

AUTORIZZAZIONE UNICA EX D. LGS. N. 387/2003



PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO EMILIA

Titolo elaborato:

RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELLE OPERE ELETTRICHE

LT	GD	GD	REVISIONE PER INTEGRAZIONE MASE	20/12/23	0	1
LT	GD	GD	EMISSIONE	12/09/22	0	0
REDATTO	CONTR.	APPROV.	DESCRIZIONE REVISIONE DOCUMENTO	DATA	REV	

PROPONENTE



EMILIA PRIME S.R.L.

VIA G. GARIBALDI N. 15
74023 GROTTAGLIE (TA)

CONSULENZA



GE.CO.D'OR S.R.L.

VIA G. GARIBALDI N. 15
74023 GROTTAGLIE (TA)

PROGETTISTA

ING. GAETANO D'ORONZIO
VIA GOITO 14 – COLOBRARO (MT)

Codice
MCOE063

Formato
A4

Scala
/

Foglio
1 di 31

Sommaio

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	4
3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO	5
4. LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO	5
5. AEROGENERATORE DI PROGETTO	9
5.1. Descrizione generale dell'aerogeneratore	9
5.2. Quadri elettrici a 36 kV degli aerogeneratori	13
6. SCHEMA ELETTRICO E DISTRIBUZIONE 36 KV DEL PARCO EOLICO	15
6.1. Sistema di distribuzione delle linee elettriche	15
6.2. Schema di collegamento elettrico	20
6.3. Linee elettriche a 36 kV	21
6.4. Tipologia posa e dati tecnici del cavo utilizzato	22
6.5. Dimensionamento delle linee elettriche a 36 kV	25
7. BESS	27

1. PREMESSA

La **Emilia Prime s.r.l.** è una società costituita per realizzare un impianto eolico in Emilia-Romagna, denominato “**Parco Eolico Emilia**”, nel territorio dei Comuni di Monterenzio, Casalfiumanese e Castel Del Rio (Provincia di Bologna) con punto di connessione a 36 kV in corrispondenza della Stazione Elettrica RTN Terna 132/36 kV di Castel San Pietro Terme di futura realizzazione.

A tale scopo, la Ge.co.D’Or. s.r.l., società italiana impegnata nello sviluppo di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili con particolare focus nel settore dell’eolico e proprietaria della Emilia Prime s.r.l., si è occupata della progettazione definitiva per la richiesta di Autorizzazione Unica (AU) alla costruzione e l’esercizio del suddetto impianto eolico e della relativa Valutazione d’Impatto Ambientale (VIA).

L’impianto eolico presenta una potenza nominale totale in immissione pari a 79 MWp ed è costituito da 9 aerogeneratori di potenza nominale pari a 6.0 MWp, con altezza torre pari a 135 m e rotore pari a 170 m, e un sistema di accumulo energia elettrica (BESS, Battery Energy Storage System) di potenza pari a 25 MWp.

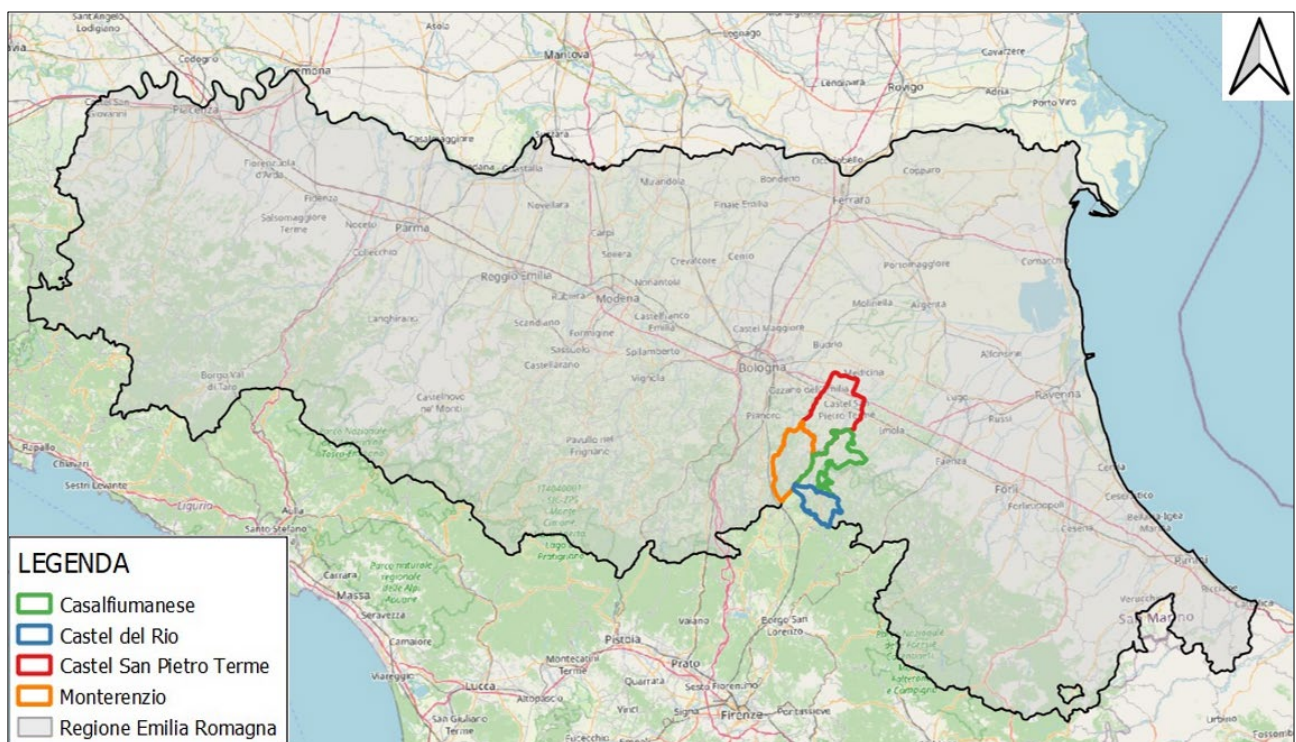


Figura 1.1: Localizzazione Impianto Eolico Emilia

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Nel seguito sono riportate le norme tecniche di riferimento del progetto in questione:

- ✓ Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n. 387 – “Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità”.
- ✓ D.P.R. 18 marzo 1965, n. 342 – “Norme integrative della legge 6 dicembre 1962, n. 1643 e norme relative al coordinamento e all'esercizio delle attività elettriche esercitate da enti ed imprese diversi dall'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica”.
- ✓ Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n. 28 – “Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE”.
- ✓ Decreto Legislativo 31 marzo 1998, n. 112 – “Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59”.
- ✓ Legge 28 giugno 1986, n. 339 – “Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne”.
- ✓ DM 29/05/2008 – “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”.
- ✓ Legge 22 febbraio 2001, n. 36 – “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetiche”.
- ✓ Norma CEI 20-24: Giunzioni e terminazioni per cavi di energia.
- ✓ Norma CEI 20-13: Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV
- ✓ Norma CEI 11-1: Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.
- ✓ Norma CEI 20-56: Cavi da distribuzione con isolamento estruso per tensioni nominali da 3,6/6 (7,2) kV a 20,8/36 (42) kV inclusi.
- ✓ Norma CEI EN 50522 (CEI 99-3) – “Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.”.
- ✓ Norma CEI EN 61936-1 (CEI 99-2): Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a - Parte 1: Prescrizioni comuni.
- ✓ Norma CEI 11-4: Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne.
- ✓ Norma CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo.

- ✓ Norma CEI 11-3; V1: Impianti di produzione eolica.
- ✓ Norma CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria.
- ✓ Norma CEI 11-35: Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente.
- ✓ Norma 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.
- ✓ Norma CEI 11-25: Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi a c.a., (IIa Ediz., Fasc. 6317, 2001-12).
- ✓ Norma CEI 17-1: Apparecchiature ad alta tensione – Interruttori a corrente alternata ad alta tensione.
- ✓ Norma CEI 211-6/2001 – “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo”.
- ✓ Norma CEI 211-4/1996 – “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”.

3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO

L'impianto eolico presenta una potenza nominale totale in immissione pari a 79 MWp ed è costituito da 9 aerogeneratori di potenza nominale pari a 6 MWp, altezza torre pari a 135 m e rotore di 170 m, e dal BESS di potenza di 25 MWp.

Gli aerogeneratori sono collegati tra loro mediante cavi interrati a 36 kV che convogliano l'elettricità presso una nuova Stazione Elettrica di trasformazione della RTN132/36 kV di Castel San Pietro Terme.

Le opere ed infrastrutture previste riguardano:

- opere civili: comprendenti l'esecuzione dei plinti di fondazione delle macchine eoliche, la realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori, l'adeguamento e/o ampliamento della rete viaria esistente nel sito e la realizzazione della viabilità di servizio interna all'impianto;
- opere impiantistiche: comprendenti l'installazione degli aerogeneratori e l'esecuzione dei collegamenti elettrici in cavidotti interrati tra i singoli aerogeneratori e tra aerogeneratori e stazione elettrica di trasformazione della RTN 132/36 kV di Castel San Pietro Terme.

4. LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto si colloca in Emilia-Romagna, nella provincia di Bologna, all'interno di un'area di circa 2.000 ettari ed interessa prevalentemente il Comune di Monterenzio, ove ricadono 3 aerogeneratori, il Comune di Casalfiumanese, ove ricadono 4 aerogeneratori, il Comune di Castel del Rio, dove ricadono

2 aerogeneratori e il Comune di Castel San Pietro Terme dove ricadono la linea di collegamento elettrico tra il parco eolico e la SE RTN 132/36 kV, tale sottostazione elettrica e il BESS.

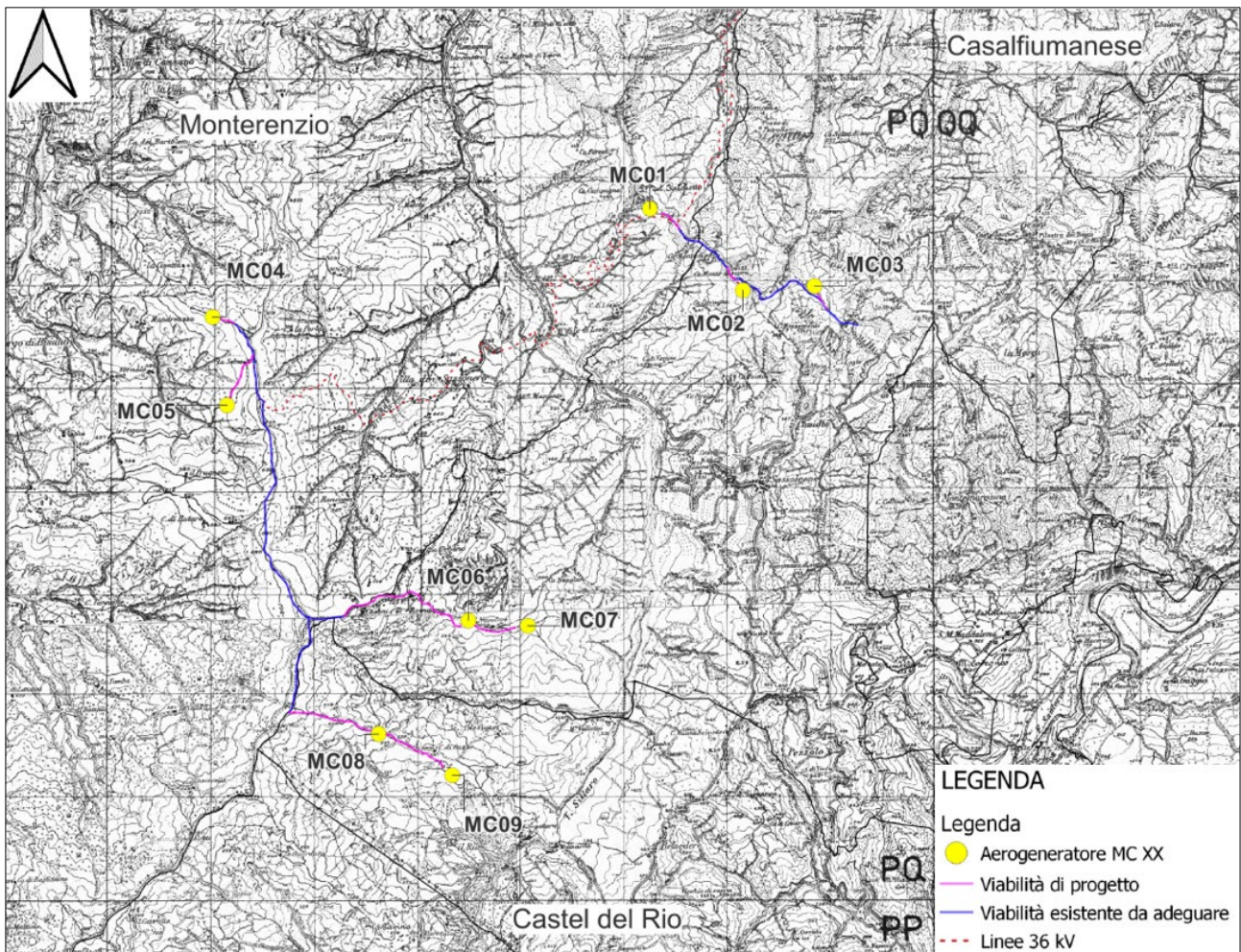


Figura 4.1: Layout d'impianto su carta IGM

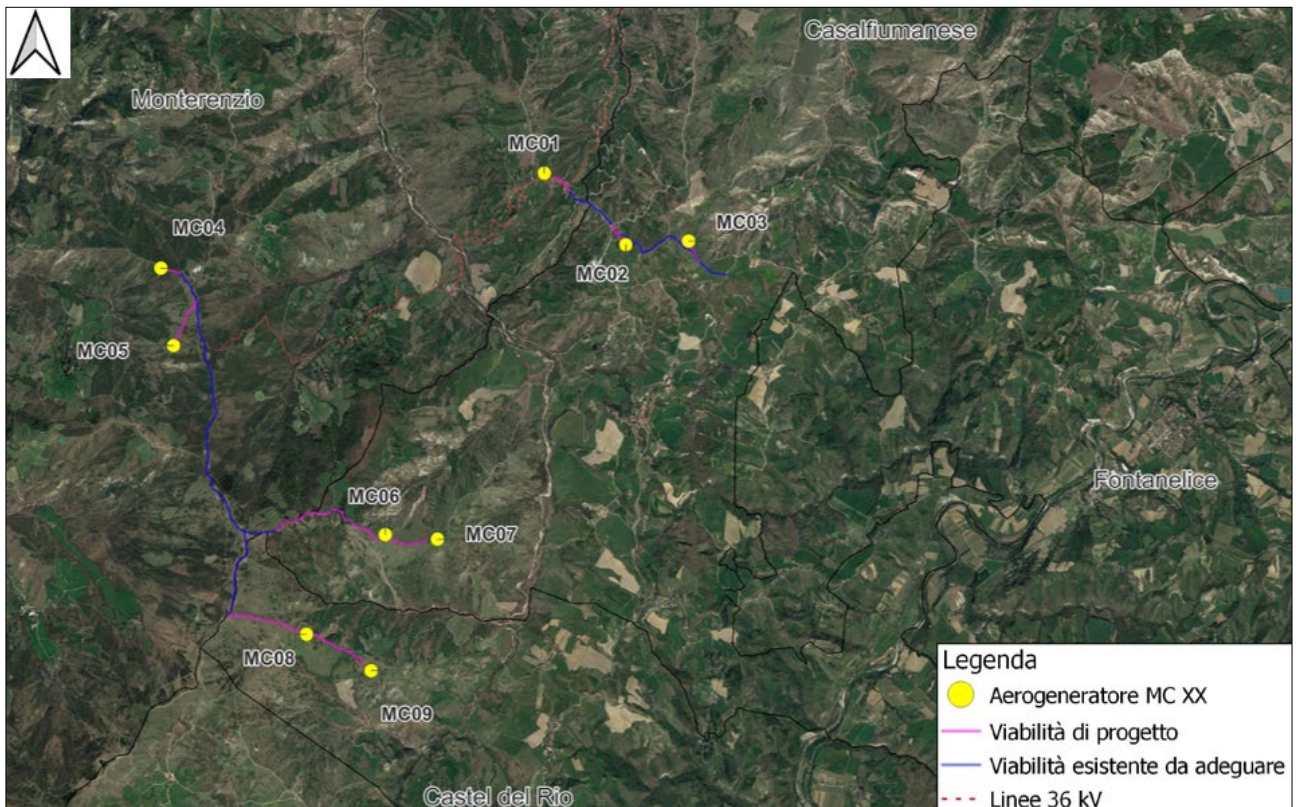


Figura 4.2: Layout d’impianto su ortofoto

Lo schema di allacciamento alla RTN prevede che l’impianto eolico venga collegato in antenna a 36 kV con la futura Stazione Elettrica (SE) della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN a 132 kV “Castel S. Pietro – Imola CP” in accordo con la STMG (Soluzione Tecnica Minima Generale) CP 202102219.

Ai sensi dell’art. 21 dell’allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell’Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto in antenna a 36 kV per il collegamento dell’impianto eolico sulla Stazione Elettrica della RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

Le turbine eoliche sono collegate alla SE di trasformazione della RTN attraverso un sistema di linee elettriche interrate a 36 kV allocate prevalentemente in corrispondenza del sistema di viabilità interna che servirà per la costruzione e la gestione futura dell’impianto e verrà realizzato prevalentemente adeguando il sistema viario esistente e, nei casi necessari, anche per evitare di interessare aree vincolate, realizzando nuovi tratti di viabilità.

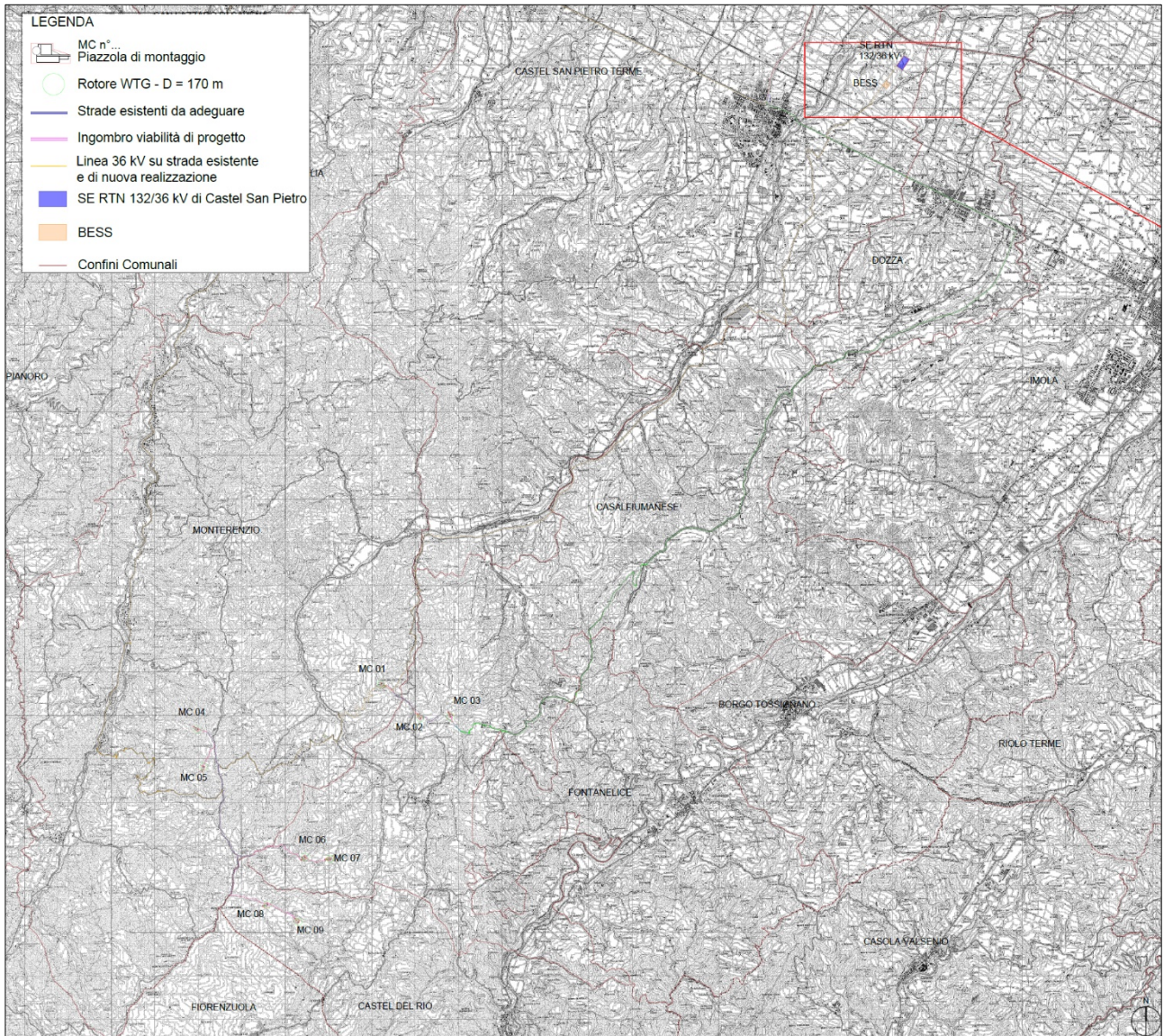


Figura 4.3: Inquadramento su CTR del Parco Eolico Emilia

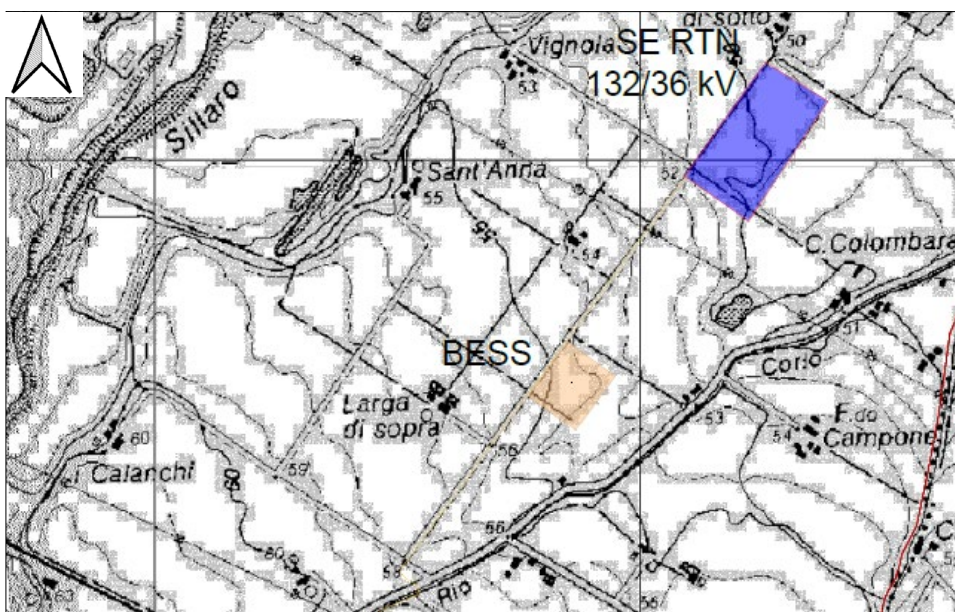


Figura 4.4: Dettaglio inquadramento BESS e SE RTN 132/36 kV su CTR

5. AEROGENERATORE DI PROGETTO

5.1. Descrizione generale dell'aerogeneratore

L'aerogeneratore è una macchina rotante che trasforma l'energia cinetica del vento in energia elettrica ed è essenzialmente costituito da una torre (suddivisa in più parti), dalla navicella, dal Drive Train, dall'Hub e tre pale che costituiscono il rotore.

Gli aerogeneratori sono indipendenti da un punto di vista topografico, strutturale ed elettrico e sono dotati di generatori asincroni trifase.

Ognuno di essi è in grado di assolvere alle funzioni di controllo e protezione ed è caratterizzato, all'interno della torre, da:

- arrivo cavo Bassa Tensione (690 V) dal generatore al trasformatore;
- trasformatore dalla bassa tensione 0,69 kV alla tensione di 36 kV;
- sistema di rifasamento del trasformatore;
- cella alla Tensione di 36 kV di arrivo linea e di protezione del trasformatore;
- quadro Bassa Tensione (690 V) di alimentazione dei servizi ausiliari;
- quadro di controllo locale.

Per il presente progetto una delle possibili macchine che potrebbe essere installata è il modello Siemens Gamesa SG 170, di potenza nominale pari a 6 MWp, altezza torre all'hub pari a 135 m e diametro del rotore 170 m (**Figura 5.1.1**).

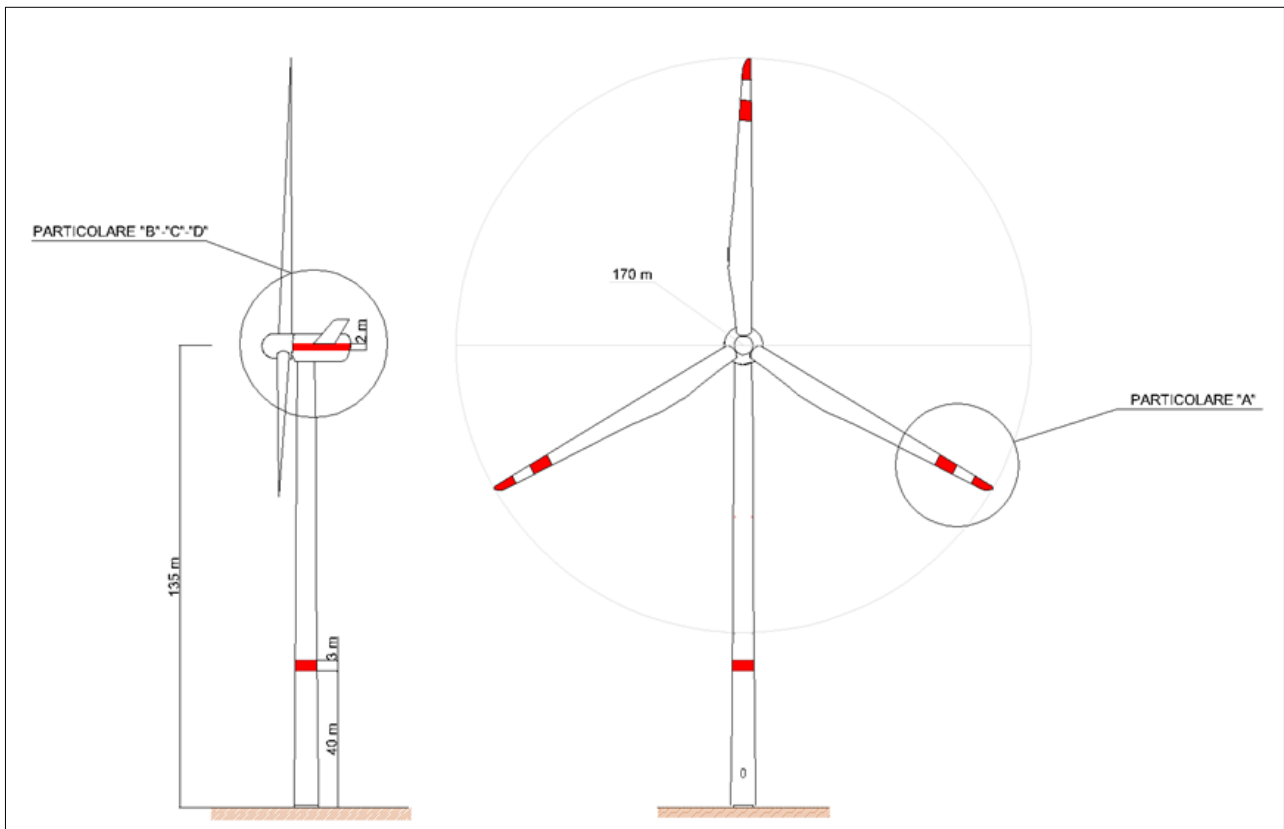


Figura 5.1.1: Profilo aerogeneratore SG170 da 6 MWp

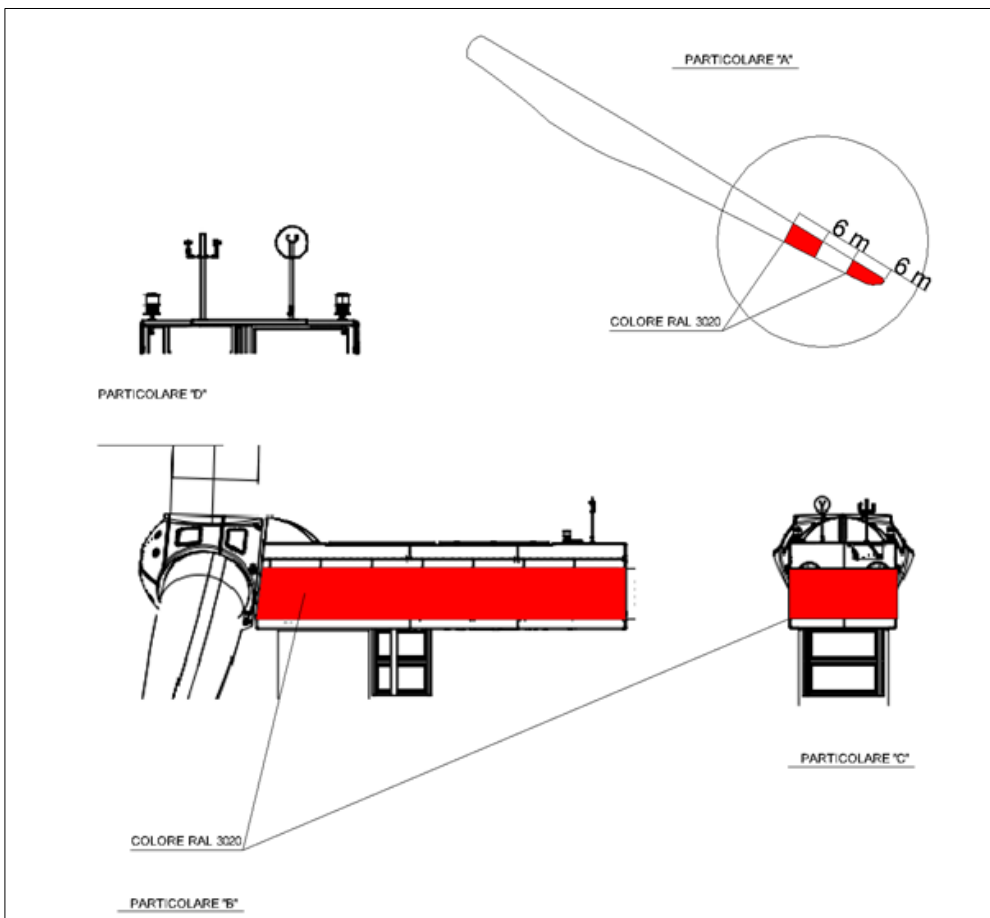


Figura 5.1.2: Particolari aerogeneratore SG170 – 6.0 MW

Ognuno degli aerogeneratori include un sistema che esegue il controllo della potenza ruotando le pale intorno al proprio asse principale e il controllo dell'orientamento della navicella (controllo dell'imbardata), che permette l'allineamento della macchina rispetto alla direzione del vento.

Il rotore, di diametro pari a 170 metri, è a passo variabile in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro ed è posto sopravvento al sostegno con mozzo rigido in acciaio. Altre specifiche tecniche sono riassunte nella **Tabella 5.1.1**.

Technical Specifications	
Rotor	
Type	3-bladed, horizontal axis
Position	Upwind
Diameter.....	170 m
Swept area	22,698 m ²
Power regulation	Pitch & torque regulation with variable speed
Rotor tilt.....	6 degrees
Blade	
Type	Self-supporting
Blade length	83.5 m
Max chord	4.5 m
Aerodynamic profile	Siemens Gamesa proprietary airfoils
Material	G (Glassfiber) – CRP (Carbon Reinforced Plastic)
Surface gloss	Semi-gloss, < 30 / ISO2813
Surface color	Light grey, RAL 7035 or White, RAL 9018
Aerodynamic Brake	
Type	Full span pitching
Activation.....	Active, hydraulic
Load-Supporting Parts	
Hub.....	Nodular cast iron
Main shaft.....	Nodular cast iron
Nacelle bed frame	Nodular cast iron
Mechanical Brake	
Type	Hydraulic disc brake
Position	Gearbox rear end
Nacelle Cover	
Type	Totally enclosed
Surface gloss	Semi-gloss, <30 / ISO2813
Color.....	Light Grey, RAL 7035 or White, RAL 9018
Generator	
Type.....	Asynchronous, DFIG
Grid Terminals (LV)	
Baseline nominal power ..	6.0 MW / 6.2 MW
Voltage	690 V
Frequency.....	50 Hz or 60 Hz
Yaw System	
Type.....	Active
Yaw bearing.....	Externally geared
Yaw drive.....	Electric gear motors
Yaw brake.....	Active friction brake
Controller	
Type	Siemens Integrated Control System (SICS)
SCADA system	SGRE SCADA
Tower	
Type	Tubular steel / Hybrid
Hub height	100 m to 165 m and site-specific
Corrosion protection	Painted
Surface gloss	Semi-gloss, <30 / ISO-2813
Color	Light grey, RAL 7035 or White, RAL 9018
Operational Data	
Cut-in wind speed	3 m/s
Rated wind speed	11.0 m/s (steady wind without turbulence, as defined by IEC61400-1)
Cut-out wind speed	25 m/s
Restart wind speed.....	22 m/s
Weight	
Modular approach.....	Different modules depending on restriction

Tabella 5.1.1: Specifiche tecniche aerogeneratore

Le caratteristiche dell'aerogeneratore sopra descritto sono quelle ritenute idonee in base a quanto disponibile oggi sul mercato; in futuro potrà essere possibile cambiare il modello dell'aerogeneratore senza modificare in maniera sostanziale l'impatto ambientale e i limiti di sicurezza previsti.

In accordo alle disposizioni dell'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile), ognuna delle macchine è dotata di un sistema di segnalazione notturna per la segnalazione aerea, che prevede l'utilizzo di una luce rossa sull'estradosso della navicella.

Una segnalazione diurna consistente nella verniciatura della parte estrema della pala con tre bande di colore rosso ciascuna di 6 m per un totale di 18 m è previsto per gli aerogeneratori di inizio e fine tratto. Inoltre, ognuna delle turbine è dotata di un completo sistema antifulmine, in grado di proteggere da danni diretti ed indiretti sia la struttura (interna ed esterna) che le persone, grazie ad un sistema di conduttori integrati nelle pale del rotore, disposti ogni 5 metri per tutta la lunghezza della pala.

In questa maniera la corrente del fulmine è scaricata a terra attraverso un sistema di conduttori a bassa impedenza.

I dispositivi antifulmine previsti sono conformi agli standard della più elevata classe di protezione (Classe I), secondo lo Standard Internazionale IEC 61024-1.

Ogni aerogeneratore è dotato altresì di un sistema antincendio, grazie al quale rilevatori di Ossido di Carbonio e fumo, rilevato l'eventuale incendio, attivano un sistema di spegnimento ad acqua atomizzata ad alta pressione nel caso di incendi dei componenti meccanici e a gas inerte (azoto) nel caso di incendi dei componenti elettrici (cabine elettriche e trasformatore).

Oltre a tale sistema le navicelle sono rivestite con materiali autoestinguenti.

Le moderne turbine eoliche sono dotate di un sistema di controllo del passo di rotazione delle pale intorno al loro asse principale.

A velocità del vento dell'ordine di $3 \div 5$ m/s la turbina si attiva, a $10 \div 14$ m/s raggiunge la sua potenza nominale, a velocità del vento superiori il sistema di controllo assicura la limitazione della potenza della macchina e previene sovraccarichi al generatore ed agli altri componenti elettromeccanici.

A velocità del vento ancora maggiori e dell'ordine di $22 \div 25$ m/s il sistema di controllo arresta il rotore disponendolo secondo la direzione del vento, al fine di evitare danni strutturali e meccanici.

In definitiva, tale sistema di controllo assicura il funzionamento del rotore con massimo rendimento, con velocità del vento comprese tra quelle che attivano la macchina e quella nominale, arrivando a bloccare la stessa nel caso di velocità del vento estreme.

La vita utile di una turbina è di circa 30 anni, passati i quali avverrà il relativo smantellamento ed eventuale sostituzione, ovvero si renderà necessario smaltire le varie componenti elettriche e riciclare le parti in metallo (rame e acciaio) e plastica rinforzata.

Tali operazioni avverranno in accordo con la direttiva europea Waste of Electrical and Electronic Equipment.

Si riportano di seguito le coordinate delle posizioni scelte per l'installazione degli aerogeneratori con il relativo inquadramento catastale.

Aerogeneratore	Comune	Latitudine	Longitudine	Foglio	Particella	D rotore [m]	H _{hub} [m]	H _{tot} [m]
MC01	Monterenzio	44°17'7.15"N	11°28'14.23"E	70	8	170	135	220
MC02	Casalfumane	44°16'40.69"N	11°28'53.76"E	47	155	170	135	220
MC03	Casalfumane	44°16'41.30"N	11°29'25.07"E	68	1	170	135	220
MC04	Monterenzio	44°16'37.27"N	11°25'1.86"E	79	14	170	135	220
MC05	Monterenzio	44°16'9.45"N	11°25'6.99"E	79	187	170	135	220
MC06	Casalfumane	44°14'59.72"N	11°26'49.64"E	82	20	170	135	220
MC07	Casalfumane	44°14'57.51"N	11°27'15.52"E	85	7	170	135	220
MC08	Castel del Rio	44°14'24.94"N	11°26'8.93"E	2	7	170	135	220
MC09	Castel del Rio	44°14'11.27"N	11°26'40.61"E	3	36	170	135	220

Tabella 5.1.2: Localizzazione planimetrica e catastale degli aerogeneratori di progetto

5.2. Quadri elettrici a 36 kV degli aerogeneratori

Ad ognuno degli aerogeneratori corrisponde un Quadro Elettrico a 36 kV e, a seconda della posizione di ogni turbina nello schema unifilare, successivamente riportato, si ha una particolare configurazione di tale quadro.

In particolare, nella figura seguente sono riportate le due configurazioni elettriche dei Quadri Elettrici considerate nello schema unifilare:

- Fine Linea

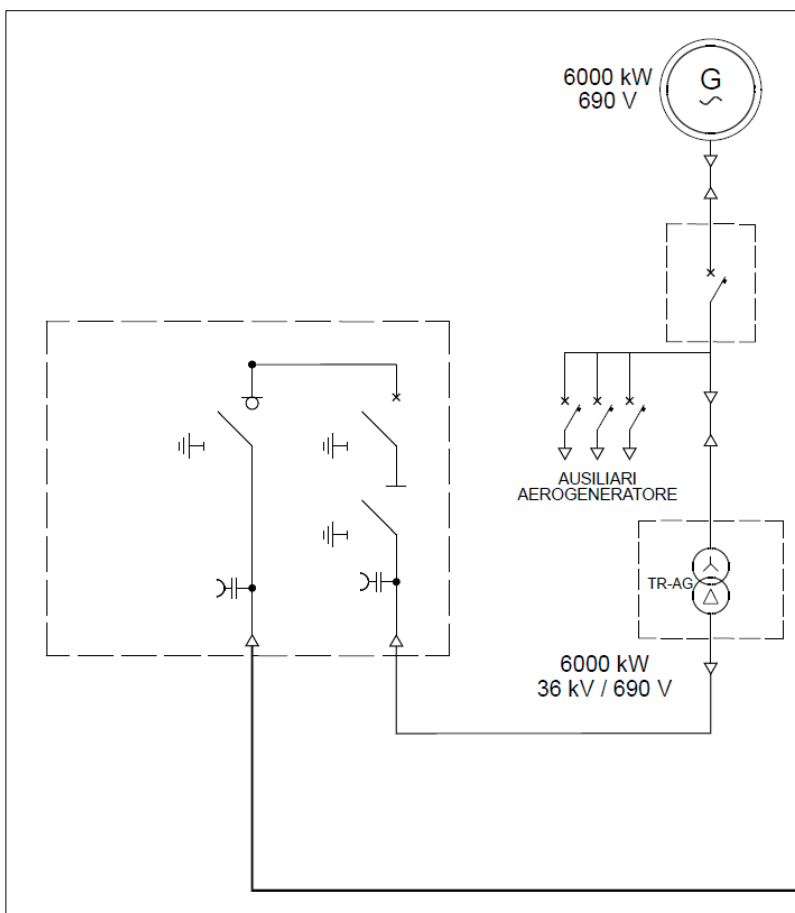


Figura 5.2.1: Configurazione di fine linea del Quadro Elettrico dell'aerogeneratore

▪ Entra – Esci

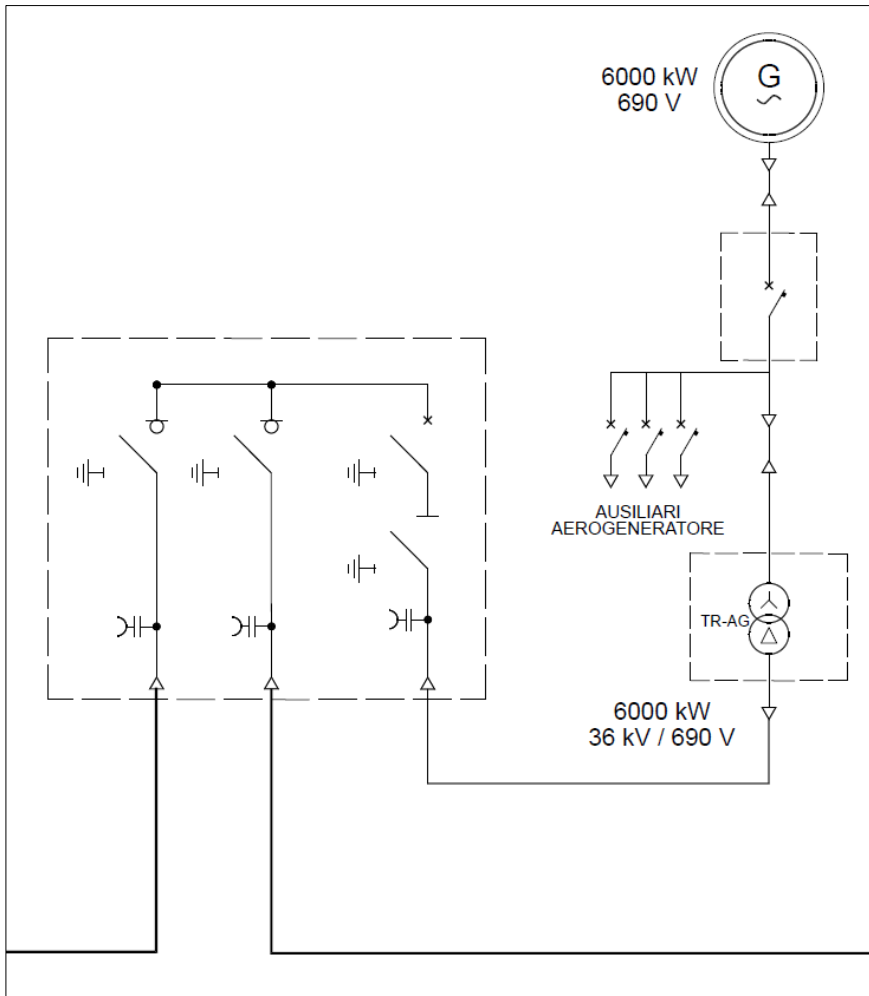


Figura 5.2.2: Configurazione in entra – esci del Quadro Elettrico dell’aerogeneratore

Gli aerogeneratori sono suddivisi in 4 sottocampi o circuiti, ognuno collegato alla nuova SE RTN 132/36 kV di Castel San Pietro Terme e costituito da 2 o 3 macchine, collegate tra loro secondo lo schema riportato in tabella.

CIRCUITO	AEROGENERATORE	CONFIGURAZIONE QUADRO A 36 KV AEROGENERATORE
CIRCUITO A	MC09	Fine Linea
	MC08	Entra – Esci
CIRCUITO B	MC07	Fine Linea
	MC06	Entra – Esci
CIRCUITO C	MC03	Fine Linea
	MC02	Entra – Esci
	MC01	Entra – Esci
CIRCUITO D	MC04	Fine Linea
	MC05	Entra – Esci

Tabella 5.2.1: Suddivisione in circuiti degli aerogeneratori e tipologia di Quadro a 36 kV

6. SCHEMA ELETTRICO E DISTRIBUZIONE 36 KV DEL PARCO EOLICO

6.1. Sistema di distribuzione delle linee elettriche

Il “Parco Eolico Emilia” è caratterizzato da una potenza complessiva di 79 MWp, ottenuta da 9 aerogeneratori di potenza di 6 MWp ciascuno e dal BESS di potenza di 25 MWp.

Gli aerogeneratori sono collegati elettricamente tra loro mediante cavi a 36 kV in modo da formare 4 sottocampi (Circuiti A, B, C e D) di 2 o 3 WTG (Wind Turbine Generator); ognuno di tali circuiti è associato ad un colore diverso per maggiore chiarezza, come esplicitato dalla seguente tabella:

Sottocampo o Circuito	Aerogeneratori	Potenza totale [MWp]
CIRCUITO A	MC08 – MC09	12
CIRCUITO B	MC06 – MC07	12
CIRCUITO C	MC01 – MC02 – MC03	18
CIRCUITO D	MC04 – MC05	12

Tabella 6.1.1: Distribuzione linee a 36 kV

Il BESS è collegato alla Stazione Elettrica di trasformazione della RTN 132/36 kV attraverso una linea elettrica a 36 kV, come rappresentato nella **Tabella 6.1.2**.

Elemento	Potenza totale [MWp]
BESS – SE RTN 132/36 KV	25

Tabella 6.1.2: Linea elettrica di collegamento tra BESS e SE RTN 132/36 KV

Un’ulteriore linea elettrica è necessaria per collegare l’Auxiliary Power Block, in grado di assicurare i servizi ausiliari del BESS, al quadro a 36 kV dell’edificio all’interno della Stazione Elettrica della RTN.

Gli aerogeneratori sono stati collegati elettricamente secondo un criterio che tiene in considerazione i valori di cadute di tensione e perdite di potenza e l’ottimizzazione delle lunghezze dei cavi utilizzati.

Lo schema a blocchi di riferimento, nel quale sono indicate le sezioni e le lunghezze del cavo di ogni tratto di linea e nel quale gli aerogeneratori di ogni linea sono collegati tra loro secondo lo schema in entra – esci e in fine linea, è riportato nella **Figura 6.1.1** (maggiori dettagli sono riportati nell’elaborato di progetto “MCOE071 Schema a blocchi impianto utente”).

L’aerogeneratore capofila (fine linea) è collegato al resto del circuito, i restanti sono collegati tra loro in entra – esci e ognuno dei 4 circuiti è collegato alla nuova SE RTN 132/36 kV di Castel San Pietro Terme.

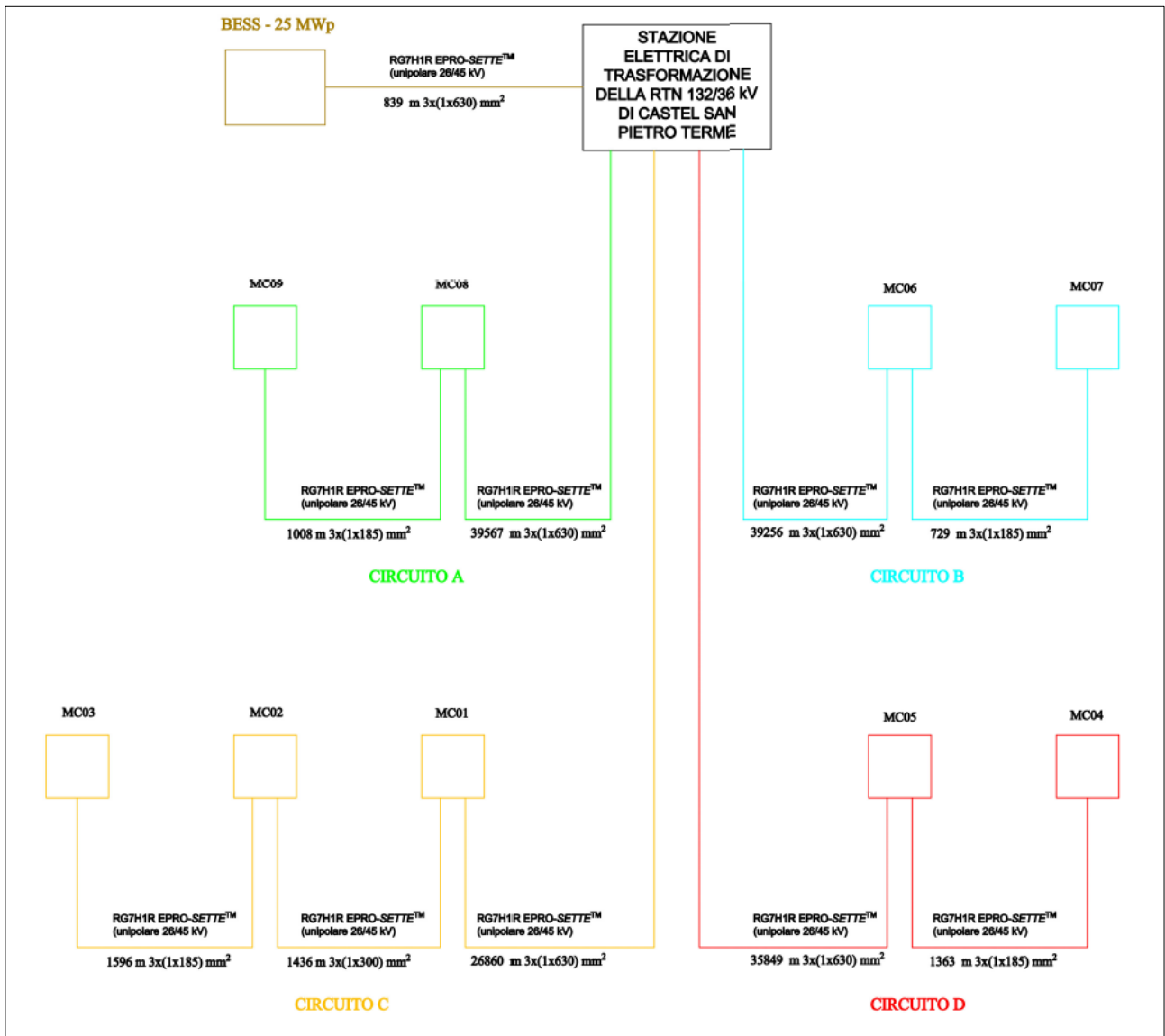


Figura 6.1.1: Schema a blocchi del Parco Eolico Emilia

Nel seguito sono riportati i dettagli della planimetria di distribuzione delle linee a 36 kV per i vari circuiti e della linea a 36 kV di collegamento tra BESS e SE RTN 132/36 kV (maggiori dettagli sono riportati negli elaborati di progetto “MCOE066 Planimetria sottocampi elettrici 36 kV su CTR (generale)”, “MCOE067 Planimetria sottocampi elettrici 36 kV su CTR (circuiti)”, “MCOE068 Planimetria sottocampi elettrici 36 kV su ortofoto (generale)” e “MCOE069 Planimetria sottocampi elettrici 36 kV su ortofoto (circuiti)”).

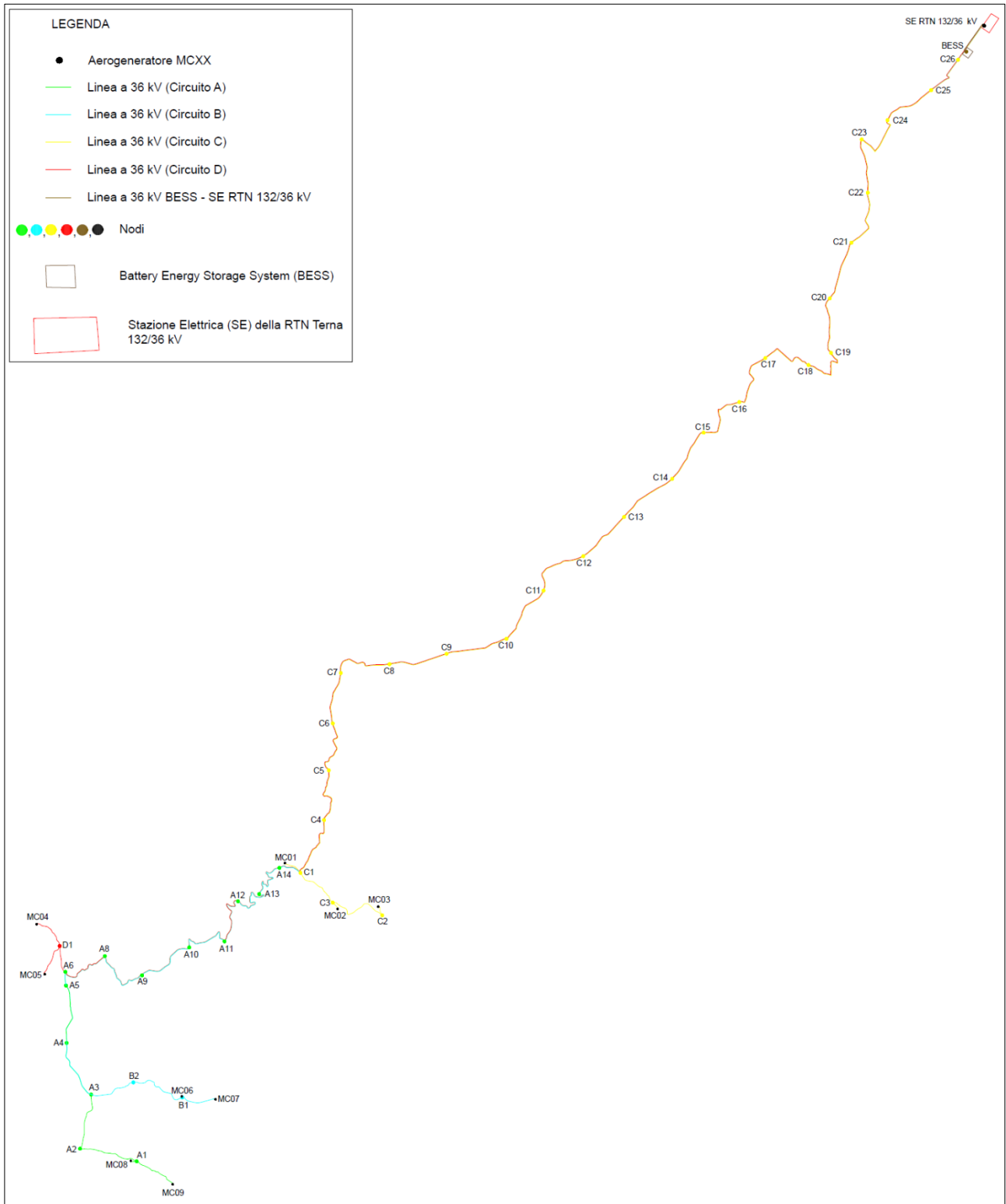


Figura 6.1.2: Planimetria di distribuzione linee a 36 kV

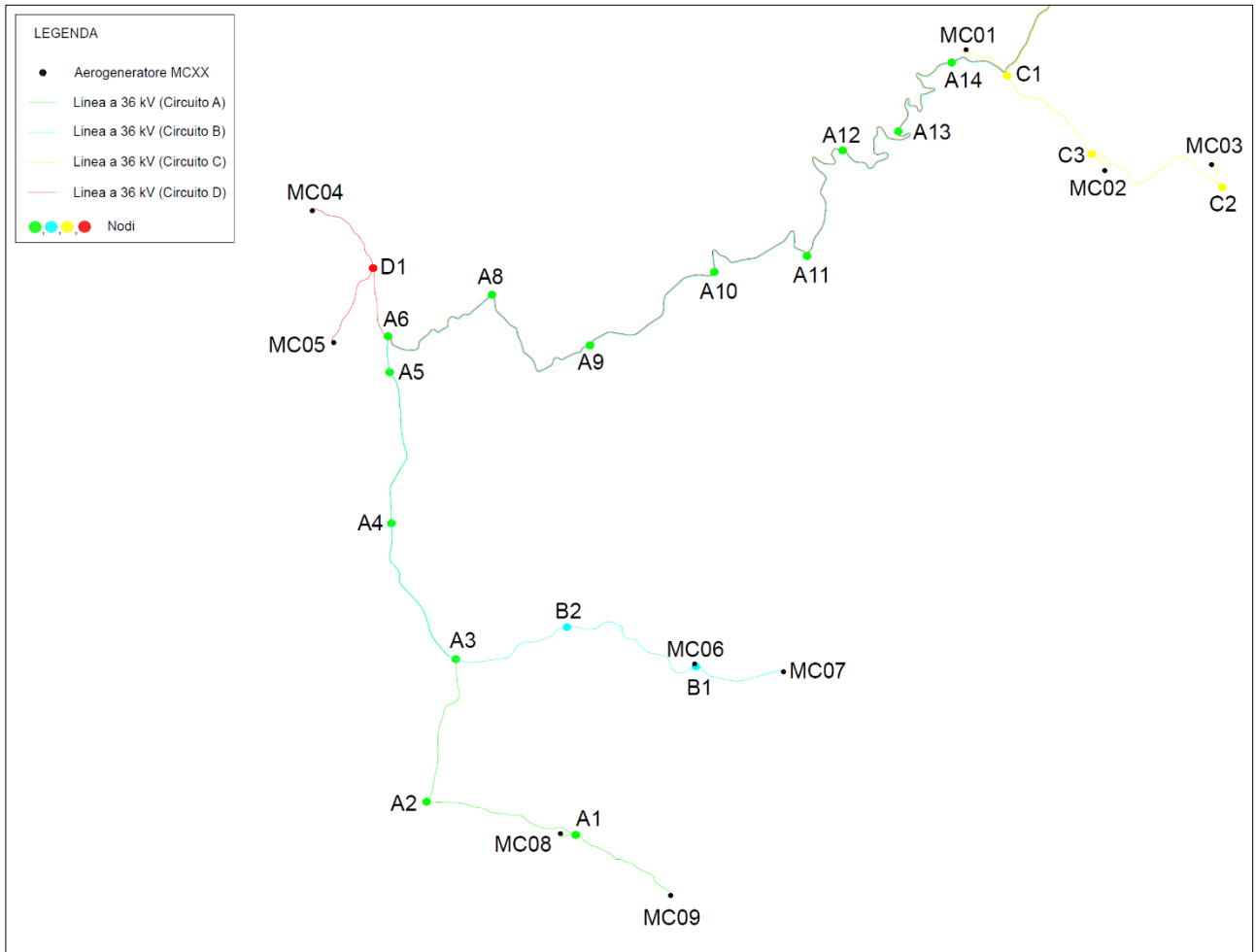


Figura 6.1.3: Dettaglio 1 della planimetria di distribuzione linee a 36 kV

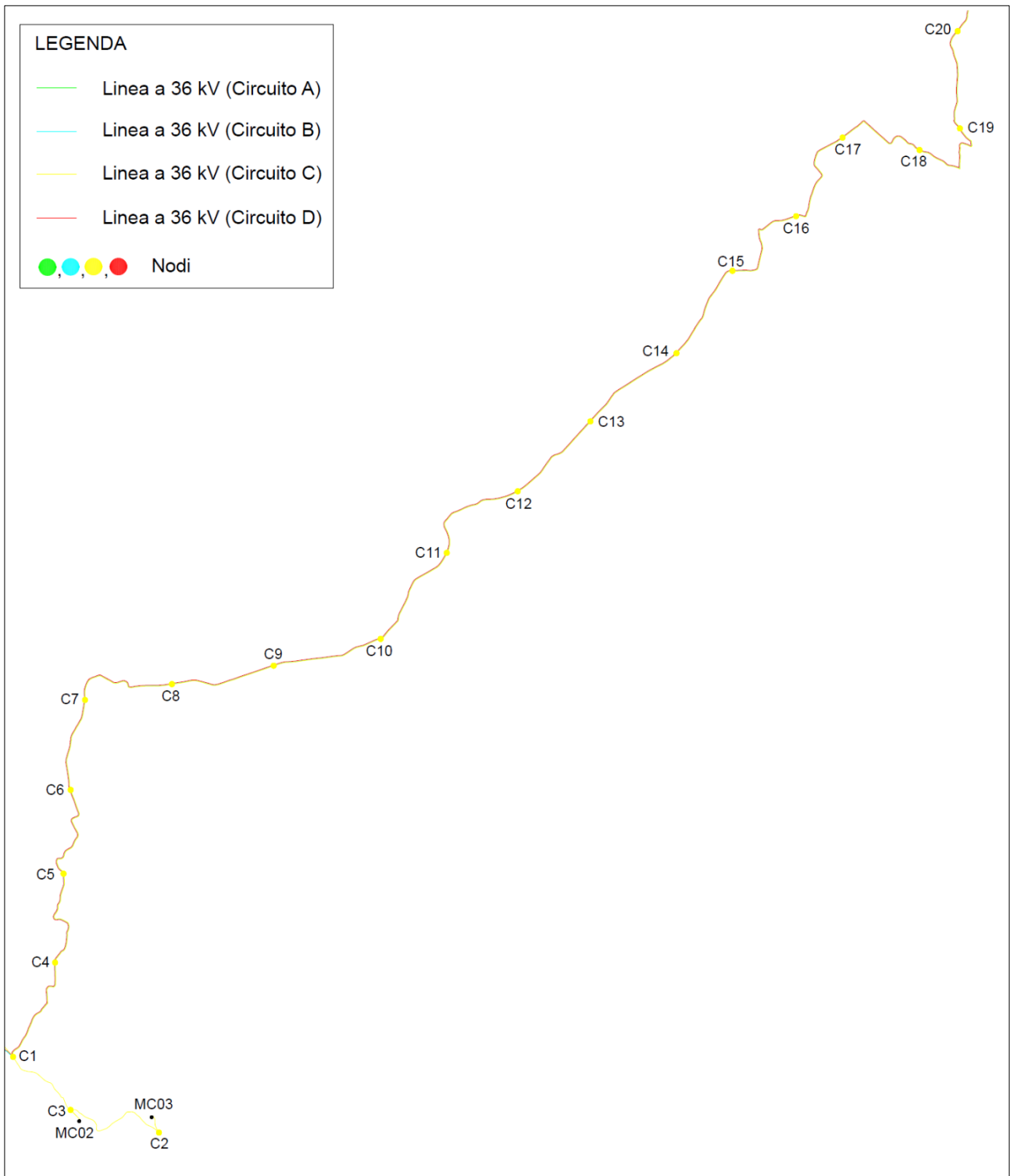


Figura 6.1.4: Dettaglio 2 della planimetria di distribuzione linee a 36 kV

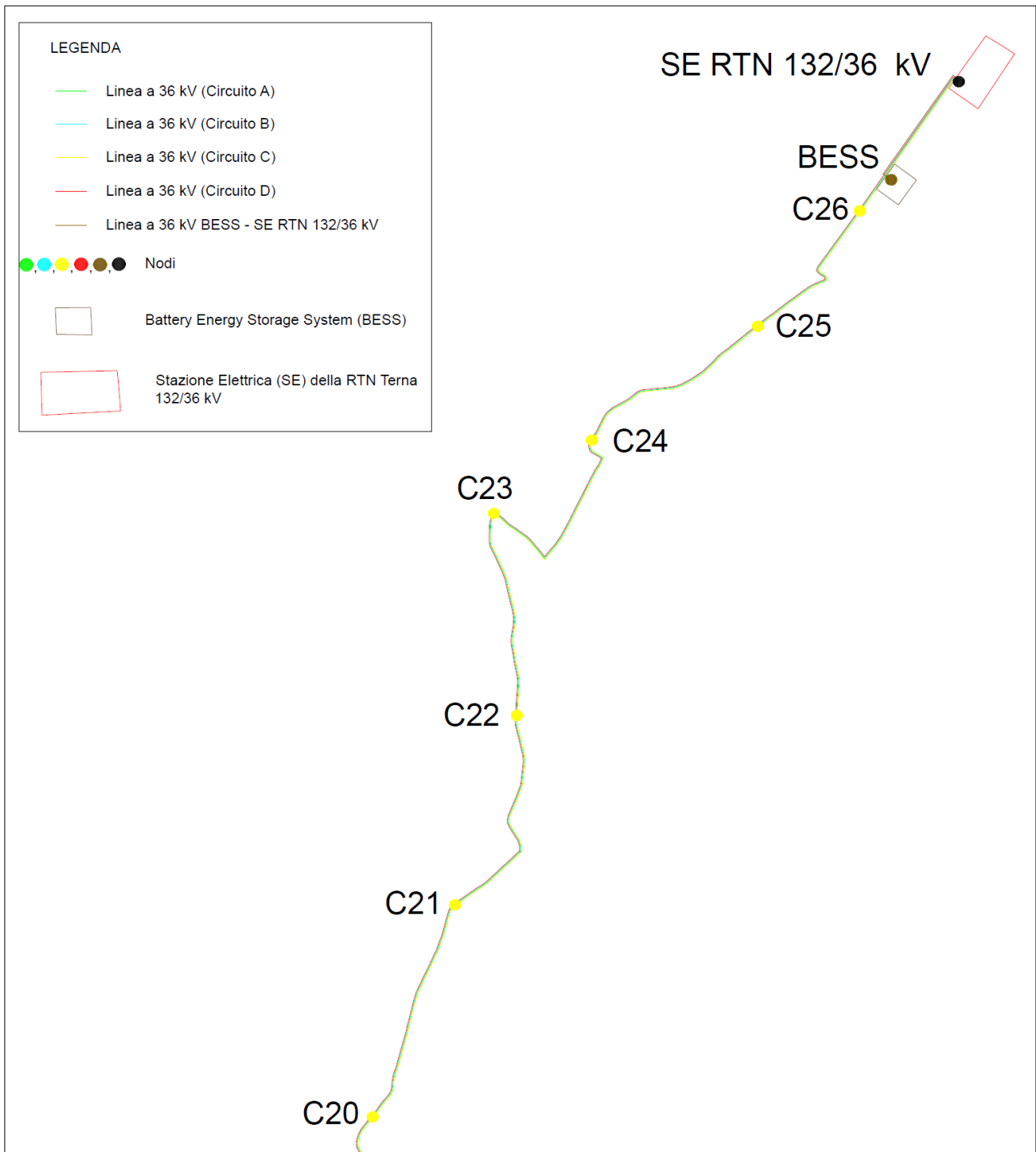


Figura 6.1.5: Dettaglio 3 della planimetria di distribuzione linee a 36 kV

6.2. Schema di collegamento elettrico

Nella figura seguente viene riportato lo schema elettrico unifilare (lato utente) del Parco Eolico Emilia, nel quale si esplicita la suddivisione elettrica dei vari circuiti, le linee di collegamento e i componenti elettrici degli aerogeneratori e del sistema di accumulo (maggiori dettagli sono riportati nell'elaborato "MCOE072 Schema unifilare impianto utente").

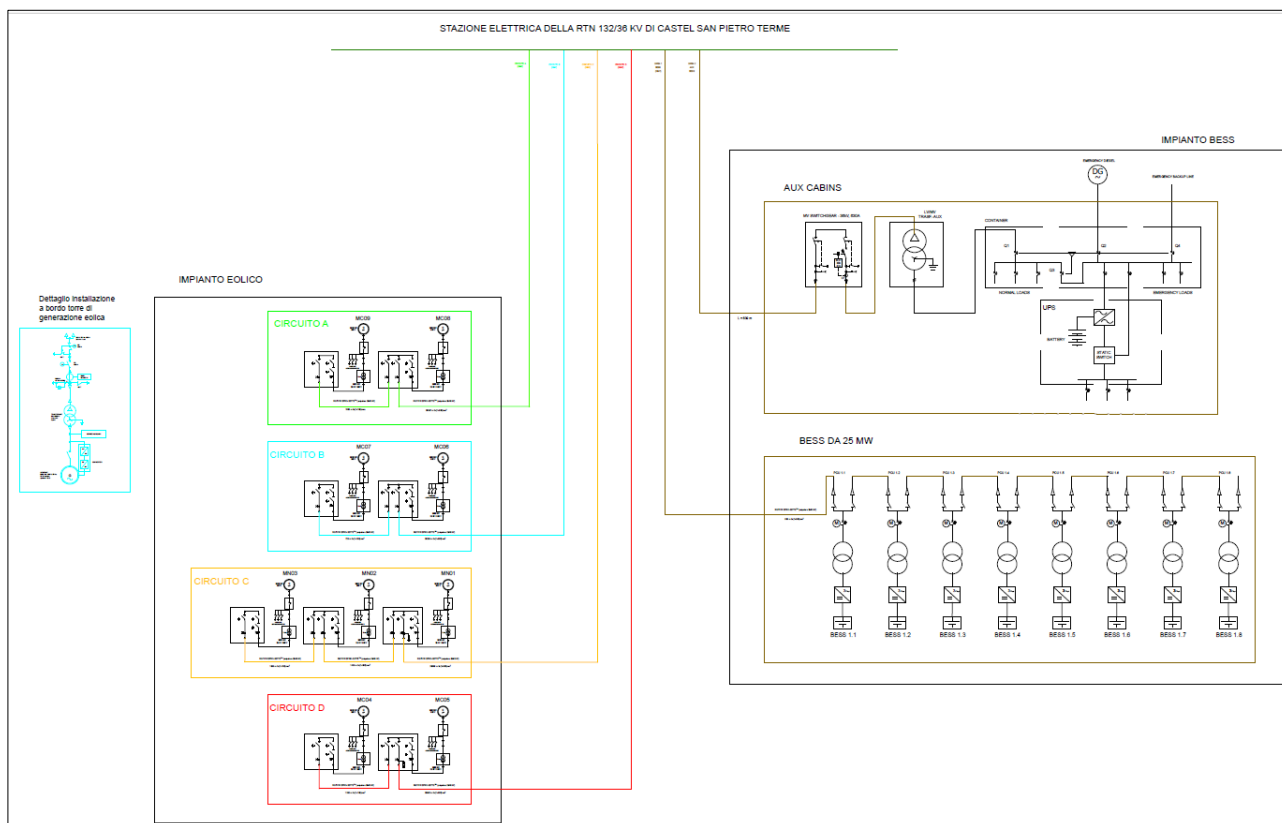


Figura 6.2.1: Schema elettrico unifilare dell’impianto utente

6.3. Linee elettriche a 36 kV

Per ogni tratto di collegamento si prevede una posa direttamente interrata di cavo e, nel caso di eventuali interferenze e particolari attraversamenti, in accordo con la Norma CEI 11 – 17, tale modalità di posa sarà modificata, anche in base ai regolamenti riguardanti le opere interferite, in modo da garantire un’adeguata protezione del cavo rispetto alle condizioni di posa normali.

Le lunghezze e sezioni dei cavi per ogni linea a 36 kV di collegamento che costituisce una tratta del circuito sono indicate nella seguente tabella.

CIRCUITO	Linea a 36 kV	Lunghezza della tratta [m]	Sezione del cavo [mm ²]	Tipologia di cavo
CIRCUITO A	MC09 – MC08	1008	185	Cu 3x (1x185 mm ²)
	MC08 – SE RTN 132/36 kV	39567	630	Cu 3x (1x630 mm ²)
CIRCUITO B	MC07 – MC06	729	185	Cu 3x (1x185 mm ²)
	MC06 – SE RTN 132/36 kV	39256	630	Cu 3x (1x630 mm ²)
CIRCUITO C	MC03 – MC02	1596	185	Cu 3x (1x185 mm ²)
	MC02 – MC01	1436	300	Cu 3x (1x300 mm ²)
	MC01 – SE RTN 132/36 kV	26860	630	Cu 3x (1x630 mm ²)
CIRCUITO D	MC04 – MC05	1363	185	Cu 3x (1x185 mm ²)
	MC05 – SE RTN 132/36 kV	35849	630	Cu 3x (1x630 mm ²)
LINEA BESS	BESS – SE RTN 132/36 kV	839	630	Cu 3x (1x630 mm ²)

Tabella 6.3.1: Lunghezze e sezioni linee a 36 kV

Nella tabella seguente è riportata la suddivisione dei vari circuiti per le varie sotto-tratte di cavidotto individuate univocamente dai nodi rappresentati nelle **Figure 6.1.2÷6.1.5**.

TRATTA			CIRCUITO A		CIRCUITO B		CIRCUITO C		CIRCUITO D		LINEA BESS - SE RTN 132/36 KV	
DA	A	LUNGHEZZA [m]	N. CAVI	FORMAZIONE CAVO	N. CAVI	FORMAZIONE CAVO	N.	FORMAZIONE CAVO	N. CAVI	FORMAZIONE CAVO	N. CAVI	FORMAZIONE CAVO
MC09	A1	862	1	3x(1x185 mm ²)								
MC08	A1	146	2	3x(1x185 mm ²)+3x(1x630 mm ²)								
	A1	1123	1	3x(1x630 mm ²)								
	A2	1096	1	3x(1x630 mm ²)								
MC07	B1	689			1	3x(1x185 mm ²)						
MC06	B1	40			2	3x(1x185 mm ²)+3x(1x630 mm ²)						
	B1	1132			1	3x(1x630 mm ²)						
	B2	882		3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)						
	A3	1147	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)						
	A4	1132	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)						
	A5	260	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)						
	A6	516							1	3x(1x630 mm ²)		
MC05	D1	670							2	3x(1x185 mm ²)+3x(1x630 mm ²)		
MC04	D1	693							1	3x(1x185 mm ²)		
	A6	1011	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)			1	3x(1x630 mm ²)		
	A8	1119	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)			1	3x(1x630 mm ²)		
	A9	1150	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)			1	3x(1x630 mm ²)		
	A10	1063	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)			1	3x(1x630 mm ²)		
	A11	1139	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)			1	3x(1x630 mm ²)		
	A12	1133	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)			1	3x(1x630 mm ²)		
	A13	1132	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)			1	3x(1x630 mm ²)		
	A14	448	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)			1	3x(1x630 mm ²)		
MC01	C1	392					2	3x(1x300 mm ²) + 3x(1x630 mm ²)				
MC03	C2	227					1	3x(1x185 mm ²)				
	C2	1193					1	3x(1x185 mm ²)				
MC02	C3	176					2	3x(1x185 mm ²) + 3x(1x300 mm ²)				
	C3	868					1	3x(1x300 mm ²)				
	C1	1197	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C4	1115	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C5	1090	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C6	991	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C7	1165	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C8	1114	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C9	1176	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C10	1186	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C11	1196	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C12	1074	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C13	1169	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C14	1074	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C15	1122	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C16	1161	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C17	1047	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C18	1095	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C19	1083	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C20	1140	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C21	1127	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C22	1027	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C23	1047	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C24	1035	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
	C25	837	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
C26	SE RTN 132/36 KV	1200	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)	1	3x(1x630 mm ²)		
BESS	SE RTN 132/36 KV	839									1	3x(1x630 mm ²)

Tabella 6.3.2: Suddivisione delle linee a 36 kV per ogni sotto-tratta di cavidotto

6.4. Tipologia posa e dati tecnici del cavo utilizzato

Il cavo impiegato per il collegamento di tutte le tratte a 36 kV è il tipo RG7H1R EPRO-SETTE™ unipolare 26/45 kV (o similari), a norma IEC 60840, del primario costruttore Prysmian.

L'anima del cavo è costituita da un conduttore a corda rotonda compatta di rame rosso, il semiconduttivo interno è costituito da materiale elastomerico estruso, l'isolante in mescola di gomma ad alto modulo G7, il semiconduttivo esterno da materiale elastomerico estruso pelabile a freddo.

La schermatura è realizzata mediante filo di rame rosso e la guaina è in PVC di colore rosso.

Per ogni tratto di collegamento si prevede una posa direttamente interrata di cavo, a trifoglio, essendo il cavo in questione idoneo alla stessa.

I cavi sono collocati in trincee ad una profondità di posa di 1,50 m dal piano di calpestio su un sottofondo di sabbia di spessore di 0,1 m e la distanza di separazione delle terne adiacenti in parallelo sul piano orizzontale è pari a 0,30 m.

Una lastra protettiva, installata nella parte soprastante, assicura la protezione meccanica del cavo, mentre un nastro monitor ne segnala la presenza.

I cavi sono opportunamente segnalati grazie ai picchetti segnalatori, posizionati a distanze non superiori a 50 m sui tratti rettilinei e in corrispondenza di punti di cambio direzione del percorso e dei giunti.

Inoltre, nel caso di eventuali interferenze e particolari attraversamenti, in accordo con la Norma CEI 11 – 17, tale modalità di posa sarà modificata, anche in base ai regolamenti riguardanti le opere interferite, in modo da garantire un'adeguata protezione del cavo rispetto alle condizioni di posa normali.

I fattori di progetto presi in considerazione per l'installazione dei cavi sono i seguenti:

- ❖ Temperatura massima del conduttore pari a 90°C;
- ❖ Temperatura aria ambiente di 30 °C;
- ❖ Temperatura del terreno di 20°C;
- ❖ Resistività termica del terreno pari a 1,5 K m/W;
- ❖ Tensione nominale pari a 36 kV;
- ❖ Frequenza pari a 50 Hz;
- ❖ Profondità di posa di 1,50 m dal piano di calpestio.

Nel seguito è rappresentato il dettaglio dei tipologici di posa, come anche riportato nel documento di progetto “MCOE070 Sezioni tipiche delle trincee di cavidotto utente”, nel quale le misure sono espresse in mm.

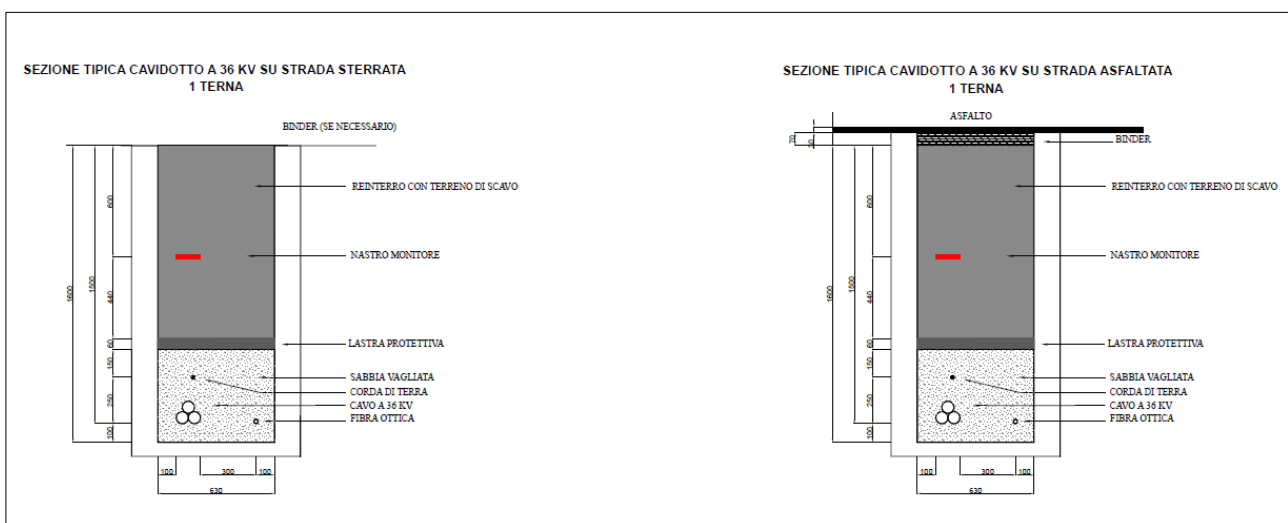


Figura 6.4.1: Sezioni tipiche delle trincee cavidotto per una terna di cavi in parallelo

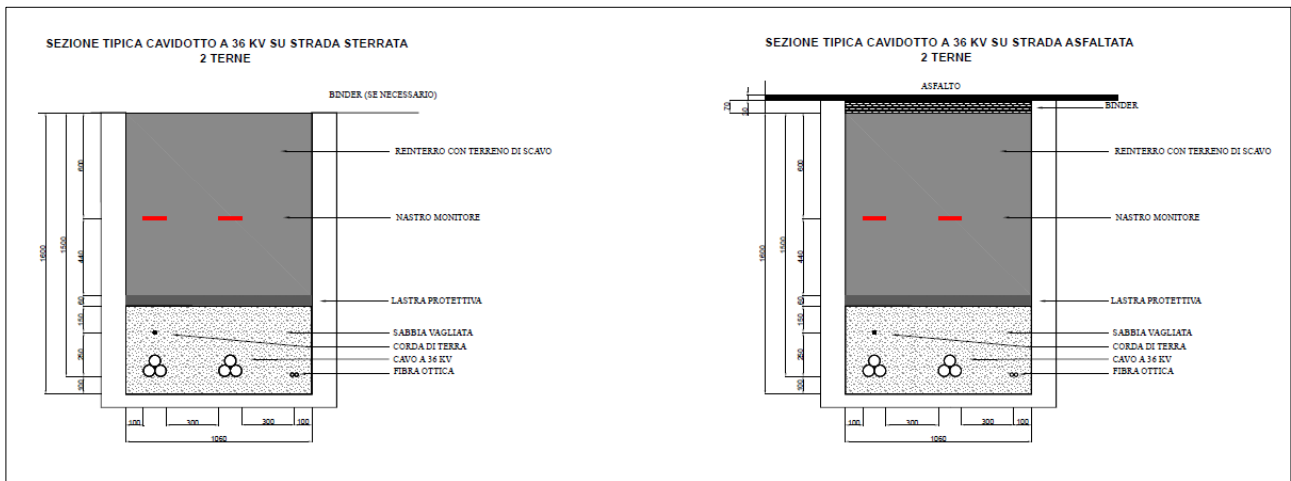


Figura 6.4.2: Sezioni tipiche delle trincee cavidotto per due terne di cavi in parallelo

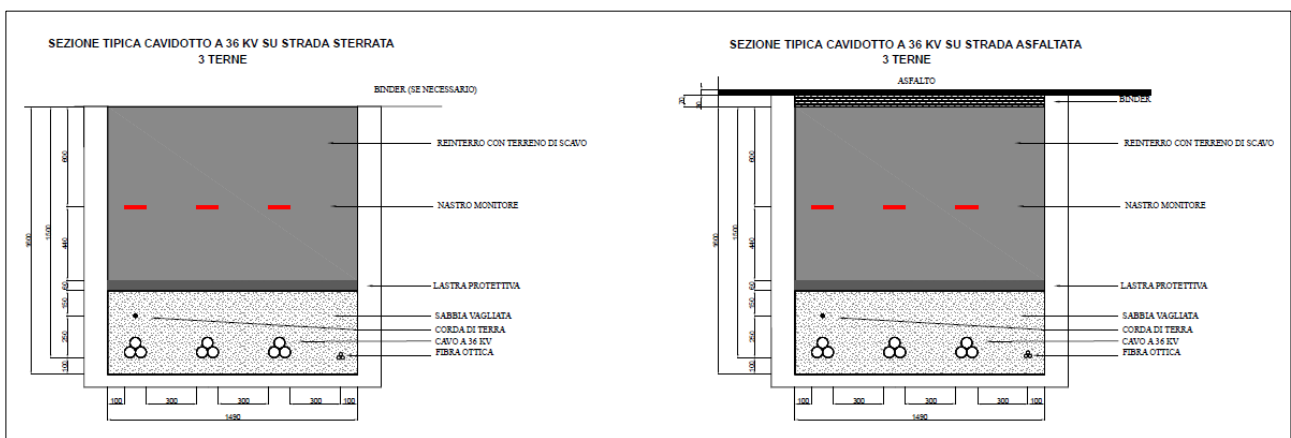


Figura 6.4.3: Sezioni tipiche delle trincee cavidotto per tre terne di cavi in parallelo

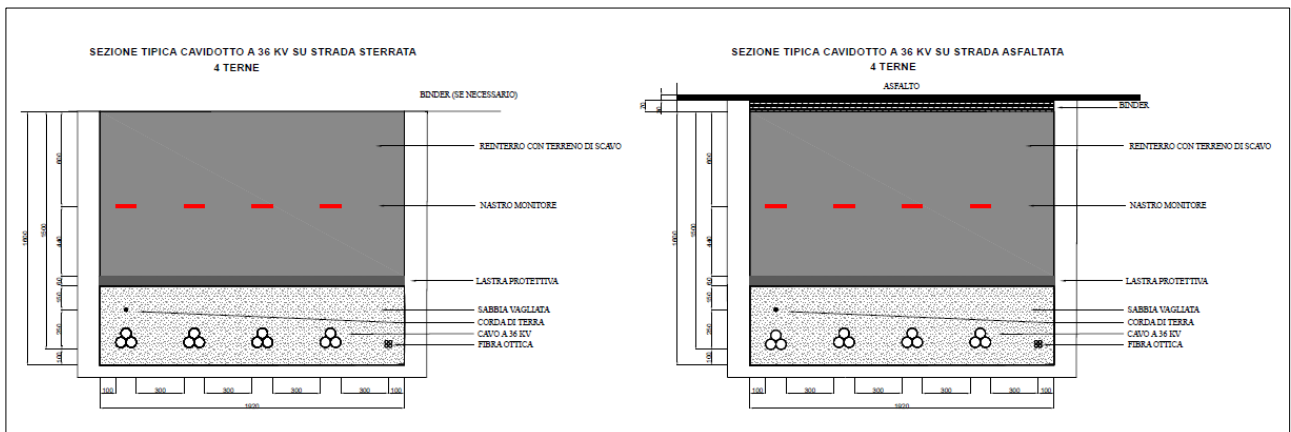


Figura 6.4.4: Sezioni tipiche delle trincee cavidotto per quattro terne di cavi in parallelo

Come si evince dalle figure precedenti, oltre alle terne di cavi presenti in trincea, è previsto un collegamento in **fibra ottica**, da adoperare per controllare e monitorare gli aerogeneratori.

Per realizzare il sistema di telecontrollo dell'intero impianto, come previsto dal progetto, si adopera un cavo ottico dielettrico a 24 fibre ottiche per posa in tubazione, corredato degli accessori necessari per la

relativa giunzione e attestazione, essendo lo stesso adatto alla condizione di posa interrata e tale da assicurare un'attenuazione accettabile di segnale.

Il cavo in fibra è posato sul tracciato del cavo e le modalità di collegamento seguono lo schema di collegamento elettrico degli aerogeneratori (maggiori dettagli sono riportati nell'elaborato di progetto "MCOE073 Schema rete di comunicazione Fibra Ottica (FO)").

Il Parco Eolico è dotato di un **sistema di terra**.

In particolare, è previsto un sistema di terra relativo a ciascun aerogeneratore e costituito da anelli dispersori concentrici, collegati tra loro radialmente e collegati all'armatura del plinto di fondazione in vari punti (maggiori dettagli sono riportati nell'elaborato di progetto "MCOE080 Schema rete di terra WTG").

In aggiunta al sistema di cui sopra, si prevede di adoperare un conduttore di terra di collegamento tra le reti di terra dei singoli aerogeneratori consistente in una corda di rame nudo di sezione non inferiore a 95 mm², interrata all'interno della trincea in cui sono posati i cavi a 36 kV e di fibra ottica e ad una profondità di 1,25 m e 1,35 m dal piano del suolo rispettivamente nel caso di strada sterrata o strada asfaltata (maggiori dettagli sono riportati nell'elaborato di progetto "MCOE081 Schema rete di terra impianto eolico").

Al fine di evitare, in presenza di eventuali guasti, il trasferimento di potenziale agli elementi sensibili circostanti, come tubazioni metalliche, sottoservizi, in corrispondenza di attraversamenti lungo il tracciato del cavidotto, si prevede di adoperare un cavo Giallo-Verde avente diametro almeno superiore a 95 mm² del tipo FG16(O)R.

Il cavo di cui sopra è opportunamente giuntato al conduttore di rame nudo, è inserito da 5 m prima e fino a 5 m dopo il punto di interferenza e assicura una resistenza analoga a quella della corda di rame nudo di 95 mm².

In definitiva, si realizza una maglia di terra complessiva in grado di ottenere una resistenza di terra con un più che sufficiente margine di sicurezza, in accordo con la Normativa vigente.

6.5. Dimensionamento delle linee elettriche a 36 kV

La sezione dei cavi elettrici a 36 kV è calcolata, in accordo con la norma CEI 11 – 17, in modo che risultino soddisfatte le seguenti condizioni:

1. $I_b \leq I_z$
2. $\Delta V \leq 4\%$
3. $\Delta P \leq 5\%$

dove:

- I_b rappresenta la corrente di impiego, ovvero l'intensità di corrente massima all'interno della linea di cavo.
- I'_z rappresenta la portata effettiva del cavo e dipende dalla portata nominale del cavo stesso e dalle relative condizioni di posa.
- ΔV rappresenta la massima caduta di tensione su ogni sottocampo ed è valutata a partire dalla cabina d'impianto fino all'aerogeneratore più lontano.
- ΔP rappresenta la perdita di potenza per ognuno dei sottocampi.

Individuate le sezioni dei singoli cavi di linea vengono effettuate le verifiche termiche, calcolando le correnti di corto circuito previste e di tenuta termica dei cavi.

La **Tabella 6.5.1** riporta i risultati ottenuti sul dimensionamento a 36 kV.

LINEA	DA	A	L [m]	SEZIONE [mm ²]	I_b [A]	I'_z [A]	$\Delta V_{r,\%}$	$\Delta P_{r,\%TOT}$
CIRCUITO A	MC09	MC08	1008	185	106,9	356,1	0,0878	
	MC08	SE RTN 132/36 KV	32567	630	213,8	552,0	3,39	
							SOMMA	SOMMA
							3,48	2,03
CIRCUITO B	MC07	MC06	729	185	106,9	356,1	0,0635	
	MC06	SE RTN 132/36 KV	39256	630	213,8	552,0	3,36	
							SOMMA	SOMMA
							3,42	2,00
CIRCUITO C	MC03	MC02	1596	185	106,9	356,1	0,139	
	MC02	MC01	1436	300	213,8	454,5	0,185	
	MC01	SE RTN 132/36 KV	26860	630	320,7	552,0	3,45	
							SOMMA	SOMMA
						3,77	2,15	
CIRCUITO D	MC04	MC05	1363	185	106,9	356,1	0,119	
	MC05	SE RTN 132/36 KV	35849	630	213,8	552,0	3,07	
							SOMMA	SOMMA
							3,19	1,85
BESS	Linea BESS – SE RTN 132/36 kV		839	630	445,5	777,5	0,149	0,044

Tabella 6.5.1: Parametri elettrici di calcolo del dimensionamento dei circuiti elettrici

Per dettagli relativi al dimensionamento elettrico delle linee a 36 kV si rimanda all'elaborato di progetto "MCOE064 Calcolo preliminare degli impianti elettrici".

7. BESS

L'impianto eolico è connesso ad un sistema di accumulo di energia (BESS) di potenza pari a 25 MWp. Il BESS è localizzato nelle immediate vicinanze della nuova Stazione Elettrica di trasformazione della RTN 132/36 kV di Castel San Pietro Terme, come rappresentato dalla figura seguente.



Figura 7.1: Inquadramento del BESS (oltre che della SE RTN Terna 132/36 kV) su Ortofoto

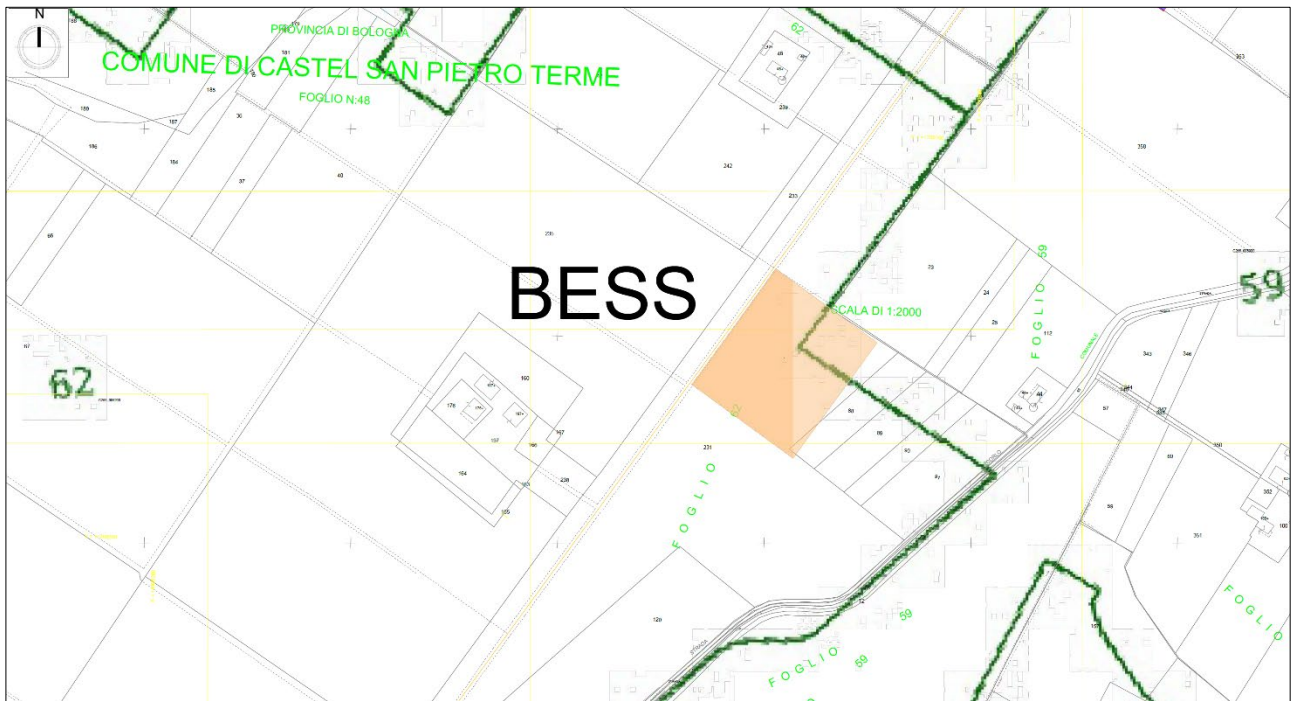


Figura 7.2: Inquadramento del BESS su Catastale

Il BESS è un sistema costituito da apparecchiature e dispositivi in grado di immagazzinare a livello elettrochimico l'energia al fine di convertirla in energia elettrica in media tensione (nel caso specifico a 36 kV).

In particolare, il sistema BESS è costituito da un insieme di celle elettrochimiche connesse elettricamente tra loro in serie e parallelo in modo da formare i singoli moduli batterie, i quali, a loro volta, sono connessi elettricamente tra loro in serie e parallelo e assemblati in un unico sistema (armadio batteria).

Le batterie adoperate sono agli ioni di litio e presentano un'aspettativa di vita pari alla vita di impianto prevista in condizioni operative standard all'aperto.

Un sistema di controllo batterie (BMS, Battery Management System) assicura la gestione, il controllo e il monitoraggio locale degli assemblati-batterie, mentre il PCS (Power Conversion System) assicura la conversione bidirezionale della corrente da AC/DC.

La gestione e il controllo locale dell'impianto è assicurato dal Sistema di Controllo Integrato (SCI).

I componenti e le apparecchiature principali del sistema di accumulo sono di seguito elencati:

- celle elettrochimiche;
- moduli batterie;
- sistema di gestione, controllo e monitoraggio locale delle batterie (BMS);
- sistema di conversione di corrente AC/DC (PCS);
- sistema di gestione e controllo dell'impianto (SCI);
- trasformatori di potenza 36 kV/BT;

- quadri elettrici 36 kV;
- sistema di misurazione;
- servizi ausiliari;
- sistema SCADA in grado di garantire la supervisione, il controllo e la raccolta dei dati relativi all'impianto;
- container batterie.

Nella **Figura 7.3** è rappresentata una configurazione di esempio delle unità base presa in considerazione, ovvero quella relativa a 3.5 MW (8 h) di potenza erogabile o assorbibile (in fase di progettazione esecutiva sarà possibile adottare soluzioni diverse che assicurino la potenza complessiva di 25 MW).

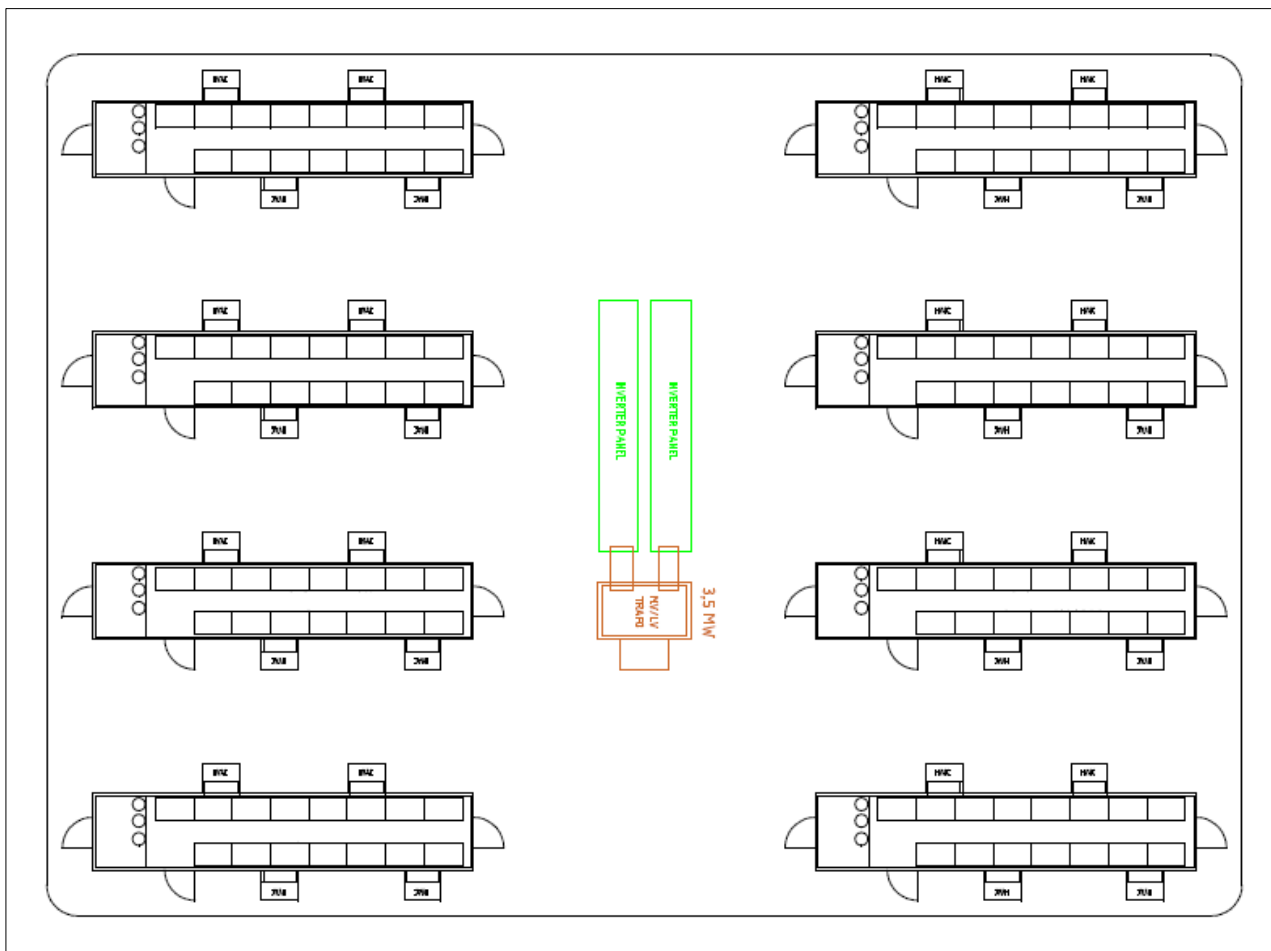


Figura 7.3: Unità base da 3.5 MW - 8h del BESS

Partendo dalla configurazione di esempio, il sistema BESS potrebbe essere ottenuto replicando 8 unità da 3.125 MW per una potenza totale di 25 MW (la replicazione delle 8 Sub-Unit da 3,5 MW corrisponderebbe ad una potenza complessiva di 28 MW superiore a quella richiesta, motivo per cui si è ridotto proporzionalmente la taglia delle singole unità a 3,125 MW).

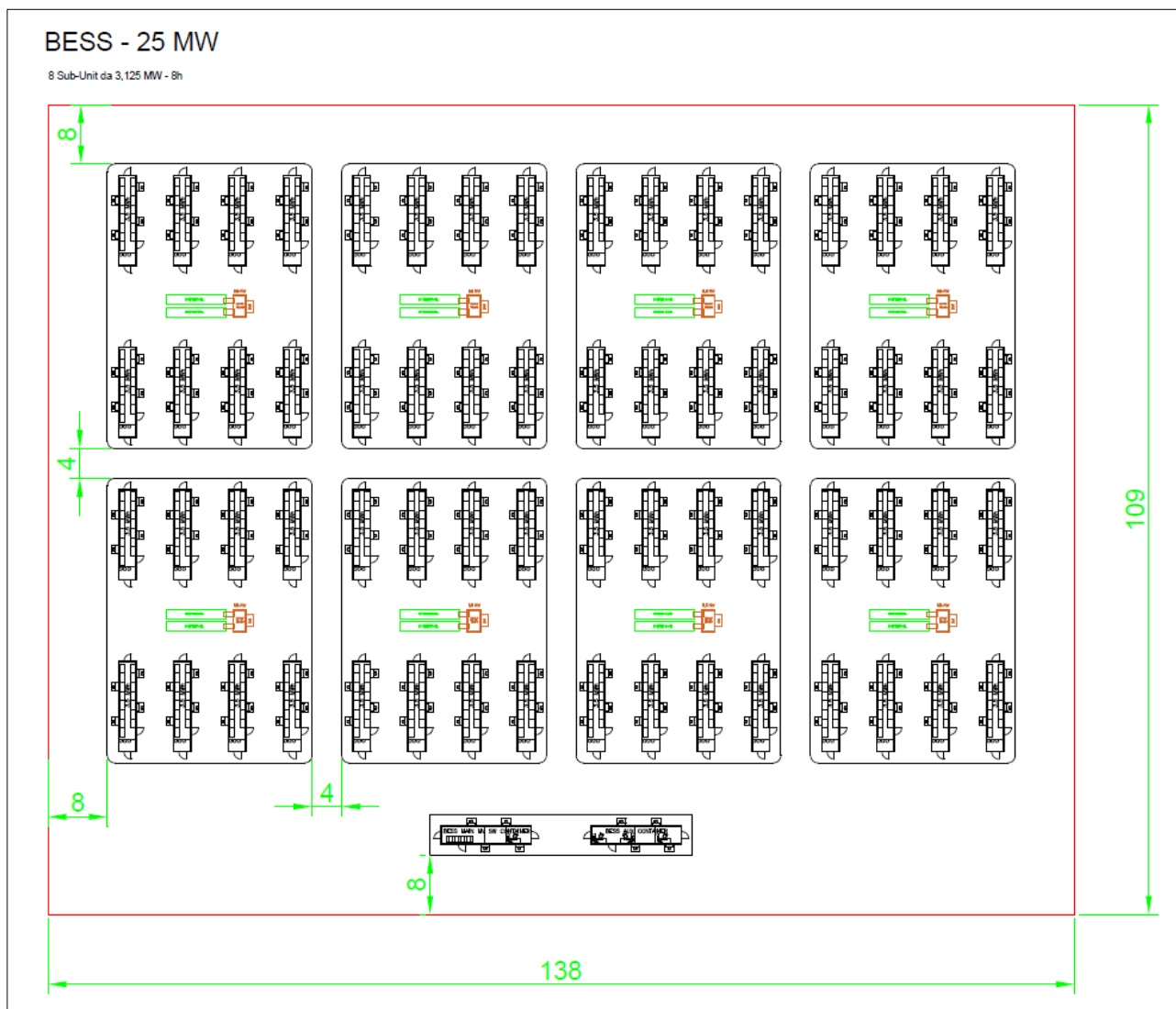


Figura 7.4: Esempio di configurazione BESS di potenza 25 MWp

Nel caso in cui si considerasse la configurazione sopra rappresentata, nella quale le quote sono espresse in metri, la configurazione complessiva del BESS sarebbe costituita da 1 gruppo di 8 blocchi da 3,125 MWp ciascuno e collegati tra loro in entra – esci e l'impianto occuperebbe complessivamente un'area di 138 m x 109 m.

Tale gruppo (potenza 25 MWp e, per un fattore di potenza $\cos\phi$ di 0,9, corrente massima di 445,5 A) distribuisce la potenza assorbita/erogata dalle batterie verso un quadro a 36 kV del Power Block, che, a sua volta, è collegato, attraverso un cavo interrato a 36 kV, al quadro a 36 kV della SE RTN 132/36 kV di Castel San Pietro Terme.

Infine, nell'area prevista per l'impianto di accumulo è presente un Auxiliary Power Block, collegato al quadro a 36 kV della stazione stessa e in grado di assicurare servizi ausiliari quali:

- illuminazione esterna dell'area del BESS;
- sistema per la ventilazione;

- illuminazione interna all'area BESS e di sicurezza;
- alimentazione per i sistemi di controllo.

Informazioni più dettagliate sono riportate nell'elaborato di progetto "MCOE065 Relazione descrittiva BESS".