

Modulo per la presentazione delle osservazioni per i piani/programmi/progetti sottoposti a procedimenti di valutazione ambientale di competenza statale

Presentazione di osservazioni relative alla procedura di:

- Valutazione Ambientale Strategica (VAS) – art.14 co.3 D.Lgs.152/2006 e s.m.i.
 Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) – art.24 co.3 D.Lgs.152/2006 e s.m.i.
 Verifica di Assoggettabilità alla VIA – art.19 co.4 D.Lgs.152/2006 e s.m.i.

(Barrare la casella di interesse)

Il/La Sottoscritto/a _____

(Nel caso di persona fisica, in forma singola o associata)

Il Sottoscritto Marco Ronchi in qualità di Amministratore Unico e legale rappresentante *pro tempore* della società **Volta Green Energy a r.l.**, domiciliato per la carica presso la sede della società,

(Nel caso di persona giuridica - società, ente, associazione, altro)

PRESENTA

ai sensi del D.Lgs.152/2006, le **seguenti osservazioni** al

- Piano/Programma, sotto indicato
 Progetto, sotto indicato

(Barrare la casella di interesse)

ID: 8959 - *Progetto di un impianto eolico di potenza complessiva di 72 MW, costituito da n.12 aerogeneratori, da realizzarsi nei comuni di Sassari, Stintino e Porto Torres (SS), nelle località "S'Elicheddu" e "Margoneddu".
Proponente: PLANET SARDINIA 2 S.R.L.*

(inserire la denominazione completa del piano/programma (procedure di VAS) o del progetto (procedure di VIA, Verifica di Assoggettabilità a VIA e obbligatoriamente il codice identificativo ID: xxxx del procedimento)

N.B.: eventuali file allegati al presente modulo devono essere unicamente in formato PDF e NON dovranno essere compressi (es. ZIP, RAR) e NON dovranno superare la dimensione di 30 MB. Diversamente NON potranno essere pubblicati.

OGGETTO DELLE OSSERVAZIONI

(Barrare le caselle di interesse; è possibile selezionare più caselle):

- Aspetti di carattere generale (es. struttura e contenuti della documentazione, finalità, aspetti procedurali)
 Aspetti programmatici (coerenza tra piano/programma/progetto e gli atti di pianificazione/programmazione territoriale/settoriale)
 Aspetti progettuali (proposte progettuali o proposte di azioni del Piano/Programma in funzione delle probabili ricadute ambientali)
 Aspetti ambientali (relazioni/impatti tra il piano/programma/progetto e fattori/componenti ambientali)
 Altro (specificare) Interferenza con il "Progetto dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica denominato "Nurra" della potenza complessiva di 35 MW, da realizzarsi nel Comune di Sassari, in provincia di Sassari, e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili, ivi comprese le opere di rete" della società Volta Green Energy, appartenente al Gruppo A2A – ID: 7411

ASPETTI AMBIENTALI OGGETTO DELLE OSSERVAZIONI

(Barrare le caselle di interesse; è possibile selezionare più caselle):

- Atmosfera
 - Ambiente idrico
 - Suolo e sottosuolo
 - Rumore, vibrazioni, radiazioni
 - Biodiversità (vegetazione, flora, fauna, ecosistemi)
 - Salute pubblica
 - Beni culturali e paesaggio
 - Monitoraggio ambientale
 - Altro (*specificare*) _____
-

TESTO DELL' OSSERVAZIONE

Premesse

La scrivente Volta Green Energy Srl (nel prosieguo anche "VGE" o "Società"), appartenente al gruppo A2A, è titolare di un progetto di un impianto fotovoltaico di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare denominato "Nurra", della potenza complessiva di 35 MW, sito nel Comune di Sassari, in provincia di Sassari, e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili, ivi comprese le opere di rete.

Più in dettaglio, in data 02/08/2021 la Società ha presentato, al competente Ufficio del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), con nota proprio prot. n. 0162VOL21GS del 31/07/2021, istanza per il rilascio del provvedimento di V.I.A. nell'ambito del Provvedimento Unico in materia Ambientale ai sensi dell'art. 27 del D. Lgs. 152/2006 per l'impianto in epigrafe richiamato.

In data 13/08/2021 VGE ha presentato all'Assessorato Industria, Servizio Energia ed Economia Verde, della Regione Sardegna l'istanza per il rilascio di Autorizzazione Unica alla costruzione ed esercizio (ai sensi del D.Lgs. 387/2003).

In data 16/02/2022, con nota prot. 19409 il MASE comunicava la procedibilità dell'istanza e l'avvio della procedura ai sensi dell'art. 27 comma 5 del D. Lgs. 152/2006.

In data 09/12/2022, con nota prot. 154949 il MASE comunicava nuovamente la procedibilità dell'istanza e rendeva nota pubblicazione dell'avviso al pubblico e l'avvio della consultazione ai sensi dell'art. 27 comma 6 del D. Lgs. 152/06.

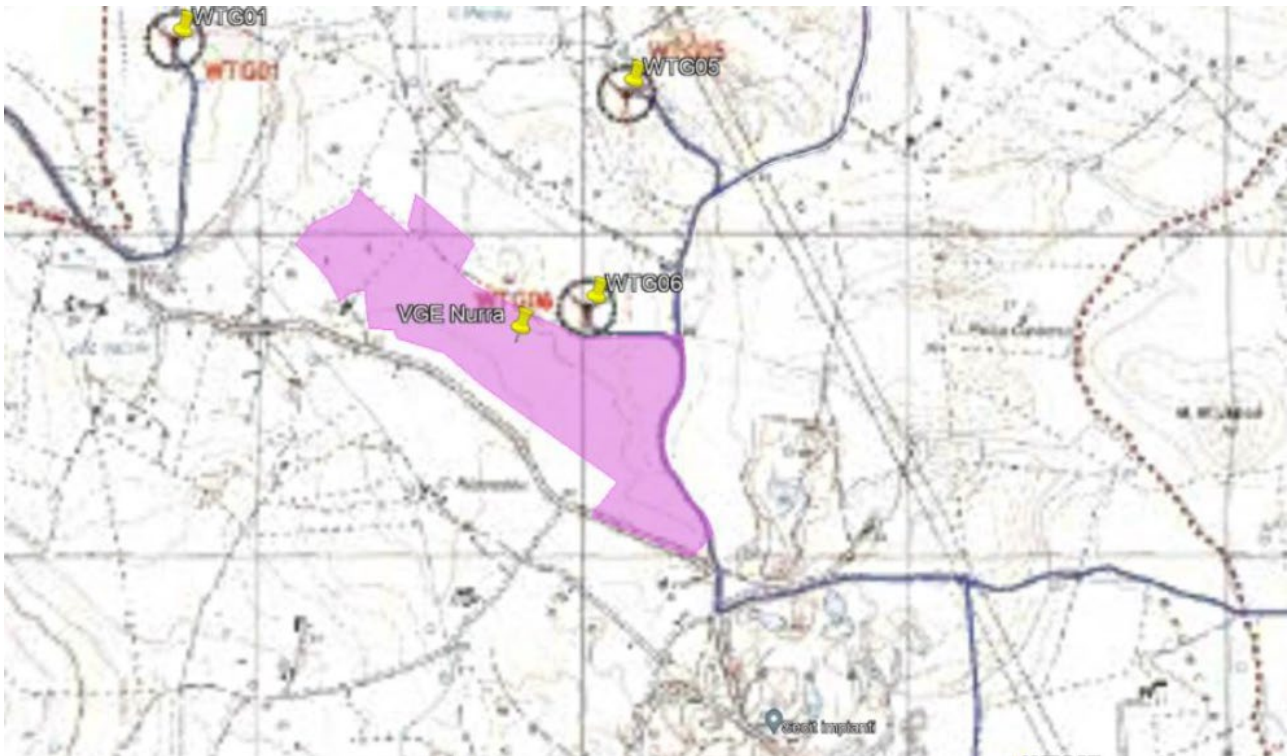
Per le aree di installazione dell'impianto fotovoltaico "Nurra" la VGE ha già sottoscritto regolari contratti preliminari notarili di acquisizione dei diritti di superficie.

In data 24/03/2023 la Planet Sardinia 2 S.r.l. ha presentato il "Progetto di un impianto eolico di potenza complessiva di 72 MW, costituito da n.12 aerogeneratori, da realizzarsi nei comuni di Sassari, Stintino e Porto Torres (SS), nelle località "S'Elicheddu" e "Margoneddu" - ID: 8959, attualmente in fase di istruttoria tecnica CTPNRR-PNIEC.

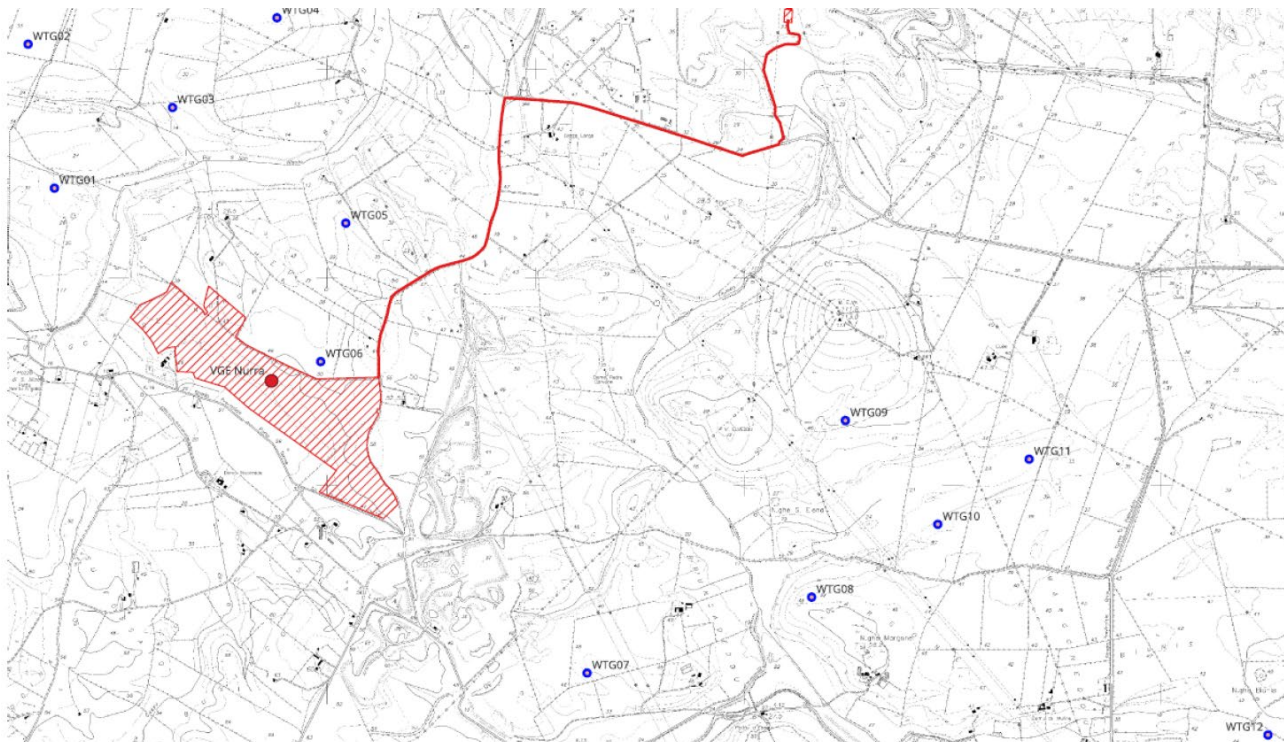
Con il presente documento, VGE, relativamente al proprio progetto dell'impianto fotovoltaico denominato "Nurra", trasmette le proprie osservazioni riguardanti il layout del progetto presentato dalla Planet Sardinia 2 S.r.l. e depositato in data 24/03/2023.

Interferenze tra i due progetti

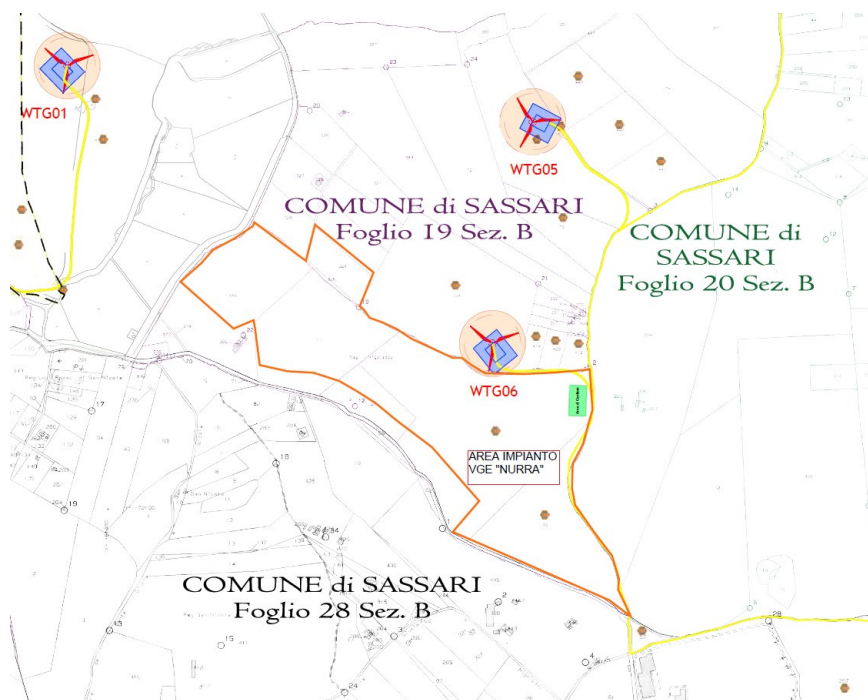
Dall'analisi degli elaborati del progetto della Planet Sardinia 2 S.r.l. depositato presso il portale del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica in data 24/03/2023, avente codice ID: 8959, si evince come alcuni aerogeneratori ricadano in prossimità del terreno ove è previsto l'impianto fotovoltaico denominato "Nurra" ed in particolare l'aerogeneratore denominato "WTG06" risulta in adiacenza al terreno della scrivente Società. Si segnala inoltre che anche un tratto di elettrodotto/viabilità e la prevista area di cantiere del progetto della Planet Sardinia 2 ricadono all'interno del suddetto terreno, già contrattualizzato dalla Volta Green Energy, di installazione dell'impianto fotovoltaico Nurra, vedasi stralci planimetrici sotto:



Stralcio sovrapposizione dell'elaborato "ITW_PRT_A16_a2_Layout_Impianto_su_IGM_in_scala_1a25000-signed" con l'area di installazione del progetto PV della scrivente VGE denominato "Nurra" e l'aerogeneratore "WTG06" del progetto della Planet Sardinia 2 Srl



Sovrapposizione su CTR dell'area di installazione del progetto della scrivente VGE denominato "Nurra" con il progetto della Planet Sardinia 2 Srl



Stralcio sovrapposizione dell'elaborato "ITW_PRT_A16_a18_TAV_III_Piano_Particolare_di_Esproprio_Grafico-signed" del progetto della Planet Sardinia 2 Srl con l'area di installazione del progetto PV della scrivente VGE denominato "Nurra"

Inoltre, per valutare l'interferenza provocata dal progetto eolico della Planet Sardinia 2 Srl all'impianto fotovoltaico Nurra ed in particolare le eventuali ripercussioni negative al futuro impianto della VGE consistenti soprattutto in eventuali danni ai moduli fotovoltaici derivanti dalla rottura degli organi rotanti o dagli ombreggiamenti degli aerogeneratori, la VGE ha prodotto l'elaborato denominato "C23-013-S06-000 - Valutazione Tecnica Interferenza tra impianto fotovoltaico "NURRA" della Società Volta Green Energy S.r.l. e aerogeneratori impianto eolico "Planet Sardinia 2"" qui allegato e al quale si rimanda, da cui si evince che il buffer minimo che qualsiasi aerogeneratore deve tenere è di almeno 690 metri dai confini dell'area di installazione dell'impianto fotovoltaico Nurra.

Conclusioni

In considerazione di quanto sopra esposto, la scrivente confida che codesta Spett.le Amministrazione vorrà valutare il progetto della Planet Sardinia 2 Srl alla luce delle osservazioni esposte nel presente documento, con particolare riferimento al tratto di elettrodotto, all'area di cantiere e alle posizioni delle WTG che risultano incompatibili con l'area di installazione dell'impianto fotovoltaico "Nurra" della scrivente Volta Green Energy Srl, appartenente al gruppo A2A.

Il Sottoscritto dichiara di essere consapevole che, ai sensi dell'art. 24, comma 7 e dell'art.19 comma 13, del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., le presenti osservazioni e gli eventuali allegati tecnici saranno pubblicati sul Portale delle valutazioni ambientali VAS-VIA del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica.

Tutti i campi del presente modulo devono essere debitamente compilati. In assenza di completa compilazione del modulo l'Amministrazione si riserva la facoltà di verificare se i dati forniti risultano sufficienti al fine di dare seguito alle successive azioni di competenza.

ELENCO ALLEGATI

Allegato 1 - Dati personali del soggetto che presenta l'osservazione

Allegato 2 - Copia del documento di riconoscimento in corso

Allegato 3 – Elaborato: C23-013-S06-000 - *Valutazione Tecnica Interferenza tra impianto fotovoltaico "NURRA" della Società Volta Green Energy S.r.l. e aerogeneratori impianto eolico "Planet Sardinia 2"*

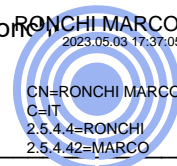
(inserire numero e titolo dell'allegato tecnico se presente e unicamente in formato PDF)

Luogo e data: Milano, 03/05/2023

(inserire luogo e data)

Il dichiarante

Marco Ronchi



(Firma)

| | | | | | |
|------|------------|------------------------|---------|------------|------------|
| | | | | | |
| 01 | 03/05/2023 | Emissione definitiva | ANTEX | FURNO C. | NASTASI A. |
| 00 | 24/04/2023 | Emissione per commenti | ANTEX | FURNO C. | NASTASI A. |
| REV. | DATA | DESCRIZIONE REVISIONE | REDATTO | VERIFICATO | APROVATO |

PARERE/VIDIMAZIONE ENTE:

REGIONE SARDEGNA
Provincia di Sassari
 COMUNE DI SASSARI (SS)



COMMITTENTE:

Volta Green Energy S.r.l.



Corso di Porta Vittoria, 4 – 20122 Milano (MI)
 Tel. +39 0464 625100 - Fax +39 0464 625101 - PEC: volta-ge.arn@pec.a2a.eu

PROGETTISTA:



Resp. Tecnico:
 Dott. Ing. Cesare Furno
 Ordine degli Ingegneri
 della Provincia di Catania
 n° 6130 sez. A

Via Jonica, 16 – Loc. Belvedere – 96100 Siracusa (SR)
 Tel. 0931 1663409 – Web: www.antexgroup.it – e-mail: info@antexgroup.it

OGGETTO DELL'ELABORATO:

Valutazione Tecnica Interferenza tra impianto fotovoltaico "NURRA" della Società Volta Green Energy S.r.l. e aerogeneratori impianto eolico "Planet Sardinia 2" .

| N° ELABORATO | SCALA | FOGLIO | FORMATO | CODIFICA COMMITTENTE |
|-----------------|-------|--------|---------|----------------------|
| C23-013-S06-001 | N.A. | 1 di 1 | A4 | - |

ID ELABORATO: C23-013-S06-001 - Valutazione Tecnica Interferenza

Questo elaborato è di proprietà di VGE ed è protetto a termini di legge



| | | | |
|---------------------------|--|---|--------|
| Volta Green Energy S.r.l. | IMPIANTO FOTOVOLTAICO “NURRA” VALUTAZIONE TECNICA INTERFERENZA TRA IMPIANTO FOTOVOLTAICO “NURRA” E AEROGENERATORI IMPIANTO EOLICO “PLANET SARDINIA 2” |  Ingegneria & Innovazione | |
| | | 24/04/2023 | REV: 0 |

INDICE

| | |
|--|----|
| 1. PREMESSA..... | 3 |
| 2. LOCALIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI E INTERFERENZE RISCOstrate..... | 4 |
| 3. CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA DOVUTA A ROTTURA DI ELEMENTI ROTANTI..... | 6 |
| 3.1. Forze agenti sulla traiettoria | 8 |
| 3.2. Rottura della pala alla radice e calcolo gittata massima | 8 |
| 4. CALCOLO DELL’OMBREGGIAMENTO DOVUTO ALL’AEROGENERATORE | 17 |
| 4.1. Metodologia di calcolo dell’ombreggiamento | 20 |
| 4.2. Risultati di Calcolo dell’ombreggiamento..... | 21 |
| 5. CONCLUSIONI | 27 |

| | | | | |
|---------------------------|--|--|--------|-------|
| Volta Green Energy S.r.l. | IMPIANTO FOTOVOLTAICO "NURRA" |  Antex group Ingegneria & Innovazione | | |
| | VALUTAZIONE TECNICA INTERFERENZA TRA IMPIANTO FOTOVOLTAICO "NURRA" E AEROGENERATORI IMPIANTO EOLICO "PLANET SARDINIA 2" | 24/04/2023 | REV: 0 | Pag.3 |

1. PREMESSA

La presenza e l'esercizio di un parco eolico, come di qualunque altra attività di produzione industriale, è inevitabilmente connessa alla probabilità di rischi o interferenze per le persone, le cose o, come nel caso in oggetto, con altri impianti stessi di produzione di energia elettrica che si trovano nelle sue immediate vicinanze.

Uno degli scopi degli studi che concorrono al progetto di tali installazioni dovrebbe essere quello di ridurre i danni, causati da incidenti o interferenze derivanti dagli stessi, sino ad un rischio residuale non eliminabile ma che si possa considerare accettabile. Nelle considerazioni entrano in gioco sostanzialmente, se non esclusivamente, i requisiti di sicurezza e buona progettazione che l'impianto deve assicurare in tutte le fasi della propria vita.

Il presente studio, elaborato da Antex Group, ha lo scopo di valutare l'interferenza provocata dal progetto in fase di autorizzazione "Planet Sardinia 2", Codice procedura (ID_VIP/ID_MATTM) 8959, all'autorizzando impianto fotovoltaico "Nurra" della società Volta Green Energy S.r.l., di seguito anche "VGE", con il seguente excursus autorizzativo:

- Codice Pratica iniziativa: 202000347
- Potenza AC in immissione: 35W
- STMG Terna ottenuta il 29/05/2020. Soluzione di connessione: *"la centrale è collegata in antenna a 150 kV sul futuro ampliamento della sezione in GIS a 150 kV della stazione elettrica (SE) RTN 380/150 kV di "Fiumesanto", previa realizzazione del nuovo collegamento 150 kV "Fiumesanto - Porto Torres", di cui al Piano di Sviluppo di Terna"*
- Accettazione preventivo il 22/09/2020
- In data 02/08/2021 VGE ha presentato al MiTE ed al MiC (ai sensi dell'art.27 del D.lgs. 152/2016 e ss.mm.ii) l'istanza per il rilascio del Provvedimento di V.I.A. PNIEC-PNRR nell'ambito del Provvedimento Unico in materia Ambientale (PUA)
- In data 13/08/2021 VGE ha presentato all'Assessorato Industria, Servizio Energia ed Economia Verde della Regione Sardegna l'istanza per il rilascio di Autorizzazione Unica alla costruzione ed esercizio (ai sensi del D.lgs. 387/2003)
- In data 08/09/2021 VGE ha ottenuto da Terna il benestare al progetto relativa agli impianti di rete per la connessione
- In data 06/04/2022 si è tenuta una prima riunione convocata dal MiTE per la presentazione del progetto
- In data 26/05/2022 il MiTE ha effettuato un sopralluogo congiunto con VGE sulle aree di progetto. La procedura per l'ottenimento del parere di VIA nell'ambito del PUA è tuttora in corso
- Per le arre di installazione dell'impianto fotovoltaico "NURRA" la VGE ha già sottoscritto regolari contratti preliminari notarili di acquisizione dei diritti di superficie. Allo stato attuale il progetto dell'impianto fotovoltaico "NURRA" si trova in stato autorizzativo avanzato.

*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
È Vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*

Comm.: C23-013-S06

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



| | | | |
|---------------------------|--|--|--------|
| Volta Green Energy S.r.l. | IMPIANTO FOTOVOLTAICO “NURRA” |  Antex group Ingegneria & Innovazione | |
| | VALUTAZIONE TECNICA INTERFERENZA TRA IMPIANTO FOTOVOLTAICO “NURRA” E AEROGENERATORI IMPIANTO EOLICO “PLANET SARDINIA 2” | 24/04/2023 | REV: 0 |

2. LOCALIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI E INTERFERENZE RISCOSE

Di seguito si mostra un estratto dei documenti “ITW_PRT_A16_a2_Layout_Impianto_su_IGM_in_scala_1a25000-signed” e “ITW_PRT_A17_VIA15_A_Aree_contermini_Impatti_Cumulativi-signed”, presente al link <https://va.mite.gov.it/IT/Oggetti/Documentazione/9196/14268> del Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica, afferente le posizioni del Progetto di un impianto eolico da realizzarsi nei comuni di Sassari, Stintino e Porto Torres (SS), nelle località "S'Elicheddu" e "Margoneddu" del proponente PLANET SARDINIA 2 S.R.L., Codice procedura (ID_VIP/ID_MATTM): 8959 con data di presentazione istanza del 24/03/2023, al quale è stato sovrapposto il progetto dell’impianto fotovoltaico denominato "Nurra" in fase autorizzativa avanzata con Codice procedura (ID_VIP/ID_MATTM): 7411 con data di presentazione istanza del 02/08/2021 di proprietà della società VGE S.r.l.:

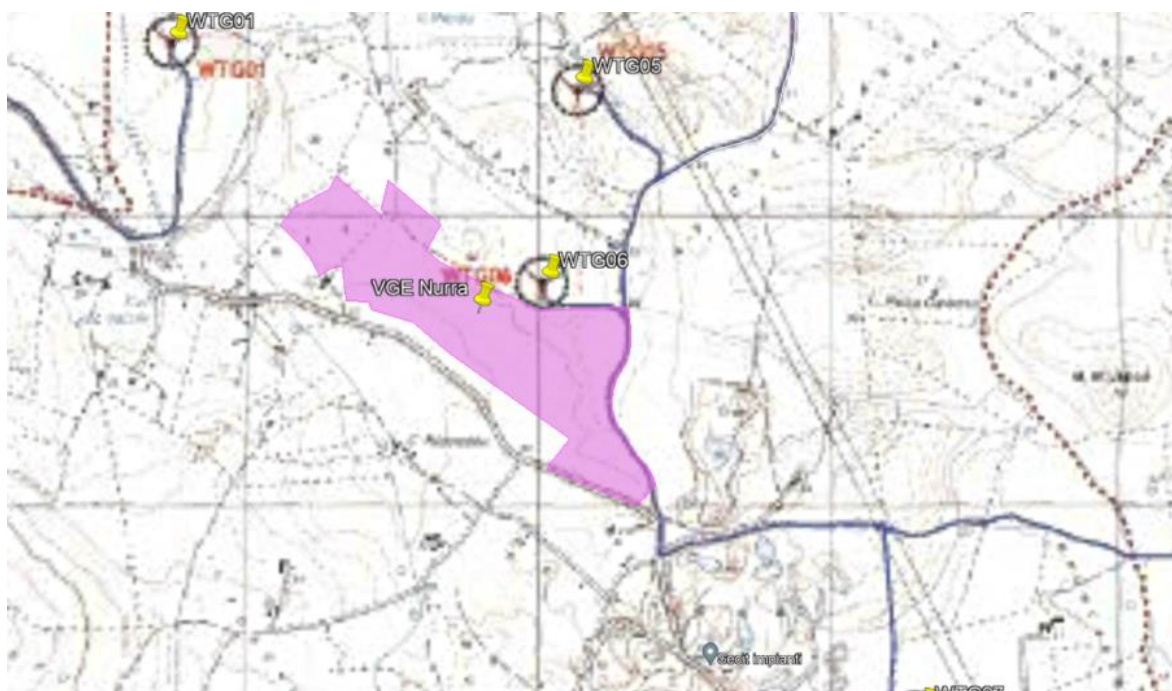


Fig. 1 Sovrapposizione delle aree di impianto PV “NURRA” al documento “ITW_PRT_A16_a2_Layout_Impianto_su_IGM_in_scala_1a25000-signed” riportante le posizioni degli aerogeneratori dell’impianto eolico “Planet Sardinia 2”.

*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
È Vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*

Comm.: C23-013-S06

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



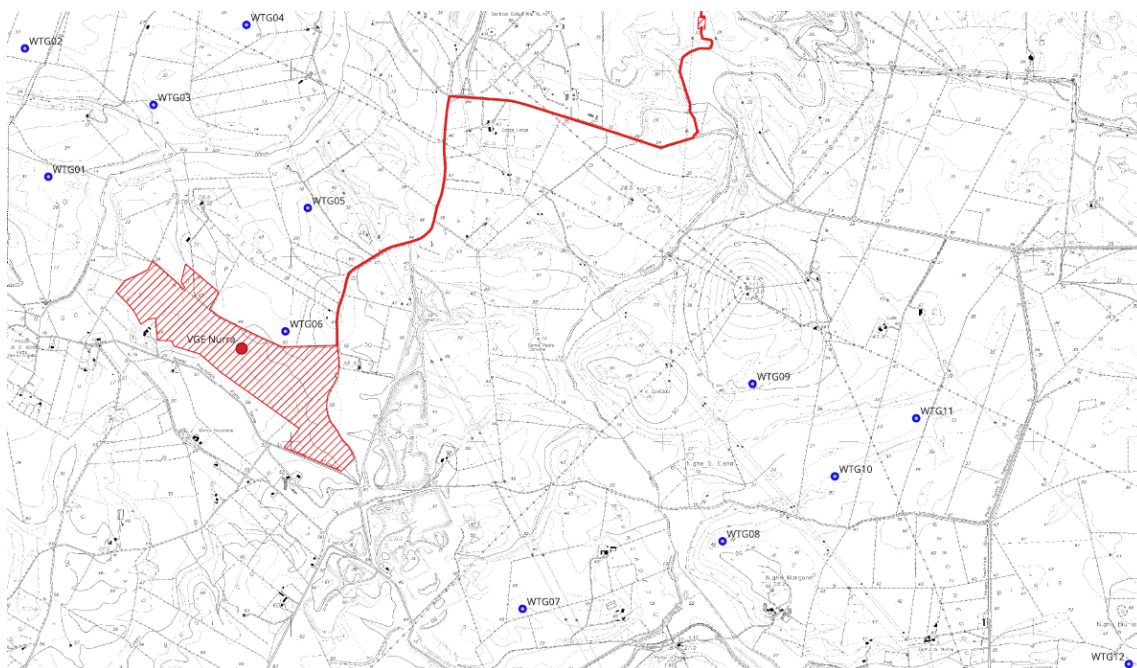


Fig. 2 Sovrapposizione delle aree di impianto PV "NURRA" al documento all'impianto eolico "Planet Sardinia 2" su CTR

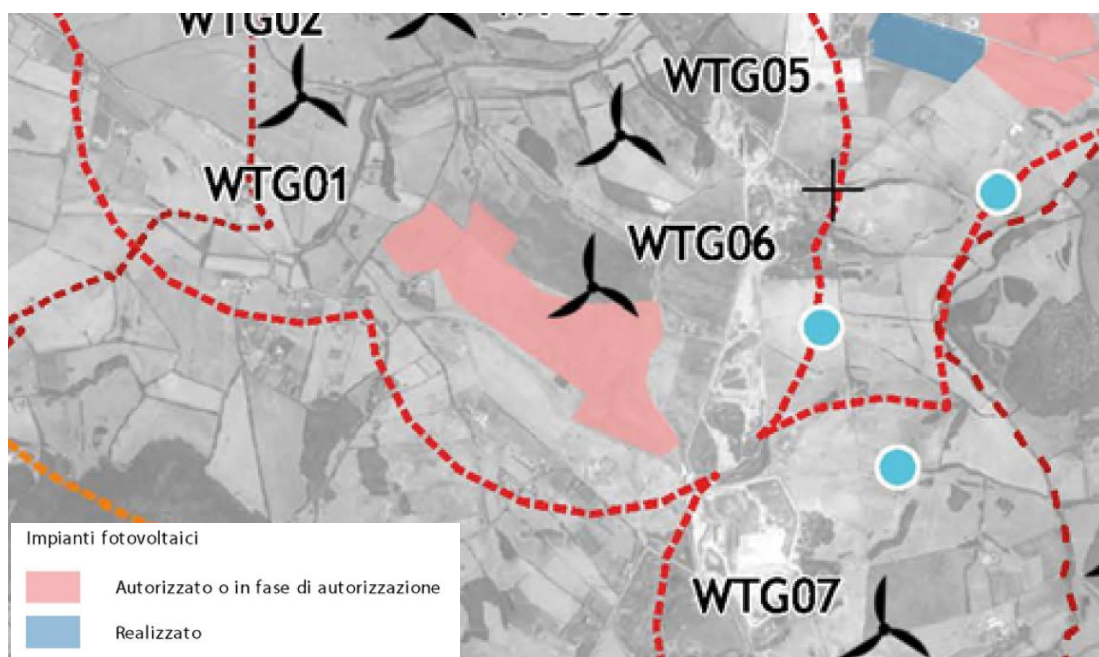


Fig. 3 Estratto del documento "ITW_PRT_A17_VIA15_A_Aree_contermini_Impatti_Cumulativi-signed" ove lo stesso proponente eolico (Planet Sardinia 2) immette l'impianto PV "Nurra" come uno degli impianti delle "aree contermini impatti cumulativi"

| | | | |
|---------------------------|--|---|--------|
| Volta Green Energy S.r.l. | IMPIANTO FOTOVOLTAICO "NURRA" VALUTAZIONE TECNICA INTERFERENZA TRA IMPIANTO FOTOVOLTAICO "NURRA" E AEROGENERATORI IMPIANTO EOLICO "PLANET SARDINIA 2" |  | |
| | | 24/04/2023 | REV: 0 |

Come facilmente intuibile dalle immagini sopra riportate, i due impianti occupano terreni confinanti e in alcuni punti le opere dell'impianto eolico si sovrappongono con le aree occupate dall'impianto fotovoltaico (sorvolo, viabilità e aree di manovra).

Fermo restando quanto scritto sopra, lo scopo principale di questo studio è di individuare quali interferenze e danni che possono venire a verificarsi, causate dall'aerogeneratore eolico nei confronti dell'impianto fotovoltaico, oltre alla sovrapposizione e contiguità vera e propria.

Sicuramente, la prima ipotesi che si deve prendere in considerazione, in termini di danni strutturali causati a seguito di eventuali incidenti, è il danneggiamento dei moduli fotovoltaici e delle relative strutture a seguito di impatto con uno degli organi rotanti dell'aerogeneratore accidentalmente staccatosi dalla propria sede. Quindi, fondamentalmente lo studio, in questo caso, verterà sulla determinazione della distanza che potrebbe raggiungere quest'ultimo.

La seconda ipotesi che si può e deve prendere in considerazione è qualcosa di più tangibile, che si verifica sempre e che non dipende da uno o più sfortunati eventi: l'ombreggiamento. Come riportato all'interno del documento "ITW_PRT_A16_b2_Sezioni_Tipo_Aerogeneratore-signed" la tipologia di aerogeneratore scelto per il progetto "Planet Sardinia 2" e del tipo SG170 e raggiunge dimensioni importanti sia in altezza (circa 200 m) sia in larghezza a causa del diametro del suo rotore (170 m) e, come qualsiasi altro oggetto, se viene a trovarsi lungo la direttrice che congiunge una fonte luminosa (il sole) ed un ricevitore (l'impianto fotovoltaico) proietta su quest'ultimo la sua ombra. Apparentemente potrebbe sembrare una cosa innocua ma, come vedremo, forse è la peggiore delle interferenze alle quali possa essere soggetto un impianto fotovoltaico.

Di seguito verranno esaminate entrambe le ipotesi, riportandone i risultati nel caso specifico ed estrapolandone alcune deduzioni utili ad un eventuale spostamento dell'aerogeneratore.

3. CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA DOVUTA A ROTTURA DI ELEMENTI ROTANTI

La seguente analisi scaturisce dai potenziali rischi dovuti alla presenza di componenti di grandi dimensioni in movimento e consiste nello stimare la distanza dall'aerogeneratore entro la quale, in presenza di un'eventuale rottura degli elementi rotanti, un distacco con lancio di una pala possa rappresentare un rischio. Queste possono essere strappate dalla loro sede e lanciate con una quantità di moto abbastanza elevata da raggiungere distanze abbastanza importanti. La traiettoria dipende dall'energia cinetica iniziale al momento del rilascio, dalle condizioni anemologiche, dalle proprietà aerodinamiche dell'elemento e dalla sue dimensioni e dal punto della circonferenza di rotazione da cui si stacca, oltre dall'altezza della torre e dalla potenza della macchina eolica. Nella trattazione che segue si adopereranno delle semplificazioni come, ad esempio, considerare all'interno del calcolo il contributo degli effetti gravitazionali ed escludere, invece, i contributi aerodinamici. Tener conto di questi ultimi significherebbe considerare un numero significativo di variabili come, tra le tante, la pala che viene lanciata sia in termini di massa sia in termini di contributi aerodinamici oltre a dover fissare le condizioni di vento all'atto della rottura, alla distribuzione delle velocità lungo il pezzo staccato e la

| | | | | |
|---------------------------|--|--|--------|-------|
| Volta Green Energy S.r.l. | IMPIANTO FOTOVOLTAICO "NURRA" |  Antex group Ingegneria & Innovazione | | |
| | VALUTAZIONE TECNICA INTERFERENZA TRA IMPIANTO FOTOVOLTAICO "NURRA" E AEROGENERATORI IMPIANTO EOLICO "PLANET SARDINIA 2" | 24/04/2023 | REV: 0 | Pag.7 |

distribuzione delle velocità del vento lungo la traiettoria. È vero che i contributi aerodinamici potrebbero aumentare il tempo di volo e quindi la gittata ma è anche vero che, per compensare, non verrà tenuto conto della presenza dell'aria che genera comunque delle forze di resistenza viscosa che agendo sulla superficie della pala ne riducono tempo di volo e distanza. Inoltre, queste ipotesi risultano conservative considerando che in letteratura si registra, a causa degli effetti di attrito, una diminuzione del tempo di volo anche del 20% ("Blade throw calculation under normal operating conditions" VESTAS AS Denmark July 2001), ponendoci in una situazione di maggiore sicurezza.

Le pale di un aerogeneratore sono fissate al mozzo e vi è un sistema di controllo che ne modifica costantemente l'orientamento rispetto alla direzione del vento, per offrire allo stesso sempre il medesimo profilo alare garantendo, indipendentemente dalla direzione del vento, un solo verso di rotazione.

La tipologia di macchina di riferimento per il nostro calcolo ha le seguenti caratteristiche:

| | |
|--|-----------------------|
| Altezza al Mozzo | 115 m |
| Diametro Rotore | 170 m |
| Lunghezza singola Pala | 83,5 m |
| Area Spazzata | 22.698 m ² |
| Numero Pale | 3 |
| Senso di Rotazione | Orario |
| Velocità di Rotazione Nominale del Rotore | 8,8 rpm |
| Potenza Nominale Turbina | 6,0 MW |
| Cut-Out | 25 m/s |
| Cut-in | 3 m/s |
| Posizione Baricentro della pala a partire dalla radice | 27,83 m |

Le modalità di rottura della pala possono essere assai diverse. Essendo un organo in rotazione è soggetto alla forza centripeta che va equilibrata con l'azione della struttura della torre stessa. Per minimizzare tale forza, la pala è costruita in materiale leggero; normalmente si utilizzano materiali compositi che sfruttano le caratteristiche meccaniche così da far fronte ai carichi aerodinamici imposti.

Le modalità di rottura che più frequentemente si potrebbe venire a verificarsi è del tipo "Rottura alla Radice".

*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
È Vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*

Comm.: C23-013-S06

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



| | | | |
|---------------------------|--|---|--------|
| Volta Green Energy S.r.l. | IMPIANTO FOTOVOLTAICO "NURRA" VALUTAZIONE TECNICA INTERFERENZA TRA IMPIANTO FOTOVOLTAICO "NURRA" E AEROGENERATORI IMPIANTO EOLICO "PLANET SARDEGNA 2" |  Ingegneria & Innovazione | |
| | | 24/04/2023 | REV: 0 |

3.1. Forze agenti sulla traiettoria

La determinazione delle forze e dei momenti agenti sulla pala a causa di una rottura istantanea durante il moto rotazionale, come detto precedentemente, è molto complessa.

La traiettoria iniziale è determinata principalmente dall'angolo di lancio e dalle forze generalizzate inerziali agenti sulla pala. La pala quindi, quando inizierà il suo moto, continuerà a ruotare (conservazione della quantità di moto).

L'unica forza inerziale agente in questo caso è la forza di gravità. La durata del volo considerato è determinata considerando la velocità verticale iniziale applicata al centro di gravità. Il tempo risultante è usato per calcolare la distanza orizzontale (gittata) nel piano e fuori dal piano. La gittata è determinata dalla velocità orizzontale al momento del distacco. Non prendendo in considerazione le caratteristiche aerodinamiche proprie della pala, la gittata maggiore si avrebbe nel caso di distacco in corrispondenza della posizione a 45 gradi e di moto "a giavellotto" del frammento. Nella realtà la pala ha una complessità aerodinamica tale per cui il verificarsi di queste condizioni è praticamente impossibile: le forze di resistenza viscosa, le azioni del vento ed il moto di rotazione complesso dovuto al profilo aerodinamico della pala, si oppongono al moto riducendone tempo e distanza di volo.

3.2. Rottura della pala alla radice e calcolo gittata massima

Questo tipo di incidente, che comporta il distacco di una pala completa dal rotore dell'aerogeneratore, può essere determinato dalla rottura della giunzione bullonata fra la pala ed in mozzo.

Le pale sono costituite da una parte strutturale (longherone) posizionata all'interno della pala e da una parte esterna (gusci) che ha sostanzialmente compiti di forma. Le tre parti, il longherone e i due gusci, sono uniti fra loro mediante incollaggio e, alla fine del processo produttivo, costituiscono un corpo unico.

| | | | | |
|---------------------------|--|--|--------|-------|
| Volta Green Energy S.r.l. | IMPIANTO FOTOVOLTAICO "NURRA" |  Antex group Ingegneria & Innovazione | | |
| | VALUTAZIONE TECNICA INTERFERENZA TRA IMPIANTO FOTOVOLTAICO "NURRA" E AEROGENERATORI IMPIANTO EOLICO "PLANET SARDEGNA 2" | 24/04/2023 | REV: 0 | Pag.9 |

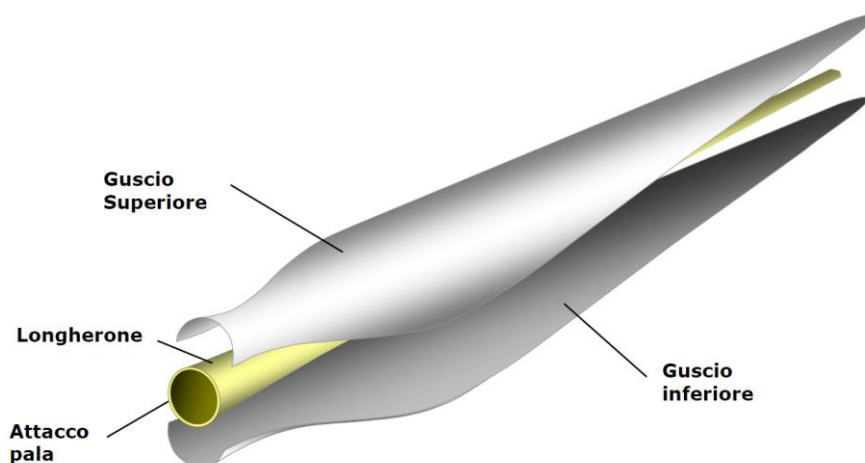


Fig. 4 Stratificazione della struttura di una pala

Il longherone è dotato di attacchi filettati che consentono di collegarlo al mozzo con bulloni (prigionieri) serrati opportunamente durante l'installazione della turbina. Il precarico conferito ai prigionieri durante il serraggio ha un'influenza determinante sulla resistenza dei prigionieri stessi ai carichi di fatica, per questo motivo è previsto un controllo di tale serraggio durante le operazioni di manutenzione programmata della turbina. L'errata verifica del serraggio ed una plausibile riduzione del precarico possono determinare la rottura per fatica dei bulloni e al distacco della pala.

*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
È Vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*

Comm.: C23-013-S06

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



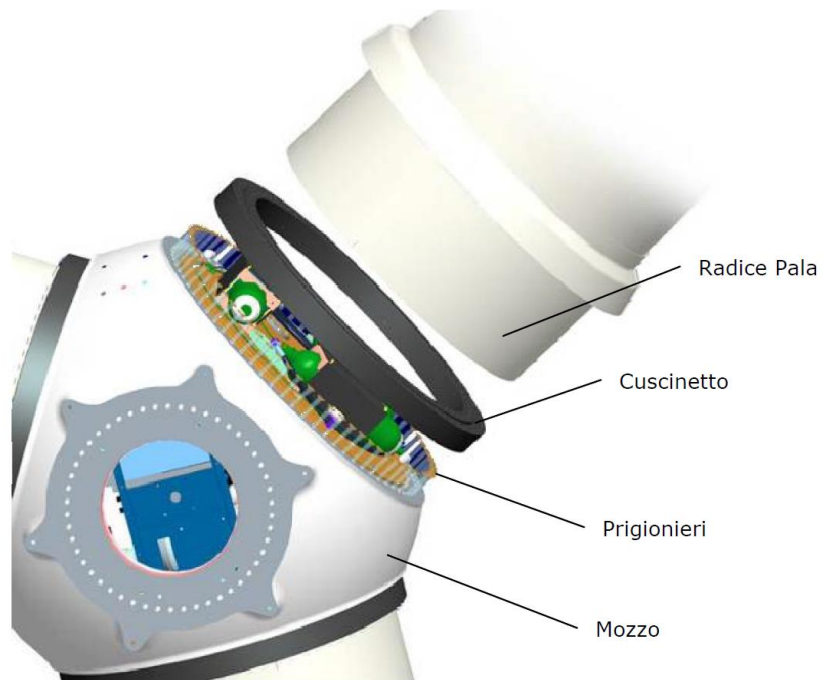


Fig. 5 Schema di collegamento pala-mozzo

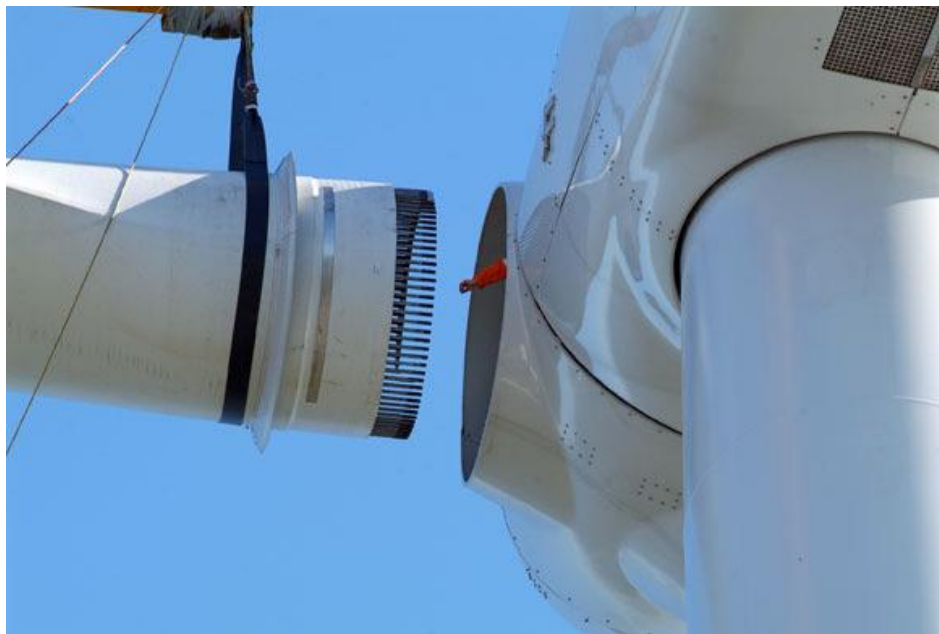


Fig. 6 Particolare del collegamento pala-mozzo

Per la stima della gittata massima dell'intera pala si impongono alcune ipotesi semplificative:

- distacco netto ed istantaneo di una intera pala alla sua radice;
- assenza di attriti viscosi durante il volo;
- distacco alla rotazione massima di funzionamento;
- vento presente durante tutto il volo della pala con velocità corrispondente alla velocità massima di funzionamento;
- assenza di effetti di "portanza" del profilo alare.

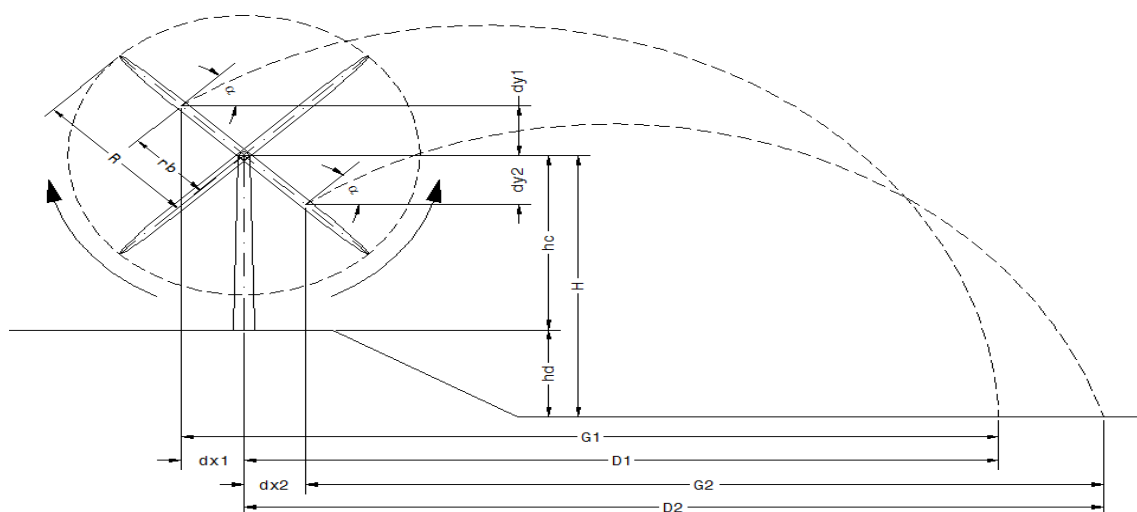


Fig. 7 Schema grafico della gittata

Il moto considerato è di tipo rotazionale, cioè quello fisicamente più probabile. Non viene considerata la possibilità, puramente teorica, che il corpo assuma una traiettoria "a giavellotto".

Inoltre, ponendosi nelle condizioni peggiori possibili (WORST CASE) e come precedentemente illustrato, viene trascurata la presenza dell'aria che nella realtà genera forze di resistenza al moto che ne ridurrebbero tempo di volo e distanza di caduta.

$$\left\{ \begin{array}{l} z = -g \text{ nella direzione verticale} \\ x = 0 \text{ nella direzione orizzontale} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} z = h + vt \sin \alpha - \frac{1}{2} gt^2 \\ x = vt \cos \alpha \end{array} \right.$$

| | | | |
|---------------------------|--|--|--------|
| Volta Green Energy S.r.l. | IMPIANTO FOTOVOLTAICO "NURRA" |  Antex group Ingegneria & Innovazione | |
| | VALUTAZIONE TECNICA INTERFERENZA TRA IMPIANTO FOTOVOLTAICO "NURRA" E AEROGENERATORI IMPIANTO EOLICO "PLANET SARDEGNA 2" | 24/04/2023 | REV: 0 |

Il corpo tocca terra per $z=0$ per cui risulta:

$$h + vt \operatorname{sen} \alpha - \frac{1}{2} gt^2 = 0$$

La soluzione dell'equazione di secondo grado per tempi positivi è:

$$t = \frac{1}{g} \left(v \operatorname{sen} \alpha + \sqrt{v^2 \operatorname{sen}^2 \alpha + 2gh} \right)$$

Pertanto, quando il corpo raggiunge terra è:

$$x = \frac{v}{g} \cos \alpha \left(v \operatorname{sen} \alpha + \sqrt{v^2 \operatorname{sen}^2 \alpha + 2gh} \right)$$

Ovvero:

$$\frac{x}{h} = \frac{v^2}{2gh} 2 \cos \alpha \operatorname{sen} \alpha \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2gh}{v^2 \operatorname{sen}^2 \alpha}} \right)$$

Il valore massimo di x_G (indicato nel grafico precedente con G e rappresentante la massima gittata del baricentro del corpo), dipende dall'angolo di lancio α e bisognerà quindi trovare il massimo della funzione:

$$x_G(\alpha) = \frac{\omega^2 L^2 \operatorname{sen} 2\alpha}{2g} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{2g(H + L \cos \alpha)}{\omega^2 L^2 \operatorname{sen}^2 \alpha}} \right] + L \operatorname{sen} \alpha$$

Chiamiamo con "n" il numero di giri al minuto primo compiuti dal corpo in movimento circolare. Tenuto conto che ad ogni giro l'angolo descritto dal corpo in movimento è pari a 2π radianti, per n giri avremo $2\pi n$ radianti/minuto, che è appunto la velocità angolare ω del corpo in movimento. Volendo esprimere la velocità angolare in radianti al secondo avremo:

$$\omega = 2\pi n / 60 \text{ rad/sec}$$

Il baricentro della pala verrà assunto a circa un terzo della lunghezza della pala stessa e cioè a circa 27,83 m a partire dalla radice della stessa, e ad una distanza dal centro di rotazione pari a circa $r_b = 29,33$ m, dovendo aggiungere ulteriori 1,50 m considerando che il diametro dell' Hub è pari a circa 3 m.

La velocità nominale del rotore a pieno regime è di $n = 8,8$ rpm.

Per determinare la velocità del baricentro della pala basta moltiplicare la distanza del baricentro dal centro di rotazione

per la velocità angolare. Per questa velocità angolare, la velocità periferica del baricentro della pala risulta pari a:

$$v_o = \omega r_b = 2\pi n/60 r_b = 27,03 \text{ m/sec}$$

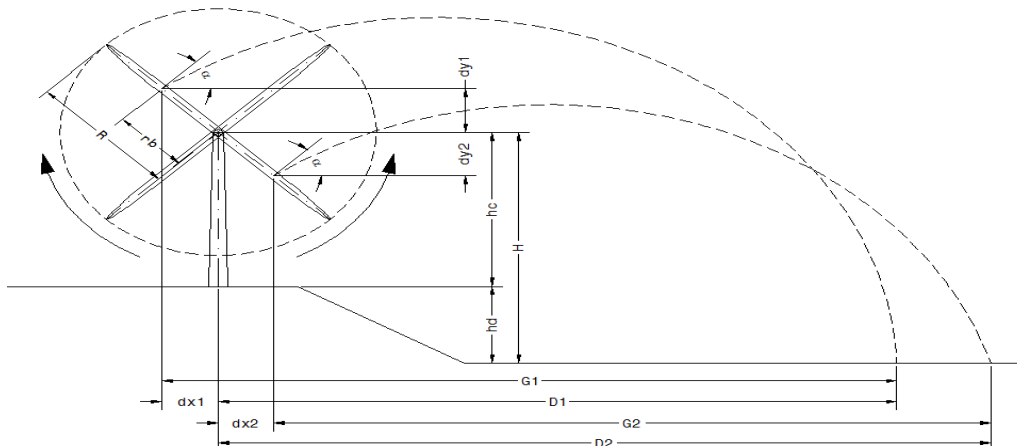
posizione e velocità iniziale sono determinati anche dall'angolo α (angolo con l'orizzontale e la normale al moto) della pala al momento del distacco. Sostituendo all'espressione ricavata per T e interpolandola con i diversi valori assunti dall'angolo di lancio α , si ottiene il tempo di volo e il valore massimo di gittata del baricentro del corpo.

| t1 | x1 | y1 |
|------|--------|--------|
| [s] | [m] | [m] |
| 0,00 | -25,06 | 130,24 |
| 0,07 | -23,50 | 131,17 |
| 0,14 | -21,93 | 132,05 |
| 0,20 | -20,37 | 132,89 |
| 0,27 | -18,80 | 133,69 |
| 0,34 | -17,23 | 134,44 |
| 0,41 | -15,67 | 135,14 |
| 0,47 | -14,10 | 135,80 |
| 0,54 | -12,54 | 136,41 |
| 0,61 | -10,97 | 136,98 |
| 0,68 | -9,40 | 137,51 |
| 0,75 | -7,84 | 137,98 |
| 0,81 | -6,27 | 138,42 |
| 0,88 | -4,71 | 138,81 |
| 0,95 | -3,14 | 139,15 |
| 1,02 | -1,58 | 139,45 |
| 1,08 | -0,01 | 139,70 |
| 1,15 | 1,56 | 139,91 |
| 1,22 | 3,12 | 140,07 |
| 1,29 | 4,69 | 140,19 |
| 1,36 | 6,25 | 140,26 |
| 1,42 | 7,82 | 140,29 |
| 1,49 | 9,39 | 140,27 |
| 1,56 | 10,95 | 140,21 |
| 1,63 | 12,52 | 140,10 |
| 1,69 | 14,08 | 139,95 |
| 1,76 | 15,65 | 139,75 |
| 1,83 | 17,22 | 139,51 |

| t2 | x2 | y2 |
|------|-------|--------|
| [s] | [m] | [m] |
| 0,00 | 27,50 | 104,78 |
| 0,06 | 28,94 | 105,30 |
| 0,11 | 30,37 | 105,79 |
| 0,17 | 31,81 | 106,24 |
| 0,23 | 33,25 | 106,67 |
| 0,28 | 34,69 | 107,06 |
| 0,34 | 36,13 | 107,42 |
| 0,40 | 37,57 | 107,75 |
| 0,45 | 39,01 | 108,05 |
| 0,51 | 40,45 | 108,31 |
| 0,57 | 41,89 | 108,55 |
| 0,62 | 43,33 | 108,75 |
| 0,68 | 44,77 | 108,92 |
| 0,74 | 46,21 | 109,06 |
| 0,80 | 47,65 | 109,17 |
| 0,85 | 49,09 | 109,24 |
| 0,91 | 50,53 | 109,29 |
| 0,97 | 51,96 | 109,30 |
| 1,02 | 53,40 | 109,28 |
| 1,08 | 54,84 | 109,23 |
| 1,14 | 56,28 | 109,15 |
| 1,19 | 57,72 | 109,03 |
| 1,25 | 59,16 | 108,89 |
| 1,31 | 60,60 | 108,71 |
| 1,36 | 62,04 | 108,50 |
| 1,42 | 63,48 | 108,26 |
| 1,48 | 64,92 | 107,99 |
| 1,53 | 66,36 | 107,69 |

| | | | | | |
|------|-------|--------|------|--------|--------|
| 1,90 | 18,78 | 139,22 | 1,59 | 67,80 | 107,35 |
| 1,97 | 20,35 | 138,89 | 1,65 | 69,24 | 106,98 |
| 2,03 | 21,91 | 138,51 | 1,70 | 70,68 | 106,58 |
| 2,10 | 23,48 | 138,09 | 1,76 | 72,12 | 106,15 |
| 2,17 | 25,05 | 137,62 | 1,82 | 73,55 | 105,69 |
| 2,24 | 26,61 | 137,11 | 1,87 | 74,99 | 105,20 |
| 2,31 | 28,18 | 136,55 | 1,93 | 76,43 | 104,67 |
| 2,37 | 29,74 | 135,95 | 1,99 | 77,87 | 104,12 |
| 2,44 | 31,31 | 135,30 | 2,04 | 79,31 | 103,53 |
| 2,51 | 32,87 | 134,60 | 2,10 | 80,75 | 102,91 |
| 2,58 | 34,44 | 133,86 | 2,16 | 82,19 | 102,25 |
| 2,64 | 36,01 | 133,08 | 2,22 | 83,63 | 101,57 |
| 2,71 | 37,57 | 132,25 | 2,27 | 85,07 | 100,85 |
| 2,78 | 39,14 | 131,38 | 2,33 | 86,51 | 100,11 |
| 2,85 | 40,70 | 130,46 | 2,39 | 87,95 | 99,33 |
| 2,92 | 42,27 | 129,49 | 2,44 | 89,39 | 98,52 |
| 2,98 | 43,84 | 128,49 | 2,50 | 90,83 | 97,68 |
| 3,05 | 45,40 | 127,43 | 2,56 | 92,27 | 96,80 |
| 3,12 | 46,97 | 126,33 | 2,61 | 93,71 | 95,90 |
| 3,19 | 48,53 | 125,19 | 2,67 | 95,14 | 94,96 |
| 3,25 | 50,10 | 124,00 | 2,73 | 96,58 | 93,99 |
| 3,32 | 51,67 | 122,76 | 2,78 | 98,02 | 92,99 |
| 3,39 | 53,23 | 121,48 | 2,84 | 99,46 | 91,96 |
| 3,46 | 54,80 | 120,16 | 2,90 | 100,90 | 90,90 |
| 3,53 | 56,36 | 118,79 | 2,95 | 102,34 | 89,80 |
| 3,59 | 57,93 | 117,37 | 3,01 | 103,78 | 88,67 |
| 3,66 | 59,50 | 115,91 | 3,07 | 105,22 | 87,51 |
| 3,73 | 61,06 | 114,41 | 3,12 | 106,66 | 86,32 |
| 3,80 | 62,63 | 112,86 | 3,18 | 108,10 | 85,10 |
| 3,86 | 64,19 | 111,26 | 3,24 | 109,54 | 83,85 |
| 3,93 | 65,76 | 109,62 | 3,29 | 110,98 | 82,56 |
| 4,00 | 67,32 | 107,94 | 3,35 | 112,42 | 81,25 |
| 4,07 | 68,89 | 106,20 | 3,41 | 113,86 | 79,90 |
| 4,14 | 70,46 | 104,43 | 3,47 | 115,30 | 78,52 |
| 4,20 | 72,02 | 102,61 | 3,52 | 116,73 | 77,11 |
| 4,27 | 73,59 | 100,74 | 3,58 | 118,17 | 75,66 |
| 4,34 | 75,15 | 98,83 | 3,64 | 119,61 | 74,19 |
| 4,41 | 76,72 | 96,87 | 3,69 | 121,05 | 72,68 |
| 4,47 | 78,29 | 94,87 | 3,75 | 122,49 | 71,14 |

| | | | | | |
|------|--------|-------|------|--------|-------|
| 4,54 | 79,85 | 92,83 | 3,81 | 123,93 | 69,57 |
| 4,61 | 81,42 | 90,73 | 3,86 | 125,37 | 67,97 |
| 4,68 | 82,98 | 88,60 | 3,92 | 126,81 | 66,34 |
| 4,75 | 84,55 | 86,42 | 3,98 | 128,25 | 64,67 |
| 4,81 | 86,12 | 84,19 | 4,03 | 129,69 | 62,98 |
| 4,88 | 87,68 | 81,92 | 4,09 | 131,13 | 61,25 |
| 4,95 | 89,25 | 79,60 | 4,15 | 132,57 | 59,49 |
| 5,02 | 90,81 | 77,24 | 4,20 | 134,01 | 57,69 |
| 5,08 | 92,38 | 74,83 | 4,26 | 135,45 | 55,87 |
| 5,15 | 93,95 | 72,38 | 4,32 | 136,89 | 54,02 |
| 5,22 | 95,51 | 69,88 | 4,37 | 138,33 | 52,13 |
| 5,29 | 97,08 | 67,34 | 4,43 | 139,76 | 50,21 |
| 5,36 | 98,64 | 64,75 | 4,49 | 141,20 | 48,26 |
| 5,42 | 100,21 | 62,12 | 4,54 | 142,64 | 46,28 |
| 5,49 | 101,77 | 59,44 | 4,60 | 144,08 | 44,27 |
| 5,56 | 103,34 | 56,72 | 4,66 | 145,52 | 42,22 |
| 5,63 | 104,91 | 53,95 | 4,71 | 146,96 | 40,15 |
| 5,69 | 106,47 | 51,14 | 4,77 | 148,40 | 38,04 |
| 5,76 | 108,04 | 48,28 | 4,83 | 149,84 | 35,90 |
| 5,83 | 109,60 | 45,38 | 4,89 | 151,28 | 33,73 |
| 5,90 | 111,17 | 42,43 | 4,94 | 152,72 | 31,52 |
| 5,97 | 112,74 | 39,44 | 5,00 | 154,16 | 29,29 |
| 6,03 | 114,30 | 36,40 | 5,06 | 155,60 | 27,02 |
| 6,10 | 115,87 | 33,31 | 5,11 | 157,04 | 24,72 |
| 6,17 | 117,43 | 30,19 | 5,17 | 158,48 | 22,39 |
| 6,24 | 119,00 | 27,01 | 5,23 | 159,92 | 20,03 |
| 6,31 | 120,57 | 23,79 | 5,28 | 161,35 | 17,64 |
| 6,37 | 122,13 | 20,53 | 5,34 | 162,79 | 15,21 |
| 6,44 | 123,70 | 17,22 | 5,40 | 164,23 | 12,76 |
| 6,51 | 125,26 | 13,87 | 5,45 | 165,67 | 10,27 |
| 6,58 | 126,83 | 10,47 | 5,51 | 167,11 | 7,75 |
| 6,64 | 128,40 | 7,02 | 5,57 | 168,55 | 5,20 |
| 6,71 | 129,96 | 3,53 | 5,62 | 169,99 | 2,61 |
| 6,78 | 131,53 | 0,00 | 5,68 | 171,43 | 0,00 |



| g | V. pale | R | rb | hc |
|---------------------|------------|-------|-------|--------|
| [m/s ²] | [giri/min] | [m] | [m] | [m] |
| 9,81 | 8,80 | 85,00 | 29,33 | 115,00 |

| Vo | H |
|-------|--------|
| [m/s] | [m] |
| 27,03 | 115,00 |

| L. pala | D. rotore |
|---------|-----------|
| [m] | [m] |
| 83,50 | 170,00 |

| H + rb | D (SIA) |
|--------|---------|
| [m] | [m] |
| 144,33 | 146,63 |

| α | Vox | Voy | dx1 | dy1 | H1 | t1 | G1 | D1 |
|----------|-------|-------|-------|-------|--------|------|--------|--------|
| [°] | [m/s] | [m/s] | [m] | [m] | [m] | [s] | [m] | [m] |
| 31,30 | 23,10 | 14,04 | 25,06 | 15,24 | 130,24 | 6,78 | 156,59 | 131,53 |

| α | Vox | Voy | dx2 | dy2 | H2 | t2 | G2 | D2 |
|----------|-------|-------|-------|-------|--------|------|--------|--------|
| [°] | [m/s] | [m/s] | [m] | [m] | [m] | [s] | [m] | [m] |
| 20,39 | 25,34 | 9,42 | 27,50 | 10,22 | 104,78 | 5,68 | 143,93 | 171,43 |

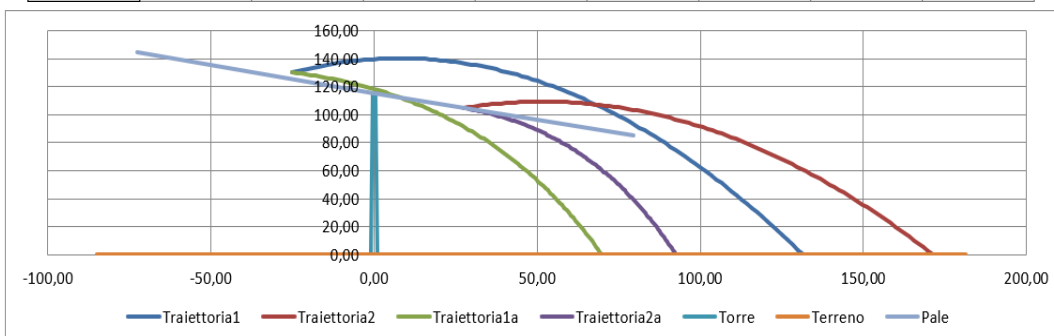


Fig. 8 Calcolo della gittata mediante interpolazione dei valori assunti dall'angolo di lancio α

| | | | | |
|---------------------------|--|--|--------|--------|
| Volta Green Energy S.r.l. | IMPIANTO FOTOVOLTAICO "NURRA" |  Antex group Ingegneria & Innovazione | | |
| | VALUTAZIONE TECNICA INTERFERENZA TRA IMPIANTO FOTOVOLTAICO "NURRA" E AEROGENERATORI IMPIANTO EOLICO "PLANET SARDINIA 2" | 24/04/2023 | REV: 0 | Pag.17 |

come si evidenzia dai grafici e dalle tabelle sopra riportate il valore massimo che assume la gittata al baricentro è G_2 , pari a 143,93 m, con un angolo di distacco α con l'orizzontale e la normale al moto pari a $20,39^\circ$, ai quali bisogna aggiungere la componente orizzontale d_{x2} come distanza del baricentro dall'asse torre al momento del distacco pari a 27,50 m per una distanza D_2 totale pari a 171,43 m. Nell'ipotesi che la pala, a seguito di rottura accidentale, continui a spostarsi lungo l'asse ortogonale al proprio piano e che arrivi a toccare il suolo con la sua estremità più lunga nel verso del moto, a tale valore dovrà aggiungersi la distanza del vertice della pala più distante dal baricentro e cioè circa 55,67 m, per un valore complessivo della gittata pari a circa **D_{tot} di 227,10 m.**

Preme far notare che all'interno del documento "ITW_PRT_A7_Relazione_Effetti_Rottura_Organi_Rotanti-signed", a firma di "R.S.V. Design Studio S.r.l." società progettista per conto del proponente "Planet Sardinia 2", la distanza massima di impatto dall'aerogeneratore è stata calcolata in 260, 87 m, ben 33 m in più rispetto quella calcolata dallo scrivente e ancora più sfavorevole.

4. CALCOLO DELL'OMBREGGIAMENTO DOVUTO ALL'AEROGENERATORE

Il presente capitolo ha lo scopo di valutare e stimare le interferenze e i danni generati dall'effetto di "ombreggiamento" derivante dall'evoluzione dell'ombra dell'aerogeneratore WTG 06 del progetto "Planet Sardinia 2" e subita dal progetto fotovoltaico "NURRA".

Lo *shadow flickering* è l'espressione comunemente impiegata in ambito specialistico per descrivere l'effetto stroboscopico delle ombre proiettate dalle pale rotanti degli aerogeneratori eolici quando sussistono le condizioni meteorologiche opportune; infatti la possibilità e la durata di tali effetti dipendono da una serie di condizioni ambientali, tra cui:

- la posizione del sole;
- l'ora del giorno;
- il giorno dell'anno;
- le condizioni atmosferiche ambientali;
- la posizione della turbina eolica rispetto ad un ricevitore sensibile.

Nel caso di ombreggiamento nei confronti di un impianto fotovoltaico non è tanto l'effetto intrinseco dello shadow flickering che ci interessa ma l'ombreggiamento in generale a prescindere che il rotore sia in funzione o meno.

L'ombreggiamento di un modulo fotovoltaico non solo provoca una riduzione di produzione di energia elettrica che caratterizza lo stesso modulo a parità di temperatura ma con irraggiamento uniforme, ma si osserva anche un aumento della temperatura delle celle soggette ad ombreggiamento in quanto, esistono degli istanti di tempo in cui le coordinate del punto di funzionamento del modulo sono tali per cui le celle ombreggiate funzionano da carico. L'entità di questa

| | | | |
|---------------------------|--|---|--------|
| Volta Green Energy S.r.l. | IMPIANTO FOTOVOLTAICO “NURRA” VALUTAZIONE TECNICA INTERFERENZA TRA IMPIANTO FOTOVOLTAICO “NURRA” E AEROGENERATORI IMPIANTO EOLICO “PLANET SARDINIA 2” |  Ingegneria & Innovazione | |
| | | 24/04/2023 | REV: 0 |

sovratemperatura dipende dall'intervallo di tempo in cui il modulo è esposto ad ombreggiamento. Questo avviene perchè le celle che ricadono nelle zone di ombreggiamento locale non si comportano più come dei generatori di corrente ma come un semplice carico, una resistenza elettrica, che si riscalda in seguito all'attraversamento della corrente prodotta dalle altre celle, piccoli generatori di corrente continua; **l'eccessivo surriscaldamento di una cella può produrre il danneggiamento della cella stessa e la conseguente rottura del pannello a cui appartiene.**

La valutazione tecnica dell'effetto è stata eseguita con l'ausilio di software certificato e specifico per la progettazione di impianti eolici costituiti da moduli di elaborazione orientati alla simulazione di una serie di aspetti che caratterizzano le diverse fasi progettuali. Nel caso specifico è stato utilizzato il software licenziato **WindPro 3.6** della EMD International A/S.

Nella presente relazione è riportata:

- una breve descrizione tecnica del fenomeno di ombreggiamento;
- la descrizione del caso studio in riferimento all'aerogeneratore in oggetto;
- la descrizione e l'analisi del ricettore (impianto fotovoltaico) soggetto al fenomeno;
- la sintesi della metodologia di analisi seguita per lo studio;
- la sintesi dei risultati ottenuti, con allegati grafici e analitici di dettaglio che descrivono il fenomeno per tutto l'anno solare.

*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
 È Vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
 La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*

Comm.: C23-013-S06

ISO 9001
 BUREAU VERITAS
 Certification



| | | | |
|---------------------------|--|---|--------|
| Volta Green Energy S.r.l. | IMPIANTO FOTOVOLTAICO “NURRA” VALUTAZIONE TECNICA INTERFERENZA TRA IMPIANTO FOTOVOLTAICO “NURRA” E AEROGENERATORI IMPIANTO EOLICO “PLANET SARDINIA 2” |  Ingegneria & Innovazione | |
| | | 24/04/2023 | REV: 0 |



Fig. 9 Fenomeno dell'ombreggiamento causato da impianti eolici su impianti fotovoltaici

Pertanto, come è facile immaginare, la condizione maggiormente penalizzante corrisponde al caso in cui il ricevitore si trova a breve distanza dall'aerogeneratore e il piano del rotore risulta ortogonale alla congiungente ricevitore-sole; infatti, in tali condizioni, l'ombra proiettata darà origine ad un cerchio di diametro pari al rotore del generatore eolico.

In generale, si può affermare che:

- avendo le pale una forma rastremata con lo spessore che cresce verso il mozzo, il fenomeno risulterà tanto più intenso quanto maggiore sarà la porzione di disco solare coperta dalla pala stessa e quanto minore la distanza dal ricevitore;
- l'intensità dell'ombreggiamento sarà minima quando l'ombra prodotta è generata all'estremità delle pale;
- maggiori distanze tra generatore e ricevitore determinano ombre meno nette; in tal caso l'ombreggiamento risulterà meno intenso e distinto.

*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
È Vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*

Comm.: C23-013-S06

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



| | | | |
|---------------------------|--|---|--------|
| Volta Green Energy S.r.l. | IMPIANTO FOTOVOLTAICO “NURRA” VALUTAZIONE TECNICA INTERFERENZA TRA IMPIANTO FOTOVOLTAICO “NURRA” E AEROGENERATORI IMPIANTO EOLICO “PLANET SARDINIA 2” |  Ingegneria & Innovazione | |
| | | 24/04/2023 | REV: 0 |

4.1. Metodologia di calcolo dell'ombreggiamento

L'impatto da *ombreggiamento* prodotto da un impianto eolico è analizzato, generalmente, a partire dall'impiego di specifici applicativi che modellano il fenomeno in esame. I software impiegati per la progettazione di impianti eolici contengono moduli specifici per il calcolo e l'analisi del fenomeno di *flickering* mediante un modello digitale dell'area oggetto di progettazione, localizzazione (E, N, quota) degli aerogeneratori e dei ricettori sensibili, i dati della posizione del sole, i dati anemologici e le condizioni operative delle turbine in un determinato arco di tempo.

Al fine di calcolare la posizione relativa del sole nell'arco di un anno rispetto all'impianto eolico ed ai ricettori è necessario definire la longitudine, la latitudine ed il fuso orario dell'area interessata dal progetto.

Il software, nel caso in oggetto *windPRO 3.6*, consente di analizzare la posizione del sole nell'arco di un anno per identificare i tempi in cui la turbina può proiettare ombre sugli elementi fotovoltaici vicini. In particolare, il modello permette di:

- calcolare il potenziale per le ombre intermittenti;
- mostrare un calendario grafico (“*Calendar Graphical*”) degli eventi di ombreggiamento;
- mostrare un elenco dettagliato (“*Calendar Time*”) di ciascun evento di ombreggiamento (ora di inizio, di fine, durata del fenomeno, aerogeneratore/i coinvolti, etc.);
- creare mappe di impatto potenziale che mostrano le ore d'ombra intermittente (curve di isodurata) nell'arco dell'anno.

Inoltre, devono essere imputati tutta una serie di dati di input caratterizzanti quali:

- l'altimetria della zona simulata;
- la latitudine e longitudine dell'area interessata;
- la disposizione geografica della turbina e dimensione geometrica dei loro componenti (torre e pale);
- la disposizione geografica del “ricettore sensibile” (impianto fotovoltaico);
- l'orientamento del rotore rispetto al ricettore;
- la proiezione dell'ombra rispetto al ricettore.

Sulla base di questi dati si è in grado di poter calcolare il numero di ore annue di esposizione all'ombreggiamento per ciascun nodo del grigliato che copre l'intera area, nonché il numero di ore di esposizione per il ricettore.

Per l'esecuzione della simulazione sono stati fissati i seguenti parametri:

- coordinate geografiche baricentriche UTM-WGS84

| | | | |
|---------------------------|--|---|--------|
| Volta Green Energy S.r.l. | IMPIANTO FOTOVOLTAICO "NURRA" VALUTAZIONE TECNICA INTERFERENZA TRA IMPIANTO FOTOVOLTAICO "NURRA" E AEROGENERATORI IMPIANTO EOLICO "PLANET SARDINIA 2" |  Ingegneria & Innovazione | |
| | | 24/04/2023 | REV: 0 |

- coordinate geografiche della turbina considerata
- coordinate geografiche del recettore considerato (impianto fotovoltaico)
- risoluzione di calcolo: 1,00 m
- raggio d'influenza massimo dal punto di installazione dell'aerogeneratore;
- altezza di 1,5 m del punto di vista dell'osservatore rispetto la mappa;
- altezza di 2,0 m del punto di vista (ZVI) rispetto la superficie del suolo:
- parametri turbina:
 - diametro rotore: 170 m
 - altezza torre al mozzo: 115m
 - altezza complessiva dell'aerogeneratore: 200 m

Per il calcolo dell'orizzonte del ricettore il modello numerico utilizzato tiene conto dell'ostacolo naturale costituito dall'orografia circostante il ricettore e non da eventuali ostacoli come ad es. boschi, barriere naturali o artificiali, etc.

In definitiva è bene evidenziare che, a vantaggio di sicurezza, le simulazioni effettuate sono state eseguite ipotizzando contemporaneamente le seguenti condizioni sfavorevoli per qualunque ricettore soggetto a *ombreggiamento*:

- rotore in movimento alla massima frequenza ed in moto continuo;
- assenza di ostacoli;
- orientamento del rotore ortogonale alla congiungente ricettore-sole.

4.2 Risultati di Calcolo dell'ombreggiamento

Nell'immagine che segue si riporta, in opportuna scala cromatica, il valore massimo di ombreggiamento annuo su superficie orizzontale prodotta dalle opere in progetto nelle condizioni sopra elencate.

Inoltre, vengono rappresentati graficamente, in appositi diagrammi riportati nei paragrafi a seguire, gli intervalli di ombreggiamento durante le varie ore dell'anno ("*Calendar Graph*"), rispetto le curve di alba e tramonto. Sull'asse delle ascisse sono riportati i giorni dell'anno e sull'asse delle ordinate l'ora del giorno (ora solare).

Inoltre, viene riportata la lista giornaliera dei singoli eventi di *ombreggiamento* indotti da ogni turbina (il cosiddetto "*Calendar Time*"): per ciascun evento viene specificata l'ora solare di inizio, l'ora solare di fine, la durata complessiva e la copertura (temporale) percentuale del fenomeno dello *ombreggiamento* al netto di eventuali ostacoli (orografici e/o di altro tipo).

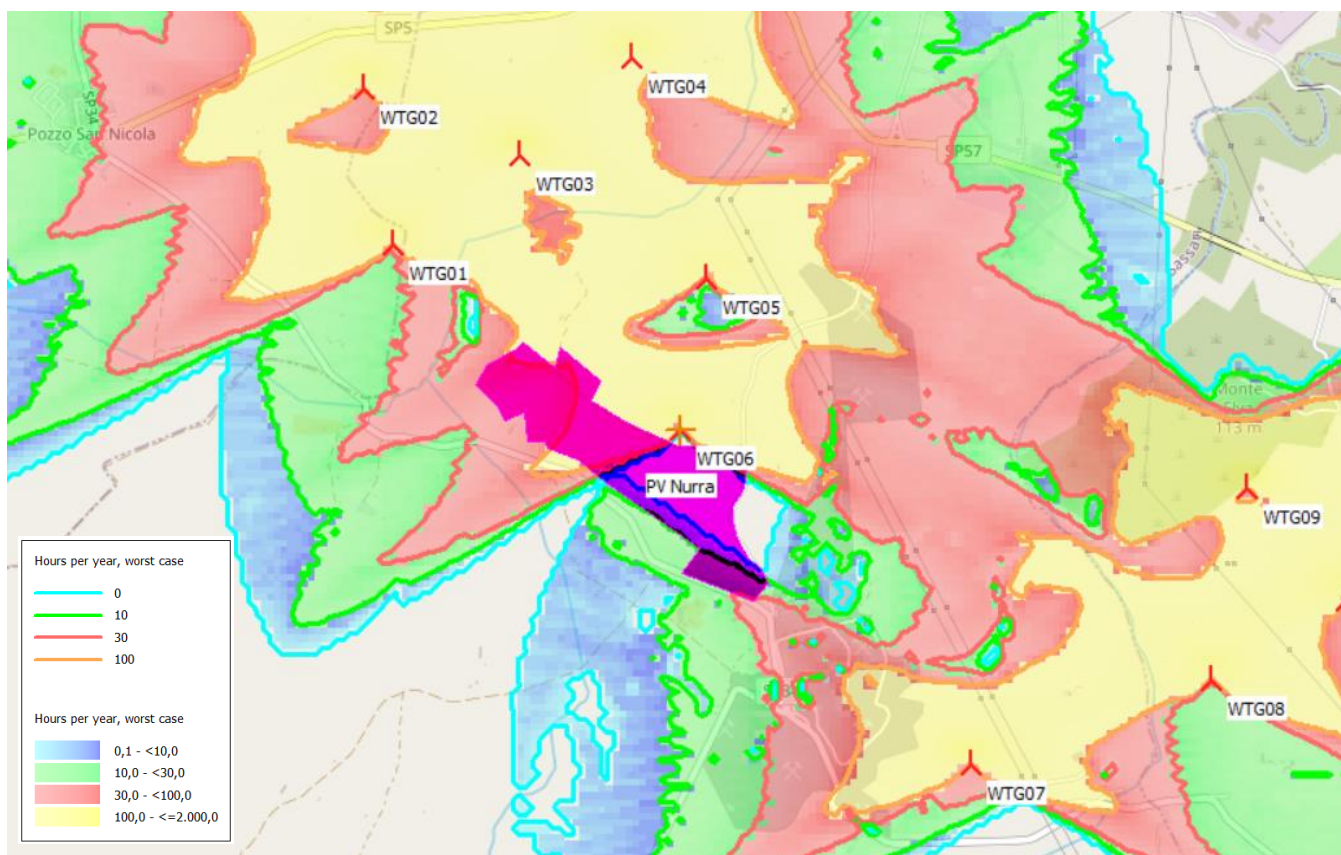


Fig. 10 Rappresentazione grafica dell'ombreggiamento causato dalle turbine "Planet Sardinia 2" sull'impianto fotovoltaico "NURRA"

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions:
The sun is shining all the day, from sunrise to sunset.
The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun
The WTG is always operating

| January | February | March | April | May | June | July | August | September | October | November | December |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 03:52 | 08:14 (M17657) 03:29 | 07:58 (M17656) 03:22 | 07:22 (M17655) 03:13 | 06:57 (M17654) 03:07 | 06:26 (M17653) 03:00 | 05:58 (M17652) 02:54 | 05:22 (M17651) 02:47 | 04:45 (M17650) 02:40 | 04:08 (M17649) 02:33 | 03:32 (M17648) 02:27 | 02:58 (M17647) 02:21 |
| 2 03:53 | 08:16 (M17657) 03:30 | 07:59 (M17656) 03:23 | 07:23 (M17655) 03:14 | 06:58 (M17654) 03:08 | 06:27 (M17653) 03:01 | 05:59 (M17652) 02:55 | 05:23 (M17651) 02:48 | 04:46 (M17650) 02:41 | 04:09 (M17649) 02:34 | 03:33 (M17648) 02:28 | 03:00 (M17647) 02:22 |
| 3 03:54 | 08:18 (M17657) 03:31 | 08:00 (M17656) 03:24 | 07:24 (M17655) 03:15 | 06:59 (M17654) 03:09 | 06:28 (M17653) 03:02 | 06:00 (M17652) 02:56 | 05:24 (M17651) 02:49 | 04:47 (M17650) 02:42 | 04:10 (M17649) 02:35 | 03:34 (M17648) 02:29 | 03:01 (M17647) 02:23 |
| 4 03:55 | 08:20 (M17657) 03:32 | 08:02 (M17656) 03:25 | 07:25 (M17655) 03:16 | 07:00 (M17654) 03:10 | 06:29 (M17653) 03:03 | 06:01 (M17652) 02:57 | 05:25 (M17651) 02:50 | 04:48 (M17650) 02:43 | 04:11 (M17649) 02:36 | 03:35 (M17648) 02:30 | 03:02 (M17647) 02:24 |
| 5 03:56 | 08:22 (M17657) 03:33 | 08:04 (M17656) 03:26 | 07:26 (M17655) 03:17 | 07:02 (M17654) 03:11 | 06:30 (M17653) 03:04 | 06:02 (M17652) 02:58 | 05:26 (M17651) 02:51 | 04:49 (M17650) 02:44 | 04:12 (M17649) 02:37 | 03:36 (M17648) 02:31 | 03:03 (M17647) 02:25 |
| 6 03:57 | 08:24 (M17657) 03:34 | 08:06 (M17656) 03:27 | 07:27 (M17655) 03:18 | 07:04 (M17654) 03:12 | 06:31 (M17653) 03:05 | 06:03 (M17652) 02:59 | 05:27 (M17651) 02:52 | 04:50 (M17650) 02:45 | 04:13 (M17649) 02:38 | 03:37 (M17648) 02:32 | 03:04 (M17647) 02:26 |
| 7 03:58 | 08:26 (M17657) 03:35 | 08:08 (M17656) 03:28 | 07:28 (M17655) 03:19 | 07:06 (M17654) 03:13 | 06:32 (M17653) 03:06 | 06:04 (M17652) 03:00 | 05:28 (M17651) 02:53 | 04:51 (M17650) 02:46 | 04:14 (M17649) 02:39 | 03:38 (M17648) 02:33 | 03:05 (M17647) 02:27 |
| 8 03:59 | 08:28 (M17657) 03:36 | 08:10 (M17656) 03:29 | 07:29 (M17655) 03:20 | 07:08 (M17654) 03:14 | 06:33 (M17653) 03:07 | 06:05 (M17652) 03:01 | 05:29 (M17651) 02:54 | 04:52 (M17650) 02:47 | 04:15 (M17649) 02:40 | 03:39 (M17648) 02:34 | 03:06 (M17647) 02:28 |
| 9 04:00 | 08:30 (M17657) 03:37 | 08:12 (M17656) 03:30 | 07:30 (M17655) 03:21 | 07:10 (M17654) 03:15 | 06:34 (M17653) 03:08 | 06:06 (M17652) 03:02 | 05:30 (M17651) 02:55 | 04:53 (M17650) 02:48 | 04:16 (M17649) 02:41 | 03:40 (M17648) 02:35 | 03:07 (M17647) 02:29 |
| 10 04:01 | 08:32 (M17657) 03:38 | 08:14 (M17656) 03:31 | 07:31 (M17655) 03:22 | 07:12 (M17654) 03:16 | 06:35 (M17653) 03:09 | 06:07 (M17652) 03:03 | 05:31 (M17651) 02:56 | 04:54 (M17650) 02:49 | 04:17 (M17649) 02:42 | 03:41 (M17648) 02:36 | 03:08 (M17647) 02:30 |
| 11 04:02 | 08:34 (M17657) 03:39 | 08:16 (M17656) 03:32 | 07:32 (M17655) 03:23 | 07:14 (M17654) 03:17 | 06:36 (M17653) 03:10 | 06:08 (M17652) 03:04 | 05:32 (M17651) 02:57 | 04:55 (M17650) 02:50 | 04:18 (M17649) 02:43 | 03:42 (M17648) 02:37 | 03:09 (M17647) 02:31 |
| 12 04:03 | 08:36 (M17657) 03:40 | 08:18 (M17656) 03:33 | 07:33 (M17655) 03:24 | 07:16 (M17654) 03:18 | 06:37 (M17653) 03:11 | 06:09 (M17652) 03:05 | 05:33 (M17651) 02:58 | 04:56 (M17650) 02:51 | 04:19 (M17649) 02:44 | 03:43 (M17648) 02:38 | 03:10 (M17647) 02:32 |
| 13 04:04 | 08:38 (M17657) 03:41 | 08:20 (M17656) 03:34 | 07:34 (M17655) 03:25 | 07:18 (M17654) 03:19 | 06:38 (M17653) 03:12 | 06:10 (M17652) 03:06 | 05:34 (M17651) 02:59 | 04:57 (M17650) 02:52 | 04:20 (M17649) 02:45 | 03:44 (M17648) 02:39 | 03:11 (M17647) 02:33 |
| 14 04:05 | 08:40 (M17657) 03:42 | 08:22 (M17656) 03:35 | 07:35 (M17655) 03:26 | 07:20 (M17654) 03:20 | 06:39 (M17653) 03:13 | 06:11 (M17652) 03:07 | 05:35 (M17651) 03:00 | 04:58 (M17650) 02:53 | 04:21 (M17649) 02:46 | 03:45 (M17648) 02:40 | 03:12 (M17647) 02:34 |
| 15 04:06 | 08:42 (M17657) 03:43 | 08:24 (M17656) 03:36 | 07:36 (M17655) 03:27 | 07:22 (M17654) 03:21 | 06:40 (M17653) 03:14 | 06:12 (M17652) 03:08 | 05:36 (M17651) 03:01 | 04:59 (M17650) 02:54 | 04:22 (M17649) 02:47 | 03:46 (M17648) 02:41 | 03:13 (M17647) 02:35 |
| 16 04:07 | 08:44 (M17657) 03:44 | 08:26 (M17656) 03:37 | 07:37 (M17655) 03:28 | 07:24 (M17654) 03:22 | 06:41 (M17653) 03:15 | 06:13 (M17652) 03:09 | 05:37 (M17651) 03:02 | 05:00 (M17650) 02:55 | 04:23 (M17649) 02:48 | 03:47 (M17648) 02:42 | 03:14 (M17647) 02:36 |
| 17 04:08 | 08:46 (M17657) 03:45 | 08:28 (M17656) 03:38 | 07:38 (M17655) 03:29 | 07:26 (M17654) 03:23 | 06:42 (M17653) 03:16 | 06:14 (M17652) 03:10 | 05:38 (M17651) 03:03 | 05:01 (M17650) 02:56 | 04:24 (M17649) 02:49 | 03:48 (M17648) 02:43 | 03:15 (M17647) 02:37 |
| 18 04:09 | 08:48 (M17657) 03:46 | 08:30 (M17656) 03:39 | 07:39 (M17655) 03:30 | 07:28 (M17654) 03:24 | 06:43 (M17653) 03:17 | 06:15 (M17652) 03:11 | 05:39 (M17651) 03:04 | 05:02 (M17650) 02:57 | 04:25 (M17649) 02:50 | 03:49 (M17648) 02:44 | 03:16 (M17647) 02:38 |
| 19 04:10 | 08:50 (M17657) 03:47 | 08:32 (M17656) 03:40 | 07:40 (M17655) 03:31 | 07:30 (M17654) 03:25 | 06:44 (M17653) 03:18 | 06:16 (M17652) 03:12 | 05:40 (M17651) 03:05 | 05:03 (M17650) 02:58 | 04:26 (M17649) 02:51 | 03:50 (M17648) 02:45 | 03:17 (M17647) 02:39 |
| 20 04:11 | 08:52 (M17657) 03:48 | 08:34 (M17656) 03:41 | 07:41 (M17655) 03:32 | 07:32 (M17654) 03:26 | 06:45 (M17653) 03:19 | 06:17 (M17652) 03:13 | 05:41 (M17651) 03:06 | 05:04 (M17650) 02:59 | 04:27 (M17649) 02:52 | 03:51 (M17648) 02:46 | 03:18 (M17647) 02:40 |
| 21 04:12 | 08:54 (M17657) 03:49 | 08:36 (M17656) 03:42 | 07:42 (M17655) 03:33 | 07:34 (M17654) 03:27 | 06:46 (M17653) 03:20 | 06:18 (M17652) 03:14 | 05:42 (M17651) 03:07 | 05:05 (M17650) 03:00 | 04:28 (M17649) 02:53 | 03:52 (M17648) 02:47 | 03:19 (M17647) 02:41 |
| 22 04:13 | 08:56 (M17657) 03:50 | 08:38 (M17656) 03:43 | 07:43 (M17655) 03:34 | 07:36 (M17654) 03:28 | 06:47 (M17653) 03:21 | 06:19 (M17652) 03:15 | 05:43 (M17651) 03:08 | 05:06 (M17650) 03:01 | 04:29 (M17649) 02:54 | 03:53 (M17648) 02:48 | 03:20 (M17647) 02:42 |
| 23 04:14 | 08:58 (M17657) 03:51 | 08:40 (M17656) 03:44 | 07:44 (M17655) 03:35 | 07:38 (M17654) 03:29 | 06:48 (M17653) 03:22 | 06:20 (M17652) 03:16 | 05:44 (M17651) 03:09 | 05:07 (M17650) 03:02 | 04:30 (M17649) 02:55 | 03:54 (M17648) 02:49 | 03:21 (M17647) 02:43 |
| 24 04:15 | 08:59 (M17657) 03:52 | 08:42 (M17656) 03:45 | 07:45 (M17655) 03:36 | 07:40 (M17654) 03:30 | 06:49 (M17653) 03:23 | 06:21 (M17652) 03:17 | 05:45 (M17651) 03:10 | 05:08 (M17650) 03:03 | 04:31 (M17649) 02:56 | 03:55 (M17648) 02:50 | 03:22 (M17647) 02:44 |
| 25 04:16 | 09:01 (M17657) 03:53 | 08:44 (M17656) 03:46 | 07:46 (M17655) 03:37 | 07:42 (M17654) 03:31 | 06:50 (M17653) 03:24 | 06:22 (M17652) 03:18 | 05:46 (M17651) 03:11 | 05:09 (M17650) 03:04 | 04:32 (M17649) 02:57 | 03:56 (M17648) 02:51 | 03:23 (M17647) 02:45 |
| 26 04:17 | 09:03 (M17657) 03:54 | 08:46 (M17656) 03:47 | 07:47 (M17655) 03:38 | 07:44 (M17654) 03:32 | 06:51 (M17653) 03:25 | 06:23 (M17652) 03:19 | 05:47 (M17651) 03:12 | 05:10 (M17650) 03:05 | 04:33 (M17649) 02:58 | 03:57 (M17648) 02:52 | 03:24 (M17647) 02:46 |
| 27 04:18 | 09:05 (M17657) 03:55 | 08:48 (M17656) 03:48 | 07:48 (M17655) 03:39 | 07:46 (M17654) 03:33 | 06:52 (M17653) 03:26 | 06:24 (M17652) 03:20 | 05:48 (M17651) 03:13 | 05:11 (M17650) 03:06 | 04:34 (M17649) 02:59 | 03:58 (M17648) 02:53 | 03:25 (M17647) 02:47 |
| 28 04:19 | 09:07 (M17657) 03:56 | 08:50 (M17656) 03:49 | 07:49 (M17655) 03:40 | 07:48 (M17654) 03:34 | 06:53 (M17653) 03:27 | 06:25 (M17652) 03:21 | 05:49 (M17651) 03:14 | 05:12 (M17650) 03:07 | 04:35 (M17649) 03:00 | 03:59 (M17648) 02:54 | 03:26 (M17647) 02:48 |
| 29 04:20 | 09:09 (M17657) 03:57 | 08:52 (M17656) 03:50 | 07:50 (M17655) 03:41 | 07:50 (M17654) 03:35 | 06:54 (M17653) 03:28 | 06:26 (M17652) 03:22 | 05:50 (M17651) 03:15 | 05:13 (M17650) 03:08 | 04:36 (M17649) 03:01 | 04:00 (M17648) 02:55 | 03:27 (M17647) 02:49 |
| 30 04:21 | 09:11 (M17657) 03:58 | 08:54 (M17656) 03:51 | 07:51 (M17655) 03:42 | 07:52 (M17654) 03:36 | 06:55 (M17653) 03:29 | 06:27 (M17652) 03:23 | 05:51 (M17651) 03:16 | 05:14 (M17650) 03:09 | 04:37 (M17649) 03:02 | 04:01 (M17648) 02:56 | 03:28 (M17647) 02:50 |
| 31 04:22 | 09:13 (M17657) 03:59 | 08:56 (M17656) 03:52 | 07:52 (M17655) 03:43 | 07:54 (M17654) 03:37 | 06:56 (M17653) 03:30 | 06:28 (M17652) 03:24 | 05:52 (M17651) 03:17 | 05:15 (M17650) 03:10 | 04:38 (M17649) 03:03 | 04:02 (M17648) 02:57 | 03:29 (M17647) 02:51 |
| Total, worst case | 720 | 815 | 910 | 1005 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 |

Tab. 1 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow subita dall'impianto fotovoltaico

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
È Vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C23-013-S06

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



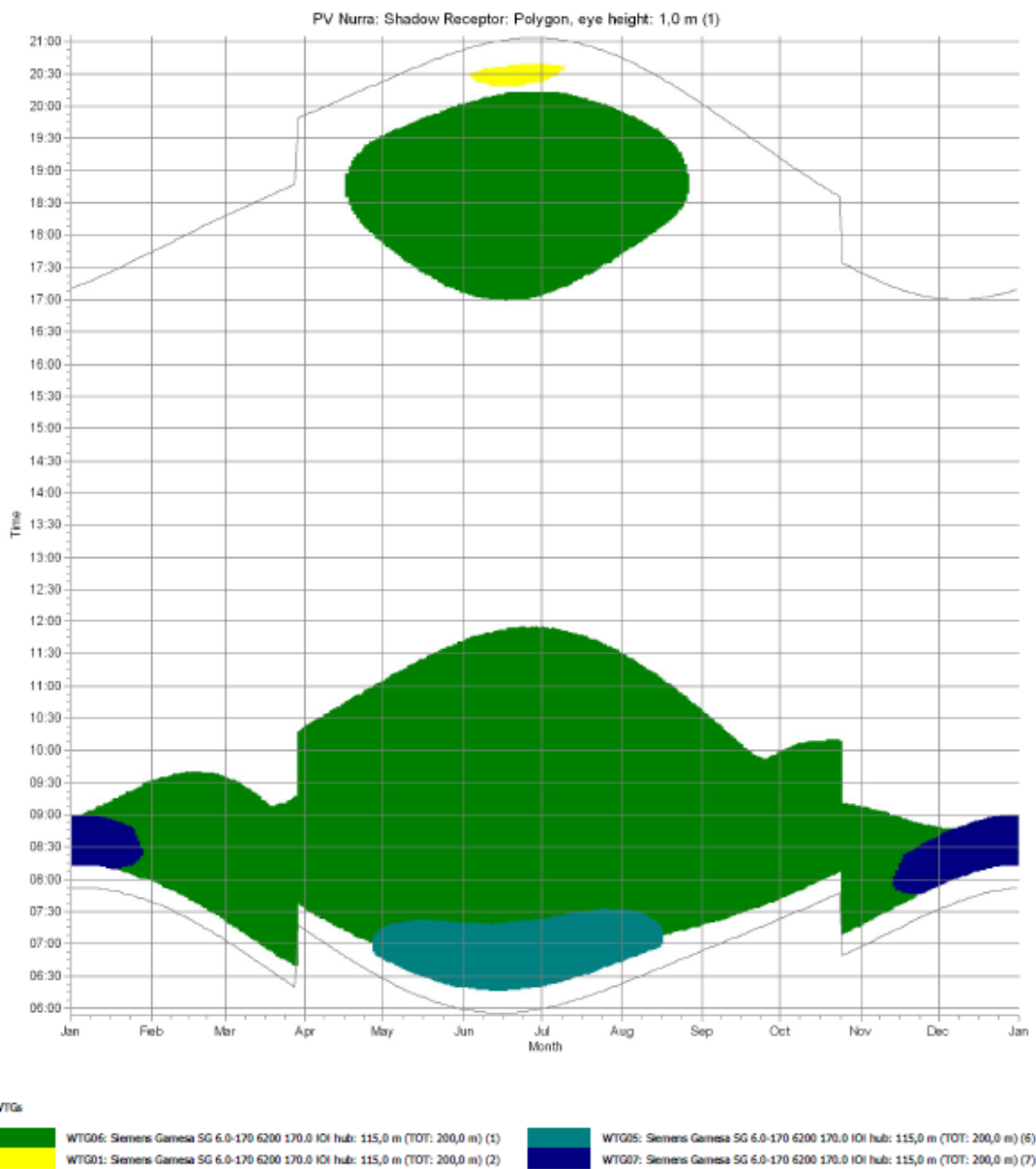


Fig. 11 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow subito dall'impianto fotovoltaico

| | | | | |
|---------------------------|--|--|--------|--------|
| Volta Green Energy S.r.l. | IMPIANTO FOTOVOLTAICO "NURRA" |  Antex group Ingegneria & Innovazione | | |
| | VALUTAZIONE TECNICA INTERFERENZA TRA IMPIANTO FOTOVOLTAICO "NURRA" E AEROGENERATORI IMPIANTO EOLICO "PLANET SARDINIA 2" | 24/04/2023 | REV: 0 | Pag.25 |

Calculation Results

Shadow receptor

Shadow, worst case

| No. | Shadow hours per year [h/year] | Shadow days per year [days/year] | Max shadow hours per day [h/day] |
|----------|--------------------------------------|--|--|
| PV Nurra | 1386:09 | 365 | 9:04 |

Tab. 2 valori di shadow subiti dall'impianto fotovoltaico

| | [h/year] |
|--|----------|
| WTG05 Siemens Gamesa SG 6.0-170 6200 170.0 !O! hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (6) | 94:25 |
| WTG06 Siemens Gamesa SG 6.0-170 6200 170.0 !O! hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (1) | 1348:07 |
| WTG07 Siemens Gamesa SG 6.0-170 6200 170.0 !O! hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (7) | 51:51 |

Tab. 3 ore/anno di shadow dovute alle singole turbine

Dall'analisi del "Calendar Graph", del "Calendar Time" e dalla simulazione grafica delle aree di ombreggiamento sopra riportati, risulta che il fenomeno, per il ricettore in oggetto, può verificarsi nel corso di tutto l'arco dell'anno e per ben più di 1386 ore/anno di cui ben 1348 dovute al solo aerogeneratore WTG06.

Come premesso, c'era da aspettarsi tali risultati in quanto proprio l'aerogeneratore WTG06 interferisce maggiormente con l'area di installazione dell'impianto fotovoltaico. Tale calcolo, quindi, non è stato eseguito per avere conferma dell'ovvio, ma per ottenere quella simulazione di ombreggiamento in quella data posizione geografica che permette di quantificare l'entità di ombreggiamento relativo alla distanza dall'aerogeneratore in modo da poter valutare una distanza di prima approssimazione entro la quale ridurre al minimo le interferenze con l'impianto fotovoltaico in oggetto del seguente studio.

Per quanto riguarda le distanze appena descritte, sono di seguito elencate e differenziate, oltre che per colore, per range numero di ore di ombreggiamento durante l'anno

- Buffer Giallo (100-2000 ore/anno): 670 m
- Buffer Rosso (30-100 ore/anno): 1260 m
- Buffer Verde (10-30 ore/anno): 1900 m
- Buffer Blu (0,1-10 ore/anno): 2000 m

Inoltre, come si può notare dalla figura seguente, quella sopra è solo una generalizzazione delle distanze. Infatti, se l'aerogeneratore si trovasse posizionato perfettamente a nord rispetto all'impianto fotovoltaico si capisce bene che la distanza tra i due potrebbe anche essere di sole poche decine di metri per non avere nessun effetto ombreggiamento.

Quest'ultima ipotesi, comunque richiederebbe uno studio specifico su ogni eventuale posizione scelta.

*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
È Vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*

Comm.: C23-013-S06

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



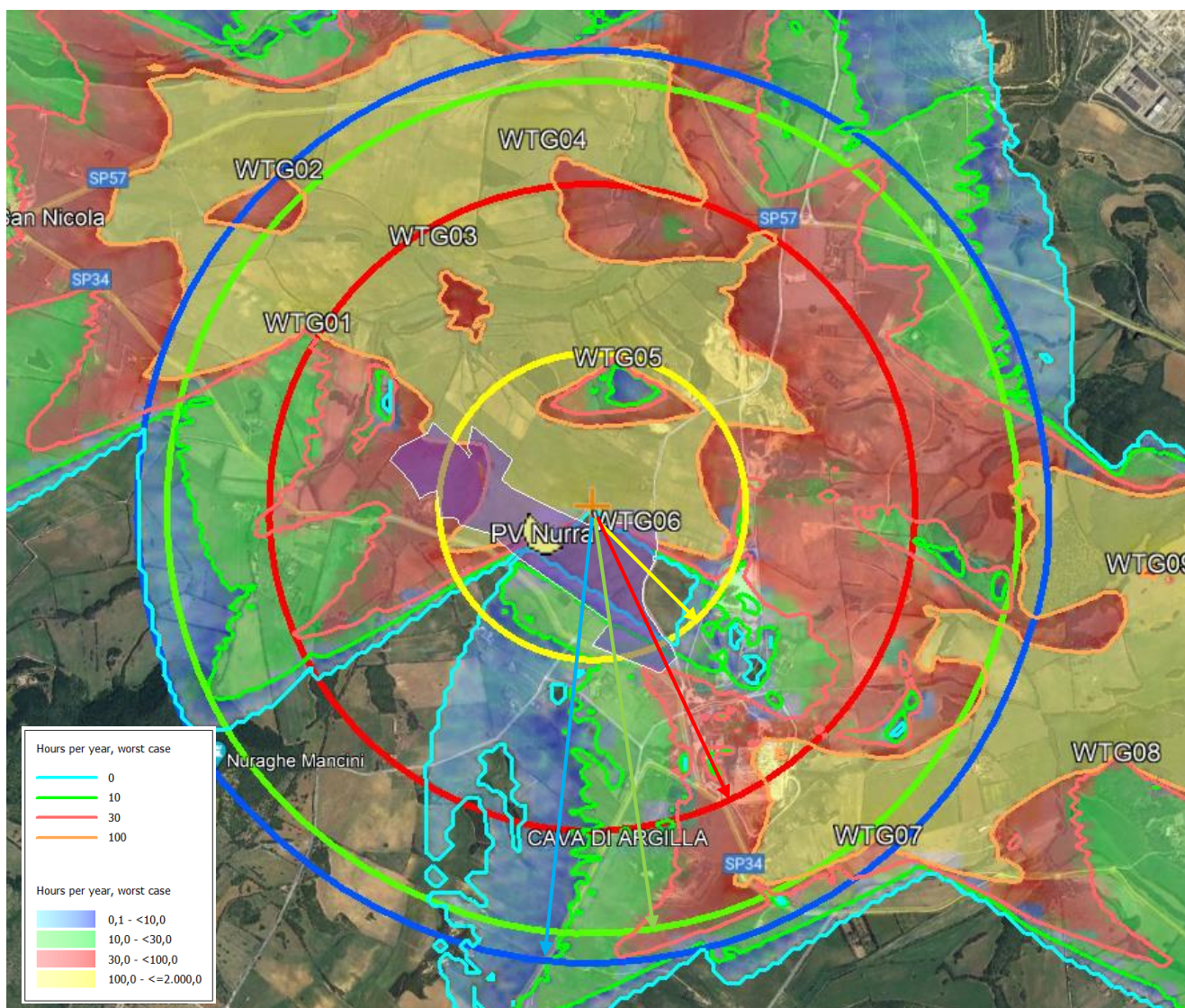


Fig. 12 Individuazione dei buffer di distanza relativi alle ore di ombreggiamento annuo

| | | | |
|---------------------------|--|---|--------|
| Volta Green Energy S.r.l. | IMPIANTO FOTOVOLTAICO "NURRA" VALUTAZIONE TECNICA INTERFERENZA TRA IMPIANTO FOTOVOLTAICO "NURRA" E AEROGENERATORI IMPIANTO EOLICO "PLANET SARDINIA 2" |  Ingegneria & Innovazione | |
| | | 24/04/2023 | REV: 0 |

5 CONCLUSIONI

In conclusione, la convivenza tra un impianto fotovoltaico ed un impianto eolico è tanto più difficile tanto quanto saranno prossimi gli uni agli altri. Nel caso in esame ci troviamo addirittura di fronte ad una situazione di estrema vicinanza dell'impianto eolico della Planet Sardinia 2 con il progetto dell'impianto fotovoltaico "NURRA" della Volta Green Energy. Dalla trattazione appena eseguita è facile giungere alla conclusione che il mantenimento della posizione dell'aerogeneratore WTG06 del progetto "Planet Sardinia 2" sia da escludere a priori e per ovvie ragioni. E' stato meno intuitivo stabilire a quale distanza eventualmente spostare l'aerogeneratore per limitare al massimo le interferenze tra i due impianti. Come descritto nei paragrafi precedenti, questa distanza dipende dalla tipologia di interferenza e danni che si potrebbero venire a verificarsi e, tra le due prese in esame, quella che sicuramente si rivela più penalizzante nei confronti dell'impianto fotovoltaico è l'ombreggiamento indotto dall'aerogeneratore sia dal punto di vista della possibile riduzione di generazione di energia elettrica sia per una questione di integrità funzionale e strutturale dell'impianto stesso. Premesso che l'interferenza tra i due impianti non dipende semplicemente da un buffer omogeneo attorno ad uno dei due impianti ma, come appunto nel caso dell'ombreggiamento, dipende anche dalla posizione geografica e orografica dell'uno rispetto all'altro. Ma in ogni caso, se si vogliono comunque avere delle distanze di riferimento entro le quali effettuare spostamenti con un certo grado di consapevolezza, bisogna operare delle approssimazioni (Distanze da mantenere dai confini dell'area di installazione dell'impianto fotovoltaico "Nurra"). Per quanto sopra esposto, tuttavia, considerate quindi i **possibili danni e malfunzionamenti dei moduli fotovoltaici derivanti dai fenomeni di ombreggiamento** dovuti alla presenza dell'aerogeneratore, si ritiene che il buffer minimo di cui si deve tener conto come distanza fra i due impianti è di almeno **690 m**. Infatti, entro questo buffer, si viene a verificare il maggior impatto da ombreggiamento sia in termini di intensità delle ombre sia in termini di ore/anno.

*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
 È Vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
 La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*

Comm.: C23-013-S06

ISO 9001
 BUREAU VERITAS
 Certification

