

REGIONE SICILIA  
PROVINCIA DI TRAPANI  
COMUNE DI MARSALA

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO  
DI POTENZA PARI A 33,465 MW, SU TERRENO AGRICOLO  
NEL COMUNE DI MARSALA (TP) IN C.DA MESSINELLO  
IDENTIFICATO AL N.C.T. AL FG. 137 P.LLA 4, 182, FG. 138 P.LLA 109, 112, 115, 160, 161,  
173, 174, 175, 207 E ALTRE AFFERENTI ALLE OPERE DI RETE

Timbro e firma del progettista

**Capital Engineering snc**  
Ing. Vincenzo Massaro



Timbri autorizzativi

**Capital Engineering snc**  
Ing. Salvatore Li Vigni



## STUDIO SUGLI EFFETTI DI SHADOW FLICKERING

### IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello prog.	ID Tema	Tipo Elabor.	N.ro Elabor.	Project ID	NOME FILE	DATA	SCALA
PDef	201900883	Relazione	16	MESSINELLO	MESSINELLO Studio Shadow flickering del 21 11 2020.doc	15.12.2020	-

### REVISIONI

VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
Rev.00	15.12.2020	Prima emissione	GR	MTM	VM

IL PROPONENTE

**Messinello Wind S.r.L.**

Messinello Wind S.r.L.  
Corso di Porta Vittoria n. 9 - 20122 - Milano  
P.IVA: 11426630965  
PEC: messinellowind@mailcertificata.net

PROGETTO DI



Capital Engineering S.n.c.  
Sede legale: Viale Praga, 45 - 90146 - Palermo  
e-mail: info@capitalengineering.it

SU INCARICO DI



Coolbina S.r.L.  
Sede legale: Viale Praga, 45 - 90146 - Palermo  
e-mail: progettazione@coolbina.it



Sommario

1. Introduzione.....	2
2. Modello di calcolo.....	4
3. Analisi.....	5
4. Determinazione dei ricettori.....	17
5. Risultati .....	22
6. Conclusioni.....	23

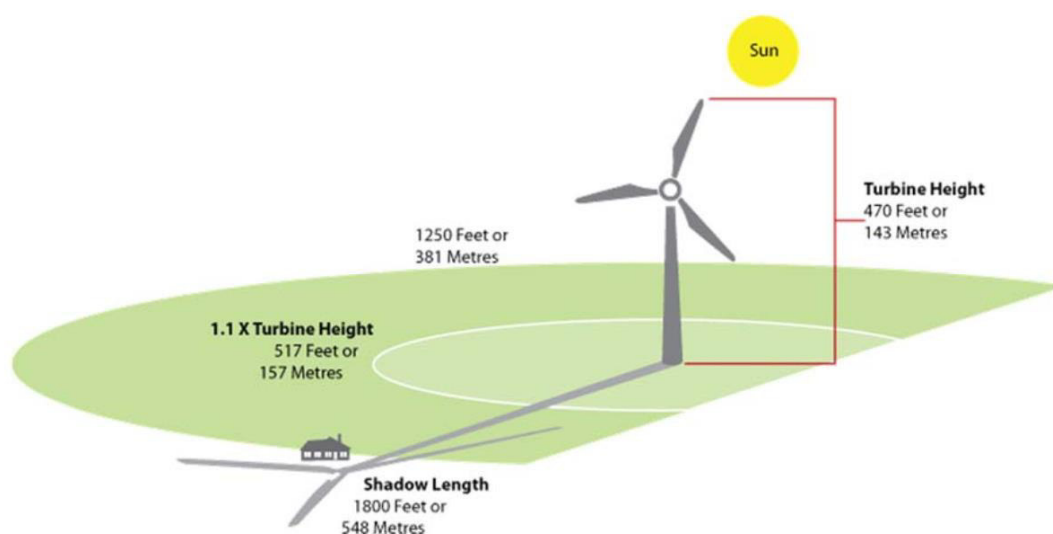
## 1. Introduzione

Lo shadow flickering (letteralmente ombreggiamento intermittente) è l'espressione comunemente impiegata per descrivere una variazione periodica dell'intensità luminosa osservata. Tale effetto (stroboscopico) è causato dalla proiezione, su una generica superficie, dell'ombra indotta da oggetti in movimento. Nel caso specifico di un impianto eolico tale fenomeno è generato dalla proiezione, al suolo o su un ricettore (abitazione), dell'ombra prodotta dalle pale in rotazione degli aerogeneratori allorché il sole si trova alle loro spalle (figura 1).

Il fenomeno, dal punto di vista di un potenziale ricettore, si traduce in una variazione alternata e ciclica di intensità luminosa che, a lungo andare, può provocare fastidio agli occupanti delle abitazioni le cui finestre risultano esposte al fenomeno stesso. Il fenomeno, ovviamente, risulta assente sia quando il sole è oscurato da nuvole o dalla nebbia, sia quando, in assenza di vento, le pale dell'aerogeneratore non sono in rotazione.

In particolare, le frequenze che possono provocare un senso di fastidio sono comprese tra i 2.5 ed i 20 Hz (Verkuijlen and Westra, 1984), e, l'effetto sugli individui è simile a quello che si sperimenterebbe in seguito alle variazioni di intensità luminosa di una lampada ad incandescenza a causa di continui sbalzi della tensione della rete di alimentazione elettrica.

I più recenti aerogeneratori tripala operano ad una velocità di rotazione inferiore ai 35 giri al minuto, corrispondente ad una frequenza di passaggio delle pale sulla verticale inferiore a 1.75 Hz, minore, quindi, della frequenza critica di 2.5 Hz. Inoltre, i generatori di grande potenza (dal MW in su) raramente superano la velocità di rotazione di 20 giri al minuto, corrispondente a frequenze di passaggio delle pale ampiamente minori di quelle ritenute fastidiose per la maggioranza degli individui.



**Fig. 1.1 - rappresentazione schematica del fenomeno dello shadow flicker**

Tale fenomeno, se sperimentato da un ricettore per periodi di tempo prolungati, può generare un disturbo, nelle seguenti condizioni:

- presenza di un livello sufficiente di intensità luminosa, ovvero in condizioni di cielo sereno sgombro da nubi ed in assenza di nebbia e con sole alto rispetto all'orizzonte;
- assenza di ostacoli sulla congiungente ricettore - aerogeneratore: la presenza di vegetazione e/o edifici interposti l'ombra generata da questi ultimi annullerebbe il fenomeno. Quindi, condizione favorevole affinché il fenomeno in esame si verifichi, è quella rappresentata dall'orientamento perpendicolare delle finestre di

un'abitazione rispetto alla linea congiungente il ricettore all'aerogeneratore in assenza di ostacoli fisici (alberi, altri edifici ecc...);

- orientamento perpendicolare del rotore rispetto alla congiungente sole - ricettore: infatti, quando il piano del rotore è perpendicolare alla linea sole-ricettore, l'ombra proiettata dalle pale risulta muoversi all'interno di un "disco" che induce un effetto non trascurabile di shadow flickering; viceversa, nel caso in cui il piano del rotore risulti essere in linea con il sole, l'ombra proiettata risulterebbe molto assottigliata e di bassa intensità per cui l'effetto di shadow flickering sarebbe del tutto trascurabile.

Inoltre, affinché lo shadow flickering, abbia un'intensità non trascurabile è necessario che:

- la posizione del sole sia tale da produrre una luminosità sufficiente; tale condizione corrisponde, per la latitudine di progetto, in un'altezza del sole sull'orizzonte dell'ordine di almeno 10-15 gradi;
- le pale del rotore siano ovviamente in rotazione;
- l'aerogeneratore ed il potenziale ricettore non siano troppo distanti: infatti, le ombre proiettate in prossimità dell'aerogeneratore risultano di maggiore intensità rispetto a quelle proiettate ad una distanza crescente. Tale condizione deriva dal fatto che in presenza di un ricettore molto prossimo all'aerogeneratore, una porzione ampia di pala copre il disco solare così come osservato dal punto di vista del ricettore stesso, e, quindi, l'intensità del flicker risulta maggiormente percepibile. All'aumentare della distanza tra aerogeneratore e ricettore, le pale, durante il loro moto di rotazione, andranno a coprire una porzione sempre più piccola del disco solare, inducendo un effetto di flicker di minore intensità.

Alla luce di quanto sopra esposto, le relazioni spaziali tra un aerogeneratore ed un ricettore (abitazione), così come la direzione del vento risultano essere fattori chiave per la durata del fenomeno di shadow flicker. Per distanze dell'ordine dei 350 m, il fenomeno in esame potrebbe verificarsi all'alba oppure al tramonto, ovvero in quelle ore in cui le ombre risultano molto lunghe e la radiazione diretta è di minore intensità per effetto della piccola elevazione solare. Al di là di una certa distanza l'ombra smette di essere un problema perché il rapporto tra lo spessore della pala ed il diametro apparente del sole diventa molto piccolo. Quindi, come è facile immaginare, la condizione più penalizzante corrisponde al caso in cui il piano del rotore risulta ortogonale alla congiungente ricettore-sole; infatti, in tali condizioni, l'ombra proiettata darà origine ad un cerchio di diametro pari a quello del rotore del generatore eolico. Sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all'esterno, esso risulta evidente e fastidioso in quegli ambienti con finestrate rivolte verso le ombre. In generale, l'area soggetta a shadow flicker non si estende oltre i 500-1000 m dall'aerogeneratore e le zone a maggiore impatto ricadono entro i 300-400 m di distanza dalle macchine con durata del fenomeno dell'ordine delle 200 ore all'anno; il flickering, se presente, non supera in genere i 30/40 minuti di durata potenziale nell'arco di una giornata.

L'intensità del fenomeno è definita come la differenza di luminosità che si percepisce in presenza ed in assenza di flickering in una data posizione. In definitiva, 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 ricettore;
- l'intensità del flickering sarà minima quando l'ombra prodotta è generata all'estremità delle pale;
- maggiori distanze tra generatore e ricettore determinano ombre meno nette; in tal caso l'effetto flickering risulterà meno intenso e distinto.

## 2. Modello di calcolo

Il calcolo dell'evoluzione giornaliera delle ombre è stato effettuato tenendo conto della posizione geografica del luogo (latitudine e longitudine), dei periodi dell'anno (equinozi e solstizi), e dell'orario giornaliero.

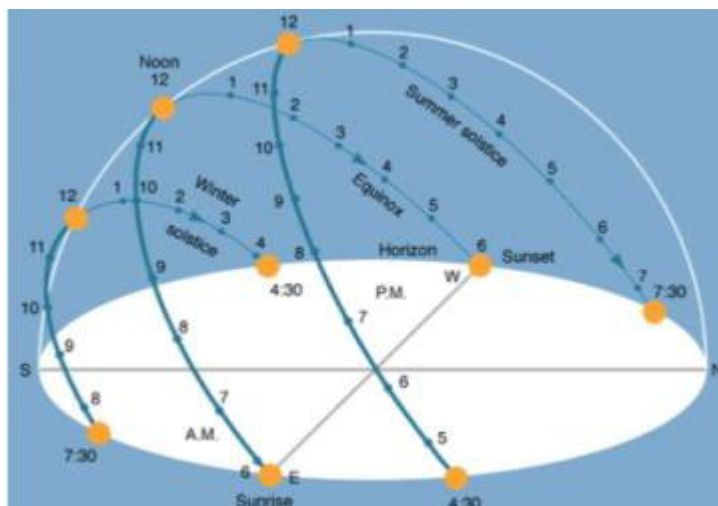


Fig. 2.1 - rappresentazione dell'evoluzione annuale della posizione del sole

Lo spostamento del sole sulla volta celeste, descrive nel suo moto apparente un arco inclinato di un angolo  $\alpha$  (altezza del Sole) rispetto al piano dell'area interessata dal calcolo. Il Sole nel suo moto apparente diurno incrocia il meridiano celeste del luogo dell'osservatore nel momento della sua massima altezza sull'orizzonte, indicato come mezzogiorno solare vero; in quell'attimo l'ombra di uno stilo verticale (detto anche gnomone) si proietta sul piano orizzontale lungo la linea meridiana o meridiano del luogo, da Sud a Nord, e raggiunge la sua lunghezza minima. L'ombra dello gnomone su una superficie orizzontale segue due movimenti simmetrici rispetto alla linea meridiana, uno mattutino e uno pomeridiano.

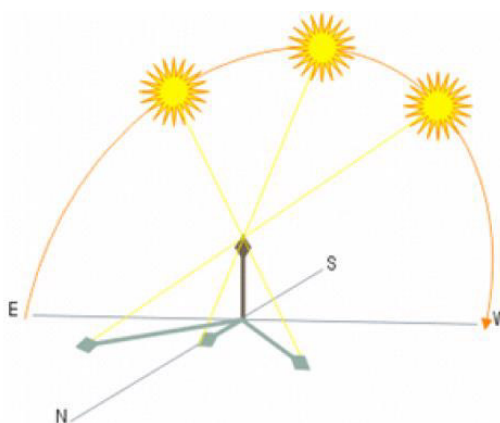


Fig. 2.2 - schema di proiezione al suolo dell'ombra

La retta immaginaria che congiunge il Sole, la punta dello gnomone e l'estremità dell'ombra proiettata descrive, nell'arco di un dì, una superficie conica. L'intersezione tra questa superficie conica e il piano orizzontale è una curva che alle nostre latitudini è generalmente un ramo di iperbole, con la sua massima concavità verso Sud al solstizio

estivo (declinazione +23° 27') e la sua massima concavità verso Nord al solstizio invernale (declinazione -23° 27'); da un solstizio all'altro passa per la situazione in cui la curva degenera in una retta, esattamente nei giorni degli equinozi (declinazione 0°).

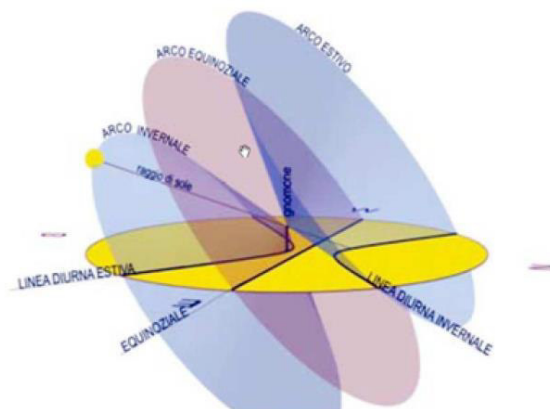


Fig. 2.2 - rappresentazione dell'evoluzione annuale della linea d'ombra al suolo

In un qualsiasi momento di una giornata soleggiata, l'ombra proiettata sul piano orizzontale da un bastone verticale o da un filo a piombo, forma con la direzione della linea Nord-Sud, a partire da Nord in senso orario, un angolo pari all'azimut del Sole sull'orizzonte.

Relativamente ad ogni scansione temporale (il passo è orario) viene dapprima calcolata la posizione del sole, vale a dire gli angoli di azimut e di alzata, relativi alla località, dunque l'angolo di incidenza fra direzione dei raggi solari e normale alla superficie, funzione delle posizioni del sole e della superficie. La declinazione del Sole si ricava dagli Almanacchi astronomici o dalle tabelle.

L'angolo orario va calcolato in base all'ora del giorno, considerando che il Sole medio apparentemente si sposta di un angolo di 15° all'ora, da Est a Ovest, a partire dal mezzogiorno solare.

### 3. Analisi

Per ottenere le proiezioni delle ombre, si è calcolato con passo orario e per ognuno dei quattro periodi dell'anno, solstizio invernale, equinozio di primavera, solstizio d'estate ed equinozio d'autunno, l'evoluzione delle ombre delle turbine eoliche per la località avente le caratteristiche:

Aerogeneratore	WTG 1	WTG 2	WTG 3	WTG 4	WTG 5	WTG 6
Diametro Rotore	170 m	170 m	170 m	170 m	170 m	132 m
Altezza Mozzo	115 m	165 m	100 m	165 m	165 m	84 m
Altezza al top	200 m	250 m	185 m	250 m	250 m	165 m

I risultati sono stati ottenuti attraverso i diagrammi solari (Fig. 3.1, Fig. 3.2), per ogni periodo dell'anno. Ottenuti altezza e angolo azimutale del sole nell'arco della giornata (Fig. 3.4, Fig. 3.5), si è potuta calcolare l'ombra degli aerogeneratori con la seguente relazione:

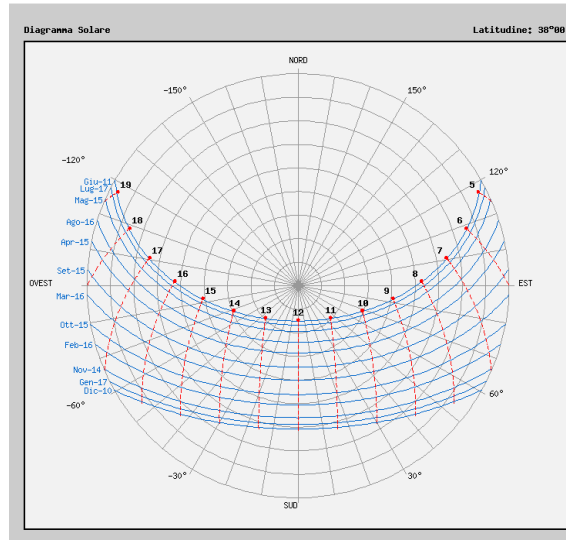
$$L = H / \tan(\alpha)$$

dove:

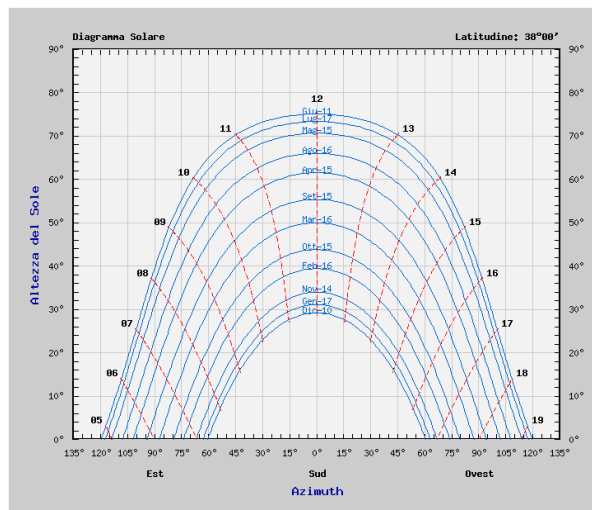
**L** è la lunghezza dell'ombra sul piano perpendicolare all'aerogeneratore;

**H** altezza massima aerogeneratore;

$\alpha$  angolo d'incidenza raggi solari rispetto al piano orizzontale (altezza solare).



**Fig.3.1 - Diagramma polare annuale**



**Fig.3.2 - Diagramma cartesiano annuale**

Giorno	Alba	Tramonto	Durata del giorno
17-gen	7h 28'	17h 09'	9h 41'
16-feb	7h 04'	17h 43'	10h 39'
16-mar	6h 25'	18h 12'	11h 47'
15-apr	5h 39'	18h 39'	13h 00'
15-mag	5h 04'	19h 06'	14h 02'
11-giu	4h 51'	19h 26'	14h 35'
17-lug	5h 04'	19h 26'	14h 22'
16-ago	5h 29'	18h 59'	13h 30'
15-set	5h 54'	18h 15'	12h 21'
15-ott	6h 21'	17h 29'	11h 08'
14-nov	6h 53'	16h 55'	10h 02'
10-dic	7h 19'	16h 45'	9h 26'

**Fig.3.3 - Durata del Giorno per il periodo annuale**



Ora	17-gen	16-feb	16-mar	15-apr	15-mag	11-giu	17-lug	16-ago	15-set	15-ott	14-nov	10-dic
03:00												
04:00												
05:00						1°37'						
06:00				4°01'	10°24'	12°25'	10°08'	5°55'	1°12'			
07:00			6°55'	15°48'	21°59'	23°48'	21°33'	17°36'	13°00'	7°34'	1°20'	
08:00	5°32'	10°25'	18°25'	27°33'	33°47'	35°31'	33°17'	29°24'	24°36'	18°32'	11°38'	6°50'
09:00	14°56'	20°35'	29°15'	38°56'	45°30'	47°19'	45°04'	41°01'	35°33'	28°27'	20°42'	15°41'
10:00	22°44'	29°17'	38°47'	49°19'	56°38'	58°49'	56°33'	51°55'	45°12'	36°37'	27°55'	22°46'
11:00	28°17'	35°46'	46°03'	57°30'	66°02'	69°06'	66°48'	60°58'	52°21'	42°04'	32°33'	27°27'
12:00	30°56'	39°06'	49°44'	61°24'	70°39'	74°56'	73°02'	65°48'	55°20'	43°46'	33°56'	29°09'
13:00	30°17'	38°40'	48°49'	59°17'	67°16'	71°23'	70°44'	63°53'	53°05'	41°20'	31°50'	27°39'
14:00	26°26'	34°33'	43°35'	52°09'	58°24'	61°49'	61°56'	56°22'	46°26'	35°19'	26°36'	23°08'
15:00	19°55'	27°30'	35°17'	42°17'	47°26'	50°30'	50°53'	46°07'	37°04'	26°46'	18°55'	16°11'
16:00	11°26'	18°24'	25°09'	31°07'	35°46'	38°44'	39°11'	34°45'	26°14'	16°37'	9°33'	7°25'
17:00	1°33'	7°59'	14°01'	19°26'	23°58'	26°58'	27°23'	22°59'	14°43'	5°31'		
18:00			2°21'	7°38'	12°20'	15°29'	15°47'	11°13'	2°55'			
19:00					1°08'	4°30'	4°39'					
20:00												
21:00												

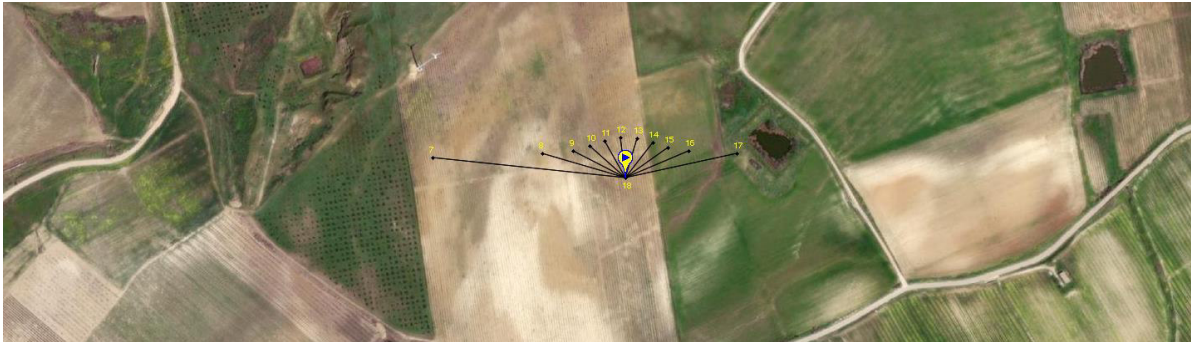
Fig.3.4 - Altezza del sole

Ora	17-gen	16-feb	16-mar	15-apr	15-mag	11-giu	17-lug	16-ago	15-set	15-ott	14-nov	10-dic
03:00												
04:00												
05:00						118°20'						
06:00				98°54'	105°39'	109°40'	109°14'	103°09'	93°18'			
07:00			81°56'	89°47'	97°03'	101°26'	100°51'	94°15'	84°00'	73°20'	65°43'	
08:00	57°58'	64°50'	72°04'	80°06'	88°04'	93°01'	92°17'	84°57'	73°58'	63°03'	55°48'	53°52'
09:00	47°24'	53°54'	60°42'	68°45'	77°34'	83°25'	82°35'	74°10'	62°08'	50°59'	44°19'	43°02'
10:00	35°05'	40°54'	46°42'	53°58'	63°24'	70°37'	69°51'	60°02'	47°01'	36°14'	30°48'	30°27'
11:00	20°50'	25°18'	28°52'	33°07'	40°47'	49°09'	49°27'	39°11'	26°56'	18°20'	15°11'	16°05'
12:00	5°00'	7°19'	7°06'	4°46'	3°37'	7°16'	12°03'	8°07'	1°55'	-1°51'	-1°49'	0°29'
13:00	-11°17'	-11°31'	-15°55'	-25°06'	-35°35'	-40°14'	-33°24'	-26°16'	-23°33'	-21°47'	-18°38'	-15°08'
14:00	-26°36'	-29°03'	-36°18'	-48°20'	-60°22'	-66°00'	-61°05'	-51°38'	-44°27'	-39°08'	-33°50'	-29°36'
15:00	-40°07'	-44°02'	-52°32'	-64°40'	-75°31'	-80°23'	-76°47'	-68°17'	-60°11'	-53°20'	-46°54'	-42°18'
16:00	-51°41'	-56°31'	-65°22'	-76°51'	-86°26'	-90°34'	-87°39'	-80°18'	-72°23'	-65°01'	-58°00'	-53°14'
17:00	-61°42'	-67°06'	-76°01'	-86°54'	-95°35'	-99°11'	-96°38'	-90°06'	-82°37'	-75°04'		
18:00			-85°34'	-96°06'	-104°11'	-107°24'	-105°01'	-99°05'	-91°58'			
19:00					-113°00'	-115°54'	-113°35'					
20:00												
21:00												

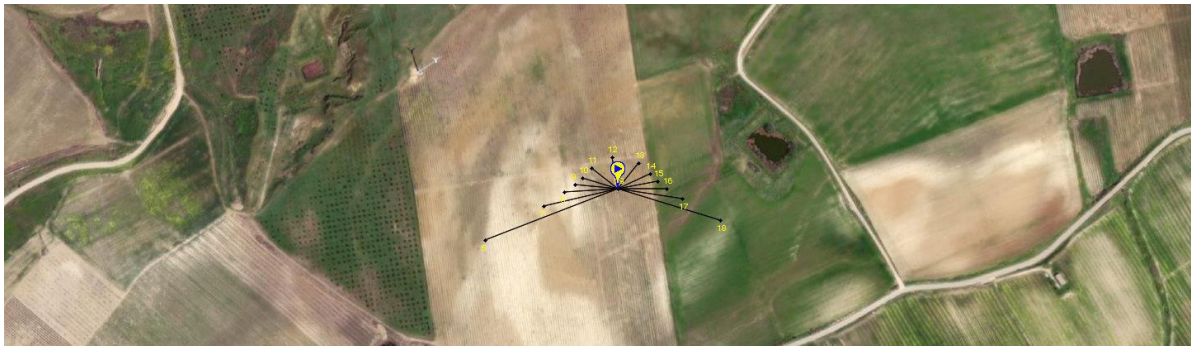
Fig.3.5 - Angolo azimutale solare

Per ogni aerogeneratore sono state individuate le proiezioni al suolo durante l'arco della giornata per i quattro periodi dell'anno: solstizio invernale, equinozio di primavera, solstizio d'estate ed equinozio d'autunno (Fig.3.6 - Fig.3.29).

**Aerogeneratore 1 (37°49'20.66"N - 12°40'20.96"E)**



**Fig.3.6 - Proiezione ombra WTG-01 (21.03 - equinozio di primavera)**



**Fig.3.7- Proiezione ombra WTG-01 (21.06 - solstizio d'estate)**

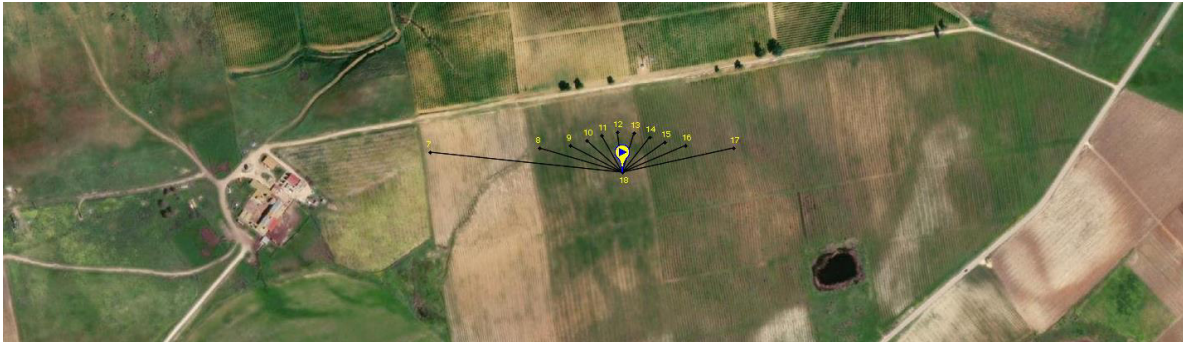


**Fig.3.8- Proiezione ombra WTG-01 (21.09 - equinozio d'autunno)**



**Fig.3.9 - Proiezione ombra WTG-01 (21.12 - solstizio invernale)**

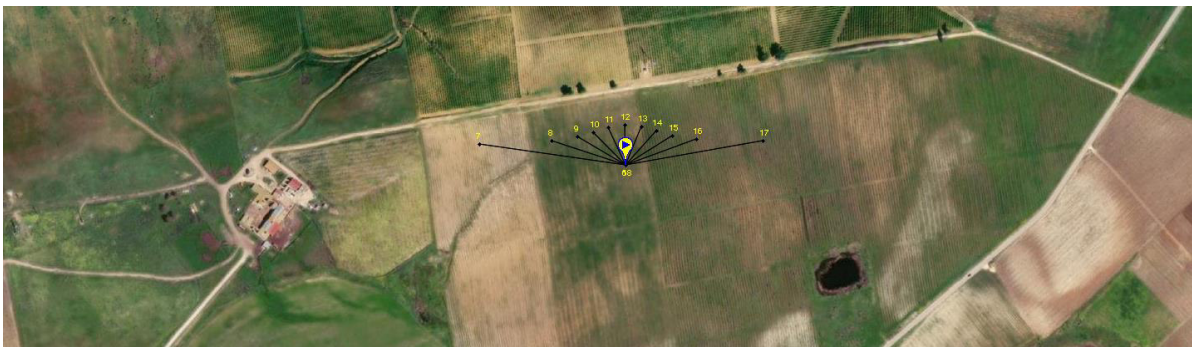
**Aerogeneratore 2 (37°49'33.11"N - 12°40'48.86"E)**



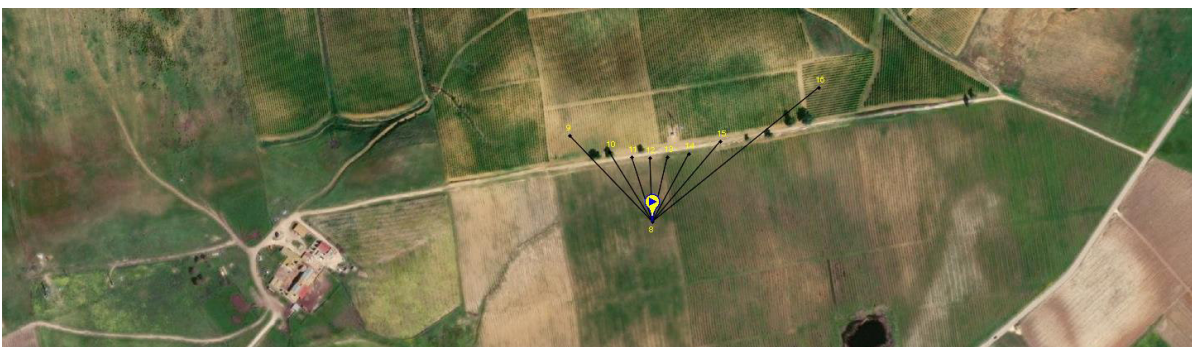
**Fig.3.10 - Proiezione ombra WTG-02 (21.03 - equinozio di primavera)**



**Fig.3.11 - Proiezione ombra WTG-02 (21.06 - solstizio d'estate)**

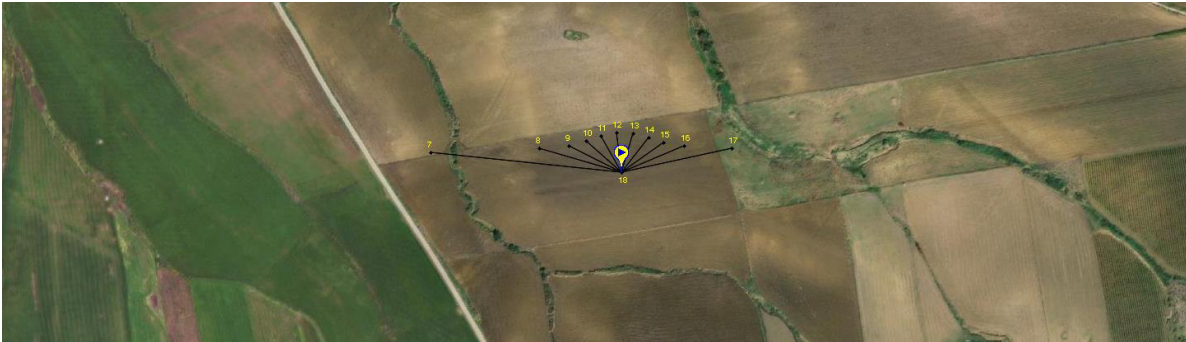


**Fig.3.12 - Proiezione ombra WTG-02 (21.09 - equinozio d'autunno)**

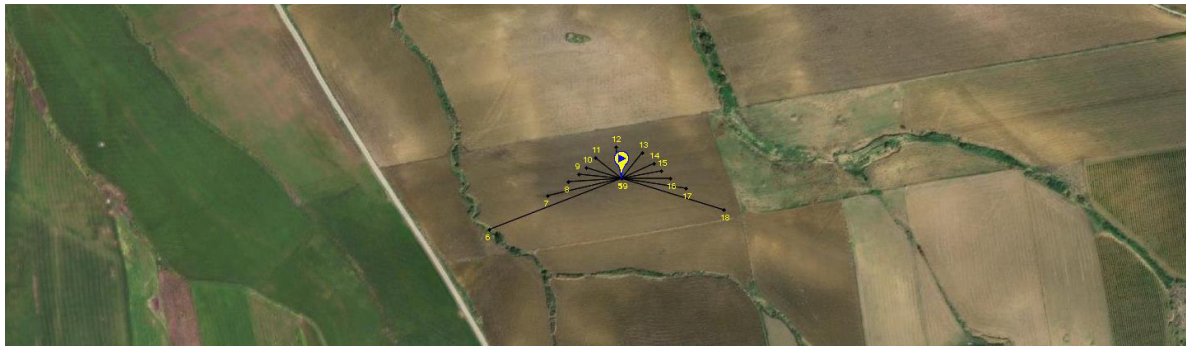


**Fig.3.13 - Proiezione ombra WTG-02 (21.12 - solstizio invernale)**

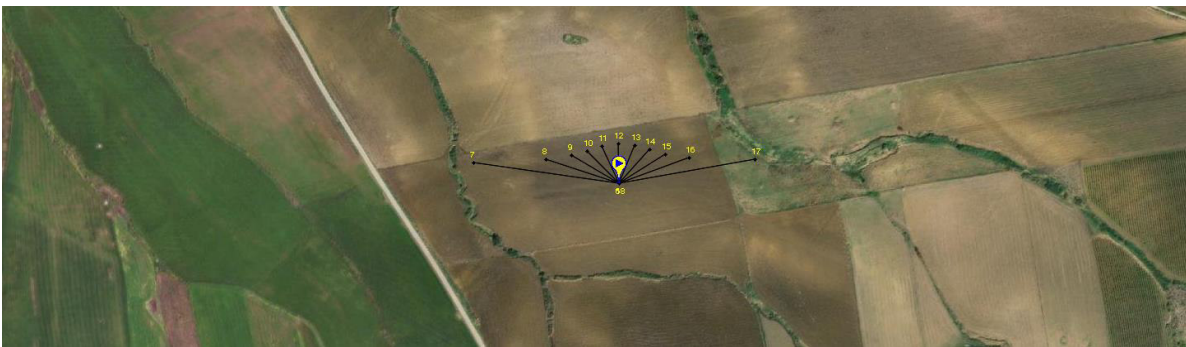
**Aerogeneratore 3 (37°49'53.28"N - 12°40'6.31"E)**



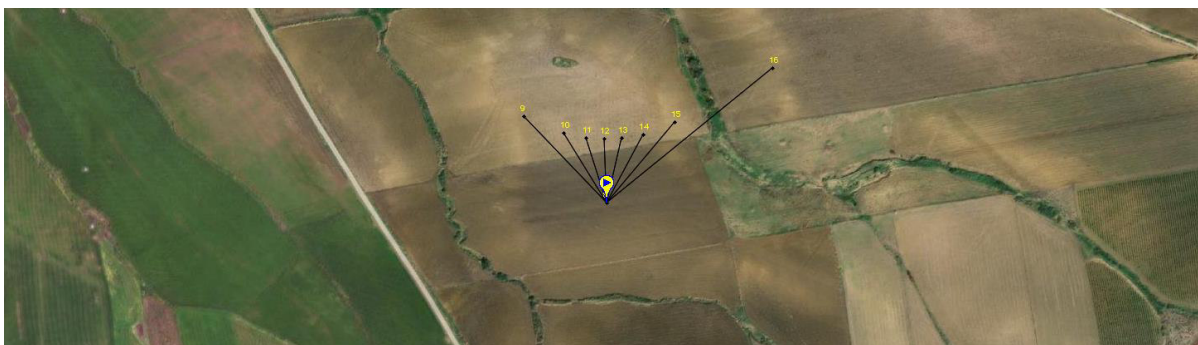
**Fig.3.14 - Proiezione ombra WTG-03 (21.03 - equinozio di primavera)**



**Fig.3.15- Proiezione ombra WTG-03 (21.06 - solstizio d'estate)**

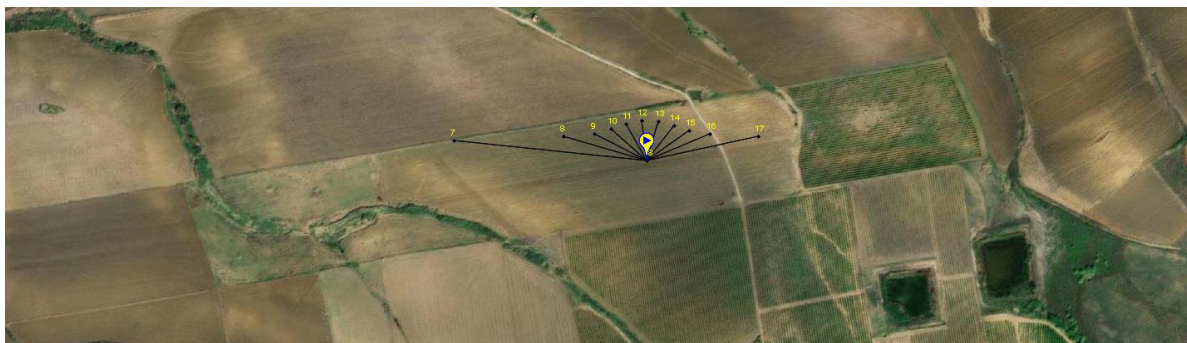


**Fig.3.16- Proiezione ombra WTG-03 (21.09 - equinozio d'autunno)**

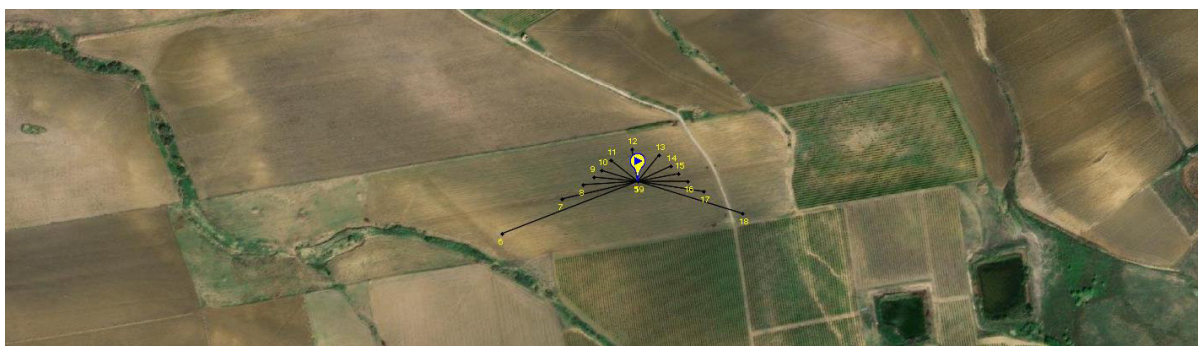


**Fig.3.17 - Proiezione ombra WTG-03 (21.12 - solstizio invernale)**

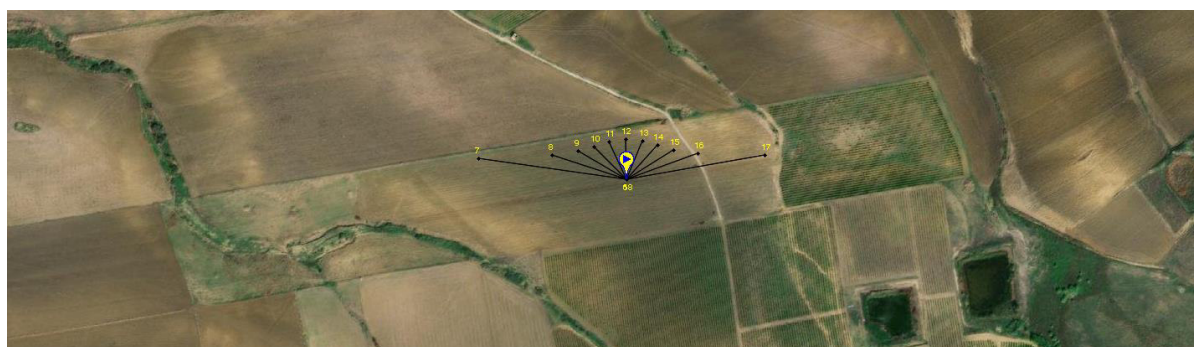
**Aerogeneratore 4 (37°49'56.66"N - 12°40'31.20"E)**



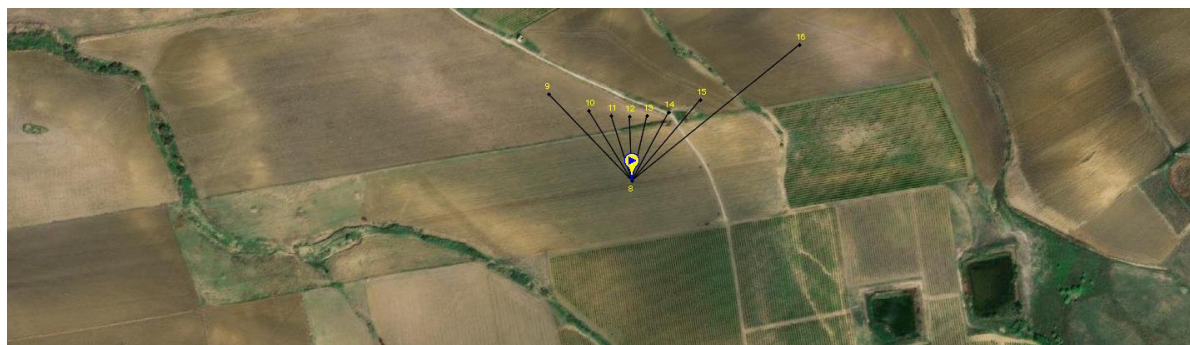
**Fig.3.18 - Proiezione ombra WTG-04 (21.03 - equinozio di primavera)**



**Fig.3.19- Proiezione ombra WTG-04 (21.06 - solstizio d'estate)**

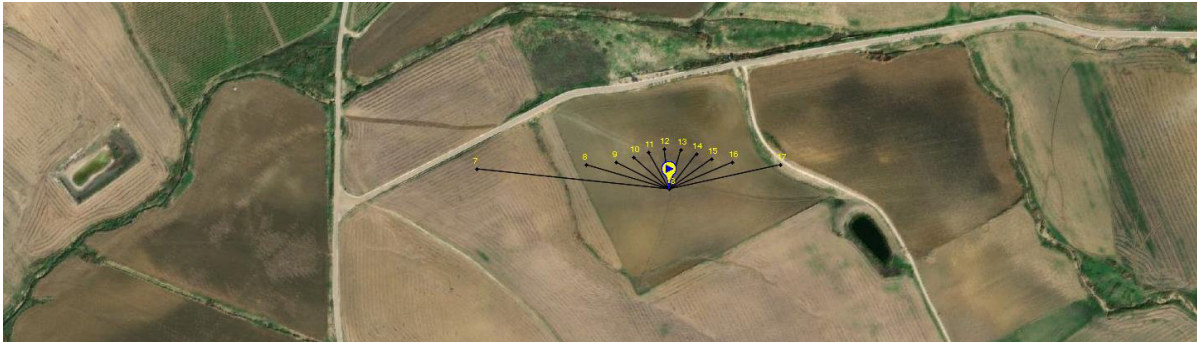


**Fig.3.20- Proiezione ombra WTG-04 (21.09 - equinozio d'autunno)**

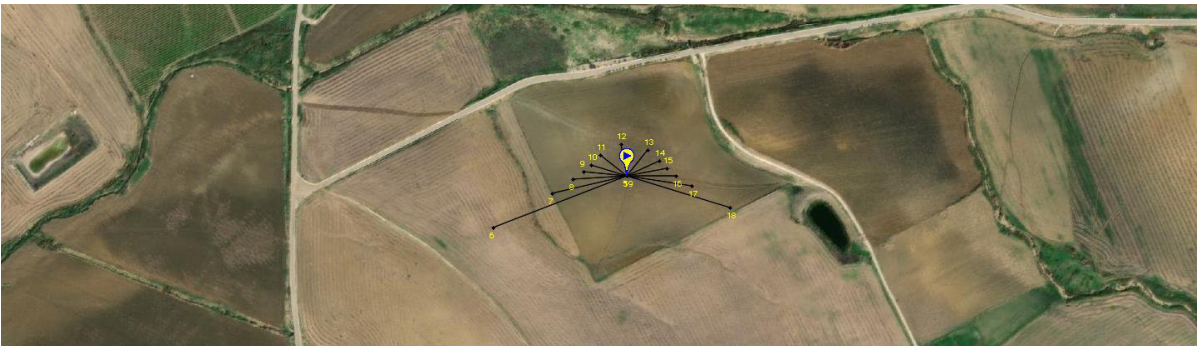


**Fig.3.21 - Proiezione ombra WTG-04 (21.12 - solstizio invernale)**

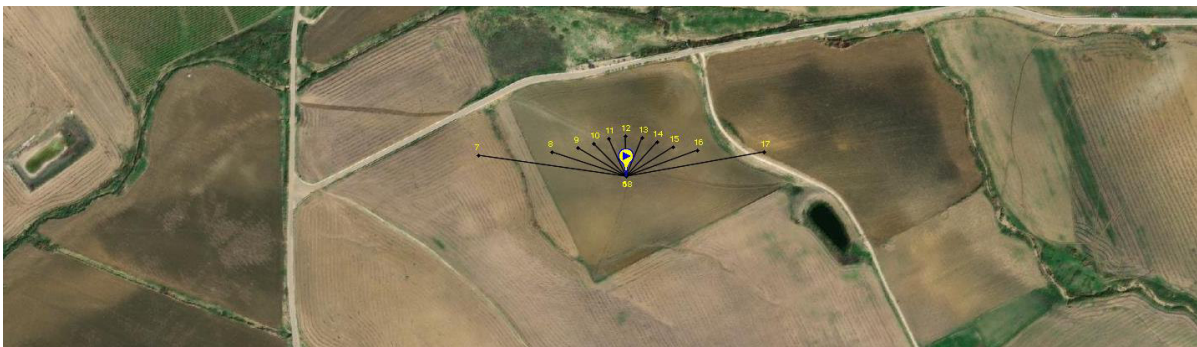
**Aerogeneratore 5 ( $37^{\circ}50'26.28''N$  -  $12^{\circ}39'56.91''E$ )**



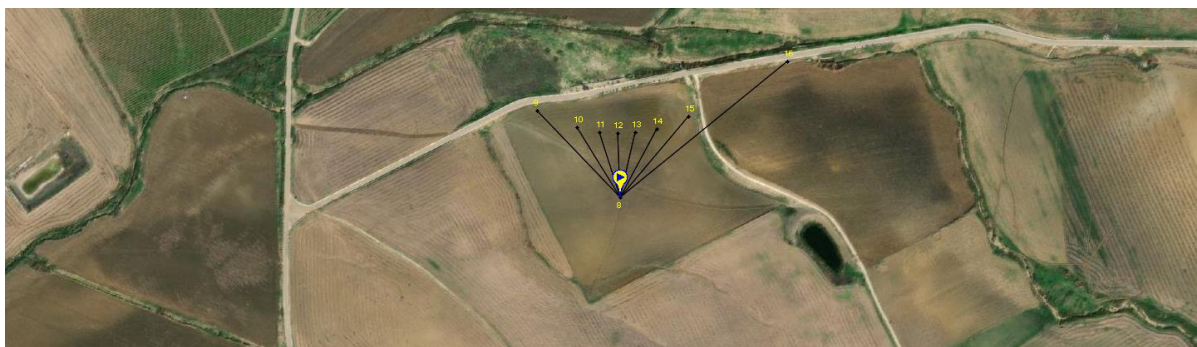
**Fig.3.22 - Proiezione ombra WTG-05 (21.03 - equinozio di primavera)**



**Fig.3.23 - Proiezione ombra WTG-05 (21.06 - solstizio d'estate)**

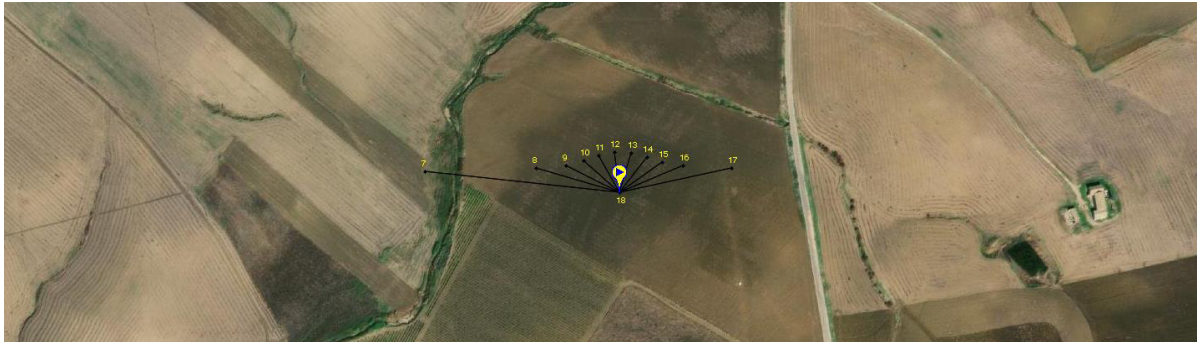


**Fig.3.24 - Proiezione ombra WTG-05 (21.09 - equinozio d'autunno)**

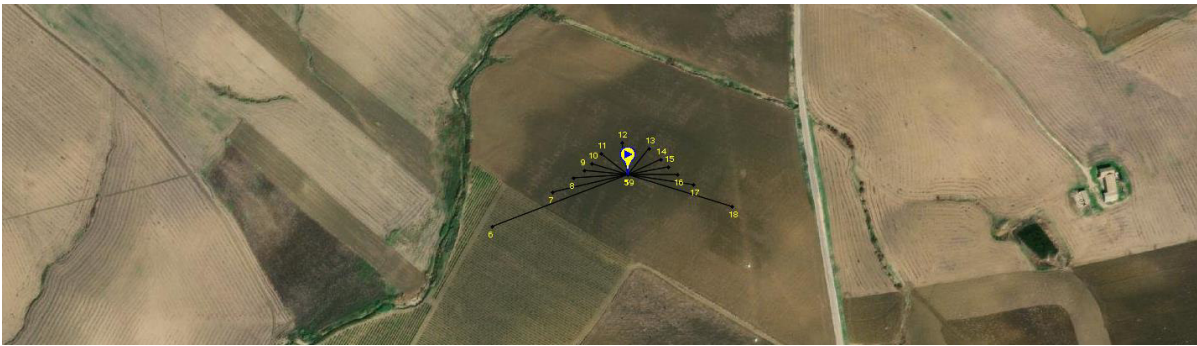


**Fig.3.25 - Proiezione ombra WTG-05 (21.12 - solstizio invernale)**

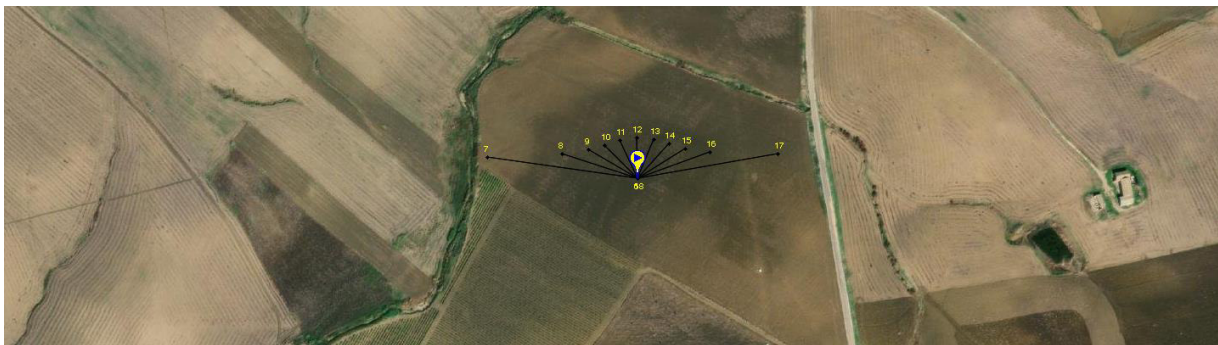
**Aerogeneratore 6 (37°50'18.08"N - 12°39'32.86"E)**



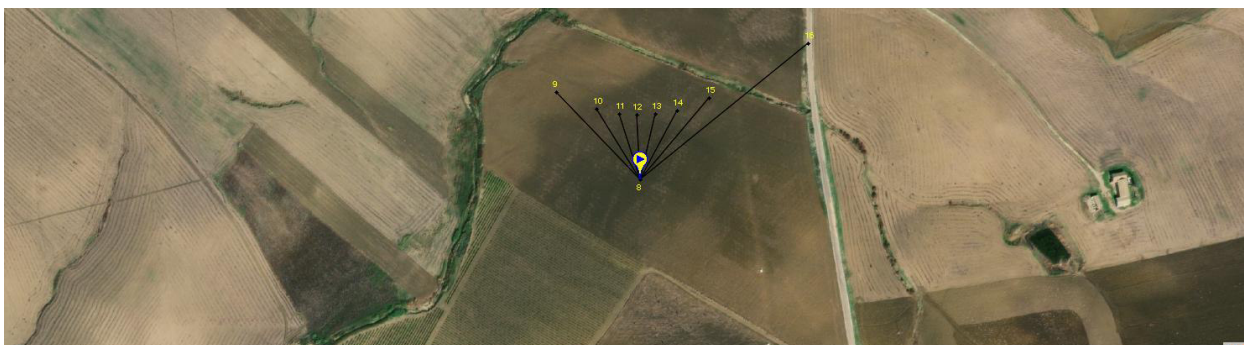
**Fig.3.26 - Proiezione ombra WTG-06 (21.03 - equinozio di primavera)**



**Fig.3.27 - Proiezione ombra WTG-06 (21.06 - solstizio d'estate)**



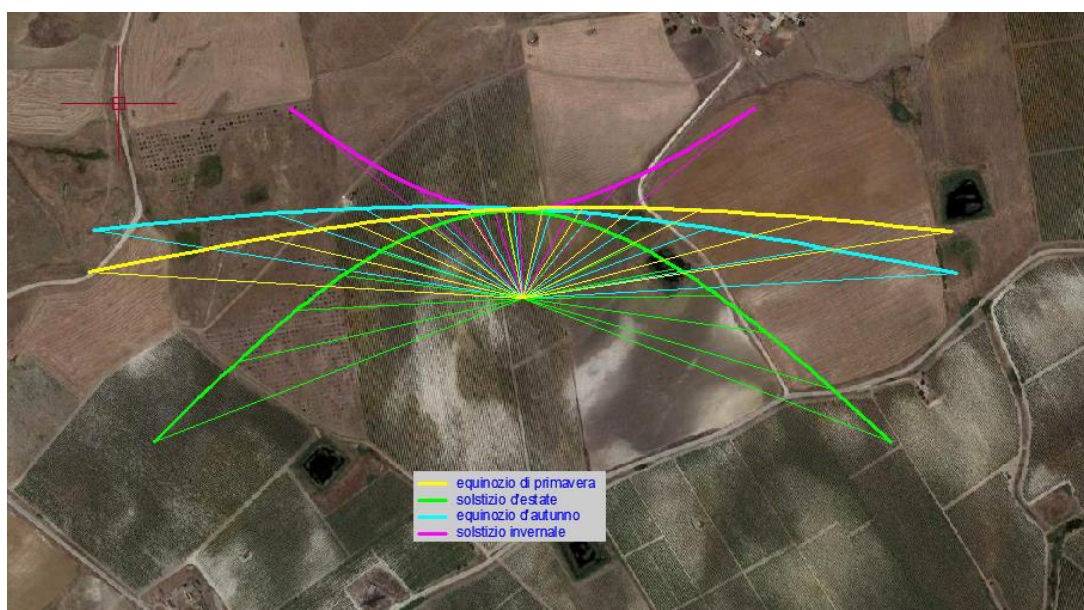
**Fig.3.28 - Proiezione ombra WTG-06 (21.09 - equinozio d'autunno)**



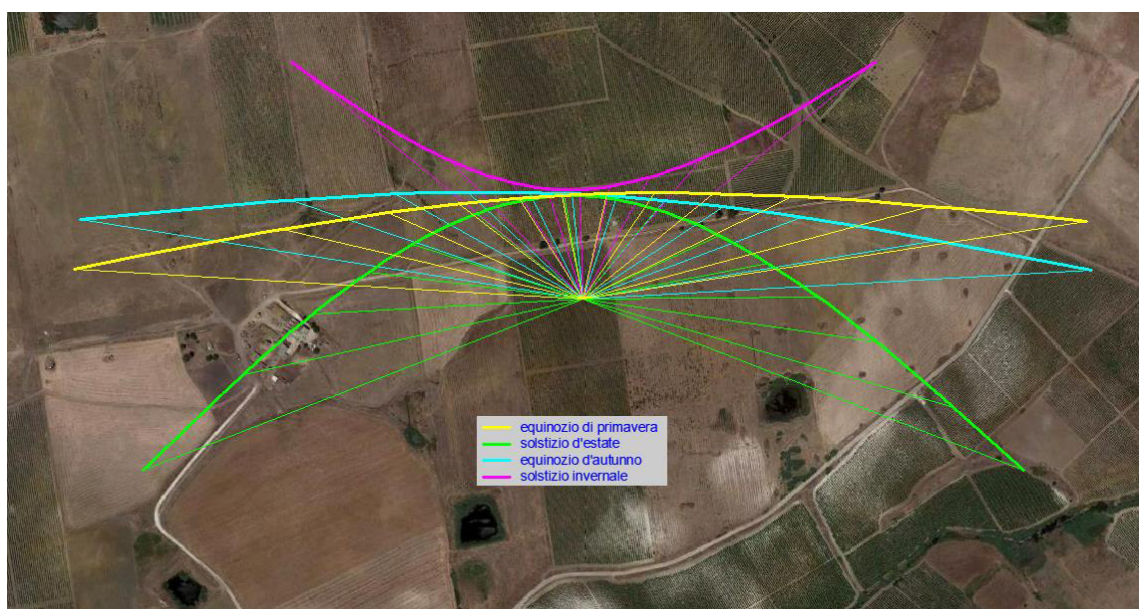
**Fig.3.29 - Proiezione ombra WTG-06 (21.12 - solstizio invernale)**

Successivamente si è provveduto alla sovrapposizione dei quattro grafici per ottenere l'evoluzione delle ombre degli aerogeneratori in tutti i periodi dell'anno considerati.

In questo modo, sovrapponendo tale grafico in opportuna scala sul layout dell'impianto, si può immediatamente valutare l'eventuale intersezione delle ombre con i ricettori circostanti.



**Fig.3.30 - Sovrapposizione ombre sull'aerogeneratore 01**



**Fig.3.31 - Sovrapposizione ombre sull'aerogeneratore 02**



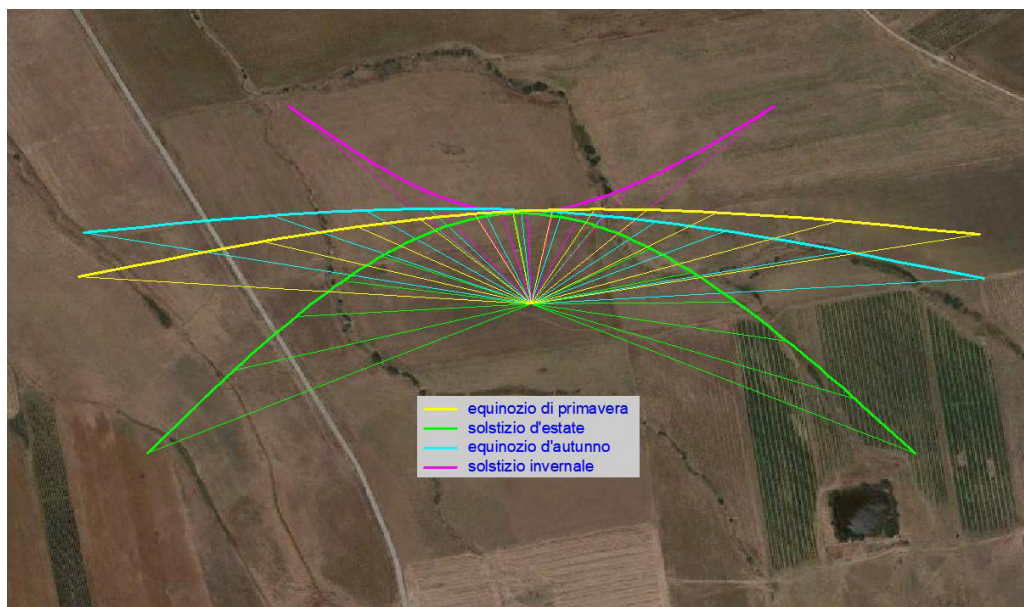


Fig.3.32 - Sovrapposizione ombre sull'aerogeneratore 03

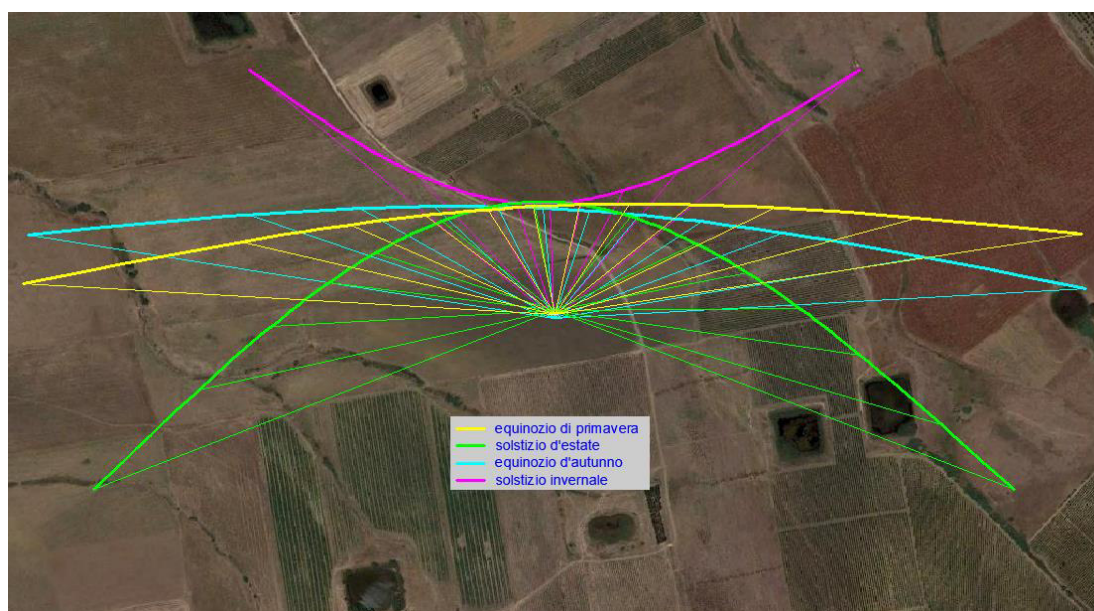


Fig.3.33 - Sovrapposizione ombre sull'aerogeneratore 04

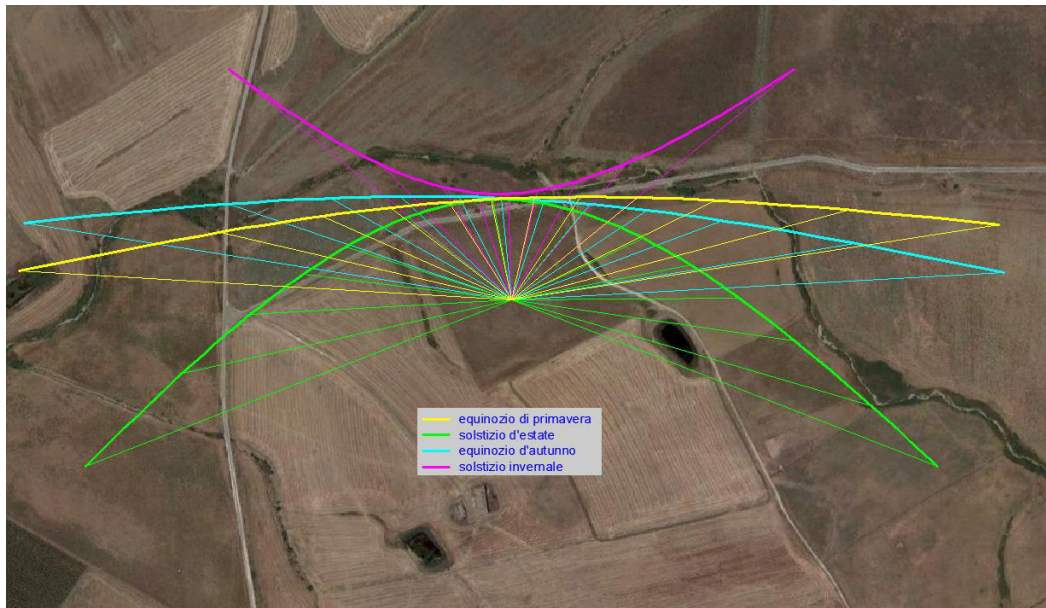


Fig.3.34 - Sovrapposizione ombre sull'aerogeneratore 05

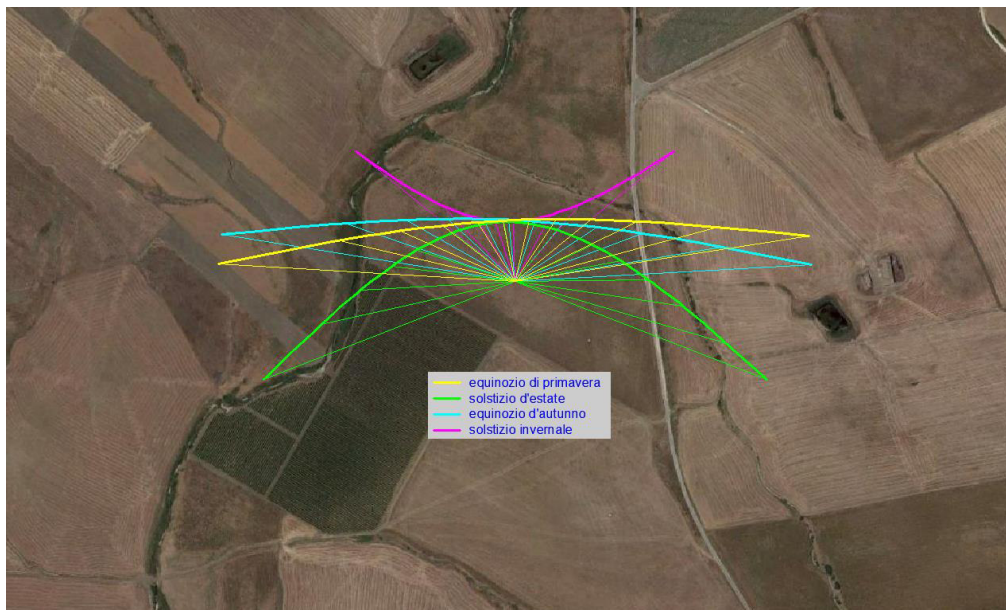
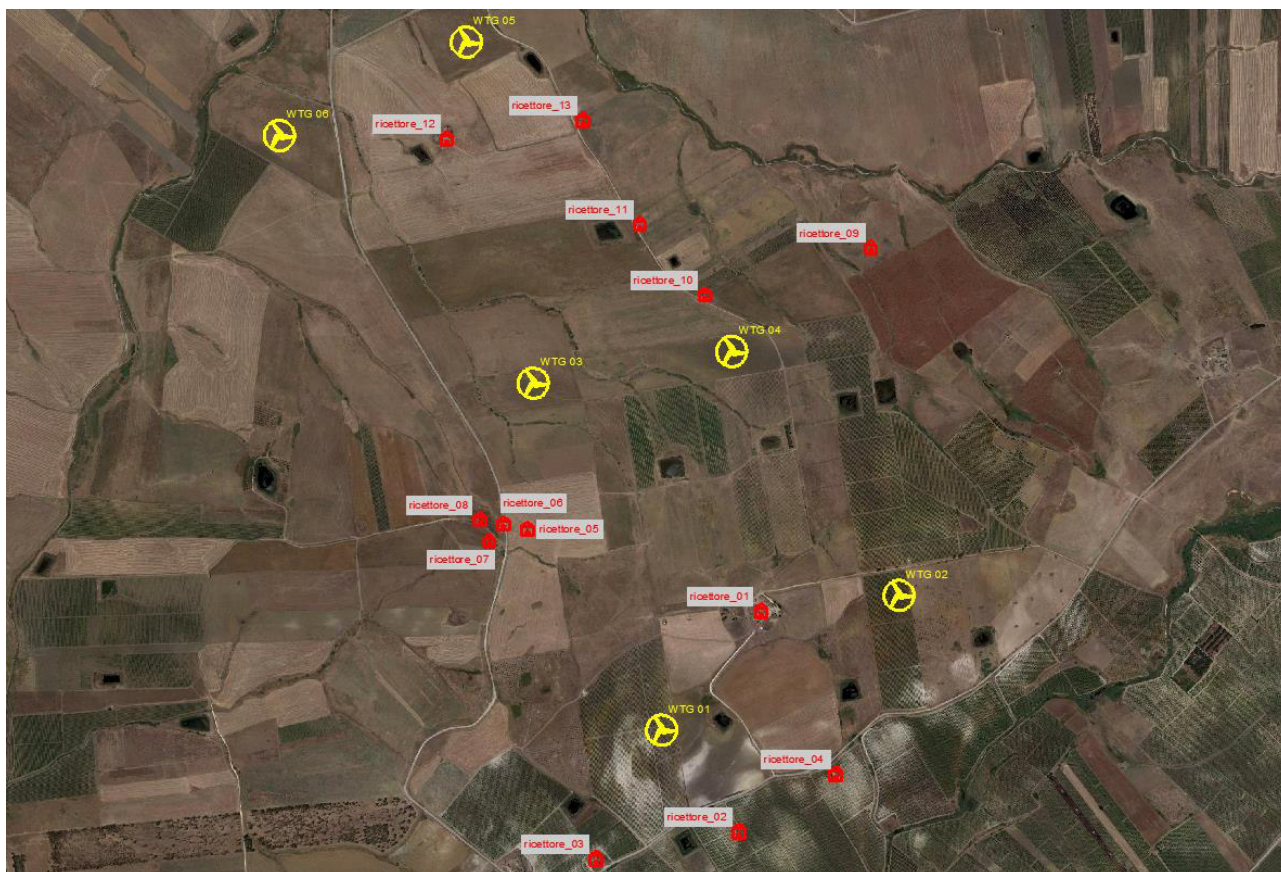


Fig.3.35 - Sovrapposizione ombre sull'aerogeneratore 06

#### 4. Determinazione dei ricettori





Dall'analisi del territorio circostante l'area, dopo aver eseguito diversi rilievi e sopralluoghi in sito, è stata redatta una mappa (fig. 4.1) della posizione dei ricettori esistenti che si trovano nelle vicinanze degli aerogeneratori.







**Fig.4.1 - Planimetria con posizione dei ricettori rispetto agli aerogeneratori**

Ricettore	Coordinate	Fotografia	Descrizione
Ricettore 1	37°49'32.09"N 12°40'33.25"E		Raggruppamento di edifici rurali per il ricovero di attrezzi agricoli

<p>Ricettore 2</p>	<p>37°49'11.26"N 12°40'29.93"E</p>		<p>Edificio rurale disabitato</p>
<p>Ricettore 3</p>	<p>37°49'8.32"N 12°40'13.05"E</p>		<p>Edificio disabitato</p>
<p>Ricettore 4</p>	<p>37°49'16.81"N 12°40'41.70"E</p>		<p>Edificio rurale disabitato</p>
<p>Ricettore 5</p>	<p>37°49'40.11"N 12°40'4.60"E</p>		<p>Edificio rurale disabitato</p>

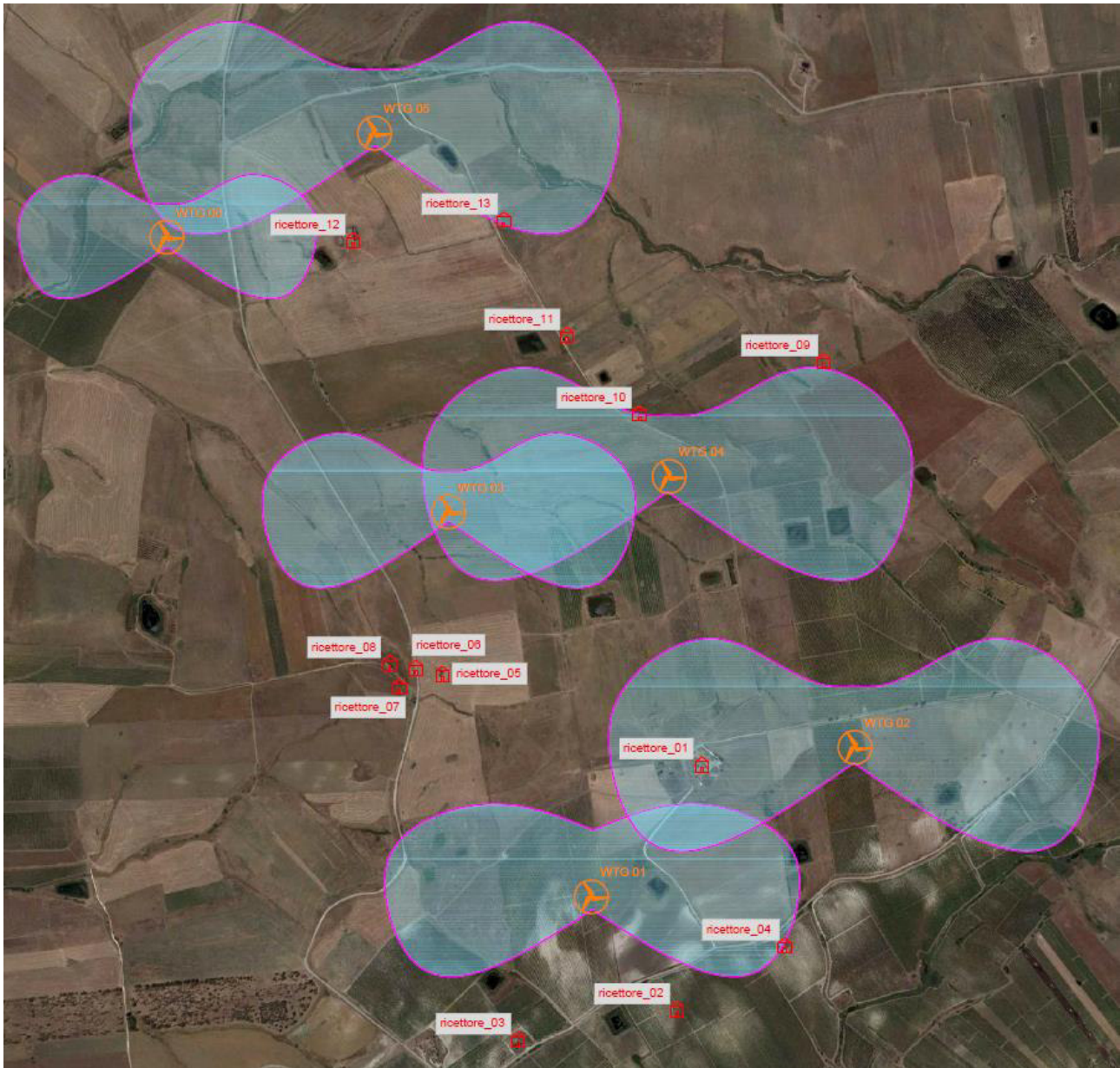
<p>Ricettore 6</p>	<p>37°49'40.04"N 12°40'1.55"E</p>		<p>Edificio rurale disabitato</p>
<p>Ricettore 7</p>	<p>37°49'39.02"N 12°39'59.93"E</p>		<p>Edificio rurale disabitato</p>
<p>Ricettore 8</p>	<p>37°49'40.50"N 12°39'58.99"E</p>		<p>Edificio rurale disabitato</p>
<p>Ricettore 9</p>	<p>37°50'6.61"N 12°40'46.63"E</p>		<p>Edificio rurale disabitato</p>

<p>Ricettore 10</p>	<p>37°50'2.09"N 12°40'26.17"E</p>		<p>Edificio rurale disabitato</p>
<p>Ricettore 11</p>	<p>37°50'8.85"N 12°40'18.44"E</p>		<p>Edificio rurale disabitato</p>
<p>Ricettore 12</p>	<p>37°50'17.84"N 12°39'54.47"E</p>		<p>Edificio rurale disabitato</p>

Ricettore 13	37°50'19.38"N 12°40'11.18"E	 A photograph of a rural stone building with a wooden door and a gabled roof. The building is constructed from light-colored stone blocks and has a weathered appearance. The door is made of dark wood and is slightly ajar. The roof is made of stone and has a gabled shape. The building is surrounded by some dry vegetation and a clear blue sky is visible in the background.	Edificio rurale disabitato
--------------	--------------------------------	--	-------------------------------

## 5. Risultati

Dall'analisi delle ombre effettuate, emerge che gli aerogeneratori proiettano le proprie ombre in aree in cui non sono presenti ricettori individuati.



**Fig.5.1 - Sovrapposizione dell'ombreggiamento dei quattro aerogeneratori sui ricettori**

Si evidenzia il fatto che i ricettori individuati consistono in magazzini rurali impiegati solo ed esclusivamente per il deposito di attrezzi agricoli. Sono dunque immobili frequentati poche ore durante l'arco della giornata e soltanto



durante le attività agricole che si manifestano durante il periodo autunnale e primaverile e dunque in corrispondenza di periodi in cui l'impatto dovuto all'ombreggiamento è minore.

## 6. Conclusioni

Dallo studio effettuato sulle ombre prodotte dagli aerogeneratori durante l'anno e in particolare nei quattro periodi più significativi (solstizio d'inverno, equinozio di primavera, solstizio d'estate ed equinozio d'autunno) emergono condizioni che danno luogo a lievissimi effetti di Shadow Flickering nelle zone circostanti l'impianto.

L'analisi condotta sull'effetto delle ombre nei punti sensibili in prossimità dell'area di impianto permette di osservare che:

- gli aerogeneratori non proietteranno ombra su abitazioni residenziali durante l'intero anno;
- le ombre generate potrebbero interessare marginalmente i ricettori individuati solo durante le prime e ultime ore del giorno con intensità della luce molto debole.

Si conclude che, l'ubicazione prescelta per gli aerogeneratori non provoca effetti significativi di Shadow Flickering nei punti sensibili evidenziati.

Inoltre considerando la velocità massima di rotazione dei due aerogeneratori 12,1 rpm (giri minuto), corrispondenti a circa 0,6 Hz (circa un passaggio ogni due secondi), in termini di impatto sulla popolazione, e la scarsa luminosità dei brevi periodi di ombreggiamento, tali fenomeni sono da ritenersi innocui e privi di alcun effetto sulla salute delle persone.