

REGIONE PUGLIA
COMUNE DI AVETRANA
PROVINCIA DI TARANTO

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTO PER LA
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA,
NONCHE' OPERE ED INFRASTRUTTURE CONNESSE, DI POTENZA
INSTALLATA DI 63 MW DENOMINATO "AVETRANA ENERGIA"**

OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN NEL COMUNE DI ERCHIE (BR)

PROGETTO DEFINITIVO

Codice STMG Terna: 201800410 - Identificativo AU Regione Puglia: A7OXWD6

Tavola :

R07
rev1

Titolo :

Calcoli preliminari degli impianti

Cod. Identificativo elaborato :

A7OXWD6_CalcoliPreImpianti_07-rev1

Progetto:



Via San Lorenzo 155 - cap 72023 MESAGNE (BR)
P.IVA 02549880744 - REA BR-154453 - enerwind@pec.it



Via Milizia n.55 - 73100 LECCE (ITALY)
P.IVA 04258790759 - msc.innovativesolutions@pec.it

Dott. Ing. Fabio Calcarella
Piazza Mazzini, 64 - 73100 - Lecce (LE)
tel. +39 0832 1594953 - fabio.calcarella@gmail.com



Via V.M. Stampacchia, 48
73100 - LECCE
stcprogetti@legalmail.it



Committente:

AVETRANA ENERGIA s.r.l.

Piazza del Grano n.3 - cap 39100 BOLZANO (BZ)
P.IVA 03050420219 - REA BZ 227626 - avetrana.energia@legalmail.it

SOCIETA' DEL GRUPPO



FRI-EL GREEN POWER S.p.A.
Piazza della Rotonda, 2 - 00186 Roma (RM) - Italia
Tel. +39 06 6880 4163 - Fax. +39 06 6821 2764
Email: info@fri-el.it - P. IVA 01533770218

Indagine Specialistiche :

Data

Revisione

Redatto

Approvato

Gennaio 2020

Prima Emissione

FC-SM

MT

Giugno 2020

Rev1 - Richiesta integrazioni RP

FC-SM

MT

Data: Giugno 2020

Scala : n.a.

File:

Controllato:

Formato:

A4

Ai sensi e per gli effetti degli art.9 e 99 della Legge n.633 del 22 aprile 1941 , ci riserviamo la proprietà intellettuale e materiale di questo elaborato e facciamo espresso divieto a chiunque di renderlo noto a terzi o di riprodurlo anche in parte, senza la nostra preventiva autorizzazione scritta.

Sommario

1.	Generalità	2
2.	Descrizione del progetto	2
3.	Caratteristiche elettrodotto	2
3.2	Dimensionamento elettrico cavidotti MT	4
3.2.1	Portata dei Cavi	4
3.3	Perdite	7
3.3.1	Perdite nei conduttori MT	7
3.3.2	Perdite del trasformatore	8
4	Dimensionamento preliminare impianto di illuminazione perimetrale SSE	9
5	Dimensionamento preliminare dell’Impianto Videosorveglianza ed antintrusione	11

1. Generalità

La seguente relazione tecnica specialistica è riferita al progetto di un parco eolico da realizzarsi nel Comune di Avetrana (TA), di proprietà della società Avetrana Energia s.r.l., con sede in Piazza del Grano, 3 – 39100 Bolzano (BZ), C.F. e P.IVA 03050420219, n. REA: RA 227626.

Il parco prevede la costruzione e la messa in esercizio, su torre tubolare in acciaio di altezza 119 m, di n. 15 aerogeneratori della potenza unitaria di 4,2 MW, per una potenza totale installata di 63 MW e potenza nominale di cessione alla rete di 62,10 MW. Gli aerogeneratori avranno rotore tripala del diametro di 162 m.

2. Descrizione del progetto

Il progetto elettrico dell'impianto eolico è descritto in dettaglio nella Relazione specialistica opere elettriche.

Ciascun generatore eolico produrrà energia elettrica alla tensione di 800 V c.a. All'interno di ciascuna torre sarà installato un trasformatore 0,8/30 kV per la trasformazione di detta corrente alla tensione di 30 kV.

Gli aerogeneratori sono suddivisi, dal punto di vista elettrico, in quattro sottogruppi, detti sottocampi. L'energia prodotta da ciascun gruppo di aerogeneratori sarà convogliata verso la SSE. Nella SSE ci sarà una ulteriore trasformazione con innalzamento della tensione a 150 kV ed allaccio alla RTN.

3. Caratteristiche elettrodotto

Le linee MT interne al parco eolico, di connessione tra gli aerogeneratori e tra questi e la SSE, saranno realizzate con cavi direttamente interrati. La posa interrata avverrà ad una profondità di 1,2 m. L'utilizzo di cavi tipo airbag, con doppia guaina in materiali termoplastici (PE e PVC) che migliora notevolmente la resistenza meccanica allo schiacciamento rendendoli equivalenti, ai sensi della Norma CEI 11-17, a cavi armati, consente la posa interrata senza utilizzo di ulteriore protezione meccanica.

Più precisamente saranno utilizzati cavi 18/30 kV, con conduttore in alluminio, semiconduttore esterno, isolamento, altro semiconduttore esterno, materiale per la tenuta all'acqua, schermo metallico, guaina interna in polipropilene, guaina esterna in PVC (doppia guaina per posa direttamente interrata), di sezione 3x1x95 mmq, 3x1x185 mmq e

3x1x300 mmq. In fase di progetto esecutivo queste sezioni potrebbero subire qualche variazione.

Le linee saranno realizzate in modalità “entra-esci” (suddivise in quattro sottocampi), secondo lo schema a blocchi di seguito riportato. Ciascun sottocampo sarà poi collegato alla SSE di connessione.

Sottocampo 1 07→02→03→01→ SSE	Sottocampo 2 14→10→11→ SSE
Sottocampo 3 15→08→05→04→ SSE	Sottocampo 4 12→13→09→06→ SSE

Schema a blocchi Parco Eolico

Lo sviluppo lineare dei cavidotti è di 19.600 ml. Si riporta in tabella la sezione di cavi utilizzati, unitamente alla stima delle lunghezze effettuate sulla base delle misurazioni su CAD, da confermare in campo in sede di progetto esecutivo.

SOTTOCAMPO 1	Lunghezza stimata	Sezione e formazione cavi
AV07-AV02	2.540 ml	3x1x95 mmq - Al
AV02-AV03	2.140 ml	3x1x95 mmq - Al
AV03-AV01	2.320 ml	3x1x185 mmq - Al
AV01-SSE	2.540 ml	3x1x300 mmq - AL
SOTTOCAMPO 2	Lunghezza stimata	Sezione e formazione cavi
AV14-AV10	1.420 ml	3x1x95 mmq - Al
AV10-AV11	840 ml	3x1x95 mmq - Al
AV11-SSE	6.940 ml	3x1x300 mmq - AL
SOTTOCAMPO 3	Lunghezza stimata	Sezione e formazione cavi
AV15-AV08	3.500 ml	3x1x95 mmq - Al
AV08-AV05	1.600 ml	3x1x95 mmq - Al
AV05-AV04	2.080 ml	3x1x185 mmq - Al
AV04-SSE	2.130 ml	3x1x300 mmq - AL
SOTTOCAMPO 4	Lunghezza stimata	Sezione e formazione cavi
AV12-AV13	780 ml	3x1x95 mmq - Al
AV13-AV09	1.150 ml	3x1x95 mmq - Al
AV09-AV06	2.980 ml	3x1x185 mmq - Al
AV06-SSE	4.500 ml	3x1x300 mmq - AL

Lunghezza e sezione cavi MT

3.2 Dimensionamento elettrico cavidotti MT

3.2.1 Portata dei Cavi

Per la determinazione della portata del conduttore di fase del cavo interrato sarà applicato il metodo descritto dalla tabella IEC 60364-5-52. Considerazioni di carattere commerciale fanno ipotizzare l'utilizzo di non più di 3 diverse sezioni, di cavi con conduttore in alluminio ed isolante in XLPE:

S₁: 1x3x**95** mmq per tratti di cavidotto con potenza fino a 8,2 MW (1-2 aerogeneratori);

S₂: 1x3x**185** mmq per tratti di cavidotto con potenza di 12,3 MW (3 aerogeneratori);

S₃: 1x3x**300** mmq per tratti di cavidotto con potenza di 16,4 MW (4 aerogeneratori).

A partire dalla portata nominale, si calcola un fattore correttivo

$$K_{\text{tot}} = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$$

Dove:

K₁ è il fattore di correzione da applicare se la temperatura del terreno è diversa da 20°C;

K₂ è il fattore di correzione da applicare in funzione delle modalità di posa;

K₃ è il fattore di correzione per resistività del terreno diversa dal valore di riferimento di 1,5 Km/W, valido per terreni asciutti;

K₄ è il fattore di correzione profondità di posa diversa da 0,7 m.

Nel caso in esame (con riferimento alle tabelle della richiamata CEI-UNEL 35026):

K₁ = 0,95 poiché si suppone una temperatura massima del terreno pari a 25°C;

K₂ = 0,85 poiché abbiamo nelle trincee cavi al più due circuiti, con cavi direttamente interrati, distanza tra i circuiti di circa 12,5 cm;

K₃ = 1 poiché la resistività termica del terreno si suppone pari al valore nominale di 1,5 km/W;

K₄ = 0,96 poiché la profondità di posa è di 1,2 m.

Inoltre, poiché la posa è direttamente interrata anziché in tubazione si considera K_{tubazione} = 1.

In definitiva, il fattore di riduzione della portata del cavo è pari a

$$K_{tot} = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_{tubazione} = 0,77$$

Nella tabella seguente si riporta, per le differenti sezioni, la portata effettiva del cavo nelle condizioni di posa previste a progetto (I_z) e la massima corrente che attraverserà il cavo (I_b). Rammentiamo che si tratta di cavi con conduttore in alluminio e isolante in XLPE.

Sezione	Portata I_z	Corrente I_b
S ₁ : 1x3x 95 mmq	$I_{z-2} = 245 \times 0,77 = \mathbf{188,7 \text{ A}}$	$I_{b-2} = \mathbf{165,0 \text{ A}} < 188,7 \text{ A}$
S ₂ : 1x3x 185 mmq	$I_{z-3} = 353 \times 0,77 = \mathbf{271,8 \text{ A}}$	$I_{b-3} = \mathbf{247,4 \text{ A}} < 271,8 \text{ A}$
S ₃ : 1x3x 300 mmq	$I_{z-4} = 463 \times 0,77 = \mathbf{356,5 \text{ A}}$	$I_{b-4} = \mathbf{330,0 \text{ A}} < 356,5 \text{ A}$

Con

$$I_b = \frac{P_n}{\sqrt{3} \times V_n \times \cos\varphi}$$

Dove:

I_b = corrente massima che attraversa il cavo;

P_n = Potenza massima trasportata dal cavo

V_n = Tensione nominale di impianto (30 kV)

$\cos \varphi = 0,98$

Numero aerogeneratori	P_n	Corrente I_b
2	8,4 MW	$I_{b-2} = \mathbf{165,0 \text{ A}} < 295,7 \text{ A}$
3	12,6 MW	$I_{b-3} = \mathbf{247,4 \text{ A}} < 387,2 \text{ A}$
4	16,8 MW	$I_{b-4} = \mathbf{330,0 \text{ A}} < 505,4 \text{ A}$

Caduta di tensione

Di seguito riportata la formula per il calcolo della caduta di tensione percentuale:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta v \times L \times I}{V} \times 100$$

Dove:

V = tensione di linea [V]

Δv = caduta di tensione specifica, $\sqrt{3} \times (r \cos\phi + x \sin\phi)$ [V/A km]

L = lunghezza della linea [km]

I = corrente di carico [A]

r = resistenza specifica [Ω /km]

x = reattanza specifica [Ω /km]

Cos ϕ = fattore di potenza

FORMAZIONE	RESISTENZA a 20°C [W/km]	REATTANZA [W/km]	CADUTA DI TENSIONE [V/A km]
3x1x95 ARE4H5E(X)	0,411	0,134	0,74
3x1x185 ARE4H5E(X)	0,211	0,119	0,42
3x1x300 ARE4H5E(X)	0,129	0,11	0,28

Nel dettaglio risulta:

	Nodo	Lunghezza L [m]	Sezione [mm ²]	Posa in opera	Potenza P [MW]	Corrente di linea I _b [A]	Caduta di tensione ΔV_i [V]	Caduta di tensione ΔV_i %	Caduta di tensione complessiva ΔV_i %
SC1	AV07-AV02	2.540	3x1x95	direttamente interrati	4,20	82,50	148,996	0,497	0,497
	AV02-AV03	2.140	3x1x95	direttamente interrati	8,40	165,00	251,065	0,837	1,334
	AV03-AV01	2.320	3x1x185	direttamente interrati	12,60	247,50	159,932	0,533	1,867
	AV01-SSE	2.540	3x1x300	direttamente interrati	16,80	330,00	233,464	0,008	1,874
SC2	AV14-AV10	1.420	3x1x95	direttamente interrati	4,20	82,50	83,297	0,278	0,278
	AV10-AV11	840	3x1x95	direttamente interrati	8,40	165,00	98,549	0,328	0,606
	AV11-SSE	6.940	3x1x185	direttamente interrati	12,60	247,50	478,417	1,595	2,201
SC3	AV15-AV08	3.500	3x1x95	direttamente interrati	4,20	82,50	205,310	0,684	0,684
	AV08-AV05	1.600	3x1x95	direttamente interrati	8,40	165,00	187,712	0,626	1,310
	AV05-AV04	2.080	3x1x185	direttamente interrati	12,60	247,50	143,387	0,478	1,788
	AV04-SSE	2.130	3x1x300	direttamente interrati	16,80	330,00	195,779	0,007	1,795
SC4	AV12-AV13	780	3x1x95	direttamente interrati	4,20	82,50	45,755	0,153	0,153
	AV13-AV09	1.150	3x1x95	direttamente interrati	8,40	165,00	134,918	0,450	0,602
	AV09-AV06	2.980	3x1x185	direttamente interrati	12,60	247,50	205,430	0,685	1,287
	AV06-SSE	4.500	3x1x300	direttamente interrati	16,80	330,00	413,617	0,014	1,301

3.3 Perdite

3.3.1 Perdite nei conduttori MT

A partire dalla caduta di tensione potrà essere calcolata la perdita di potenza sulla rete MT, nel caso in cui il Parco eolico produca alla massima potenza (63 MW). Avremo per ciascun Sottocampo

$$\text{Perdite} = \text{C. d. T\%} \times \text{Pmax sottocampo}$$

Caduta di tensione complessiva ΔV_i %	Perdita di potenza [kW]
0,497	
1,334	
1,867	
1,874	
0,278	314,90
0,606	
2,201	
0,684	
1,310	277,31
1,788	
1,795	
0,153	
0,602	301,49
1,287	
1,301	
1,301	
Perdita Pot. TOT	218,53
	1.112,23

In pratica sulla sola rete MT abbiamo perdite, nel caso in cui gli aerogeneratori producano alla massima potenza di 1,11 MW. A queste perdite vanno aggiunte le perdite dei trasformatori MT/BT negli aerogeneratori, le perdite nel trasformatore MT/AT e le perdite sulla linea AT. Delle perdite dei trasformatori si dirà nel prossimo paragrafo, le perdite sulla linea AT (molto corta) sono di fatto trascurabili.

3.3.2 Perdite del trasformatore

Il rendimento di un trasformatore è definito come rapporto tra potenza resa e potenza assorbita. Sebbene il rendimento di un trasformatore sia sempre piuttosto elevato (generalmente non inferiore al 96%), le perdite sono essenzialmente di due tipi:

- perdite a vuoto
- perdite a carico

Le **perdite a vuoto** sono dette “perdite nel ferro”, poiché hanno sede nel nucleo ferromagnetico in cui è presente il flusso di induzione sinusoidale e sono dovute alla correnti parassite, dipendono dal quadrato della tensione e sono praticamente indipendenti dal carico. Esistono ogniqualevolta il trasformatore è alimentato.

Le **perdite a carico** (“perdite nel rame”) sono le perdite nei conduttori degli avvolgimenti, dette “perdite nel rame”. Dipendono dal quadrato della corrente che scorre nei conduttori stessi e quindi dipendono fortemente dal carico. Esistono solo se circola una corrente di carico e sono dovute principalmente alle perdite per effetto Joule nei conduttori. Ad esse si aggiungono le perdite addizionali, che sono dovute agli effetti dei flussi magnetici variabili nel tempo che investono i conduttori e le altre parti metalliche dei trasformatori.

Le perdite a vuoto a tensione nominale P_{Fe} e le perdite a carico a corrente nominale P_{cc} sono stabilite nel progetto del trasformatore e sono pertanto fornite dal costruttore.

Dal momento che le P_{cc} dipendono dalle caratteristiche dei trasformatori installati che al momento non sono a disposizione ci limitiamo a dire che esse vengono calcolate con la formula

$$P_{Cu} = P_{cc} (I / I_n)^2$$

Dove:

P_{Cu} è la perdita a carico quando il trasformatore è percorso dalla corrente I

P_{cc} è la perdita a carico quando il trasformatore è percorso dalla corrente nominale I_n , ed è un dato di targa del trasformatore.

Con semplici passaggi matematici la formula può anche essere scritta nella forma:

$$P_{Cu} = P_{cc} (S / S_n)^2$$

Dove

S è la potenza generata (sul secondario) dal trasformatore percorso dalla corrente I,

S_n è la potenza di targa del trasformatore.

Pertanto non avendo a disposizione il valore di P_{cc}, come detto, fornito dal costruttore, ci limitiamo a dire che le perdite sono comunque inferiori all'1% sia per i trasformatori MT/BT negli aerogeneratori sia per il trasformatore MT/AT in SSE.

E' evidente pertanto che il parco eolico in progetto pur avendo una potenza installata di 63 MW potrà fornire nel punto di consegna alla RTN una potenza sicuramente non superiore a 62 MW.

4 Dimensionamento preliminare impianto di illuminazione perimetrale SSE

La Sottostazione Elettrica, sarà dotata di un impianto di illuminazione perimetrale costituito da:

- Tipo lampada: Proiettori LED, P_n = 250W
- Tipo armatura: proiettore direzionabile
- Numero lampade: 18;
- Numero palificazioni: 9;
- Funzione: illuminazione interno impianto notturna e anti-intrusione;
- Distanza tra i pali: circa 20 m.

Il suo funzionamento sarà **esclusivamente legato alla sicurezza dell'impianto**. Ciò significa che qualora dovesse verificarsi una intrusione durante le ore notturne, il campo verrà automaticamente illuminato a giorno dai proiettori a led, installati sugli stessi pali montanti le telecamere dell'impianto di videosorveglianza. Quindi sarà a funzionamento discontinuo ed eccezionale. Inoltre la direzione di proiezione del raggio luminoso, sarà verso il basso, senza quindi oltrepassare la linea dell'orizzonte o proiettare la luce verso l'altro.

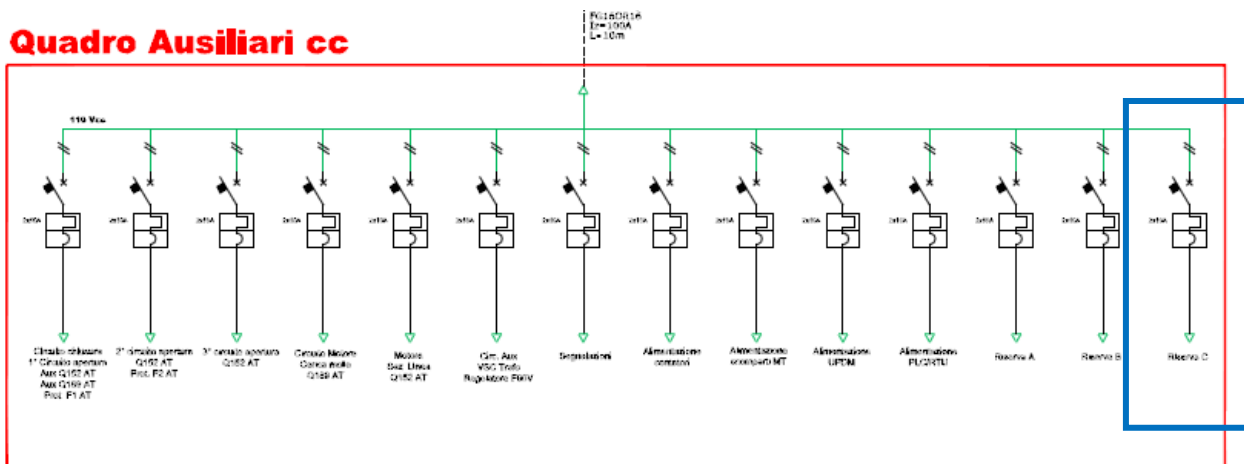
Da quanto appena esposto si può evincere che detto impianto di illuminazione è conforme a quanto riportato all'art.6 della L.R. N.15/05 "Misure urgenti per il contenimento dell'inquinamento luminoso e per il risparmio energetico", ed in particolare al comma 1, lettere a), b), e) ed f).

Come detto, l'Impianto sarà costituito da proiettori a Led montati su pali zincati di altezza pari a 5,50 m. I proiettori faranno parte di un circuito costituito da:

- 1 linea elettrica trifase a 400 V. La linea alimenterà i 6 proiettori;
- 1 interruttore magnetotermico alloggiato nel Quadro Generale dei Servizi Ausiliari a sua volta posizionato all'interno del vano Quadri MT dell'Edificio Servizi (v. elaborato *PFQVYO5_ElaboratoGrafico_4_16*).

La **linea** sarà costituita da cavi del tipo *FG16OR16* da 4 mm².

Quadro Ausiliari cc



Utilizzando la formula vista anche in precedenza per il dimensionamento delle linee MT, avremo per ogni proiettore luminoso da 250 W, una corrente necessaria pari a:

$$I_{b_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi} = \frac{250.}{0,92 * \sqrt{3} * 400} = \mathbf{0,4 \text{ A}}$$

Il conduttore scelto da 4 mm² ha una portata nominale (per cavo interrato in tubo) pari a:

32 A. Quindi un tale conduttore è ben in grado di addurre la corrente necessaria ai proiettori per ciascuna delle 4 linee di alimentazione (v. schema sotto riportato).

4 conduttori con giallo/verde / 4 cores with yellow/green - tab. CEI-UNEL 35318												
1,5	1,5	0,7	13,4	200	13,3	23	19,5	20	19	30	26	121
2,5	2,0	0,7	16,6	260	17,8	32	26,0	26	25	40	36	131
4,0	2,5	0,7	16,0	330	4,95	42	35,0	33	32	51	45	144
6,0	3,0	0,7	17,5	430	8,30	54	44,0	43	41	66	56	167
10,0	3,9	0,7	19,8	640	1,91	75	60,0	59	55	88	78	178
16,0	5,0	0,7	22,4	900	1,21	100	80,0	76	72	114	101	202
25,0	6,4	0,9	26,8	1300	0,780	127	105,0	100	93	148	130	241
35+1G25	7,7	0,9	29,2	1650	0,554	158	128,0	122	114	178	157	263
50+1G25	9,2	1,0	32,4	2200	0,386	192	154,0	152	141	211	185	292
70+1G35	11,0	1,1	37,0	3000	0,272	246	194,0	189	174	259	227	333
95+1G50	12,5	1,1	42,0	3900	0,206	298	233,0	226	206	311	274	378
120+1G70	14,2	1,2	46,9	4700	0,161	346	268,0	260	238	355	311	422

5 Dimensionamento preliminare dell’Impianto Videosorveglianza ed antintrusione

L’accesso all’area recintata sarà sorvegliato automaticamente da un sistema di Sistema integrato Anti-intrusione composto da:

- N. 6 telecamere TVCC tipo fisso Day-Night, per visione diurna e notturna, con illuminatore a IR, ogni 20 m circa.

Queste saranno installate su pali in acciaio zincato di altezza pari a m 5,50 ed ancorati su opportuno pozzetto di fondazione porta palo e cavi;

- cavo *alfa* con anime magnetiche, collegato a sensori microfonici, aggraffato alle recinzioni a media altezza, e collegato alla centralina d’allarme in cabina;
- barriere a microonde sistemate in prossimità della muratura di cabina e del cancello di ingresso;
- N.1 badge di sicurezza a tastierino, per accesso alla cabina;
- N.1 centralina di sicurezza integrata installata in cabina.

I sistemi appena elencati funzioneranno in modo integrato.

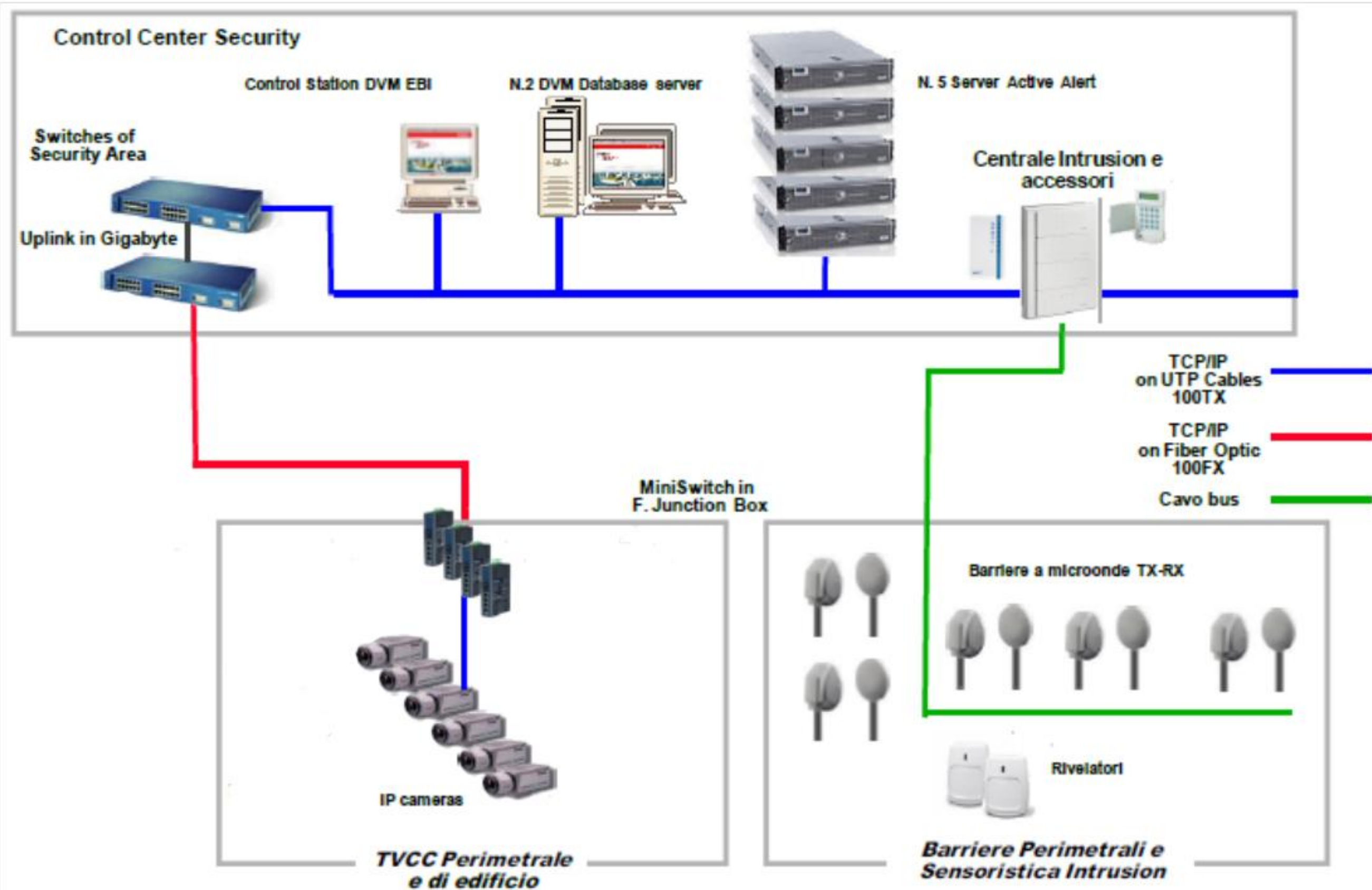
Il cavo *alfa* sarà in grado di rilevare le vibrazioni trasmesse alla recinzione esterna in caso di tentativo di scavalco o danneggiamento.

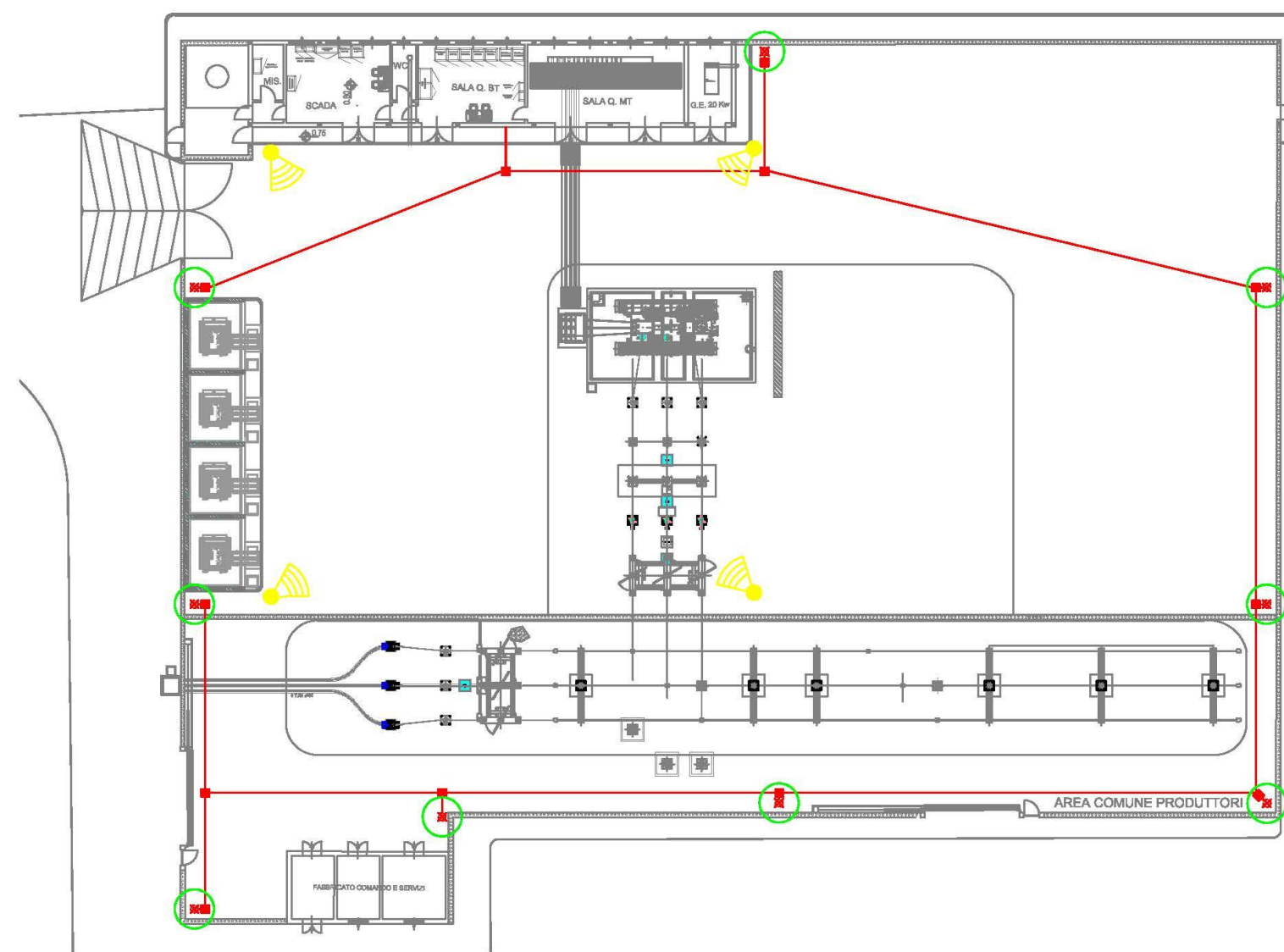
Le barriere a microonde rileveranno l’accesso in caso di scavalco o effrazione nelle aree del cancello e/o della cabina. Le telecamere saranno in grado di registrare oggetti in movimento all’interno del campo, anche di notte; la centralina manterrà in memoria le registrazioni.

I badges impediranno l’accesso alla cabina elettrica e alla centralina di controllo ai non autorizzati.

Al rilevamento di un’intrusione, da parte di qualsiasi sensore in campo, la centralina di controllo, alla quale saranno collegati tutti i sopradetti sistemi, invierà una chiamata alla più vicina stazione di polizia e al responsabile di impianto tramite un combinatore telefonico automatico e trasmissione via antenna *gsm*.

Parimenti, se l’intrusione dovesse verificarsi di notte, il campo verrà automaticamente illuminato a giorno dai proiettori.





LEGENDA

— Cavidotto interrato Ø63 con cavo elettrico 2x4 mmq
e derivazioni 2x2,5 mmq
Cavo segnale schermato per videocamere



Barriere a microonde

PALO DI ILLUMINAZIONE PERIMETRALE SSE
CON n. 2 PROIETTORI LED DA 250 W
E n. 1 TELECAMERA TVCC TIPO FISSO

