



Green Power

Engineering &amp; Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.73.IT.W.12420.16.004.02

PAGE

1 di/of 11

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

# INTEGRALE RICOSTRUZIONE DELL'IMPIANTO EOLICO DI NICOSIA

## PROGETTO DEFINITIVO

### Relazione sull'impatto elettromagnetico



File: GRE.EEC.R.73.IT.W.12420.16.004.02 - Relazione sull'impatto elettromagnetico.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
02	12/07/2024	Integrazioni MASE	D.Stangalino	S.Bossi	D. Stangalino
01	13/01/2021	Integrati I commenti	D.Stangalino	N.Novati	L. Lavazza
00	03/07/2020	Prima Emissione	D.Stangalino	D.Gradogna	L. Lavazza

#### GRE VALIDATION

	Giagnorio	Iacofano
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT <b>Nicosia</b>	GRE CODE																			
	GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT				SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION							
	GRE	EEC	R	7	3	I	T	W	1	2	4	2	0	1	6	0	0	4	0	2
CLASSIFICATION	<b>PUBLIC</b>					UTILIZATION SCOPE	<b>BASIC DESIGN</b>													

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.

## INDEX

1. INTRODUZIONE .....	3
1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE .....	3
1.2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE .....	3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	3
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	5
4. IMPIANTO EOLICO .....	7
5. CAMPI MAGNETICI .....	7
5.1. GENERALITÀ.....	7
5.2. CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DALLA SOTTOSTAZIONE .....	7
5.3. CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DAL TRASFORMATORE AT/MT .....	7
5.4. CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DAI CAVI MT IN SOTTOSTAZIONE .....	9
5.5. CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DAI CAVI MT NEL PARCO EOLICO .....	10
6. CAMPI ELETTRICI .....	11
7. CONCLUSIONI .....	11

## 1. INTRODUZIONE

Stantec S.p.A., in qualità di Consulente Tecnico, è stata incaricata da Enel Green Power S.p.A. ("EGP") di redigere il progetto definitivo per il potenziamento dell'esistente impianto eolico ubicato nei comuni di Nicosia (EN) e Mistretta (ME), in località "Contrada Marrocco", costituito da 55 aerogeneratori di potenza nominale pari a 0,85 MW, per una potenza totale installata di 46,75 MW.

L'energia prodotta dagli aerogeneratori, attraverso il sistema di cavidotti interrati in media tensione, viene convogliata alla sottostazione elettrica di alta tensione "Serra Marrocco" 150 kV, realizzata in entra-esce sulla linea Nicosia-Caltanissetta. La suddetta stazione elettrica è ubicata all'interno dell'area dell'impianto eolico.

Il progetto proposto prevede l'installazione di nuove turbine eoliche in sostituzione delle esistenti, in linea con gli standard più alti presenti sul mercato, e consentirà di ridurre il numero di macchine da 55 a 13, per una nuova potenza installata prevista pari a 78 MW, diminuendo in questo modo l'impatto visivo, in particolare il cosiddetto "effetto selva". Inoltre, la maggior efficienza dei nuovi aerogeneratori comporterà un aumento considerevole dell'energia specifica prodotta, riducendo in maniera proporzionale la quantità di CO<sub>2</sub> equivalente.

### 1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE

Enel Green Power S.p.A., in qualità di soggetto proponente del progetto, è la società del Gruppo Enel che dal 2008 si occupa dello sviluppo e della gestione delle attività di generazione di energia da fonti rinnovabili.

Enel Green Power è presente in 29 Paesi nel mondo: in 18 gestisce delle capacità produttive mentre in 11 è impegnata nello sviluppo e costruzione di nuovi impianti. La capacità gestita totale è di circa 46 GW, corrispondenti a più di 1.200 impianti.

In Italia, il parco di generazione di Enel Green Power è rappresentato da tutte le 5 tecnologie rinnovabili del gruppo: idroelettrico, eolico, fotovoltaico, geotermia e biomassa. Attualmente nel Paese conta una capacità gestita complessiva di oltre 14 GW.

### 1.2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE

La presente relazione ha come scopo la valutazione dei campi elettromagnetici prodotti dalle apparecchiature elettriche (sottostazione in aria, trasformatori, linee in cavo in media tensione) installate nel nuovo impianto eolico di Nicosia "Sierra Marrocco" che sarà connesso alla rete in alta tensione di RTN.

La valutazione del campo magnetico consiste nella determinazione della distanza di prima approssimazione (nel seguito indicata con Dpa) in accordo alle prescrizioni del DPCM del 8 luglio 2003.

## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito, oggetto del presente elaborato, è ubicato a circa 80 km a Sud-Est di Palermo ed a qualche km ad Est delle Madonie, nei comprensori comunali di Nicosia (EN) e Mistretta (ME), Regione Sicilia.

L'area interessata si sviluppa lungo il crinale della dorsale ad andamento O-E, che si estende tra Serra Marrocco, Monte Ferrante, Monte Quattro Finaite e località Portella Palumba (a sud di Monte Saraceno) per una lunghezza di circa 6 Km, e lungo i due crinali delle dorsali ad andamento Sud-Nord, che si estendono da Serra Marrocco per una lunghezza di circa 1 Km e tra Monte della Grassa e Monte Quattro Finaite per una lunghezza di circa 3 Km.

L'impianto in progetto ricade entro i confini comunali di Nicosia e Mistretta, in particolare all'interno dei seguenti riferimenti cartografici:

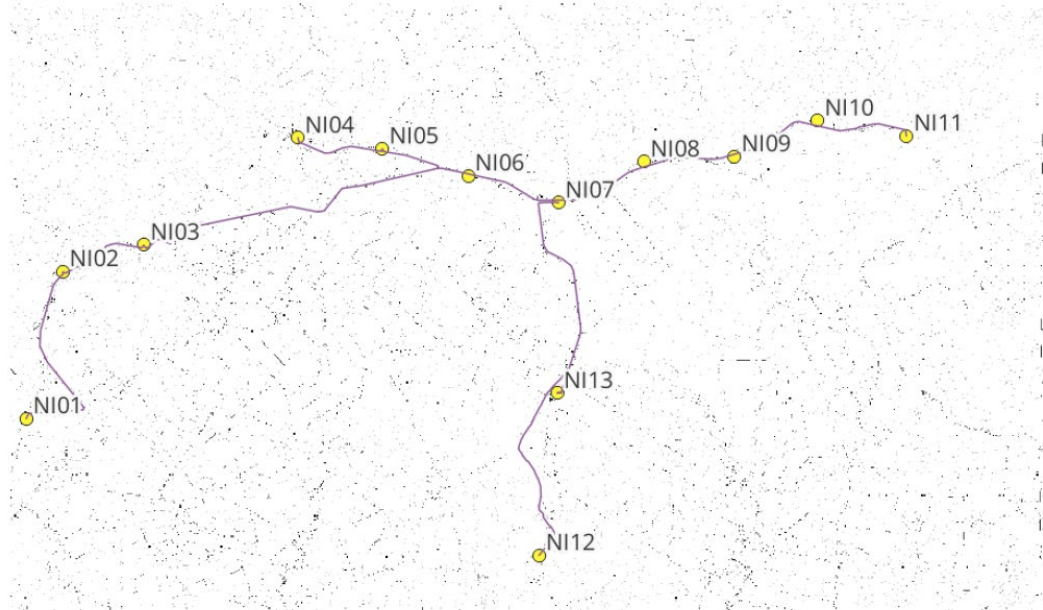
- Foglio di mappa catastale del Comune di Nicosia n° 1, 3, 4 e 5;

- Foglio di mappa catastale del Comune di Mistretta n° 96;
- Foglio di mappa catastale del Comune di Castel di Lucio n° 36;
- Foglio di mappa catastale del Comune di Geraci Siculo n° 57;
- Fogli I.G.M. in scala 1:25.000, codificati 260-I-SO Castel di Lucio e 260-II-NO Ganci;
- Carta tecnica regionale CTR in scala 1:10.000, foglio n° 610160.

Di seguito è riportato l'inquadramento territoriale dell'area di progetto e la configurazione proposta su ortofoto.



**Figura 2-1: Inquadramento generale dell'area di progetto**



**Figura 2-2: Disposizione torri**

Di seguito è riportato in formato tabellare un dettaglio sulla locazione delle WTG di nuova costruzione, in coordinate WGS84 UTM fuso 33N:

**Tabella 1: coordinate aerogeneratori**

ID	Comune	Est	Nord	Altitudine [m s.l.m.]
<b>NI01</b>	Nicosia	435152,37	4186572,87	997
<b>NI02</b>	Nicosia	435371,96	4187457,03	1093
<b>NI03</b>	Nicosia	435860,43	4187620,53	1073
<b>NI04</b>	Nicosia	436793,02	4188265,95	1105
<b>NI05</b>	Nicosia	437302,81	4188201,13	1083
<b>NI06</b>	Nicosia	437819,67	4188034,76	1087
<b>NI07</b>	Nicosia	438364,31	4187874,32	1101
<b>NI08</b>	Nicosia	438879,01	4188122,02	1111
<b>NI09</b>	Nicosia	439428,41	4188150,68	1119
<b>NI10</b>	Nicosia	439927,01	4188370,05	1142
<b>NI11</b>	Nicosia	440465,48	4188278,58	1124
<b>NI12</b>	Nicosia	438248,00	4185747,00	1056
<b>NI13</b>	Nicosia	438356,00	4186725,00	1055

### 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella stesura della presente relazione tecnica, sono state seguite le prescrizioni indicate e applicabili al caso specifico dalle seguenti norme:

- ✓ Decreto Ministeriale del 21 marzo 1988 n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne".
- ✓ Legge Quadro n. 36 del 22/02/01 e relativo DPCM 08-07-2003 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.

- ✓ Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003: Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti.
- ✓ Decreto Ministeriale 29 maggio 2008: Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti.
- ✓ Norma CEI 106-11: "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003".
- ✓ Guida CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche".
- ✓ Guida CEI CLC/TR 50453 "Valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza".
- ✓ DLgs 81/2008 del 9/4/2008 "Testo unico sulla sicurezza".
- ✓ Norma CEI EN 61936-1, "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 1: Prescrizioni comuni".

#### **4. IMPIANTO EOLICO**

Il progetto di potenziamento dell'impianto eolico consiste nell'installazione di n. 13 torri di generazione eolica di nuova costruzione ciascuna equipaggiata con generatore asincrono DFIG in bassa tensione 690 V da 6 MW, convertitore di frequenza per la regolazione della corrente di rotore, interruttore principale, servizi ausiliari, trasformatore elevatore a 33 kV e quadro di media tensione (36 kV isolamento) per la connessione esterna.

Tutte le suddette apparecchiature sono installate sulla navicella in quota sulla torre di generazione.

La massima potenzialità del parco eolico sarà di 78 MW.

Le nuove torri di generazione saranno installate adiacenti alle torri esistenti che saranno dismesse.

#### **5. CAMPI MAGNETICI**

##### **5.1. GENERALITÀ**

L'intensità del campo magnetico prodotto dagli elettrodotti (sia linee in cavo che conduttori nudi aerei) e/o dalle apparecchiature elettriche installate nelle sottostazioni elettriche può essere calcolata con formule approssimate secondo i modelli bidimensionali indicati dal DPCM 8/7/2003 e dal DM 29/5/2008.

La Norma CEI 106-11 costituisce una guida per la determinazione della fascia di rispetto per gli elettrodotti in accordo al suddetto DPCM.

La fascia di rispetto comprende lo spazio circostante un elettrodotto, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, dove l'induzione magnetica è uguale o maggiore dell'obiettivo di qualità.

Secondo la Legge 36/01 e il DPCM 8/7/03 allegato A l'obiettivo di qualità corrisponde al limite di 3  $\mu$ T (microtesla) da rispettare nella costruzione dei nuovi elettrodotti.

Dalla proiezione al suolo della fascia di rispetto si ottiene la Dpa (distanza di prima approssimazione) misurata tra la proiezione al suolo del baricentro dei conduttori e la proiezione al suolo della fascia di rispetto.

Infine, si tenga presente che l'intensità del campo magnetico è funzione dell'intensità della corrente e della distanza tra i conduttori e diminuisce all'aumentare della distanza dal baricentro dei conduttori.

A favore della sicurezza per il calcolo della fascia di rispetto, il DM 29/5/2008 impone che si utilizzi la portata massima dell'elettrodotto e/o delle linee in cavo, e non la corrente di massimo impiego. La portata massima è definita in funzione delle caratteristiche costruttive delle apparecchiature e delle linee elettriche.

##### **5.2. CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DALLA SOTTOSTAZIONE**

Secondo il DM 29/5/2008 (art. 5.2.2) per le sottostazioni in genere la fascia di rispetto rientra nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto stesso.

Considerando le sbarre principali in tubolare di alluminio di diametro conforme allo standard Terna, con una distanza tra le fasi di 2,2 m (valore unificato dal codice di rete di Terna per le stazioni a 132 kV), con una corrente nominale delle sbarre di 1250 A, si ottiene una fascia di rispetto e quindi una Dpa di 18 m, oltre la quale l'induzione è inferiore ai 3  $\mu$ T e quindi nei limiti di legge imposti dalla normativa nazionale (obiettivo di qualità del DPCM 8/7/03).

I 18 m vanno calcolati dal baricentro dei conduttori e quindi dalla fase centrale delle sbarre in aria.

La proiezione al suolo di tale fascia di rispetto determina la distanza di prima approssimazione Dpa che risulta essere quindi di 18 m.

##### **5.3. CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DAL TRASFORMATORE AT/MT**

Le caratteristiche del trasformatore elevatore sono riportate in tabella seguente:

**Tabella 2: Caratteristiche trasformatore MT/AT "TR1"**

Caratteristica	u.m.	TR1
Potenza nominale	MVA	95/(*)
Tensione nominale primaria	kV	150
Corrente primaria	A	366
Tensione nominale secondaria	kV	33
Corrente secondaria	A	1664,04
Regolazione		$\pm 10 \times 1,25\%$
Commutatore		Sotto carico
Gruppo vettoriale		YNd11
Impedenza di corto circuito	Vcc	13
Sistema di raffreddamento		ONAN-ONAF

(\*) La potenza con raffreddamento ONAF sarà definita in fase di progetto esecutivo.

La valutazione del campo magnetico è stata effettuata recependo alcune indicazioni del rapporto CLC/TR 50453 e della Guida CEI 211-4, in quanto nel D.M. 29 maggio 2008 "Metodi numerici per il calcolo delle fasce di rispetto" non viene contemplato questo particolare caso.

Le indicazioni delle suddette pubblicazioni permettono di poter effettuare le seguenti considerazioni:

- I valori più significativi del campo magnetico a frequenza di rete sono dovuti alla corrente che circola nei terminali a bassa tensione.
- Il campo magnetico del trasformatore, prodotto dalle correnti che circolano negli avvolgimenti può essere trascurato.

Sulla base delle considerazioni sopra esposte si può ritenere che i valori più significativi sono quelli prodotti dai cavi elettrici di media tensione collegati all'avvolgimento secondario, 5 cavi (1x240) mm<sup>2</sup> in parallelo per fase.

In corrispondenza dei terminali di media tensione i cavi di ogni fase sono tutti raggruppati insieme e collegati allo stesso terminale. La distanza tra i terminali di media tensione è di 350 mm.

Considerando come valore di corrente quella nominale dell'avvolgimento secondario del trasformatore (1664,04 A), si ottiene un valore della distanza di prima approssimazione pari a 8,205 m.

In analogia al paragrafo 5.1.4.5 del decreto 29 Maggio 2008 la distanza di prima approssimazione viene incrementata di 1,5 volte per eventuali cambi di direzione, ottenendo un valore di 12,31 m.

In conclusione, la distanza di prima approssimazione (Dpa) del trasformatore CT1 risulta essere di 12,31 m.



#### 5.4. CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DAI CAVI MT IN SOTTOSTAZIONE

I cavi di media tensione impiegati per il collegamento delle apparecchiature elettriche (trasformatore elevatore, trasformatore dei servizi ausiliari) hanno le seguenti caratteristiche:

**Tabella 3: Caratteristiche cavi MT in sottostazione**

Voce	Caratteristica
Tipo di cavo	unipolare
Conduttore	rame ricotto stagnato secondo norma CEI 20-29
Forma conduttore	corda rotonda compatta
Isolamento	mescola etilenpropilenica di qualità G7 (HEPR)
Schermo metallico	rame non stagnato
Guaina esterna	mescola termoplastica in PVC qualità Rz
Temperatura massima	90 °C in condizioni di esercizio normali 250°C in condizioni di corto circuito
Posa	interrata in cunicolo
Tensione isolamento	18/30 kV
Designazione del cavo	RG7H1R 18/30 kV

Per il calcolo della Dpa sono state considerate le seguenti condizioni:

- Massima corrente per ogni singola linea, corrispondente alla massima portata dei cavi.
- Geometria in funzione del percorso cavi

Le formazioni per ciascuna linea di media tensione e i valori della fascia di rispetto e quindi della Dpa (distanza di prima approssimazione) sono di seguito indicati:

**Tabella 4: Calcolo Dpa per cavidotti MT in sottostazione**

Formazione [mm <sup>2</sup> ]	Da	A	Diametro esterno [mm]	Portata [A] (nota 1)	Posa	Dpa [m]
5x3x(1x240)	TR1	QMT-1	45	525	A trifoglio interrati/passarella	1,39
3x(1x50)	QMT-1	TSC1	34,1	214	A trifoglio interrati/passarella	0,77

*Nota 1: valore di portata effettiva della singola terna.*

Si precisa che i valori della Dpa sono stati calcolati considerando una sola terna di conduttori.

Per linee composte da più terne in parallelo si evidenzia che queste saranno posate in tubi distanziati tra loro di 2 volte il diametro esterno dei cavi oppure su passerelle distanziate di 300 mm in verticale e con una distanza di 2 volte il diametro tra due terne adiacenti. Quindi possono essere considerate come linee indipendenti.

## 5.5. CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DAI CAVI MT NEL PARCO EOLICO

I cavi di media tensione impiegati per il collegamento tra le singole torri di generazione e la sottostazione hanno le seguenti caratteristiche:

Tipo di cavo	unipolare
Conduttore:	alluminio
Forma conduttore:	corda rotonda compatta
Isolamento:	in polietilene di tipo XLPE
Schermo metallico:	in nastro di alluminio
Guaina esterna:	polietilene
Temperatura massima:	90 °C in condizioni di esercizio normali 250°C in condizioni di corto circuito
Posa:	interrata
Tensione isolamento:	18/30 kV
Designazione del cavo:	ARE4H5E

Sono usate le seguenti sezioni di cavo:

Formazione [mm <sup>2</sup> ]	Diametro esterno [mm]	Portata [A]
1x300	44	480
1x630	51	606

**Tabella 5: Caratteristiche cavi MT nel parco eolico**

Per il calcolo della Dpa sono state considerate le seguenti condizioni:

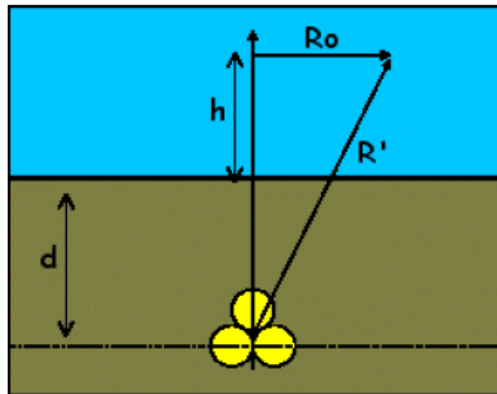
- Massima corrente per ogni singola linea, corrispondente alla massima portata dei cavi.
- Geometria in funzione del percorso cavi e del tipo di posa: a trifoglio alla profondità di 1,2 m.

In riferimento alle suddette condizioni di posa si ottiene una distanza di prima approssimazione Dpa, intesa come distanza dal baricentro della linea in tutte le direzioni (R' nella figura 2), come indicato in tabella.

Invece della distanza dal baricentro può essere interessante conoscere la distanza dall'asse della linea a livello del suolo (distanza Ro nella figura 2, con h=0), come indicato in tabella.

Formazione [mm <sup>2</sup> ]	Diametro esterno [mm]	Dpa [m]	Distanza asse a livello del suolo	Valore induzione a 1 m dal suolo [μT]
1x300	44	1,31	0,729	1,069
1x630	51	1,60	1,017	1,211

**Tabella 6: DpA cavi MT nel parco eolico**



Schema e distanze di cavi interrati posati a trifoglio (CEI 106-11)

Figura 1

## 6. CAMPI ELETTRICI

Tutti i componenti dell'impianto presentano al loro interno schermature o parti metalliche collegate all'impianto di terra, per cui i campi elettrici risultanti all'esterno sono del tutto trascurabili o nulli.

Tutti gli schermi o le masse metalliche saranno collegati a terra, imponendo il potenziale di terra, ovvero zero, agli stessi, col risultato di schermare completamente i campi elettrici.

Anche nel caso in cui gli effetti mitigatori delle schermature non dovessero essere totali, sicuramente le fasce di rispetto dovute ai campi elettrici sarebbero ridotte e ricadrebbero all'interno di quelle già calcolate per i campi magnetici.

Per le linee in cavo di media tensione essendo i cavi schermati il campo elettrico esterno allo schermo è nullo o comunque inferiore al valore di 5 kV/m imposto dalla Norma.

## 7. CONCLUSIONI

Dall'analisi dei risultati si può concludere che i valori di induzione calcolati sono compatibili con i vincoli previsti dalla normativa vigente.

Infatti, le aree di prima approssimazione individuate non includono in nessun punto luoghi con permanenza abituale di persone superiore a 4 ore, e, essendo contenute all'interno o nei dintorni dell'area di insediamento del nuovo parco eolico e della sottostazione annessa, non coinvolgono né civili abitazioni, né locali pubblici con permanenza di persone, né luoghi di divertimento o svago.