



REGIONE SICILIA



PROVINCIA DI TRAPANI



COMUNE DI MAZARA DEL VALLO



COMUNE DI SANTA NINFA



COMUNE DI SALEMI

Proponente	Geremo S.r.l.				
Progettista:					Partnered by:
Progettazione	<p>Ing. Francesco Desiderio Lanzalaco Via A. Ognibene n. 107 92013 - Menfi (AG) seawindpower@pec.it</p> <p><i>Ing. Francesco Desiderio Lanzalaco</i> <i>Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo n. 4488</i></p>		<p>Studio Botanico Faunistico e Agronomico</p>		<p>Dott. For. Giuseppe D'Angelo Corso Umberto I n. 140 90010 - Gratteri (PA) g.dangelo@conafpec.it</p>
S/A PMA	<p>Ing. Francesco Desiderio Lanzalaco Via A. Ognibene n. 107 92013 - Menfi (AG) seawindpower@pec.it</p>		<p>V.I. ARCH.</p>		<p>Dott. Sebastiano Muratore Via G. P. Giraldi n. 16 90123 - Palermo (PA) mutatore@pec.paropos.com</p>
Studio Idraulico	<p>Ing. Dario Tricoli Via Carlo Pisacane n. 25/F 88100 - Catanzaro (CZ) ruwa@pec.ruwa.it</p>		<p>Studio Geologico Geofisico ed Idrogeologico</p>		<p>Dott. Leonardo Mauceri Via Olanda n. 15 92010 - Montevago (AG) geologomauceri@epap.sicurezzapostale.it</p>
Studio impatto acustico	<p>Ing. Maurizio V. Salvo Via Cavour n. 28 91025 - Marsala (TP) mediacom srl@gigapec.it</p>		<p>Studio preliminare strutture</p>		<p>Ing. Gaspare La Porta Via Rosario n. 44 92015 - Raffadali (AG) gaspare.la.porta@ingpec.eu</p>
Opera	<p>Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato <i>Anemos</i></p>				
Oggetto	<p>Codice elaborato interno - Titolo elaborato: ANMSSOR12-00 – RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO EOLICO</p>				
00	23/02/2023	Emissione per progetto definitivo	Ing. F.D. Lanzalaco	Ing. A. Letizia	Geremo s.r.l.
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione

INDICE

1	Valenza dell’iniziativa	3
2	Oggetto dell’intervento.....	3
3	Descrizione dell’impianto eolico.....	3
3.1	Sito di installazione.....	3
3.2	Tipologia di connessione	4
3.3	Configurazione impianto eolico.....	5
4	Componenti dell’impianto	5
4.1	Aerogeneratori	5
4.2	Cavi media tensione	16
4.2.1	Dimensionamento cavi MT.....	17
4.2.2	Linea Media Tensione interrata.....	20
4.3	Sistema di messa a terra aerogeneratori	21
4.4	Protezione contro i fulmini delle lame, navicella e torre	22
5	Sistemi di regolazione	22
5.1	Regolazione di tensione.....	22
5.1.1	Compensazione della potenza reattiva a impianto fermo	26
5.2	Regolazione di frequenza	26
6	Misura energia scambiata con la rete	27
7	Protezione contro i contatti diretti	27
7.1	Generalità	27
7.2	Misure di protezione totale.....	27
7.3	Misure di protezione parziale.....	27
7.4	Misura di protezione aggiuntiva mediante interruttori differenziali	28
8	Protezione contro i contatti indiretti	28
9	Protezione dal corto circuito	30
10	Protezione dalle fulminazioni	30
11	Sistema di monitoraggio e controllo	30
12	Normative di riferimento	31

1 Valenza dell'iniziativa

In questi anni la tecnologia eolica ha ricevuto crescente attenzione, soprattutto a causa delle esigenze di risparmio energetico e di riduzione dei gas serra, obiettivi fondamentali del Protocollo di Kyoto.

In questo ambito, la realizzazione di un impianto eolico rappresenta una soluzione adatta a rispondere agli attuali problemi ambientali, in quanto consente i seguenti vantaggi:

- produzione di energia elettrica senza alcuna emissione di sostanze inquinanti
- risparmio di combustibile fossile
- applicazione di soluzioni di progettazione del sistema perfettamente compatibili con le esigenze di tutela del territorio

Nel caso specifico l'impianto eolico in progetto verrà collegato alla rete elettrica di trasmissione nazionale (RTN) secondo il regime di cessione pura dell'energia prodotta.

2 Oggetto dell'intervento

Lo scopo del presente documento è definire tecnicamente un impianto di generazione elettrica con l'utilizzo della fonte rinnovabile eolica.

L'impianto, della potenza nominale complessiva di 45 MW, verrà realizzato su terreni a destinazione d'uso prevalentemente agricolo ubicati nei territori dei comuni di Salemi e Mazara del Vallo in provincia di Trapani (TP) con connessione alla rete RTN in Alta Tensione (AT).

3 Descrizione dell'impianto eolico

3.1 Sito di installazione

L'area di studio è localizzabile con le seguenti coordinate geografiche (dalla piattaforma informatica Google Earth):

Aerogeneratore	Coordinate
WTG1	37°45'44.42"N 12°34'51.42"E
WTG2	37°45'31.88"N 12°35'24.96"E
WTG3	37°45'50.27"N 12°36'17.91"E
WTG4	37°45'45.31"N 12°36'48.74"E
WTG5	37°45'1.10"N 12°37'50.44"E
WTG6	37°44'48.90"N 12°38'48.31"E
WTG7	37°44'41.43"N 12°40'57.15"E
WTG8	37°44'52.98"N 12°42'14.50"E

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO EOLICO

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

WTG9	37°45'27.24"N 12°44'8.48"E
WTG10	37°46'6.48"N 12°45'19.53"E

Tabella 3.1. Coordinate aerogeneratori.

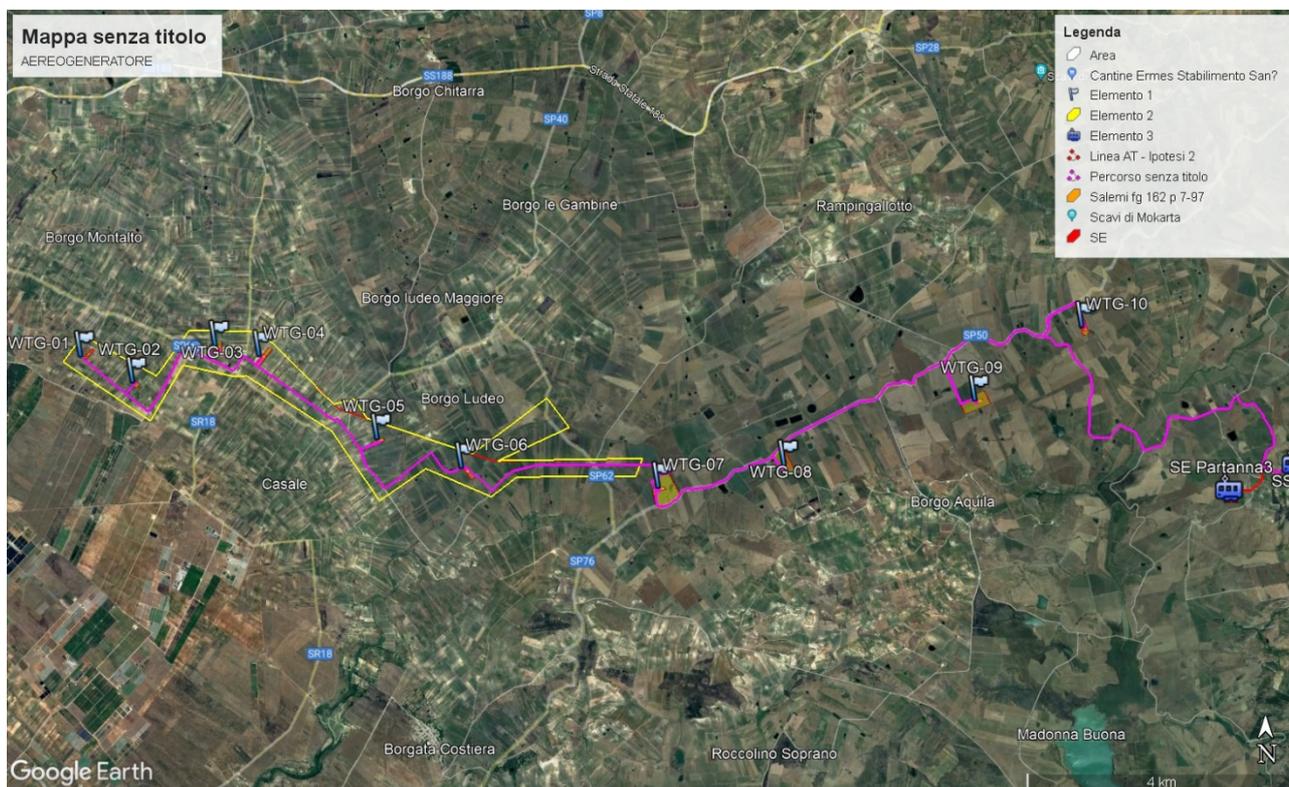


Figura 3.1. Posizione degli aerogeneratori sul territorio.

3.2 Tipologia di connessione

L'impianto sarà connesso alla RTN (Rete di Trasmissione Nazionale di trasmissione e dispacciamento dell'energia elettrica) secondo il regime di cessione pura dell'energia prodotta.

L'impianto verrà allacciato alla rete in modalità AT trifase a livello di tensione nominale e di esercizio pari a 220 kV, a valle del punto di consegna fiscale dell'energia, rispettando le normative vigenti, in particolare quelle relative alle disposizioni di TERNA per il collegamento dell'impianto alla rete pubblica RTN.

Ai fini del collegamento dell'impianto alla rete la società proponente GEREMO S.r.l. ha provveduto ad inoltrare apposita richiesta di connessione a TERNA S.p.A. ai sensi della Delibera n. 99/08 dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente e s.m.i. Con l'emissione del preventivo di connessione da parte di TERNA sono definite, in rapporto all'assetto attuale della rete, le opere e gli eventuali oneri di allacciamento ed adempimenti vari che dovessero rendersi necessari ai fini del collegamento dell'impianto.

La realizzazione della connessione in parallelo alla rete pubblica, rispetterà le prescrizioni tecniche ed i criteri di allacciamento riportati nella Norma CEI 0-16 "Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica".

L'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori sarà convogliata con 4 elettrodotti interrati alla tensione di esercizio 30 kV verso la Sottostazione di Trasformazione MT/AT (stazione di utente) dove la tensione viene

innalzata dal livello 30 kV a 220 kV con un trasformatore elevatore di potenza MT/AT, per poi essere ceduta alla RTN al livello di tensione pari a 220 kV.

Lo schema di allacciamento alla RTN, come da STMG elaborata da TERNA Codice Pratica: 202101533 del 13.10.2021 prevede che la centrale venga collegata in antenna a 220 kV con una nuova stazione elettrica di smistamento (SE) a 220 kV della RTN, da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 220 kV "Fulgatore - Partanna".

3.3 Configurazione impianto eolico

Il parco eolico è costituito da 10 aerogeneratori di potenza 4,5 MW cadauno, per una potenza nominale complessiva pari a 45 MW, intesa come somma delle potenze di targa o nominale di ciascun aerogeneratore. I 10 aerogeneratori saranno installati nei territori dei comuni di Salemi e Mazara del Vallo in provincia di Trapani (TP), collegati tra loro tramite una rete di cavi interrati ad una profondità di circa 1.2 m, ed eserciti alla tensione nominale di 30 kV.

In particolare, dato il layout di impianto e le posizioni dei 10 aerogeneratori sul territorio, la centrale eolica è stata organizzata e suddivisa in 4 gruppi, elettricamente indipendenti, al fine di ottimizzare la funzionalità e ridurre la sezione dei cavidotti MT costituenti le dorsali esterne, come schematizzato in Tabella 3.2; ciascuno di questi gruppi, farà poi capo ad un elettrodotto in cavo interrato (dorsale principale), che collegherà ciascun gruppo di aerogeneratori alla sbarra di parallelo MT in stazione di utenza.

Elettrodotto	Aerogeneratori
L1	WTG1 - WTG2
L2	WTG3 - WTG4
L3	WTG5 - WTG6 - WTG7
L4	WTG8 - WTG9 - WTG10

Tabella 3.2. Raggruppamento degli aerogeneratori rispetto agli elettrodotti.

Le dorsali verranno attestate alla sbarra di parallelo in cabina di ricezione/smistamento MT localizzata nella SSEU stazione utente.

La stazione di utenza, in condivisione con altri produttori, verrà realizzata su un'area di circa 14000 m² individuata catastalmente al foglio 52 particella 473-474 del Comune di Santa Ninfa (TP), e sarà costituita da una sezione a 220 kV isolata in aria.

La stazione sarà collegata in antenna mediante un elettrodotto AT in cavo interrato della lunghezza di circa 1.275 m alla futura stazione SE di Terna denominata "Partanna 3" sita nel Comune di Santa Ninfa (TP) inserita in "entra-esce" sulla linea RTN 220 kV "Fulgatore - Partanna".

4 Componenti dell'impianto

I componenti principali dell'impianto sono:

- Aerogeneratori
- Cavi media tensione
- Sistema di messa a terra

4.1 Aerogeneratori

La scelta di un aerogeneratore viene effettuata sulla base di analisi sitologiche e anemologiche.

Nella fattispecie in fase preliminare dello studio è stata scelta come potenzialmente installabile nei siti in oggetto la turbina “**Vestas V163-4.5 MW**” (si allega il documento illustrativo generale fornito dal costruttore stesso).

Nelle tabelle seguenti si riportano i dati, valori e parametri caratteristici forniti dal costruttore:

- tabella 6.1 : parametri caratteristici di definizione della curva di potenza dell’aerogeneratore;
- tabella 6.2 : parametri caratteristici di definizione del coefficiente C_t ;
- tabella 6.3 : livelli di potenza sonora;

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO EOLICO

*Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos*

WS [m/s]	Air density [kg/m ³]													
	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	94	58	62	65	68	71	75	78	81	84	87	91	97	100
3.5	201	142	148	153	158	164	169	174	180	185	190	196	206	211
4.0	334	246	254	262	270	278	286	294	302	310	318	326	342	350
4.5	497	373	384	396	407	418	430	441	452	464	475	486	509	520
5.0	700	530	546	561	577	592	608	623	638	654	669	684	715	730
5.5	946	722	743	763	784	804	824	845	865	886	906	926	967	987
6.0	1241	951	977	1004	1030	1057	1083	1109	1135	1162	1188	1214	1267	1292
6.5	1586	1221	1254	1288	1321	1354	1388	1421	1454	1487	1520	1553	1619	1652
7.0	1989	1537	1578	1620	1661	1702	1744	1785	1826	1867	1907	1948	2029	2070
7.5	2446	1897	1947	1997	2047	2098	2148	2198	2248	2298	2347	2397	2495	2544
8.0	2960	2303	2364	2424	2484	2545	2605	2664	2724	2784	2842	2901	3016	3073
8.5	3505	2744	2815	2885	2956	3027	3096	3166	3235	3305	3372	3438	3557	3610
9.0	4004	3185	3265	3345	3426	3506	3582	3658	3735	3811	3875	3940	4039	4073
9.5	4294	3594	3678	3761	3844	3928	3990	4052	4114	4176	4215	4255	4312	4329
10.0	4432	3972	4038	4103	4168	4234	4270	4307	4344	4381	4398	4415	4439	4446
10.5	4479	4239	4278	4317	4356	4395	4411	4426	4441	4456	4464	4471	4482	4485
11.0	4497	4403	4420	4436	4452	4469	4474	4480	4485	4491	4493	4495	4498	4499
11.5	4500	4462	4469	4476	4483	4490	4492	4494	4496	4498	4499	4499	4500	4500
12.0	4500	4485	4488	4491	4494	4497	4498	4499	4499	4500	4500	4500	4500	4500
12.5	4500	4494	4496	4497	4498	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
13.0	4500	4498	4499	4499	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
13.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
14.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
14.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
15.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
15.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
16.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
16.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
17.0	4493	4493	4493	4493	4493	4493	4493	4493	4493	4493	4493	4493	4493	4493
17.5	4440	4440	4440	4440	4440	4440	4440	4440	4440	4440	4440	4440	4440	4440
18.0	4303	4303	4303	4303	4303	4303	4303	4303	4303	4303	4303	4303	4303	4303
18.5	4115	4115	4115	4115	4115	4115	4115	4115	4115	4115	4115	4115	4115	4115
19.0	3920	3920	3920	3920	3920	3920	3920	3920	3920	3920	3920	3920	3920	3920
19.5	3714	3714	3714	3714	3714	3714	3714	3714	3714	3714	3714	3714	3714	3714
20.0	3494	3494	3494	3494	3494	3494	3494	3494	3494	3494	3494	3494	3494	3493
20.5	3268	3268	3268	3268	3268	3268	3268	3268	3268	3268	3268	3268	3268	3268
21.0	3047	3048	3047	3047	3047	3047	3047	3047	3047	3047	3047	3047	3047	3047
21.5	2836	2836	2836	2836	2836	2836	2836	2836	2836	2836	2836	2836	2836	2836
22.0	2636	2636	2636	2636	2636	2636	2636	2636	2636	2636	2636	2636	2636	2636
22.5	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440
23.0	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248
23.5	2070	2070	2070	2070	2070	2070	2070	2070	2070	2070	2070	2070	2070	2070
24.0	1939	1939	1939	1939	1939	1939	1939	1939	1939	1939	1939	1939	1939	1939

Table 6-1: Power curve, Mode PO4500-0S/PO4500



RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO EOLICO

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

Air density kg/m3														
WS [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.25	1.275
3.0	0,873	0,877	0,876	0,876	0,876	0,876	0,875	0,875	0,875	0,874	0,874	0,874	0,873	0,873
3.5	0,841	0,844	0,844	0,843	0,843	0,842	0,842	0,842	0,842	0,841	0,841	0,841	0,841	0,841
4.0	0,828	0,827	0,827	0,827	0,827	0,828	0,828	0,828	0,828	0,828	0,828	0,828	0,828	0,828
4.5	0,824	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825	0,824	0,824
5.0	0,822	0,823	0,823	0,823	0,823	0,823	0,823	0,823	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822
5.5	0,821	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,821	0,821	0,821	0,821	0,820	0,820
6.0	0,816	0,821	0,820	0,820	0,820	0,819	0,819	0,819	0,818	0,818	0,817	0,817	0,816	0,816
6.5	0,812	0,818	0,817	0,817	0,816	0,816	0,815	0,815	0,814	0,814	0,813	0,813	0,811	0,811
7.0	0,807	0,815	0,814	0,814	0,813	0,812	0,812	0,811	0,810	0,809	0,809	0,808	0,806	0,805
7.5	0,801	0,811	0,810	0,809	0,809	0,808	0,807	0,806	0,805	0,804	0,803	0,802	0,800	0,799
8.0	0,792	0,804	0,803	0,802	0,801	0,800	0,799	0,798	0,797	0,796	0,795	0,793	0,790	0,787
8.5	0,758	0,771	0,770	0,769	0,768	0,767	0,766	0,765	0,764	0,763	0,761	0,759	0,748	0,739
9.0	0,691	0,715	0,714	0,713	0,712	0,711	0,709	0,708	0,706	0,705	0,700	0,695	0,676	0,661
9.5	0,593	0,656	0,653	0,651	0,649	0,646	0,640	0,634	0,628	0,622	0,612	0,602	0,579	0,565
10.0	0,497	0,598	0,591	0,585	0,578	0,571	0,561	0,551	0,541	0,531	0,520	0,509	0,486	0,474
10.5	0,417	0,532	0,522	0,512	0,502	0,491	0,480	0,469	0,458	0,447	0,437	0,427	0,408	0,399
11.0	0,354	0,465	0,453	0,442	0,430	0,419	0,409	0,399	0,389	0,379	0,371	0,362	0,346	0,339
11.5	0,304	0,400	0,390	0,380	0,369	0,359	0,351	0,342	0,334	0,325	0,318	0,311	0,298	0,292
12.0	0,264	0,346	0,337	0,328	0,320	0,311	0,304	0,296	0,289	0,282	0,276	0,270	0,259	0,254
12.5	0,232	0,302	0,294	0,287	0,279	0,271	0,265	0,259	0,253	0,247	0,242	0,237	0,227	0,223
13.0	0,205	0,265	0,259	0,252	0,245	0,239	0,234	0,228	0,223	0,218	0,213	0,209	0,201	0,197
13.5	0,182	0,235	0,229	0,223	0,218	0,212	0,208	0,203	0,198	0,194	0,190	0,186	0,179	0,176
14.0	0,163	0,209	0,204	0,199	0,194	0,189	0,185	0,181	0,177	0,173	0,170	0,167	0,160	0,157
14.5	0,147	0,187	0,183	0,179	0,174	0,170	0,166	0,163	0,159	0,156	0,153	0,150	0,144	0,142
15.0	0,133	0,169	0,165	0,161	0,157	0,153	0,150	0,147	0,144	0,141	0,138	0,135	0,130	0,128
15.5	0,120	0,153	0,149	0,146	0,142	0,139	0,136	0,133	0,130	0,128	0,125	0,123	0,118	0,116
16.0	0,110	0,139	0,136	0,133	0,129	0,126	0,124	0,121	0,119	0,116	0,114	0,112	0,108	0,106
16.5	0,101	0,127	0,124	0,121	0,118	0,115	0,113	0,111	0,109	0,106	0,104	0,102	0,099	0,097
17.0	0,092	0,116	0,113	0,111	0,108	0,106	0,104	0,102	0,099	0,097	0,096	0,094	0,091	0,089
17.5	0,084	0,106	0,103	0,101	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,088	0,086	0,083	0,082
18.0	0,076	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,085	0,083	0,081	0,080	0,078	0,077	0,074	0,073
18.5	0,067	0,083	0,082	0,080	0,078	0,076	0,075	0,073	0,072	0,071	0,069	0,068	0,066	0,065
19.0	0,059	0,073	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066	0,065	0,063	0,062	0,061	0,060	0,058	0,057
19.5	0,052	0,065	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,051	0,050
20.0	0,046	0,057	0,056	0,055	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,048	0,047	0,045	0,044
20.5	0,040	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,043	0,042	0,041	0,040	0,039
21.0	0,036	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035	0,034
21.5	0,031	0,039	0,038	0,037	0,036	0,035	0,035	0,034	0,034	0,033	0,032	0,032	0,031	0,030
22.0	0,028	0,034	0,033	0,033	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,028	0,027	0,027
22.5	0,025	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,025	0,025	0,024	0,024
23.0	0,022	0,026	0,026	0,025	0,025	0,024	0,024	0,024	0,023	0,023	0,022	0,022	0,021	0,021
23.5	0,019	0,023	0,023	0,022	0,022	0,022	0,021	0,021	0,020	0,020	0,020	0,020	0,019	0,019
24.0	0,017	0,021	0,020	0,020	0,020	0,019	0,019	0,019	0,018	0,018	0,018	0,018	0,017	0,017

Table 6-2: Ct values, PO4500-0S/PO4500



RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO EOLICO

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

Sound Power Level at Hub Height		
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at hub height: 30% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m³	
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Mode PO4500-0S (Blades without serrated trailing edge, standard)	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Mode PO4500 (Blades with serrated trailing edge, optional)
3.0	92.3	91.6
4.0	93.3	92.3
5.0	96.8	95.2
6.0	100.6	98.7
7.0	104.2	102.2
8.0	107.3	105.2
9.0	108.4	106.3
10.0	108.4	106.3
11.0	108.4	106.3
12.0	108.4	106.3
13.0	108.4	106.3

Table 6-3: Sound power level, PO4500-0S/PO4500

In Figura 4.1 è rappresentata la curva di potenza dell'aerogeneratore in funzione della velocità del vento riferita alla densità dell'aria pari a 1.225 kg/m³

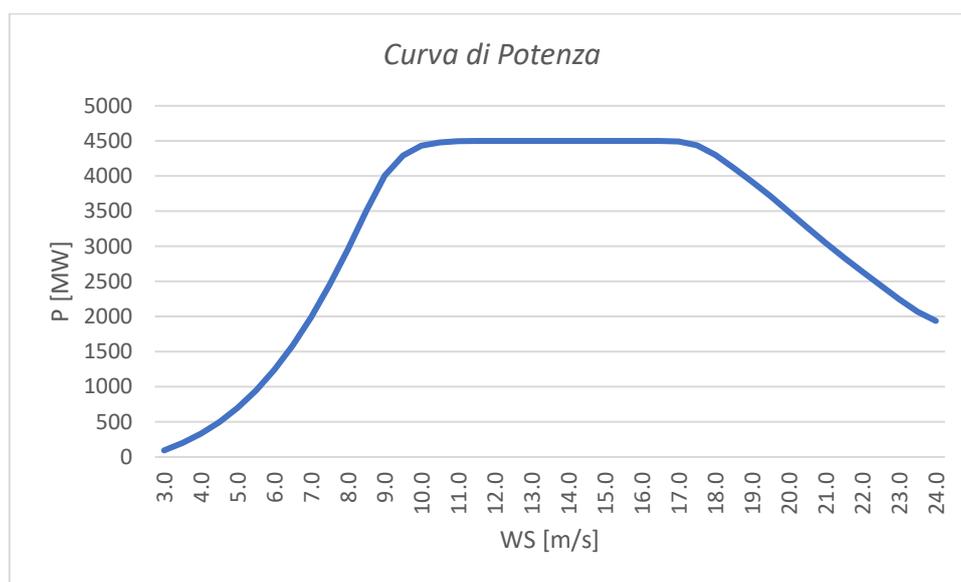


Figura 4.1. Curva di potenza dell'aerogeneratore in funzione della velocità del vento.

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO EOLICO

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

L'aerogeneratore è dotato di rotore a tre pale con regolazione dell'angolo di pitch e regolazione dell'angolo di imbardata. La regolazione dell'angolo di pitch delle pale è realizzata mediante attuatore idraulico cilindro/pistone, con quest'ultimo collegato a dei cuscinetti di rotazione; la regolazione dell'angolo di imbardata avviene a mezzo di più stadi di ruote planetarie. Il controllo avviene con processore OptiTip, basato sulle condizioni del vento prevalente.

La coppia motrice viene trasmessa dall'albero in asse con il generatore tramite due stadi di ruote planetarie, che consentono di adattare la velocità di rotazione della turbina a quella del generatore.

La lubrificazione di ingranaggi e cuscinetti è realizzata in olio; il circuito idraulico è dotato di pompe in configurazione ridondante, che lavorano con pressioni fino a 260 bar.

Il sistema di condizionamento termico/raffreddamento consiste in:

- Sistema a liquido refrigerante per il cambio, i sistemi idraulici, il generatore e il convertitore azionato da un sistema di pompaggio elettrico.
- Sistema di refrigerazione a flusso libero.
- Sistema di raffreddamento ad aria forzata a servizio di: trasformatore di potenza, navicella, generatore, convertitore. Il sistema è costituito da ventilatore elettrico integrato da valvola termostatica a tre vie.
- Sistema di refrigerazione ad aria interno alla navicella. L'aria calda generata dalle apparecchiature meccaniche ed elettriche poste all'interno della navicella viene dissipata da un sistema di ventole situate all'interno della stessa navicella.

Le torri sono di tipo tubolare cilindrico/conico in acciaio costituite da più sezioni unite a mezzo di flange.

Gli aerogeneratori verranno installati su apposite fondazioni di sostegno progettate dal fornitore degli aerogeneratori in fase di redazione del progetto esecutivo sulla base di rilievi, indagini geologiche e delle caratteristiche della macchina scelta. Le fondazioni saranno del tipo a plinto isolato, in calcestruzzo armato, di pianta circolare e fondato su pali trivellati a sezione circolare; la torre dell'aerogeneratore verrà resa solidale alla fondazione mediante un collegamento flangiato con una gabbia circolare di tirafondi in acciaio, inglobati nel dado di fondazione all'atto del getto.

Di seguito in tabella 4.1 si riportano le principali caratteristiche meccaniche della macchina.

SPECIFICHE MECCANICHE	
Altezza mozzo	118,5 m
Diametro rotore	163 m
Lunghezza pala	80.1 m
Corda massima	4.3 m
Intervallo di velocità	4.3 – 11.0 rpm
Senso di rotazione	Orario
Intervallo angolo di pitch	-8,5° – 95°
Velocità regolazione imbardata	0.45°/s
Velocità di cut-it	3.0 m/s
Velocità di cut-out	24.0 m/s

Tabella 4.1. Specifiche meccaniche aerogeneratore.

In figura 4.2 si riporta la struttura tipica dell'aerogeneratore.

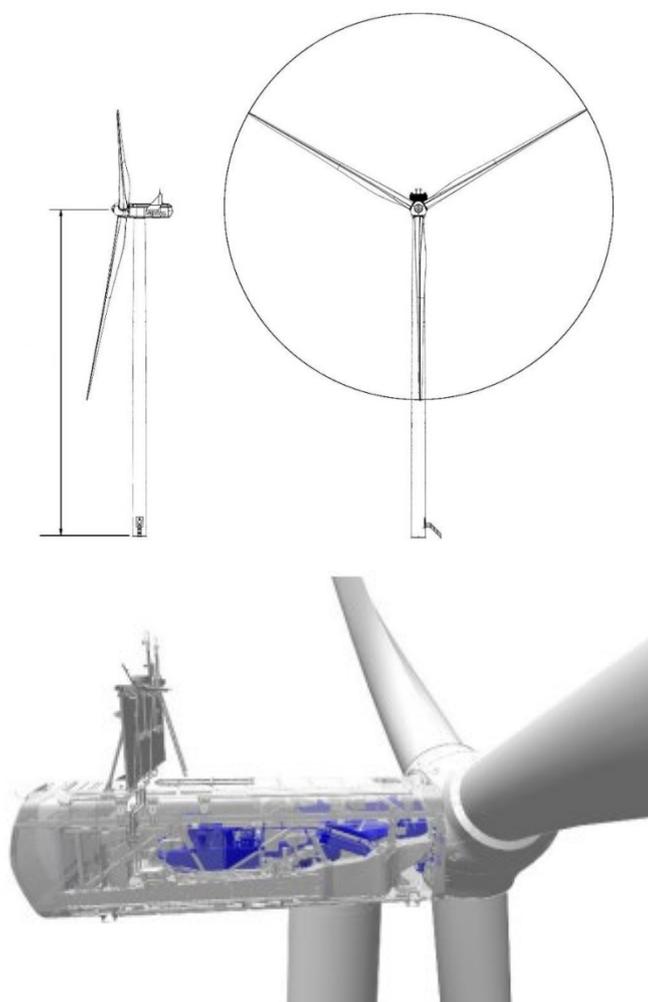


Figura 4.2. Struttura aerogeneratore.

All'interno della navicella sono localizzate le apparecchiature elettriche necessarie per la conversione dell'energia meccanica (cinetica del vento) disponibile all'albero in energia elettrica.

GENERATORE

Il generatore è una macchina a induzione asincrona trifase con rotore a gabbia connesso alla rete tramite un convertitore full-scale. L'alloggiamento del generatore permette la circolazione dell'aria di raffreddamento all'interno dello statore e del rotore. Lo scambio termico aria-acqua avviene in uno scambiatore di calore esterno.

In tabella 4.2 di seguito vengono riportate le caratteristiche del generatore.

CARATTERISTICHE GENERATORE	
Tipo	Asincrono con rotore a gabbia
Potenza nominale [Pn]	4800 kW
Intervallo di frequenza	0 – 100 Hz

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO EOLICO

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

Tensione, statore [Uns]	3 x 800 V (a velocità nominale)
Numero di poli	6
Tipo di avvolgimento	Forma con VPI (impregnazione pressurizzata sottovuoto)
Tipo di connessione	Delta
Intervallo di velocità rpm	1450 – 1550 rpm
Velocità massima (2 min)	2400 rpm
Cuscinetto del generatore	Ibrido/ceramica
Sensori di temperatura, Statore	3 sensori PT100 posizionati nei punti caldi
Sensori di temperatura, Cuscinetti	1 per cuscinetto
Classe di isolamento	H
Grado di protezione	IP54

Tabella 4.2. Caratteristiche generatore.

CONVERTITORE

Il convertitore statico è del tipo full-scale, con sistema di conversione/controllo sia lato generatore che lato rete, e permette di fissare la frequenza delle grandezze elettriche in uscita, rispetto alla frequenza variabile di ingresso. Il convertitore posizionato nella navicella ha una tensione nominale lato rete di 720V e lato generatore di 800 V.

Di seguito in tabella 4.3 si riportano le caratteristiche del convertitore.

CARATTERISTICHE CONVERTITORE	
Potenza apparente nominale [Sn]	5300 kVA
Tensione nominale lato generatore	3 x 800 V
Tensione nominale lato rete	3 x 720 V
Corrente nominale lato rete @ 0.9 p.u. tensione	4250 A
Corrente nominale lato generatore	3925 A
Grado di protezione	IP54

Tabella 4.3. Caratteristiche convertitore statico.

TRASFORMATORE ELEVATORE

Il trasformatore di potenza BT/MT è di tipo trifase a due avvolgimenti, del tipo a secco con avvolgimenti inglobati in resina autoestinguente, ed è allocato in uno scomparto separato nel retro della navicella.

Di seguito in tabella 4.4 si riportano le caratteristiche del trasformatore elevatore di potenza BT/MT.

CARATTERISTICHE TRASFORMATORE	
Tipo	Trasformatore in resina colata a secco eco-design.
Potenza apparente nominale	5300 kVA
Disposizione di base	Trasformatore trifase, 3 rami, 2 avvolgimenti.
Standard applicati	IEC 60076-11, IEC 60076-16, IEC 61936-1,

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO EOLICO

*Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos*

	Regolamento della Commissione UE N. 548/2014 e N. 2019/1783
Tensione nominale, lato turbina	0.72 kV
Tensione nominale massima lato turbina	1.1 kV
Tensione nominale, lato rete	
Um 36.0kV	22.1-33.0 kV
Livello di isolamento AC / LI / LIC	
Um 1.1kV	3 ² / 3 / 3 kV
Um 36.0kV	70 ² / 170 / 170 kV
Commutatore a vuoto	±2 x 2.5 %
Frequenza	50 Hz / 60 Hz
Gruppo vettoriale	Dyn5
Corrente a vuoto	~ 0.5 %
Impedenza di cortocircuito di sequenza positiva @ potenza nominale, temperatura di riferimento secondo IEC 60076-11	9.9 %
Resistenza di cortocircuito di sequenza positiva @ potenza nominale, temperatura di riferimento secondo IEC 60076-11	~0.8 %
Impedenza cortocircuito sequenza zero @ potenza nominale, temperatura di riferimento secondo IEC 60076-11	~8.3 %
Resistenza cortocircuito sequenza zero @ potenza nominale, temperatura di riferimento secondo IEC 60076-11	~0.7 %
Potenza reattiva a vuoto	~20 kVAr
Potenza reattiva a pieno carico	~550 kVAr
Picco di corrente di spunto	5-8 x I _n A
Tempo di mezza cresta	~ 0.6 s
Livello di potenza sonora	≤ 80 dB(A)
Aumento della temperatura media ad altitudine massima	≤ 90 K
Altitudine massima	2000 m
Classe di isolamento	E2
Classe climatica	C2
Classe di comportamento al fuoco	F1
Classe di corrosione	C4
Peso	≤ 11000 kg
Monitoraggio della temperatura	Sensori PT100 negli avvolgimenti BT e nel nucleo
Protezione da sovratensione	Scaricatori di sovratensione sui terminali HV
Metodo di raffreddamento	AF

Tabella 4.4. Caratteristiche trasformatore.

CAVO MEDIA TENSIONE

Il cavo MT collega i terminali media tensione del trasformatore elevatore BT/MT, alloggiato nella navicella, alla relativa cella di protezione MT posizionata alla base della torre.

In tabella 4.5 di seguito si riportano le caratteristiche del cavo.

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO EOLICO

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

CARATTERISTICHE CAVO MT	
Tipo di isolamento	HEPR
Terminazioni	HV all'estremità del trasformatore Connettore a T tipo C all'estremità del quadro
Formazione	3x70/70 (PE) mm ²
Tensione massima	42 kV per tensione nominale 22.1-36.0 Kv

Tabella 4.5. Caratteristiche cavo MT di collegamento trasformatore/quadro MT.

QUADRO MEDIA TENSIONE DI TORRE

Per il quadro di media tensione di Torre si identificano tre configurazioni:

- Quadro MT “Entra-Esce”: quadro che oltre a collegare il generatore relativo alla torre dove è ubicato, ha la funzione di “entra-esce” all’interno del sottogruppo di generatori di cui fa parte.
- Quadro MT “Inizio Sottogruppo”: quadro che oltre a collegare il generatore relativo alla torre dove è ubicato, ha la funzione di vettoriare l’energia prodotta al quadro ubicato nella posizione successiva all’interno del sottogruppo stesso ma non riceve energia da nessun altro generatore.
- Quadro MT “Entra-Esce” e invio energia al Quadro MT in Sottostazione utente MT/AT: quadro che oltre a collegare il generatore relativo alla torre dove è ubicato, ha la funzione di “entra-esce” all’interno del sottogruppo di appartenenza e trasferisce l’energia prodotta da tutti i generatori del gruppo al quadro MT di smistamento/parallelo in sottostazione utente MT/AT.

SCOMPARTO MT DI PROTEZIONE

Lo scomparto MT, isolato in gas SF₆, è installato alla base della torre.

I controlli sono integrati con il sistema di sicurezza della turbina. Il sistema di sicurezza monitora le condizioni di funzionamento del quadro MT e dei dispositivi medesimi di asservimento e protezione.

In caso di interruzione o guasti della rete, l'interruttore disconetterà la turbina da essa dopo un tempo prestabilito.

Al ritorno della rete, tutti i dispositivi di protezione verranno automaticamente alimentati tramite UPS. Quando tutti i dispositivi di protezione del sistema sono operativi, l'interruttore si richiude dopo un tempo regolabile. La funzionalità di richiusura può inoltre essere utilizzata per implementare un'energizzazione sequenziale di più aerogeneratori, al fine di evitare correnti di inserzione di picco simultanee.

Nel caso in cui l'interruttore apra a causa di un guasto, questo verrà bloccato per la riconnessione fino a quando non verrà eseguito un ripristino manuale di sicurezza.

Al fine di evitare l'accesso non autorizzato alla cabina di trasformazione, il sezionatore di terra della cella interruttore è dotato di un sistema di interblocco a chiave bloccata, con la sua controparte installata sulla porta di accesso alla cabina di trasformazione.

In tabella 4.6 di seguito si riportano le caratteristiche dello scomparto MT.

CARATTERISTICHE SCOMPARTO MT	
Isolamento	SF ₆
Tensione d’esercizio	30 kV
Tensione nominale	36 kV
Tensione d’isolamento AC // LI	70/80 // 170/195 kV
Frequenza nominale	50 Hz
Corrente nominale	630 A

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO EOLICO

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

Corrente nominale di tenuta di breve durata Ur 36.0kV	25 kA
Corrente nominale di tenuta di picco 50/60 Hz Ur 36.0kV	62.5 / 65 kA
Durata nominale del cortocircuito	1 s
Classificazione arco interno Ur 36.0kV	IAC A FLR 25 kA,1s
Interfaccia di connessione	Boccole a innesto a cono esterno, IEC interfaccia C1.
Categoria di perdita di continuità del servizio	LSC2
Grado di protezione serbatoio gas	IP65
Grado di protezione quadro BT	IP3X
Classe di corrosione	C3

Tabella 4.6. Caratteristiche quadro MT di aerogeneratore.

Il quadro MT di aerogeneratore è costituito da:

- Unità interruttore per protezione turbina, con sezionatore di sbarra e sezionatore di terra.
L'unità prevede le seguenti protezioni:
 - ❖ Massima corrente di fase ad azione istantanea : funzione 50
 - ❖ Massima corrente di fase ad azione ritardata: funzione 51
 - ❖ Massima corrente omopolare di terra : funzione 51N
- Unità arrivo/partenza cavo con sezionatore e sezionatore di terra per collegamento in entra-esce.

Di queste ultime, ne saranno previste 1 o 2 unità per ciascun aerogeneratore, a seconda se il quadro in questione in configurazione "entra-esce" abbia solo uno o due cavi in attestazione, come da schema unifilare di progetto.

Il quadro può essere, all'occorrenza, dotato di sensori TA e TV di misura, al fine di collegare un contatore di energia esterno, da dover certificare.

GENERATORE EOLICO

Come indicato in premessa il parco eolico è costituito da quattro gruppi di generatori eolici. All'interno di ciascuna torre saranno installate tutte le apparecchiature e i quadri elettrici necessari al corretto funzionamento del generatore ed alla sua connessione alla rete di distribuzione del parco eolico.

Oltre ai quadri di media tensione già descritti saranno previste le seguenti apparecchiature principali:

- Trasformatore di torre (elevatore) BT/MT
- Trasformatore alimentazioni ausiliarie
- Convertitore AC/DC/AC
- Sistema di controllo, protezione e sincronizzazione generatore

Gli aerogeneratori avranno potenza pari a 4.5 MW cadauno per una potenza totale dell'impianto di 45 MW, ad una tensione di 0.72kV ciascuno. La tensione sarà elevata, per essere immessa nella rete del parco eolico, a 30kV tramite un adeguato trasformatore elevatore BT/MT.

IMPIANTI TECNOLOGICI

Gli impianti tecnologici ed i sistemi ausiliari a servizio dell'aerogeneratore vengono alimentati da un trasformatore di potenza ausiliario a due avvolgimenti con rapporto 720/400-230 V situato nella navicella.

L'alimentazione elettrica viene trasferita all'armadio di distribuzione/protezione e controllo, posizionato sulla piattaforma di ingresso della turbina e distribuita ai vari carichi a tensione 400 V e 230 V, quali:

- Pompe
- Ventilatori
- Riscaldatori
- Sistema di controllo
- Ascensore di servizio
- Illuminazione
- Prese di servizio

4.2 Cavi media tensione

I cavi MT 30 kV hanno la funzione di intercollegamento tra i vari aerogeneratori appartenenti allo stesso gruppo e di collegamento e vettoriamento dell'energia prodotta dal gruppo di aerogeneratori verso la sbarra di parallelo del quadro MT di smistamento in cabina di utente presso la stazione di trasformazione SSEU 30/220 kV.

Il cavo previsto, idoneo al trasporto di energia, con formazione unipolare/tripolare, è del tipo **ARE4H1RX 18/30 kV** o similare. Il cavo, del tipo ad elica visibile, non propagante la fiamma, particolarmente adatto per applicazione di impianti eolici, presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

Norme di riferimento:

- Costruzione e requisiti: EC 60502-2
- Propagazione Fiamma: CEI 20-35
- Direttiva ROHS:2011/65/CE

Descrizione del cavo:

- | | |
|---------------------------|---|
| - Anima: | Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio |
| - Semiconduttivo interno: | Mescola estrusa colore nero |
| - Isolante: | Mescola di politene reticolato colore naturale |
| - Semiconduttivo esterno: | Mescola estrusa colore nero |
| - Schermo: | Fili di rame rosso e controspirale ($R_{max} \ 3\Omega/km$) |
| - Guaina esterna: | PVC, di qualità Rz/ST2, colore rosso |

Caratteristiche funzionali:

- | | |
|--|----------|
| - Tensione nominale U_0/U : | 18/30 kV |
| - Temperatura massima di esercizio: | 90°C |
| - Temperatura minima di posa: | 0°C |
| - Temperatura massima di corto circuito: | 250°C |

Condizioni di impiego:

- Adatto per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze.
- Ammessa la posa in aria libera, in tubo o canale, interrata anche non protetta in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

Si ritiene che un guasto a terra verrà risolto in un tempo inferiore ad un'ora. Pertanto, considerato che la tensione nominale del sistema elettrico è di 30 kV, si è scelto un cavo con U_0/U pari a 18/30 kV e tensione massima U_m 36 kV.

4.2.1 Dimensionamento cavi MT

L'impianto è costituito da 10 aerogeneratori di potenza nominale pari a 4500 kW, opportunamente raggruppati e collegati in "entra-esce" in corrispondenza dei quadri MT posizionati all'interno delle torri, e sino al nodo di connessione della linea elettrica di dorsale esterna.

Gli aerogeneratori sono connessi alla cabina MT di utente in SSEU 30/220 kV, per la trasmissione dell'intera potenza prodotta/producibile, con 4 elettrodotti indipendenti interrati eserciti a 30 kV.

Nella SSEU utente i cavi sono connessi ad un quadro MT 30 kV che permette lo smistamento e la protezione degli impianti.

Infine è previsto il collegamento tra la cella partenza cavo, dal quadro MT di sottostazione (QMT_SSEU), ed i terminali MT del trasformatore elevatore MT/AT.

La lunghezza di ogni tratta di collegamento in cavo è stata ricavata dalla planimetria generale di impianto in cui è mostrata la posizione delle singole turbine eoliche, e del relativo percorso cavi; a questa lunghezza teorica si sono aggiunti 3 m di risalita cavo per ciascun collegamento. La lunghezza di cavo risultante è stata, quindi, aumentata del 3% per tenere in considerazione sfridi, variazioni di quota del terreno e piccole deviazioni di percorso.

Nella tabella 4.7 di seguito si riportano i dati di progetto per il dimensionamento dei cavi MT.

Dati di progetto	Valore
Tensione di rete	30 kV
Materiale conduttore	alluminio
Profondità di posa	1.20 m
Temperatura del terreno	20 °C
Resistività del terreno	1 °C m/W
Potenza di impianto	45 MW
Fattore di potenza	0.90
Caduta di tensione massima ammissibile per ogni tratta	3%
Perdite per effetto Joule per ogni tratta	3%
Margine sulla lunghezza complessiva dei cavi	3%

Tabella 4.7. Dati di progetto dimensionamento cavi MT.

I cavi sono stati dimensionati seguendo le norme specifiche di riferimento; in particolare, la sezione dei cavi è stata selezionata considerando i seguenti aspetti:

- Portata nominale del cavo in funzione delle caratteristiche di posa
- Massima caduta di tensione ammissibile a fine linea
- Tenuta al cortocircuito
- Massime perdite nel cavo per effetto Joule

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO EOLICO

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

Per il calcolo della **portata dei cavi**, si considera che i generatori possano erogare tutta la massima potenza producibile.

I coefficienti di declassamento della portata in funzione delle condizioni di posa, di installazione e delle condizioni ambientali risultano essere i seguenti:

- K1 profondità di posa a 1.20 m: 0.96
- K2 temperatura del suolo (assunta) a 20°C: 1.0
- K3 resistività termica del terreno (assunta) pari a 1 K·m/W: 1.0
- K4 vicinanza di altro circuito. Tale fattore di riduzione tiene conto della presenza di altri circuiti nelle vicinanze, sia che questi si trovino a contatto tra loro, sia che siano a distanza ma all'interno dello stesso scavo. I valori considerati (ricavati dalla norma CEI UNEL 35024/1) sono riportati di seguito.

Tubi interrati posti in uno stesso scavo distanti 250 mm		Circuiti posti all'interno di uno stesso tubo	
N° tubi	Fattore correttivo	N° circuiti	Fattore correttivo
2	0.90	2	0.80
3	0.85	3	0.70
4	0.80	4	0.65
5	0.80	5	0.60

Tabella 4.8. Coefficienti di riduzione portata dei cavi.

In termini di correnti di **corto circuito**, la sezione minima del conduttore può essere calcolata tramite la seguente equazione:

$$S_{min} = \frac{I_{cc} \sqrt{t}}{K}$$

dove:

- I_{cc} corrente di corto circuito [A]
- K coefficiente definito dalla Norma CEI 11-17 (tabella 4.2.2)
- t tempo di eliminazione del corto circuito (intervento protezione) [s]

Per ciascuna linea di cui si compone l'impianto, si procede alla verifica della **caduta di tensione** (ΔV) e della caduta di tensione percentuale ($\Delta V\%$). Sulla tratta considerata la caduta di tensione è calcolata secondo la relazione:

$$\Delta V = \sqrt{3} I L (r \cos \varphi + x \sin \varphi)$$

dove:

- r resistenza specifica del cavo alla massima T di esercizio [Ω/km]
- x reattanza induttiva specifica del cavo [Ω/km]
- I corrente di impiego del cavo [A]

Il collegamento tra la cella partenza cavo verso la sezione MT del trasformatore elevatore MT/AT sarà realizzato in cavo interrato a 30 kV.

Nella tabella 4.10 di seguito si riportano le caratteristiche tecniche del collegamento.

Partenza-Arrivo Linea	Potenza [kW]	Corrente [A]	Lunghezza [km]	Sezione [mm ²]	CDT [%]	PDP [%]
QMT_SSEU – Trafo MT/AT	45000	911.606	0.113	4x(3x1x300)	0.024	0.021

Tabella 4.10. Dimensionamento linea MT di collegamento tra il quadro MT e il trasformatore MT/AT in SSEU utente.

4.2.2 Linea Media Tensione interrata

4.2.2.i

Il collegamento tra il Parco Eolico e la Sottostazione di Trasformazione di Utente sarà realizzato con quattro linee in media tensione interrate. Le linee in oggetto saranno dimensionate per la portata di corrente al fine di migliorare la qualità dell'energia trasferita sia in termini di caduta di tensione che di perdite per trasmissione dovute all'effetto JOULE.

Per realizzare la linea in oggetto saranno utilizzati cavi con conduttore in alluminio ad elica visibile del tipo ARE4H1RX, al fine di mitigare il campo di induzione magnetica, così come descritto alla voce 4.2.

Il percorso sarà realizzato principalmente a bordo strada; i cavi verranno posati all'interno dello scavo, della larghezza variabile tra 0.50 e 1.20 m a seconda del numero di circuiti presenti nello stesso scavo con disposizione delle fasi a trifoglio, su un letto di sabbia e successivamente protetti da un "tegolo" prefabbricato. Detto "tegolo" verrà a sua volta ricoperto con terreno di riempimento compattato. Il percorso del cavidotto sarà inoltre segnalato (in caso di attività di scavo successive alla posa stessa) da una rete di plastica forata di colore rosso-arancione e da un nastro di segnalazione in PVC posizionati ad una quota non inferiore a 30 cm dall'estradosso del cavo.

All'interno di detto percorso verrà posato un cavo in fibra ottica a più fibre, per la trasmissione dei dati al sistema SCADA. Anche per le connessioni tra i generatori eolici, all'interno dello stesso gruppo, sono previsti cavidotti interrati, utilizzando cavi con conduttore in alluminio ad elica visibile del tipo ARE4H1RX, al fine di mitigare il campo di induzione magnetica, così come descritto alla voce 4.2. I cavidotti saranno posati ad una profondità minima di 120 cm.

4.2.2.ii Buche giunti

La posa dei cavi prevede lunghezze non standardizzate, per cui si dovrà provvedere alla realizzazione di apposite buche giunti, di dimensioni di circa 200x150 cm, ove effettuare la giunzione elettrica di due spezzoni. Per le tratte non coperte interamente dalle pezzature di cavo MT disponibile (lunghezza minima della pezzatura 500÷800 m), si dovranno realizzare giunzioni elettriche lungo il percorso mediante l'utilizzo di connettori del tipo diritto, a compressione, adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi sopra detti.

Le giunzioni dovranno essere effettuate in accordo con la normativa vigente ed alle indicazioni riportate dal costruttore dei giunti.

Il posizionamento dei giunti sarà determinato in sede di progetto esecutivo in funzione delle interferenze sotto il piano di campagna e della possibilità di trasporto.

4.2.2.iii Terminazioni

Tutti i cavi MT posati dovranno prevedere terminazioni su entrambe le estremità. Nell'esecuzione delle terminazioni all'interno delle celle dei quadri MT si deve realizzare il collegamento a terra degli schermi dei cavi con trecce flessibili di rame stagnato, eventualmente prolungandole e dotandole di capicorda a compressione per l'ancoraggio alla presa di terra dello scomparto. Lo schermo dei cavi dovrà essere collegato a terra da entrambe le estremità adottando lo schema SOLID-BONDING e conformemente a quanto definito nella norma CEI 99-2, 99-3.

La messa a terra dei rivestimenti metallici ha lo scopo di rendere equipotenziale le masse metalliche che ricoprono il cavo, ponendole tutte a potenziale zero, riducendo la eventuale fonte/causa di pericolo per il personale autorizzato ad eseguire lavorazioni e interventi di manutenzione degli impianti nelle vicinanze del cavo. Lo schermo del cavo non può essere considerato come un conduttore di terra per altre parti d'impianto.

4.3 Sistema di messa a terra aerogeneratori

Il campo eolico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra.

Il sistema di messa a terra del singolo aerogeneratore è costituito da singoli elettrodi di messa a terra interconnessi come un unico sistema comune. Tali elettrodi sono collegati ad una barra principale di terra (equipotenziale), situata in corrispondenza dell'ingresso cavi dell'aerogeneratore. Gli aerogeneratori sono protetti dalle sovratensioni per mezzo di scaricatori di sovratensione di classe II.

L'armatura delle fondazioni verrà anch'essa collegata alla barra di terra presente all'interno della torre; tutti i collegamenti a terra verranno effettuati con conduttori in rame isolati e di sezione opportuna con guaina di bicolore giallo-verde.

Il dispersore di terra attorno alla torre sarà di tipo orizzontale ad anello; in particolare verranno realizzati almeno 2 anelli concentrici intorno alla fondazione della torre, in corda di rame nuda di sezione 70 mm², ed interrati ad 1 m di profondità. Gli anelli di terra verranno collegati alla barra equipotenziale principale.

In fase di misura e verifica del valore della R_t (resistenza di terra) il dispersore ad anello potrà essere integrato con opportuni dispersori verticali in profilato a T.

Ogni singolo impianto di terra degli aerogeneratori verrà collegato all'impianto di terra della stazione di utenza, mediante adeguati conduttori di terra, ottenendo in tal modo dei benefici in termini di equipotenzialità e di riduzione della resistenza di terra complessiva (specie nel caso in cui sia difficoltoso raggiungere un adeguato valore di resistenza di terra per ogni singolo impianto di aerogeneratore).

L'impianto di terra sarà dimensionato in funzione del:

- Valore della corrente transitoria di terra (I_t)
- Valore di resistività del terreno

La rete di terra complessiva che si verrà così a creare consentirà di ottenere un valore di resistenza di terra, con sufficiente margine di sicurezza, adeguato alla normativa vigente. Particolare attenzione verrà data agli eventuali attraversamenti/interferenze presenti lungo il tracciato del cavidotto al fine di evitare che in caso di guasto si possa verificare il trasferimento di potenziali pericolosi agli elementi sensibili circostanti (quali altri sotto-servizi, acquedotti, tubazioni metalliche, ecc.).

L'impianto di terra sarà dimensionato e realizzato nel rispetto della normativa CEI 11-1, alle prescrizioni della Guida CEI 11-37 e nel rispetto dei limiti delle tensioni di passo e di contatto.

A fine installazione in fase di verifica potranno essere eseguite le misure previste dalla normativa di riferimento.

4.4 Protezione contro i fulmini delle lame, navicella e torre

Il sistema di protezione dai fulmini (LPS) aiuta a proteggere la turbina eolica dai danni fisici causati dai fulmini. Il sistema LPS si compone di cinque parti principali:

- Recettori di fulmini. Tutte le superfici ricettrici di fulmini sulle lame non sono verniciate, escluse le punte in metallo solido (SMT).
- Sistema di conduzione verso il basso. Sistema per condurre la corrente del fulmine verso il basso attraverso la turbina eolica per evitare o ridurre al minimo i danni all'LPS stesso o ad altre parti della turbina eolica.
- Protezione da sovratensione e sovracorrente.
- Schermatura contro campi magnetici ed elettrici.
- Sistema di messa a terra.

5 Sistemi di regolazione

5.1 Regolazione di tensione

Secondo le prescrizioni generali dell'allegato A17 del "Codice di rete Terna", l'impianto eolico deve essere in grado di restare in parallelo alla rete in caso di variazione della tensione al punto di consegna; i valori di tensione, per i quali viene ammesso o meno il distacco dell'impianto dalla rete, vengono indicati nella caratteristica Fault Ride Through (FRT) al punto di connessione (Figura 5.1. Caratteristica FRT al punto di connessione per centrali eoliche.). Da tale caratteristica, si evince come l'impianto debba essere in grado di rimanere in parallelo alla rete per valori di tensione pari a $\pm 15\%$ della tensione nominale; inoltre, è richiesto che venga sostenuto per 200 ms il totale annullamento della tensione.

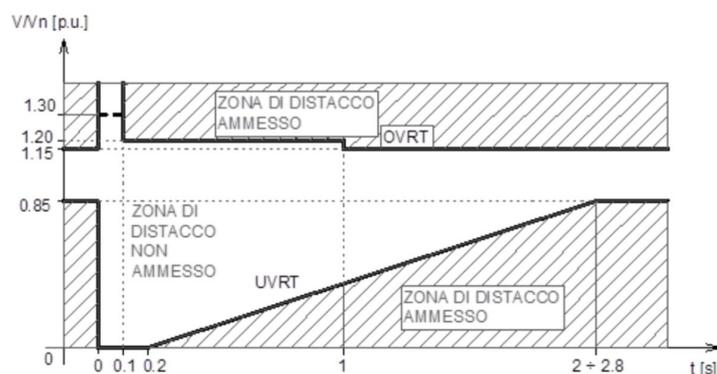


Figura 5.1. Caratteristica FRT al punto di connessione per centrali eoliche.

L'impianto deve inoltre partecipare al controllo della tensione del sistema elettrico, in funzione del segnale prelevato dai TV installati sul lato AT in stazione utente. L'impianto deve intervenire in regolazione di tensione entro 15 minuti dalla comunicazione da parte di Terna della variazione della tensione di riferimento.

Al punto di connessione, la capability equivalente dell'impianto risente della produzione di potenza reattiva prodotta nei trasformatori BT/MT degli aerogeneratori, nel trasformatore MT/AT, nonché dalla rete in cavo MT; qualora Terna dovesse richiederlo saranno previste regolazioni a gradini mediante inserzioni/distacchi di elementi statici di compensazione (reattori shunt, banchi di condensatori). L'impianto deve pertanto fornire una regolazione minima rappresenta dalle curve di capability.

In figura 5.2 e 5.3 di seguito, si riportano le curve di capability P/Q e V/Q.

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO EOLICO

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

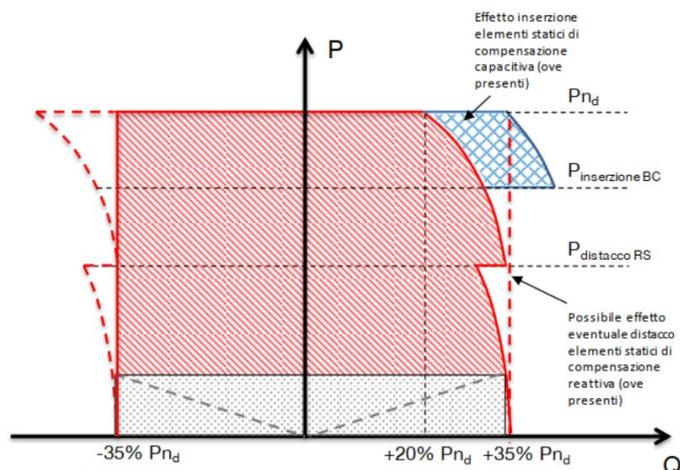


Figura 5.2. Curva di capability P/Q della centrale eolica al punto di connessione AT a tensione nominale.

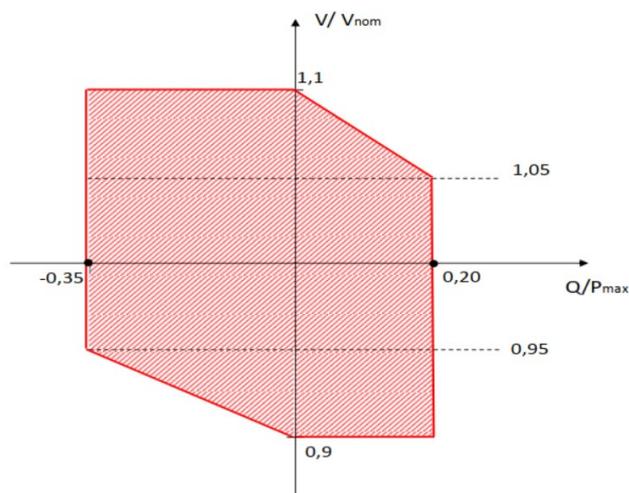


Figura 5.3. Curva di capability V/Q della centrale eolica al punto di connessione AT alla potenza nominale disponibile.

L'erogazione o l'assorbimento di potenza reattiva dell'impianto dovrà avvenire secondo la curva caratteristica $Q=f(\Delta V)$ del tipo rappresentato in Figura 5.4. L'erogazione della potenza reattiva avverrà in maniera proporzionale allo scarto presente fra il set-point impostato e il segnale di tensione AT misurato.

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO EOLICO

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

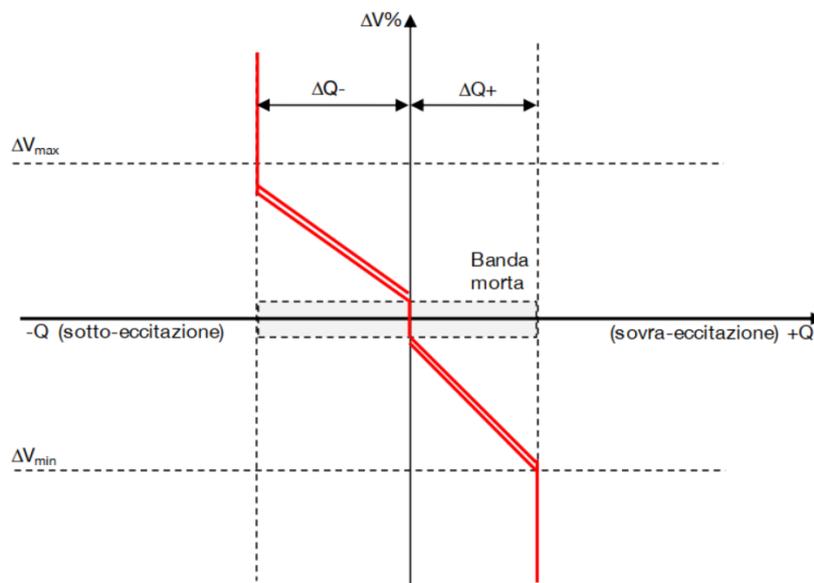


Figura 5.4. Curva caratteristica $Q=f(\Delta V)$.

L'aerogeneratore V163 previsto da progetto, presenta una caratteristica FRT rappresentata in Figura 5.5. La macchina è progettata e realizzata per restare connessa alla RTN all'interno dei valori di tensione descritti dalla curva, oltre i quali viene disconnessa.

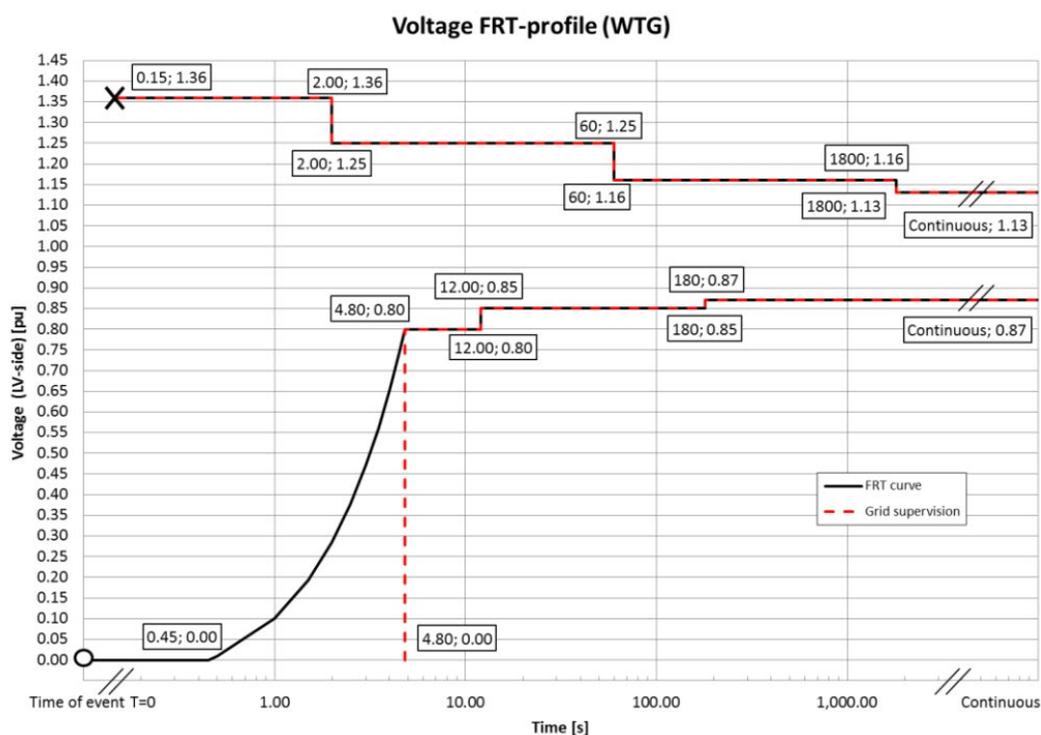


Figura 5.5. Caratteristica FRT aerogeneratore V163-4.5 MW.

La capability della macchina è rappresentata in Figura 5.6

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO EOLICO

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

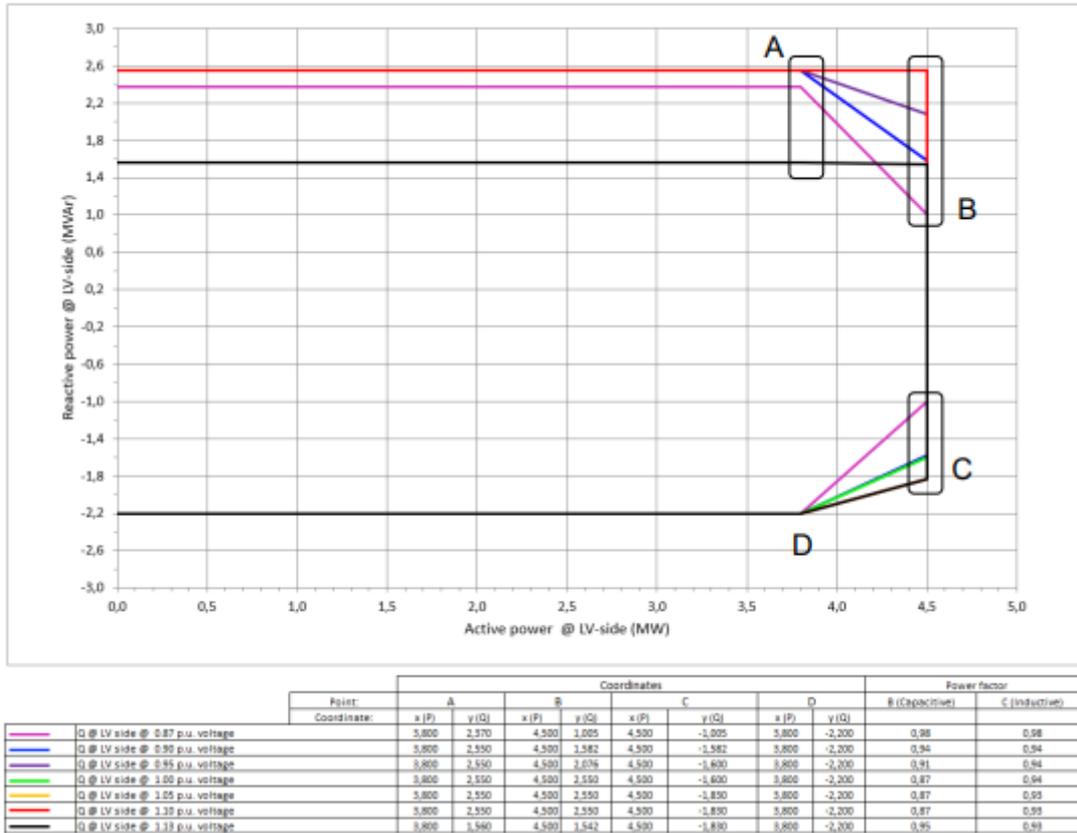


Figura 5.6. Curva di capability P/Q aerogeneratore V163-4.5 MW.

Come mostrato in Figura 5.7, l'aerogeneratore interviene in regolazione di tensione andando a variare la componente reattiva della corrente immessa (e quindi la potenza reattiva) in funzione della tensione misurata. La pendenza della curva può essere parametrizzata diversamente, a seconda dei requisiti necessari.

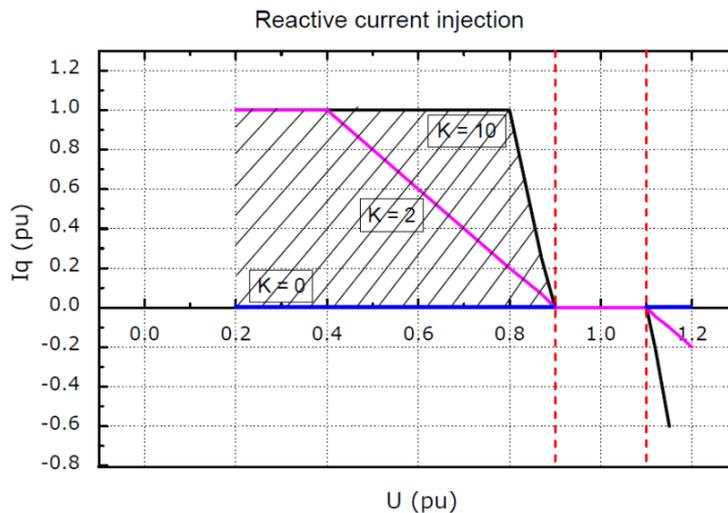


Figura 5.7. Caratteristica $I_q=f(V)$ aerogeneratore V163-4.5 MW.

5.1.1 Compensazione della potenza reattiva a impianto fermo

Secondo l'allegato Terna A.17 "Condizioni generali di connessione alle reti AT Sistemi di protezione regolazione e controllo" a impianto fermo in corrispondenza della potenza attiva $P=0$, ed in assenza di regolazione della tensione, l'impianto deve minimizzare gli scambi di potenza reattiva con la rete al fine di non influire negativamente sulla corretta regolazione della tensione.

In corrispondenza di potenza reattiva scambiata superiore a 0.5 MVAR, dovranno essere previsti sistemi di bilanciamento della potenza reattiva capacitiva prodotta dalla rete MT di parco in modo da garantire un grado di compensazione al punto di connessione compreso fra il 110% e il 120% della potenza reattiva prodotta dalla rete MT a tensione nominale.

In condizioni di impianto fermo, con potenza attiva erogata nulla, la potenza reattiva è pari a circa 7,6 MVAR. Secondo le indicazioni del gestore TERNA la potenza reattiva potrà essere compensata, in assenza di regolazione della tensione, da una reattanza shunt collegata in derivazione alla sbarra di parallelo del quadro MT 30 kV di smistamento in sottostazione di utenza.

5.2 Regolazione di frequenza

Riguardo all'esercizio in parallelo con la rete AT in funzione della frequenza, la centrale dovrà rimanere connessa alla rete per un tempo indefinito, per valori di frequenza compresi nel seguente intervallo:

$$47.5 \text{ Hz} \leq f \leq 51.5 \text{ Hz}$$

Nell'intervenire in regolazione di frequenza, si agisce sulla potenza attiva secondo la caratteristica in Figura 5.8.

L'impianto deve essere predisposto a contribuire alla regolazione primaria di frequenza nell'intorno della frequenza nominale, nonché al supporto di transitori in sotto- o sovra-frequenza.

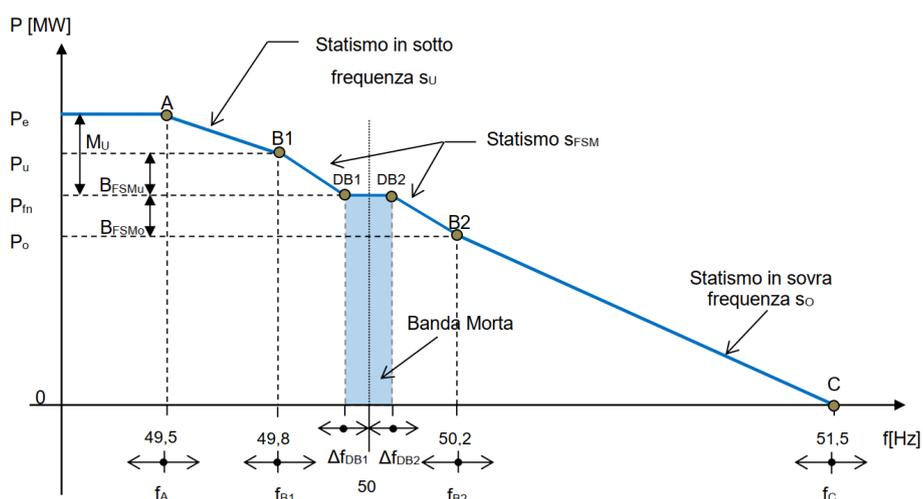


Figura 5.8. Curva P/f per una centrale eolica.

La turbina eolica interviene in regolazione di frequenza secondo una caratteristica P/f lineare; è inoltre possibile configurare la pendenza e la banda morta in funzione dei requisiti necessari.

6 Misura energia scambiata con la rete

La misura dell'energia attiva e reattiva scambiata con la rete RTN è effettuata al punto di connessione sul lato AT con gruppo di misura (GdM) ubicato nel locale "Metering" dell'edificio di Stazione di Trasformazione 30/220 kV di utenza. Le apparecchiature di misura sono tali da fornire valori dell'energia su base quart'oraria, e consentire l'interrogazione e l'impostazione da remoto (anche da parte del gestore della rete), in accordo a quanto richiesto dal Codice di Rete.

7 Protezione contro i contatti diretti

7.1 Generalità

Si ha un contatto diretto quando una parte del corpo umano viene a contatto con una parte dell'impianto elettrico normalmente in tensione (conduttori, morsetti, ecc.).

Si attua la protezione contro i contatti diretti ponendo in essere tutte quelle misure e accorgimenti idonei a proteggere le persone dal contatto con le parti attive di un circuito elettrico.

La protezione può essere totale o parziale.

La scelta tra la protezione parziale o totale dipende dalle condizioni di uso e di esercizio dell'impianto (può essere parziale solo dove l'accessibilità ai locali è riservata a persone addestrate).

La Norma CEI 64-8 prevede inoltre quale misura addizionale di protezione contro i contatti diretti l'impiego di dispositivi a corrente differenziale.

7.2 Misure di protezione totale

Sono destinate alla protezione di personale non addestrato e si ottengono con le seguenti azioni:

Isolamento delle parti attive. Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- parti attive ricoperte completamente con isolamento che può essere rimosso solo con mezzo di distruzione;
- gli altri componenti elettrici devono essere provvisti di isolamento resistente alle azioni meccaniche, chimiche, elettriche e termiche alle quali può essere soggetto nell'esercizio.

Involucri o barriere. Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- parti attive contenute entro involucri o dietro barriere con grado di protezione almeno IP2X o IPXXB;
- superfici orizzontali delle barriere o involucri a portata di mano, con grado di protezione almeno IP4X o IPXXD;
- involucri o barriere saldamente fissati in modo da garantire, nelle condizioni di servizio prevedibili, la protezione nel tempo;
- barriere o involucri devono poter essere rimossi o aperti solo con l'uso di una chiave o di un attrezzo speciale (azione intenzionale);
- il ripristino dell'alimentazione deve essere possibile solo dopo sostituzione o richiusura delle barriere o degli involucri.

7.3 Misure di protezione parziale

Sono destinate esclusivamente a personale addestrato; si attuano mediante ostacoli o distanziamento. Impediscono il contatto non intenzionale con le parti attive, nella pratica sono misure applicate solo nelle officine elettriche. Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

Ostacoli. Devono impedire:

- l'avvicinamento non intenzionale del corpo a parti attive;
- il contatto non intenzionale con parti attive durante lavori sotto tensione nel funzionamento ordinario.

Gli ostacoli possono essere rimossi senza una chiave o un attrezzo speciale, ma devono essere fissati in modo da impedirne la rimozione accidentale.

Distanziamento. Deve avvenire:

- Il distanziamento delle parti simultaneamente accessibili deve essere tale che esse non risultino a portata di mano;
- la zona a portata di mano inizia dall'ostacolo (per es. parapetti o rete grigliata) che abbia un grado di protezione < IPXXB.

7.4 Misura di protezione aggiuntiva mediante interruttori differenziali

La protezione con interruttori differenziali con soglia di intervento $I_{dn}=300$ mA, pur eliminando gran parte dei rischi dovuti ai contatti diretti, non è riconosciuta quale elemento unico di protezione completa e richiede comunque l'abbinamento con una delle misure di protezione di cui ai precedenti paragrafi.

8 Protezione contro i contatti indiretti

Si attua la protezione contro i contatti indiretti ponendo in essere tutte quelle misure e accorgimenti idonei a proteggere le persone dal contatto con le parti attive di un circuito elettrico.

La protezione può essere parziale o totale.

La scelta tra la protezione parziale o totale dipende dalle condizioni di uso e di esercizio dell'impianto (può essere parziale solo dove l'accessibilità ai locali è riservata a persone addestrate).

Per la protezione contro i contatti indiretti potranno essere adottate le seguenti misure.

Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione.

Tale protezione è realizzata mediante l'impiego di interruttori differenziali coordinati con l'impianto di terra in modo da garantire una tensione di contatto presunta non superiore a 50 V per gli ambienti ordinari e 25 V per gli ambienti speciali.

Deve essere soddisfatta la seguente relazione:

$$R_a \cdot I_a < 50 V$$

dove:

- R_a = resistenza del dispersore e dei conduttori di protezione
- I_a = corrente che provoca il funzionamento automatico dei dispositivi di protezione

Protezione mediante l'impiego di apparecchiature aventi componenti di classe II o isolamento equivalente.

Il doppio isolamento è ottenuto aggiungendo all'isolamento principale o fondamentale (il normale isolamento delle parti attive) un secondo isolamento chiamato supplementare. È altresì ammesso dalle Norme la realizzazione di un unico isolamento purché le caratteristiche elettriche e meccaniche non siano inferiori a quelle realizzate con il doppio isolamento; in questo caso l'isolamento è chiamato isolamento rinforzato. Il tipo di protezione offerto dal doppio isolamento consiste nel diminuire fortemente la probabilità

di guasti perché, in caso di cedimento dell'isolamento principale, rimane la protezione dell'isolamento supplementare. Un'apparecchiatura elettrica dotata di doppio isolamento o di isolamento rinforzato è classificata di classe II.

Gli apparecchi elettrici vengono suddivisi dalle Norme CEI in quattro classi, in base al tipo di protezione offerta contro i contatti indiretti. In particolare:

- Classe 0: apparecchio dotato di isolamento principale e sprovvisto del morsetto per il collegamento della massa al conduttore di protezione.
- Classe I: apparecchio dotato di isolamento principale e provvisto del morsetto per il collegamento della massa al conduttore di protezione.
- Classe II: apparecchio dotato di doppio isolamento o di isolamento rinforzato e sprovvisto del morsetto per il collegamento della massa al conduttore di protezione.
- Classe III: apparecchio destinato ad essere alimentato a bassissima tensione di sicurezza.
L'isolamento può essere ridotto e non deve essere in alcun modo collegato a terra o al conduttore di protezione di altri circuiti.

Protezione mediante separazione elettrica.

Questo tipo di protezione evita correnti pericolose nel caso di contatto con masse che possono andare in tensione a causa di un guasto all'isolamento principale del circuito. Le prescrizioni da rispettare affinché la protezione sia assicurata sono quelle indicate nella Norma CEI 64 8 (Articoli da 413.5.1.1 fino a 413.5.1.6) ed anche da:

- quanto indicato, sempre dalla stessa Norma al punto 413.5.2, se il circuito separato alimenta un solo componente elettrico;
- quanto indicato al punto 413.5.3, se il circuito separato alimenta più di un componente elettrico.

Protezione mediante bassissima tensione di sicurezza.

Un sistema elettrico è a bassissima tensione se soddisfa le condizioni imposte dall'articolo 411.1.1 della Norma CEI 64 8; in particolare:

- la tensione nominale non supera 50 V valore efficace in c.a., e 120 V in c.c. non ondulata;
- l'alimentazione proviene da una sorgente SELV o PELV;
- sono soddisfatte le condizioni di installazione specificatamente previste per questo tipo di circuiti elettrici.

SELV e PELV sono acronimi di Safety Extra Low Voltage e Protective Extra Low Voltage, e caratterizzano ciascuno specifici requisiti che devono possedere i sistemi a bassissima tensione.

Un circuito SELV ha le seguenti caratteristiche:

- È alimentato da una sorgente autonoma o da una sorgente di sicurezza. Sono sorgenti autonome le pile, gli accumulatori, i gruppi elettrogeni. Sono considerate sorgenti di sicurezza le alimentazioni ottenute attraverso un trasformatore di sicurezza.
- Non ha punti a terra. È vietato collegare a terra sia le masse sia le parti attive del circuito SELV.
- Deve essere separato da altri sistemi elettrici. La separazione del sistema SELV da altri circuiti deve essere garantita per tutti i componenti; a tal fine i conduttori del circuito SELV o vengono posti in canaline separate o sono muniti di una guaina isolante supplementare.

Un circuito PELV possiede gli stessi requisiti di un sistema SELV ad eccezione del divieto di avere punti a terra; infatti nei circuiti PELV almeno un punto è sempre collegato a terra.

9 Protezione dal corto circuito

Protezione dal corto circuito lato aerogeneratore.

La protezione dal corto circuito sul lato generatore viene garantita dai dispositivi interni allo scomparto MT situato alla base della torre.

Protezione dal corto circuito dei cavidotti MT.

I cavidotti di media tensione sono protetti dal corto circuito dai dispositivi installati nel cabinato di ricezione MT situato nella stazione di utenza; tali dispositivi verranno opportunamente scelti e tarati in fase esecutiva a impianto ultimato.

10 Protezione dalle fulminazioni

Il sistema di protezione dalle scariche atmosferiche (LPS) protegge la turbina eolica dai danni fisici causati dai fulmini. Il sistema si compone di 5 parti principali, così come descritto alla voce 4.4:

- Sistema di captazione (es. recettori dei fulmini). Tutte le superfici dei recettori dei fulmini sulle lame non sono verniciate, ad esclusione delle estremità.
- Sistema di conduzione verso il basso. Tale sistema conduce la corrente di scarica verso il basso lungo la turbina eolica per evitare o ridurre al minimo i danni all'LPS stesso o ad altre parti della stessa.
- Protezione da sovratensione e sovracorrente.
- Schermatura contro i campi magnetici ed elettrici.
- Sistema di messa a terra.

11 Sistema di monitoraggio e controllo

La turbina è controllata e monitorata dal sistema di controllo a multiprocessore VMP8000, composto da controller principale, nodi di controllo distribuito, nodi IO, switch ethernet e altre apparecchiature di rete. Il controller principale è posizionato nella parte inferiore della torre della turbina, e gestisce gli algoritmi di controllo della stessa e tutte le comunicazioni IO. La rete di comunicazione è di tipo ethernet.

Il sistema di controllo VMP8000 svolge le seguenti funzioni principali:

- Monitoraggio e supervisione dell'operatività complessiva
- Sincronizzazione del generatore alla rete in fase di connessione
- Imbardata automatica della navicella
- OptiTip - controllo dell'angolo di pitch
- Controllo della potenza reattiva e funzionamento a velocità variabile
- Controllo delle emissioni acustiche
- Monitoraggio delle condizioni ambientali
- Monitoraggio della rete
- Monitoraggio del sistema di rilevazione fumi

Il sistema di sicurezza integrato nel sistema di controllo VMP8000 monitora la velocità del rotore, utilizzando una combinazione di sensori nel mozzo. In caso di una situazione di velocità eccessiva, il sistema di sicurezza attiva il sistema di beccheggio di sicurezza idraulico, che farà arrestare la turbina.

Il freno principale sulla turbina è aerodinamico. L'arresto della turbina avviene smussando completamente le tre pale (ruotando singolarmente ciascuna pala). Ogni lama ha un accumulatore idraulico per fornire energia per la rotazione della stessa.

Inoltre, è presente un freno a disco meccanico azionato idraulicamente, in corrispondenza dell'albero a velocità media dello scomparto ingranaggi. Il freno meccanico viene utilizzato solo come freno di stazionamento e quando si azionano i pulsanti di arresto di emergenza.

La turbina è dotata di un sensore del vento ad ultrasuoni e di una banderuola meccanica. I sensori sono dotati di riscaldatori integrati per ridurre al minimo le interferenze da ghiaccio e neve.

Tramite il sistema a multiprocessore SCADA di sottostazione, sarà possibile il controllo a distanza degli aerogeneratori, nonché la piena e completa gestione dell'impianto eolico in progetto.

Il sistema consentirà l'acquisizione di tutti i principali parametri provenienti dal parco eolico; sulla base delle informazioni ricevute, gestirà automaticamente tutte le funzioni della turbina, quali l'avvio, l'arresto, la produzione, la disponibilità dei sottosistemi.

Il sistema di comunicazione è costituito da cavi in fibra ottica, posati e distribuiti per mezzo delle stesse trincee scavate per la posa dei cavi di potenza. Il quadro di controllo sarà posizionato nella sottostazione di trasformazione 30/220 kV di utente, e permetterà il monitoraggio del funzionamento degli aerogeneratori e del sistema elettrico dell'impianto.

12 Normative di riferimento

Si riportano di seguito le principali norme che regolano l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti eolici, precisando che restano valide le normative comuni a tutti gli impianti elettrici (è da precisare che tale elenco non vuole essere assolutamente esaustivo).

- Terna: Codice di trasmissione dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete.
 - o Allegato A17 – Centrali eoliche. Condizioni generali di connessione alle reti AT. Sistemi di protezione regolazione e controllo.
 - o Allegato A2 – Guida agli schemi di connessione.
 - o Allegato A3 – Requisiti e caratteristiche di riferimento di stazioni e linee elettriche della RTN.
 - o Allegato A11 – Criteri generali per la taratura delle protezioni delle reti a tensione uguale o superiore a 110 kV.
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.
- CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.
- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica
- CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo.
- CEI EN 61000-3-12: Compatibilità elettromagnetica (EMC). Parte 3-12: Limiti per le correnti armoniche prodotte da apparecchiature collegate alla rete pubblica a bassa tensione aventi correnti di ingresso >16 A e ≤ 75 A per fase.
- CEI EN 61000-3-2: Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso = 16 A per fase).
- CEI EN 60555-1: Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni.
- CEI EN 60439-1-2-3: Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione.

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO EOLICO

*Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos*

- CEI EN 60445: Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico.
- CEI EN 60529: Gradi di protezione degli involucri (codice IP).
- CEI EN 60099-1-2: Scaricatori.
- CEI 20-13: Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV.
- CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V.
- CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V.
- CEI EN 61400: Sistemi di generazione a turbina eolica.
- CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato.
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici.
- UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.
- CEI EN 62305 - 1: Protezione contro I fulmini. Parte 1: Principi generali.
- CEI EN 62305 - 2: Protezione contro I fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio.
- CEI EN 62305 - 3: Protezione contro I fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone.
- CEI EN 62305 - 4: Protezione contro I fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture.
- D.Lgs 81/2008 Testo unico in materia di salute e sicurezza sul luogo di lavoro.

Qualora le sopra elencate norme tecniche siano modificate o aggiornate, si applicano le norme più recenti.