comunemente presenti in un ambiente esterno.

La valutazione di impatto visivo, di cui al presente paragrafo, deve fare riferimento ai seguenti punti di collocazione dell'osservatore:

- Operatori in Torre di Controllo: posizione della Torre di Controllo negli orari operativi del personale di torre;
- Segmenti "Visual" (rif. Doc. 8168 ICAO) delle traiettorie nominali delle procedure di volo strumentali pubblicate su AIP;
- Aeromobili durante la fase di circuitazione: i circuiti di volo "a vista", con particolare riguardo al segmento di impostazione della virata di base.

È quindi chiaro che, la riflettività dei moduli fotovoltaici è un parametro fondamentale per la valutazione dei potenziali effetti delle riflessioni sulle operazioni aeronautiche, dovendo inoltre avere una conoscenza approfondita delle caratteristiche di riflettività delle superfici sulle quali avverranno l'installazione dei pannelli fotovoltaici.

E bene inoltre evidenziare che la quantità di luce riflessa da un pannello fotovoltaico dipende, oltre dalla sua riflettività, anche dalla quantità di luce solare che colpisce la superficie, dalla posizione geografica, dal periodo dell'anno, dalla copertura nuvolosa e dall'orientamento del pannello stesso. È ovvio però che, i pannelli solari sono costruiti con materiali scuri e ricoperti da un rivestimento antiriflesso al fine di massimizzare l'assorbimento della luce e minimizzare la riflessione di questa.

La quantità di luce solare riflessa si basa sull'angolo di incidenza del sole rispetto al recettore, come si può dedurre dalla figura seguente, e quindi dal periodo della giornata e dell'anno in cui si effettua l'analisi.

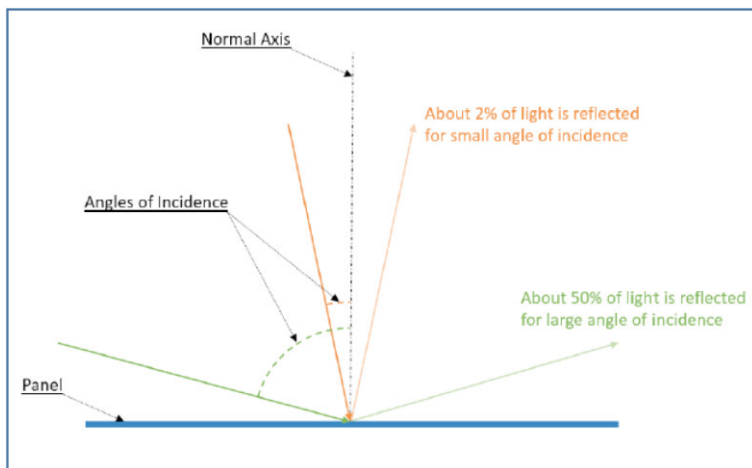



Figura 2: Impatto dell'angolo di incidenza sui raggi riflessi da un pannello fotovoltaico (Solaz, Colton, 2014)

Esistono due tipi di riflessione, che non agiscono in maniera distinta, bensì agiscono contemporaneamente, che possono verificarsi su una superficie: riflessione speculare, la quale è una riflessione diretta che produce un tipo di luce più "concentrato", che si verifica su una superficie liscia o lucida come il vetro o l'acqua naturale; riflessione diffusa, la quale produce un tipo di luce meno "focalizzata", che si verifica a causa della luce che si riflette su una superficie ruvida come vegetazione, cemento o acqua ondulata. Mediamente, si può considerare che i moduli fotovoltaici di ultima generazione riflettono in media il 4- 5 % della luce incidente.

Documento:	STUDIO FENOMENI DI ABBAGLIAMENTO						
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,40 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO SRL	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	7 / 14
Codice Progetto:	ITOMY171	Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE_03_ALTRO_SPA_ENAC_SFA			

Bisogna ovviamente evidenziare che la riflessione sotto forma di abbagliamento è già fortemente presente nelle attuali operazioni aeronautiche; infatti, le fonti di abbagliamento esistenti provengono da edifici con finestre di vetro, parcheggi di superficie per auto, tetti di edifici o hangar, bacini idrici, ecc.

Oltre che della riflessività dei moduli fotovoltaici, l'analisi di abbagliamento deve tener conto anche della geometria e del percorso noto del sole, che varia durante l'anno, per prevedere quando la luce solare si rifletterà su una superficie fissa (pannello fotovoltaico) ed entrerà in contatto con un recettore fisso (quali torre di controllo, pilota, ecc.).

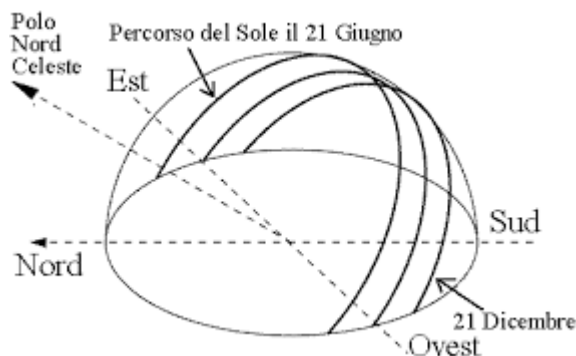


Figura 3: Percorso del sole

In conclusione, il fenomeno di abbagliamento del pilota/osservatore investito dai raggi riflessi deve essere valutato attraverso la seguente sequenza di fasi logico-analitiche:

- 1) Reperimento del diagramma solare relativo alla località in oggetto;
- 2) Costruzione del diagramma solare dei raggi riflessi, tramite l'applicazione della legge di Fresnel;
- 3) Determinazione dei punti rappresentativi delle varie fasi di volo (FAF, intersezione delle traiettorie di discesa con MDH, DH, etc.);
- 4) Collocazione di tali punti nel diagramma solare dei raggi riflessi;
- 5) Valutazione relativa al tipo di visione interessata.

5.2 Simulazione tramite software

Quanto esplicitato nei paragrafi precedenti in merito alla valutazione dell'impatto visivo causato dall'installazione di impianti fotovoltaici, nel caso specifico, così come definito dalle suddette linee guida, è stato svolto mediante il software *Forge Solar* basato sull'algoritmo SGHAT v.3 e riconosciuto dall'Autorità degli Stati Uniti FAA.

L'analisi tramite il suddetto software presuppone l'esplicitazione di una serie di dati di input relativi alla località, alle caratteristiche dell'installazione, alle operazioni aeronautiche previste ed alla posizione degli osservatori in torre di controllo. A valle di ciò, per ogni punto di osservazione, il software è in grado di determinare:

- Ora del giorno in cui si verifica l'abbagliamento;
- Durata giornaliera dell'abbagliamento;
- Variazione stagionale dell'abbagliamento;
- Posizione dell'abbagliamento sul diagramma di irraggiamento retinale.

L'abbagliamento sperimentato in tutti i punti di osservazione identificati viene quindi classificato, in base al livello di rischio oculare, in una delle tre categorie di impatto potenziale di immagine residua, secondo il diagramma di irraggiamento retinale (zona verde, gialla o rossa). Più nello specifico:

- L'installazione è ritenuta accettabile quando i risultati della simulazione restituiscono fenomeni di potenziale abbagliamento ricadenti nella zona verde del diagramma;
- L'installazione dovrà presupporre a monte di questa, un'analisi e una valutazione dei tempi di esposizione effettiva, oltre che l'implementazione di misure di mitigazione, qualora i risultati della simulazione restituiscono fenomeni di potenziale abbagliamento ricadenti nella zona gialla del diagramma;
- Si dovrà rivedere la progettazione, qualora l'esito della simulazione dovesse restituire la presenza di fenomeni di abbagliamento ricadenti nella zona rossa (danno retinico permanente), in quanto non sarà possibile accettare il rischio.

Di seguito si riportano gli stralci del report dell'analisi del fenomeno dell'abbagliamento ai piloti, causato dall'installazione dell'impianto agrivoltaico denominato "CASCINETTO", oggetto del presente studio.

ILIOS S.r.l.			
<u>Sede Legale:</u> Via Montenapoleone 8, 20121, Milano (MI)	<u>Sede Operativa:</u> Via Massimo D'Azeglio 2, 70017, Putignano (BA)	<u>Telefono:</u> +39 080 8935086 <u>E-mail:</u> info@iliositalia.com <u>PEC:</u> iliositalia@legalmail.it	<u>CCIAA Milano-Monza-Brianza-Lodi</u> <u>C.F. e P.IVA</u> 12427580869



Documento:	STUDIO FENOMENI DI ABBAGLIAMENTO						
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,40 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO SRL	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	8 / 14
Codice Progetto:	ITOMY171	Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE_03_ALTRO_SPA_ENAC_SFA			

08/11/23, 13:28

Rev_8_1 Site Config | ForgeSolar



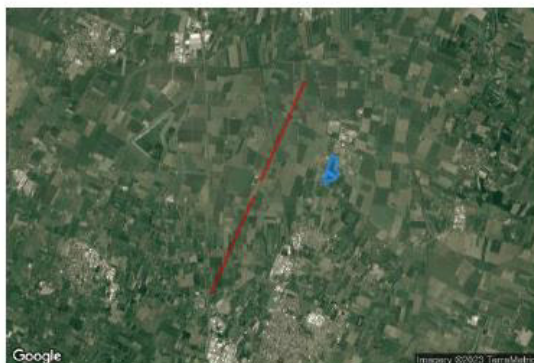
ForgeSolar

CASCINETTO

Rev_8_1

Created Nov 08, 2023
Updated Nov 08, 2023
Time-step 1 minute
Timezone offset UTC+1
Minimum sun altitude 0.0 deg
Site ID 104982.18186

Project type Advanced
Project status: active
Category 10 MW to 100 MW



Misc. Analysis Settings

DNI: varies (1,000.0 W/m² peak)
Ocular transmission coefficient: 0.5
Pupil diameter: 0.002 m
Eye focal length: 0.017 m
Sun subtended angle: 9.3 mrad

PV Analysis Methodology: Version 2
Enhanced subtended angle calculation: On

Summary of Results Glare with low potential for temporary after-image predicted

PV Name	Tilt	Orientation	"Green" Glare	"Yellow" Glare	Energy Produced
	deg	deg	min	min	kWh
PV array 1	SA tracking	SA tracking	942	0	-
PV array 2	SA tracking	SA tracking	678	0	-

ILIOS S.r.l.


Sede Legale:
Via Montenapoleone 8,
20121, Milano (MI)

Sede Operativa:
Via Massimo D'Azeglio 2,
70017, Putignano (BA)

Telefono: +39 080 8935086
E-mail: info@iliositalia.com
PEC: iliositalia@legalmail.it

CCIAA Milano-Monza-Brianza-Lodi
C.F. e P.IVA 12427580869



Documento:	STUDIO FENOMENI DI ABBAGLIAMENTO						
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,40 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO SRL	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	9 / 14
Codice Progetto:	ITOMY171	Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE_03_ALTRO_SPA_ENAC_SFA			

Component Data

PV Array(s)

Total PV footprint area: 186.742 m²

Name: PV array 1

Footprint area: 118,076 m²

Axis tracking: Single-axis rotation

Backtracking: Interval

Tracking axis orientation: 180.0 deg

Maximum tracking angle: 50.0 deg

Resting angle: 0.0 deg

Rated power: -

Panel material: Light textured glass with AR coating

Vary reflectivity with sun position? Yes

Correlate slope error with surface type? Yes

Slope error: 9.16 mrad



Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	44.842085	10.900075	19.24	4.50	23.74
2	44.841537	10.901599	19.39	4.50	23.89
3	44.840609	10.901127	18.82	4.50	23.12
4	44.840274	10.901706	18.19	4.50	22.69
5	44.838250	10.900869	18.57	4.50	23.07
6	44.837490	10.902157	19.27	4.50	23.77
7	44.836288	10.901534	19.15	4.50	23.65
8	44.837946	10.897694	19.10	4.50	23.60
9	44.839772	10.898895	18.71	4.50	23.21
10	44.839878	10.898681	18.79	4.50	23.29
11	44.841988	10.899994	19.34	4.50	23.84
12	44.842133	10.899919	19.03	4.50	23.53

Name: PV array 2

Footprint area: 68,666 m²

Axis tracking: Single-axis rotation

Backtracking: Interval

Tracking axis orientation: 180.0 deg

Maximum tracking angle: 50.0 deg

Resting angle: 0.0 deg

Rated power: -

Panel material: Light textured glass without AR coating

Vary reflectivity with sun position? Yes

Correlate slope error with surface type? Yes

Slope error: 9.7 mrad



Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	44.837668	10.897685	19.05	4.50	23.55
2	44.836078	10.901237	19.36	4.50	23.86
3	44.835545	10.900915	19.60	4.50	24.10
4	44.835462	10.900507	19.88	4.50	24.18
5	44.835363	10.900035	19.19	4.50	23.69
6	44.835302	10.899713	19.25	4.50	23.75
7	44.835279	10.899423	19.22	4.50	23.72
8	44.835249	10.898994	19.38	4.50	23.88
9	44.835218	10.898640	19.60	4.50	24.10
10	44.835180	10.898329	19.43	4.50	23.93
11	44.835180	10.898125	19.25	4.50	23.75
12	44.834374	10.898125	19.52	4.50	24.02
13	44.834397	10.897085	19.51	4.50	24.01
14	44.835234	10.897149	19.59	4.50	24.09
15	44.835256	10.896881	20.18	4.50	24.68
16	44.835332	10.896559	19.92	4.50	24.42
17	44.835409	10.896291	19.93	4.50	24.43
18	44.835428	10.896216	20.11	4.50	24.61
19	44.836048	10.896553	20.41	4.50	24.91
20	44.836181	10.896553	20.33	4.50	24.83
21	44.836329	10.896747	21.22	4.50	25.72
22	44.836154	10.897364	20.40	4.50	24.90
23	44.836717	10.897755	20.74	4.50	25.24
24	44.836827	10.897573	20.09	4.50	24.59
25	44.837101	10.896859	19.49	4.50	23.99
26	44.837242	10.896950	18.90	4.50	23.40
27	44.837200	10.897079	18.83	4.50	23.33
28	44.837193	10.897181	18.97	4.50	23.47
29	44.837200	10.897251	19.15	4.50	23.65
30	44.837238	10.897310	19.11	4.50	23.61
31	44.837273	10.897374	19.13	4.50	23.63
32	44.837692	10.897613	19.14	4.50	23.64

ILIOS S.r.l.


Sede Legale:
Via Montenapoleone 8,
20121, Milano (MI)

Sede Operativa:
Via Massimo D'Azeglio 2,
70017, Putignano (BA)

Telefono: +39 080 8935086
E-mail: info@iliositalia.com
PEC: iliositalia@legalmail.it

CCIAA Milano-Monza-Brianza-Lodi
C.F. e P.IVA 12427580869



Documento:	STUDIO FENOMENI DI ABBAGLIAMENTO						
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,40 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO SRL	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	10 / 14
Codice Progetto:	ITOMY171	Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE_03_ALTRO_SPA_ENAC_SFA			

2-Mile Flight Path Receptor(s)

Name: FP 1

Description:

Threshold height : 15 m

Direction: 204.0 deg

Glide slope: 3.0 deg

Pilot view restricted? Yes

Vertical view restriction: 30.0 deg

Azimuthal view restriction: 50.0 deg



Point	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
Threshold	44.835598	10.872680	20.64	15.24	35.88
2-mile point	44.862011	10.889283	18.94	185.62	204.57

Name: FP 2

Description:

Threshold height : 15 m

Direction: 24.0 deg

Glide slope: 3.0 deg

Pilot view restricted? Yes

Vertical view restriction: 30.0 deg

Azimuthal view restriction: 50.0 deg



Point	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
Threshold	44.831029	10.869804	20.15	15.24	35.39
2-mile point	44.804616	10.853203	24.60	179.48	204.08

Summary of PV Glare Analysis

PV configuration and total predicted glare

PV Name	Tilt	Orientation	"Green" Glare	"Yellow" Glare	Energy Produced	Data File
	deg	deg	min	min	kWh	
PV array 1	SA tracking	SA tracking	942	0	-	-
PV array 2	SA tracking	SA tracking	678	0	-	-

Distinct glare per month

Excludes overlapping glare from PV array for multiple receptors at matching time(s)

PV	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
pv-array-1 (green)	0	0	0	78	216	252	240	156	0	0	0	0
pv-array-1 (yellow)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pv-array-2 (green)	0	0	0	80	155	150	155	138	0	0	0	0
pv-array-2 (yellow)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ILIOS S.r.l.


Sede Legale:
Via Montenapoleone 8,
20121, Milano (MI)

Sede Operativa:
Via Massimo D'Azeglio 2,
70017, Putignano (BA)

Telefono: +39 080 8935086
E-mail: info@iliositalia.com
PEC: iliositalia@legalmail.it

CCIAA Milano-Monza-Brianza-
Lodi
C.F. e P.IVA 12427580869



Documento:	STUDIO FENOMENI DI ABBAGLIAMENTO						
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,40 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO SRL	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	11 / 14
Codice Progetto:	ITOMY171			Cod. Documento:	ITOMY171.PFTE_03_ALTRO_SPA_ENAC_SFA		

PV & Receptor Analysis Results

Results for each PV array and receptor

PV array 1 low potential for temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
FP: FP 1	0	0
FP: FP 2	942	0

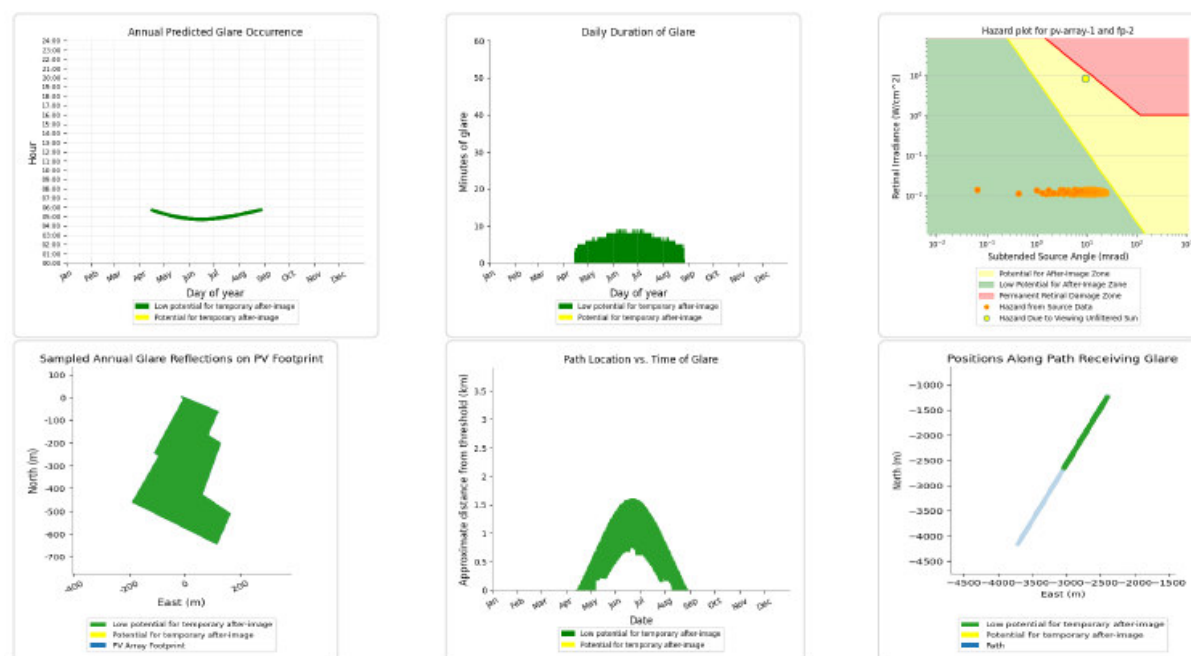
PV array 1: FP 1

No glare found

PV array 1: FP 2

PV array is expected to produce the following glare for this receptor:

- 942 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 0 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV array 2 low potential for temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
FP: FP 1	0	0
FP: FP 2	678	0

PV array 2: FP 1

No glare found

ILIOS S.r.l.

Sede Legale:
Via Montnapoleone 8,
20121, Milano (MI)

Sede Operativa:
Via Massimo D'Azeglio 2,
70017, Putignano (BA)

Telefono: +39 080 8935086
E-mail: info@iliositalia.com
PEC: iliositalia@legalmail.it

CCIAA Milano-Monza-Brianza-
Lodi
C.F. e P.IVA 12427580869



Documento:	STUDIO FENOMENI DI ABBAGLIAMENTO					
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,40 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE					
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO SRL	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.: 12 / 14
Codice Progetto:	ITOMY171	Cod. Documento:	ITOMY171.PFTE_03_ALTRO_SPA_ENAC_SFA			

PV array 2: FP 2

PV array is expected to produce the following glare for this receptor:

- 678 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 0 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.

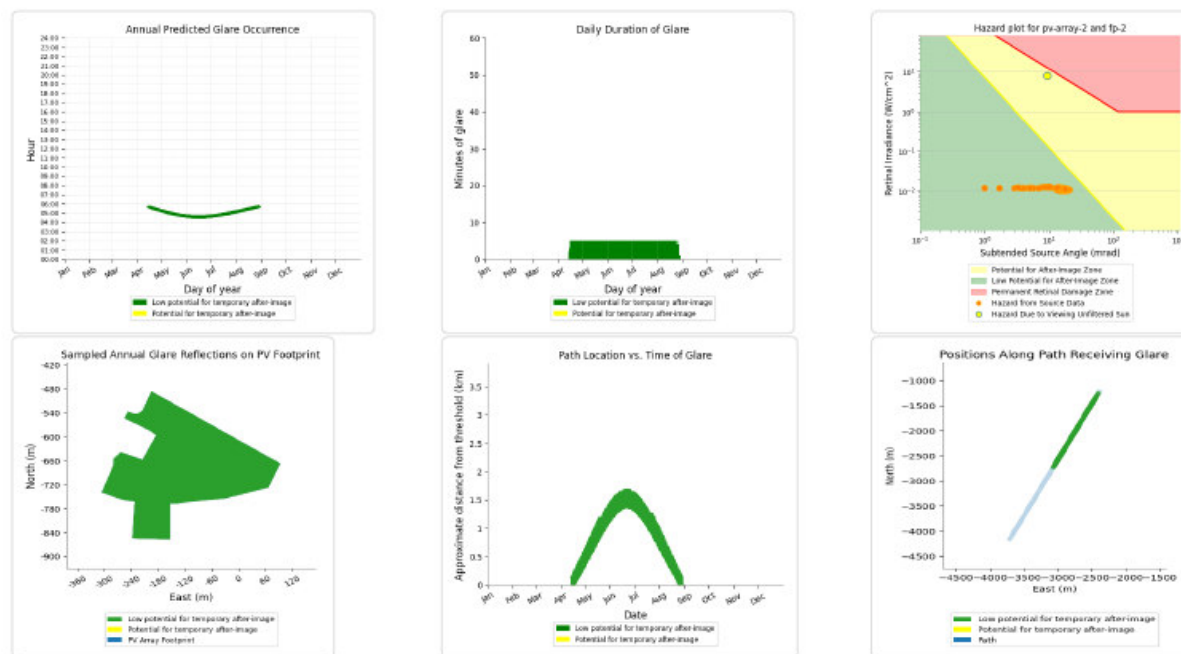


Figura 4: Report analisi del fenomeno dell'abbagliamento ai piloti

5.3 Metodo quantitativo

Il metodo quantitativo, che si è applicato nel caso specifico, prevede la dimostrazione analitica dell'assenza di fenomeni dannosi da abbagliamento mediante analisi geometrica o simulazione con software.

Più specificatamente, per quanto si può dedurre dal report dell'analisi del fenomeno dell'abbagliamento, riportato nel paragrafo precedente, si riassume e si evidenzia che:

- Il PV array 1 comporta esclusivamente dei "green glare", ovvero è caratterizzato da bassa potenzialità di causare temporaneamente il fenomeno dell'immagine residua, per quanto riguarda il Flight Path Receptor 2 (FP2).
Infatti:
 - Per FP1, non comporta alcun fenomeno di abbagliamento;
 - Per FP2, il PV array 1 comporta un totale di 942 minuti all'anno di "green glare", distribuiti da metà aprile a fine agosto;
- Il PV array 2 comporta esclusivamente dei "green glare", ovvero è caratterizzato da bassa potenzialità di causare temporaneamente il fenomeno dell'immagine residua, per quanto riguarda il Flight Path Receptor 2 (FP2).
Infatti:
 - Per FP1, non comporta alcun fenomeno di abbagliamento;
 - Per FP2, il PV array 2 comporta un totale di 678 minuti all'anno di "green glare", distribuiti da metà aprile a fine agosto.

Si può quindi concludere che, l'installazione dell'impianto agrivoltaico in esame è ritenuta accettabile, in quanto, seppur i PV array 1 e 2 comportino alcuni fenomeni di abbagliamento, questi ricadono nella zona verde del diagramma di irraggiamento retinale.

6. CONCLUSIONI

In seguito alle verifiche, i cui risultati sono stati riportati nei paragrafi precedenti, si ritiene che gli interventi di realizzazione dell'impianto agrivoltaico "CASCINETTO" non comportino fenomeni di abbagliamento tali da creare disturbo ai piloti e alle operazioni di navigazione aerea.

ILIOS S.r.l.


Sede Legale:
Via Montenapoleone 8,
20121, Milano (MI)

Sede Operativa:
Via Massimo D'Azeglio 2,
70017, Putignano (BA)

Telefono: +39 080 8935086
E-mail: info@iliositalia.com
PEC: iliositalia@legalmail.it


CCIAA Milano-Monza-Brianza-Lodi
C.F. e P.IVA 12427580869



Documento:	STUDIO FENOMENI DI ABBAGLIAMENTO						
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,40 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO SRL	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	13 / 14
Codice Progetto:	ITOMY171	Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE_03_ALTRO_SPA_ENAC_SFA			

7. INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Ubicazione delle opere su orto-foto	2
Figura 2: Impatto dell'angolo di incidenza sui raggi riflessi da un pannello fotovoltaico (Solas, Colton, 2014)	6
Figura 3: Percorso del sole	7
Figura 4: Report analisi del fenomeno dell'abbagliamento ai piloti	12

Documento:	STUDIO FENOMENI DI ABBAGLIAMENTO						
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,40 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO SRL	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	14 / 14
Codice Progetto:	ITOMY171	Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE_03_ALTRO_SPA_ENAC_SFA			

8. INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Dati generali circa l'impianto agrivoltaico 4

ILIOS S.r.l.

Sede Legale:
Via Montenapoleone 8,
20121, Milano (MI)

Sede Operativa:
Via Massimo D'Azeglio 2,
70017, Putignano (BA)

Telefono: +39 080 8935086
E-mail: info@iliositalia.com
PEC: iliositalia@legalmail.it

CCIAA Milano-Monza-Brianza-
Lodi
C.F. e P.IVA 12427580869

