

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO IDROELETTRICO AD ACQUA FLUENTE PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DAL FIUME SIEVE DENOMINATO "SAN FRANCESCO"

PROGETTO ESECUTIVO - AUTORIZZAZIONE UNICA

TAVOLA

P.01

**P - VALUTAZIONE DELL'IMPATTO MAGNETICO RIFERITO
ALL'IMPIANTO DENOMINATO SAN FRANCESCO**

Relazione VIA campo magnetico

COMMITTENTE:

RE Partner srl
P.IVA 01971820467
Sede Legale: Viale Giusti n.133, Lucca (LU)
Sede Operativa: Via Pisana n.314/B, Scandicci (FI)

PROGETTAZIONE GENERALE - ARCHITETTONICA - IDRAULICA - PAESAGGISTICA



HydroGeo Ingegneria s.r.l.

Via Cardinal Latino, 20 - 50126 Firenze
Tel 055 6587050 - Fax 055 0676043
e-mail info@studiohydrogeo.it



DIRETTORE TECNICO:

ING. TIZIANO STAIANO

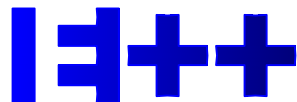
PROGETTISTI:

ING. TIZIANO STAIANO

ING. GIACOMO GAZZINI

ARCH. MARIA CHIARA LUPI

OPERE MECCANICHE E ELETTRICHE



E++ Srl - Via Ceirano 9, 12100 Cuneo (CN)
Ph. +39 0171 413963 - Fax +39 0171 414981
www.eplusplus.net - info@eplusplus.net

ELETTRODOTTI



TECNOENGINEERING S.r.l.

Società di Ingegneria SERVIZI E PRESTAZIONI TECNICHE

Sede Legale e Operativa:
Via Arrigo da Settignano, 22 - 50135 FIRENZE - Tel. 055/600495-606269
Fax 055/619535 - e-mail: studio@tecnoengineering.com
Sito Internet: <http://www.tecnoengineering.com> - P. IVA 04499500488



Azienda certificata
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO CSQ N° 9175 TE 16

Sede Operativa di Arezzo:
Via Fiorentina, 63 - 52014 Poppi (AR) - Tel. 0575/536369
Fax. 0575/500804 - e-mail: studiodelue@tecnoengineering.com

OPERE STRUTTURALI



POLISTUDI
PROFESSIONALITÀ INTEGRATA

Studio di Ingegneria Ing. Massimiliano Del Bino
Via di Sottopoggio, n° 12/A - 55012 Guamo - Capannori (LU)
Tel./Fax: 0583-947513, Cell.: 348-7307847

ASPETTI GEOLOGICI



GHEA

Lungarno Guido Reni, 55
52027 - San Giovanni Valdarno (AR)
Tel 055 9155832

VALUTAZIONE IMPATTO CAMPI MAGNETICI



G-iron s.r.l.
via G. Puccini, 122
52100 Arezzo
tel. +39-0575-381893/380463
info@g-iron.it
www.g-iron.it

17-020 - REV 00

REV.

DATA EMISSIONE

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

A

Marzo 2017

C.Riminesi

T.Staiano

A.Tonelli

S.Paperini

Valutazione di Impatto Ambientale ai fini del campo magnetico per l'impianto idroelettrico ad acqua fluente sul fiume Sieve denominato *S. Francesco*

Sommario

1. Premessa	2
2. Valutazione delle sorgenti presenti all'interno nell'impianto di produzione.....	4
Descrizione del processo di valutazione adottato.....	4
Descrizione dei risultati	6
3. Valutazione dell'impatto magnetico della linea MT in cavo interrato dalla stazione di produzione alla cabina di scambio ENEL	9
4. Valutazione dell'impatto magnetico della cabina di scambio ENEL e della linea interrata MT al punto di allaccio ENEL.....	11
5. Identificazione dei punti di monitoraggio	14
6. Conclusioni	14
7. Riferimenti normativi	15

1. Premessa

L'obiettivo della presente relazione è relativo alla Valutazione dell'Impatto Ambientale (VIA) per i campi magnetici prodotti dall'impianto idroelettrico ad acqua fluente sul fiume Sieve, denominato S. Francesco, meglio specificato come segue:

indirizzo:	Via Forlivese, snc - Pelago
località:	Pelago 50060 (FI)

e, di quanto ad esso correlato e più specificatamente descritto:

1. L'impianto di produzione di energia elettrica in prossimità della briglia provvisto di generatore, trasformatore elevatore 400V/15kV da 630 kVA, quadri di bt "QBT" e MT "QMT2", e quadro di rifasamento con relative linee di connessione "QRIF";
2. La linea (utente) a 15kV interrata in cavo RG7H1R sezione 3x1x50 mm² (portata In=166 A), posata a 1 m di profondità dal piano di campagna dal QMT2 alla cabina di consegna ENEL;
3. Il vano utente della cabina di consegna ENEL a basso fusto (all'interno del quale ci sono 3 vani: vano ENEL, Utente ed letturista) dove arriva il cavo a 15kV che si attesta sul quadro di MT siglato "QMT1"; dal suddetto quadro con cavo MT 3x1x95 mmq (di lunghezza circa 5 e portata In=241 A) al vano ENEL;
4. La linea entra-esce interrata in Alluminio (2 linee 3x1x185 mmq, In=324 A) fino al punto di consegna.

Individuate le sorgenti del campo magnetico l'attività è mirata a valutare l'eventuale esposizione della popolazione ai campi magnetici distinguendo la presenza di *luoghi tutelati* (Legge 36/2001 art. 4 c.1, lettera h)¹. La valutazione consiste nel definire le Distanze di Prima Approssimazione² (DPA) dalle sorgenti individuate secondo quanto prescritto dal DM 29/05/08 [2] e dal documento redatto da ENEL [4] (Linea Guida per l'applicazione del §5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 "Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche"). Tali leggi, normative e linee guida fanno riferimento all'applicazione del DPCM 8 Luglio 2003 [1] sulla protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici a frequenza industriale (50Hz). Per l'impianto di produzione è stata eseguita una valutazione specifica dell'emissione dei campi magnetici mirata a tutelare l'esposizione della popolazione e per completezza a valutare le prescrizioni indicate dal DLgs 81/2008 [6], e dalle successive modifiche e integrazioni, in merito alla valutazione dell'esposizione dei lavoratori professionalmente esposti ai campi elettromagnetici,

¹ Luoghi tutelati: aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.

² Distanza di Prima Approssimazione (DPA): per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

elettrici e magnetici da 0 Hz a 300GHz. A questa normativa verrà fatto riferimento solo per i locali tecnici il cui accesso è di pertinenza agli addetti ai lavori per la manutenzione degli impianti (pertanto rientranti nella categoria dei lavoratori professionalmente esposti).

La relazione sarà completata là dove necessario da planimetrie complete di grafici per l'utile interpretazione dell'esposizione.

In ultimo, ma di non minore rilievo, sono state date delle indicazioni rispetto ai punti più rappresentativi per un eventuale monitoraggio dell'impatto dell'opera dal punto di vista di emissione dei campi magnetici. Tali punti potranno essere presi come riferimento per la realizzazione di misurazioni con strumentazione idonea alla rilevazione dei valori di induzione magnetica a 50 Hz ante-operam e post-operam, al fine di definire l'effettivo contributo al campo magnetico introdotto dalla nuova installazione.

2. Valutazione delle sorgenti presenti all'interno nell'impianto di produzione

L'impianto *S. Francesco* sarà realizzato sul fiume Sieve in corrispondenza di una briglia esistente o parzialmente esistente, è un impianto di tipologia puntuale, con presa e rilascio non fisicamente distinto.

Le caratteristiche tecniche dell'impianto sono definite dai parametri riportati nella tabella che segue:

Denominazione impianto	S. Francesco
Potenza massima	380,75 kW
Produzione annuale teorica	1.338.000 kWh/anno
Potenza media derivata	6665 l/sec.
Potenza nominale	245 kW

Per la generazione dell'energia è prevista l'installazione di n° 2 turbine sommergibili tipo Kaplan, inserite direttamente nel corpo di briglia, con immediata restituzione idrica in corrispondenza del piede della briglia stessa. Le 2 turbine saranno di diversa potenza allo scopo di modulare il funzionamento dell'impianto in relazione alla portata disponibile in alveo: portata complessiva $Q_p=15$ mc/s, ripartita su 1 turbina più grande (DN1900) in grado di turbinare fino a $Q_1=7-10$ mc/s ed una piccola (DN1200) dimensionata per portate $Q_2=3-5$ mc/s. La più grande entrerà in funzione solo nei periodi in cui la portata in alveo sarà $Q>4$ mc/s.

Il generatore è tipo stagno e può, pertanto, essere anch'esso completamente sommerso.

I locali di produzione saranno inseriti nel nuovo corpo di briglia, insieme al trasformatore elevatore. Il locale tecnico sarà provvisto di trasformatore elevatore 400V/15kV da 630 kVA, quadri di bt "QBT" e MT "QMT2", e quadro di rifasamento con relative linee di connessione "QRIF".

Descrizione del processo di valutazione adottato

Per la valutazione dell'impatto elettromagnetico all'interno del locale tecnico descritto è stato utilizzato il software EFC400, prodotto da Narda STS e certificato con margine di errore $\pm 1,4\%$ (vedi certificato allegato). Il software consente di calcolare i livelli di induzione magnetica generata da più sorgenti contemporaneamente considerando la sovrapposizione degli effetti dovuti al contributo di ciascuna sorgente di campo magnetico modellata attraverso segmenti di conduttore rettilinei ai quali viene applicata iterativamente la legge di Biot-Savart. Una libreria consente di scegliere ed implementare diverse tipologie

di cavi, sia per la media che per la bassa tensione, concorrendo così ad incrementare l'eshaustività, l'accuratezza del calcolo e l'oggettività dei risultati ottenuti (si riesce a rappresentare fedelmente lo scenario reale). La presenza della struttura in calcestruzzo circostante è considerata mediante l'impiego di coefficienti semi-empirici determinati da esperienze pregresse e archiviati in una libreria custom.

Per l'effettuazione del calcolo è stato implementato direttamente nel software il layout architettonico completo dell'impianto elettrico mediante un CAD dedicato che importa direttamente il file ".dwg" fornito dal committente. Nella Figura 1 è rappresentato il layout elettrico "progettato" per la simulazione con EFC400. Sono state rispettate le quote architettoniche e dimensionali dei componenti.

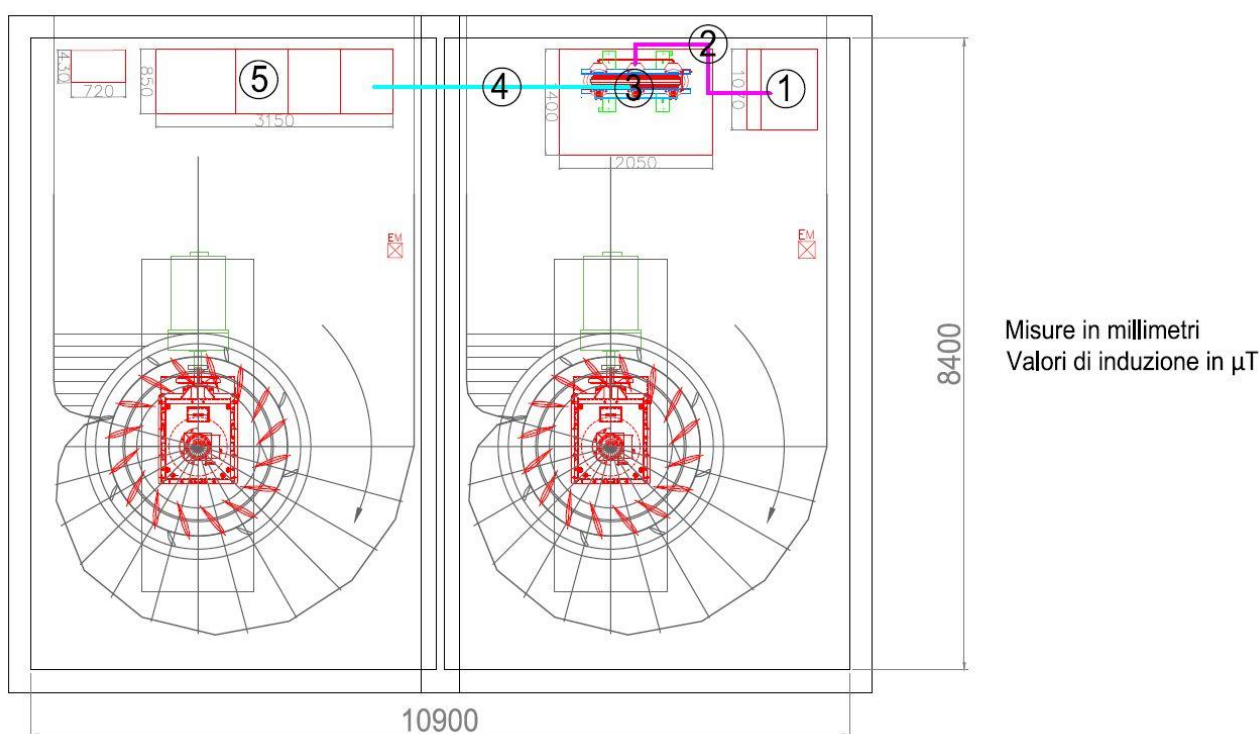


Figura 1. Layout elettrico ed architettonico del locale tecnico della cabina elevatrice bt/MT

Con riferimento ai dati resi disponibili dal committente si definiscono le seguenti sorgenti di induzione magnetica all'interno del locale di produzione dell'energia elettrica, indicandone le condizioni operative:

- Quadro di MT QMT (non anello; no entra esci);
- Cablaggi QMT/TR a pavimento;
- Trasformatore elevatore in resina TR, P=630 kVA, In=909 A;
- Cablaggio trasformatore/QBT su canale aerea (H=2,5 m) e discendenti a pavimento (I=909 A);
- QBT quadro di bt In=909 A;

Descrizione dei risultati

Per l'intero locale tecnico destinato alla produzione e trasformazione è stata determinata la distribuzione dell'induzione magnetica al fine della valutazione l'esposizione del personale professionalmente esposto, in ottemperanza al DLgs 81/2008 e per la popolazione (DPCM 08/07/2003) per la definizione di eventuali misure di mitigazione (limitazione degli accessi o schermatura).

Nelle rappresentazioni dei risultati è stata data particolare enfasi al valore $B=3 \mu T$, obiettivo di qualità prescritto dal DPCM 08/07/2003.

I risultati sono rappresentati alla quota $H_0=1,50$ m rispetto al piano di calpestio del locale di produzione nella forma di curve di livello (Figura 2) tale risultato è ritenuto rilevante per la valutazione dell'esposizione del personale professionalmente esposto

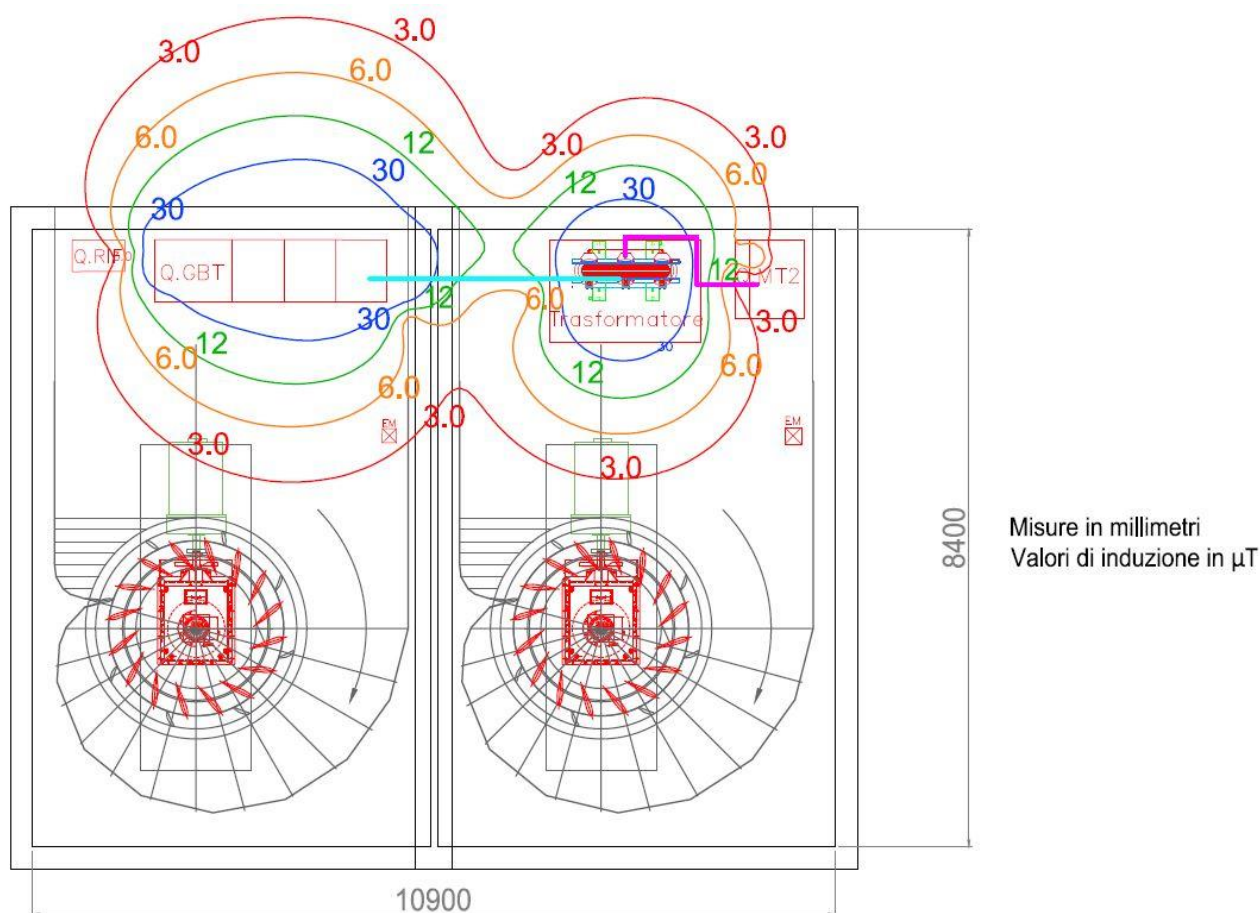


Figura 2. Curve di livello $H_0=1,50$ m, rispetto al piano di calpestio del locale di produzione



The diagram illustrates a technical layout of a transformer assembly with two main components shown from a top-down perspective. The overall dimensions are 10900 mm horizontally and 8400 mm vertically.

- Top Section:** Contains several labeled boxes: "Q.RIF", "Q.GBT", "6.0", "Trasformatore", and "C.MT2". A red circle highlights specific areas with dimension lines indicating a distance of 3.0 mm between various points. A blue line connects the "6.0" label to the "Trasformatore" box.
- Magnetic Induction Measurements:** Red arrows radiate from the central transformer area, representing the direction and distribution of magnetic induction. The values of these inductions are specified as 3.0 μT at multiple locations.
- Dimensions:** The horizontal dimension is 10900 mm, and the vertical dimension is 8400 mm.

Misure in millimetri
Valori di induzione in μT

G-iron Srl
Via G. Puccini, 122
52100 Arezzo (IT)
T. +39 0575 381893 - 380463
F. +39 0575 984593
P. IVA 02122280510
Cap. Soc. € 20.000,00 i.v.
info@g-iron.it www.g-iron.it

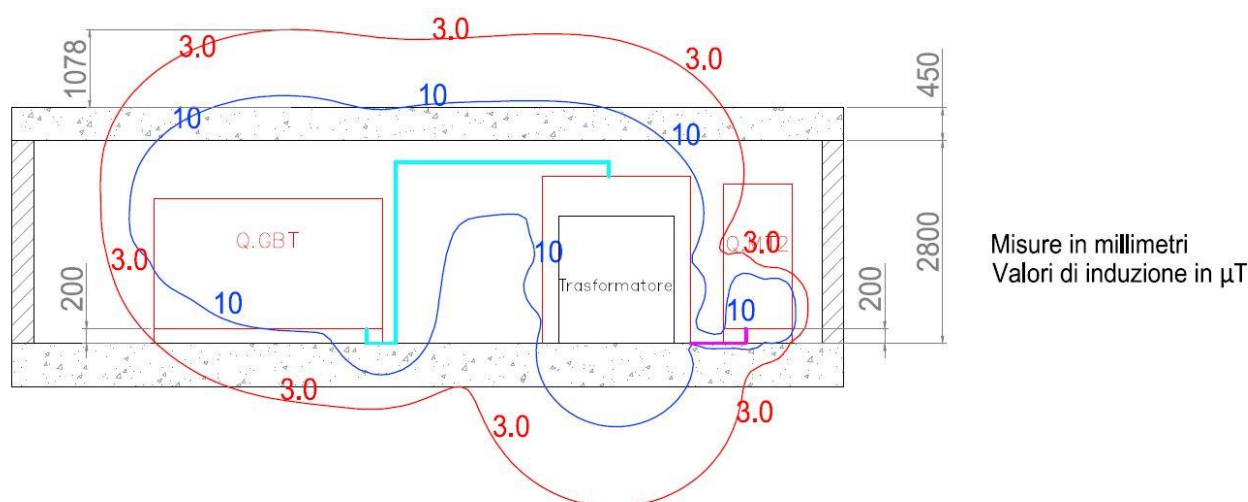


Figura 4. Rappresentazione della distribuzione dell'induzione magnetica in curve di livello sulla sezione verticale in corrispondenza dell'asse di simmetria del trasformatore TR (le dimensioni sono in mm).

La distribuzione dell'induzione magnetica, all'interno del locale di produzione dell'energia e all'esterno di questo, è stata presentata con curve di livello. I valori di induzione magnetica sopra la copertura sono inferiori a 10 μT già a circa 50 cm sopra il piano di calpestio della copertura stessa, mentre le curve di livello a 3 μT si estendono fino a circa 1.0 m di altezza (sempre rispetto al piano di calpestio della copertura). Opportune misure per limitare la permanenza oltre le 4 ore giornaliere della popolazione ($B=3 \mu\text{T}$, obiettivo di qualità prescritto dal DPCM 08/07/2003 per l'esposizione della popolazione) dovranno essere previste dal committente (quali limitazione dell'accesso o riduzione mediante schermatura).

La forma delle curve di livello non risulta influenzata in modo significativo dai cablaggi di bassa tensione posati rispetto al piano di calpestio della copertura del locale tecnico tra il generatore e il trasformatore. I campi in prossimità del generatore seppure intensi decadono rapidamente con la distanza (in ragione inversa delle potenze della distanza) pertanto non contribuiscono a quanto precedentemente evidenziato.

3. Valutazione dell'impatto magnetico della linea MT in cavo interrato dalla stazione di produzione alla cabina di scambio ENEL

La linea di collegamento fra il comparto di produzione (posto in corrispondenza della briglia) e la cabina elettrica ENEL sarà completamente interrato. La linea (utente) a 15kV è interrata ad una profondità d dal piano di campagna (vedi Figura 5). Il collegamento realizzato con cavo RG7H1R sezione $3 \times 1 \times 50 \text{ mm}^2$ a trifoglio corrente nominale $I_n = 166 \text{ A}$. La distanza d di posa è riferita alla distanza tra il piano di campagna e il diametro esterno della linea (dal corrugato).

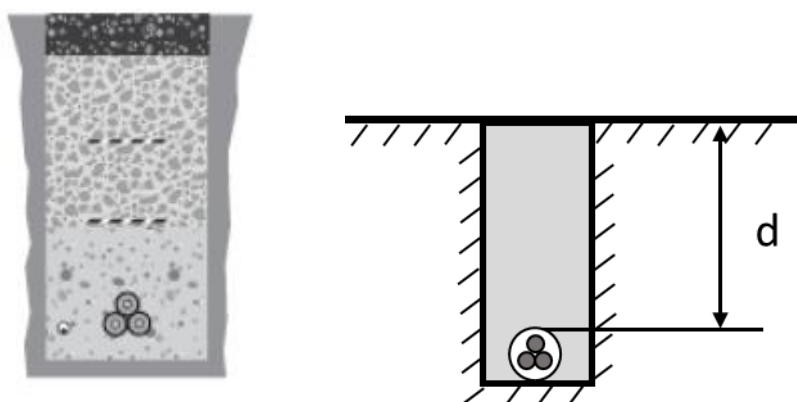


Figura 5. Rappresentazione indicativa della posa della linea MT a 15 kV (RG7H1R sezione $3 \times 1 \times 50 \text{ mm}^2$). Per ciascun conduttore sez. nominale 50 mm^2 , diam. esterno massimo 29 mm

In riferimento alla linea indicata, ENEL stima nelle proprie linee guida (vedi [4]) la DPA a $3 \mu\text{T}$ da linee e cabine elettriche, calcolate in conformità alla linea CEI 211-4, per le tipologie standard di linee e cabine elettriche AT ed MT di proprietà Enel Distribuzione S.p.A.

La DPA è stata comunque valutata con il software EFC400, il modello tri-dimensionale utilizzato fa riferimento alla normativa tecnica CEI 211-4 ed alla portata in corrente in servizio normale della linea ($I_n = 166 \text{ A}$), come definito dalla normativa. La condizione analizzata è nell'ipotesi peggiorativa in cui su tutte e 3 le fasi si verifichi un assorbimento di corrente pari alla I_n .

La DPA stimata è pari a 65 cm che è inferiore alle distanze di sicurezza prescritte per la costruzione di edifici in prossimità di linee elettriche (DM 449 del 21 Marzo 1988). In Figura 6 sono riportate le linee di livello, quella relativa a $3 \mu\text{T}$ che definisce la DPA a 0.65 m. È importante tenere presente che il campo magnetico associato ad una linea interrata, a parità di corrente rispetto ad una linea aerea subisce un rinforzo in corrispondenza dell'asse di simmetria verticale della linea di un fattore 2, mentre subisce un'attenuazione rispetto all'asse di simmetria orizzontale di un fattore 2.5 (vedi pag. 25-26 di [6]). Pertanto

si stabilisce cautelativamente una **DPA = 1.3 m**. Si conclude che la distanza **d** di posa del cavo debba essere **non inferiore alla DPA di 1.3 m**. Qualora necessario la riduzione della profondità di posa potrà essere ridotta con l'adozione di idonee schermature.

Simulazione cavo interrato a trifoglio

sez. 50 mmq - D esterno=29 mm - I=166 A

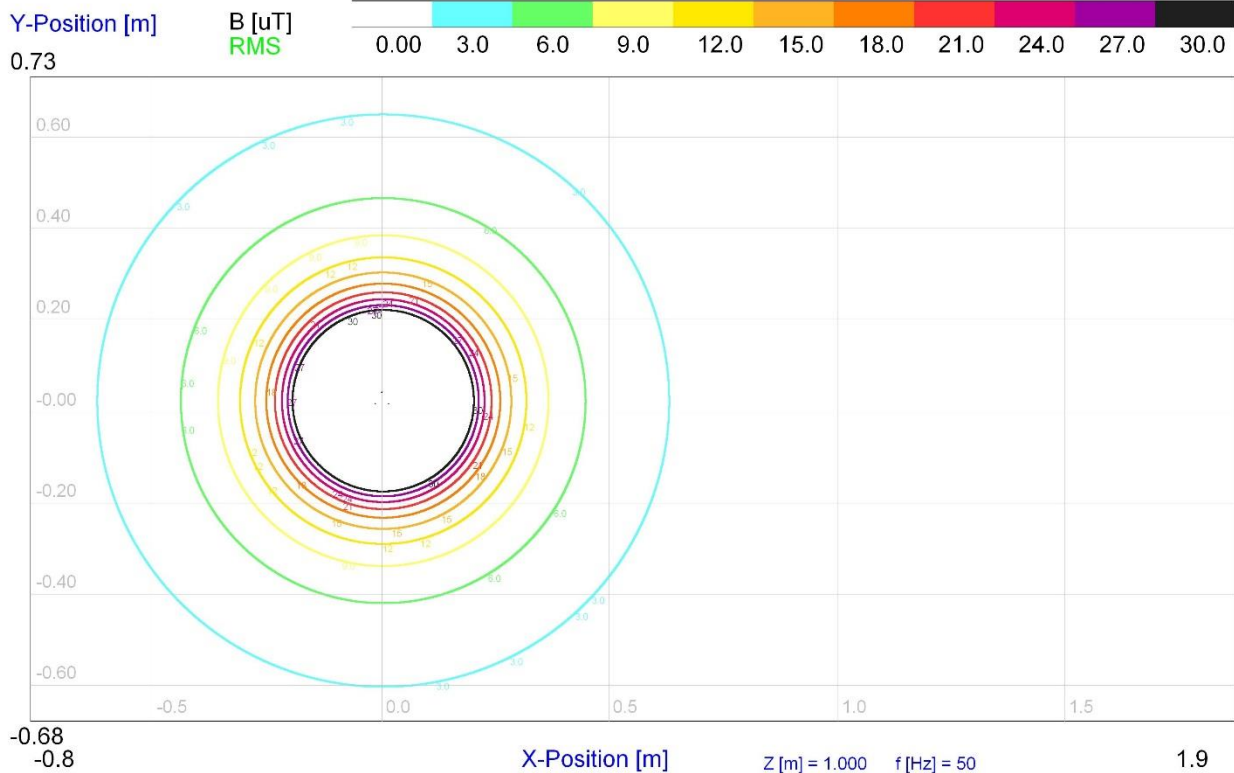


Figura 6. Rappresentazione della distribuzione dell'induzione magnetica in curve di livello per la linea interrata a 15 kV (utente)

4. Valutazione dell'impatto magnetico della cabina di scambio ENEL e della linea interrata MT al punto di allaccio ENEL

In riferimento all'impatto del campo magnetico relativo alla cabina di scambio ENEL e all'allaccio alla rete elettrica ENEL viene fatto riferimento a quanto prescritto da ENEL nelle proprie linee guida (vedi [4]) sulla DPA a 3 μ T da linee e cabine elettriche, calcolate in conformità alla linea CEI 211-4, per le tipologie standard di linee e cabine elettriche AT ed MT di proprietà Enel Distribuzione S.p.A.

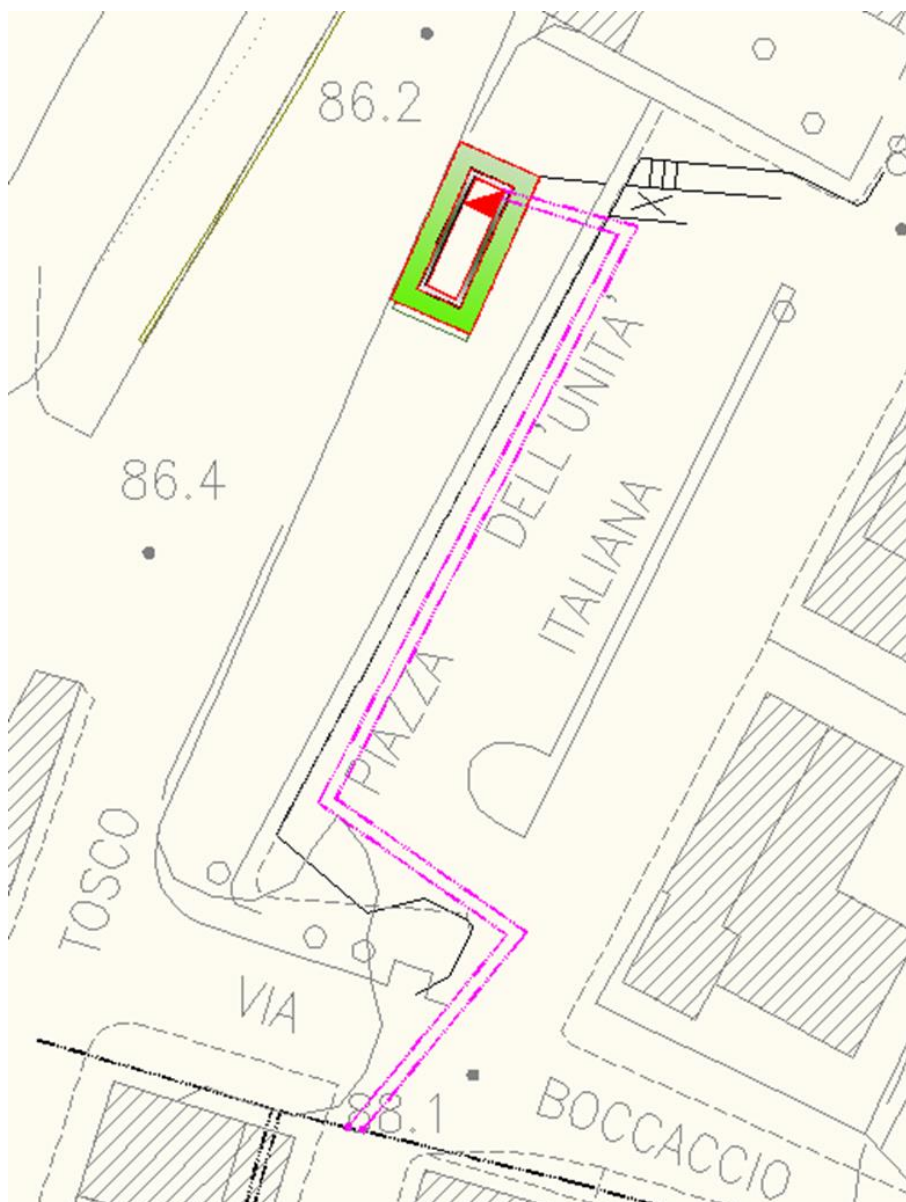


Figura 7. Rappresentazione del tracciato della linea entra-esce e della cabina di scambio ENEL

All'interno della cabina di consegna MT ENEL ci sono 3 vani (vano ENEL, vano Utente e vano per il letturista). Il cavo della linea interrata a 15kV (utente) si attesta sul quadro di MT siglato nello schema unifilare con "QMT1"; poi, tramite un tratto di cavo MT 3x1x95 mm² (di circa 5 m di lunghezza) con In=241 A si arriva al vano ENEL (dove ENEL avrà i propri quadri MT e dove **non sarà presente alcun trasformatore**).

Per la definizione della DPA, ENEL stabilisce che “Per Cabine Secondarie di sola consegna MT la DPA da considerare è quella della linea MT entrante/uscente” [4] (pag.11). In queste condizioni operative la DPA è calcolata in base alla seguente relazione:

$$DPA = 0,40942 \cdot x^{0,5241} \cdot \sqrt{I_n} \quad (1)$$

dove x è il diametro del cavo (conduttore + isolante); e la $I_n=324$ A pertanto la **DPA** è pari a **1,45 m**.

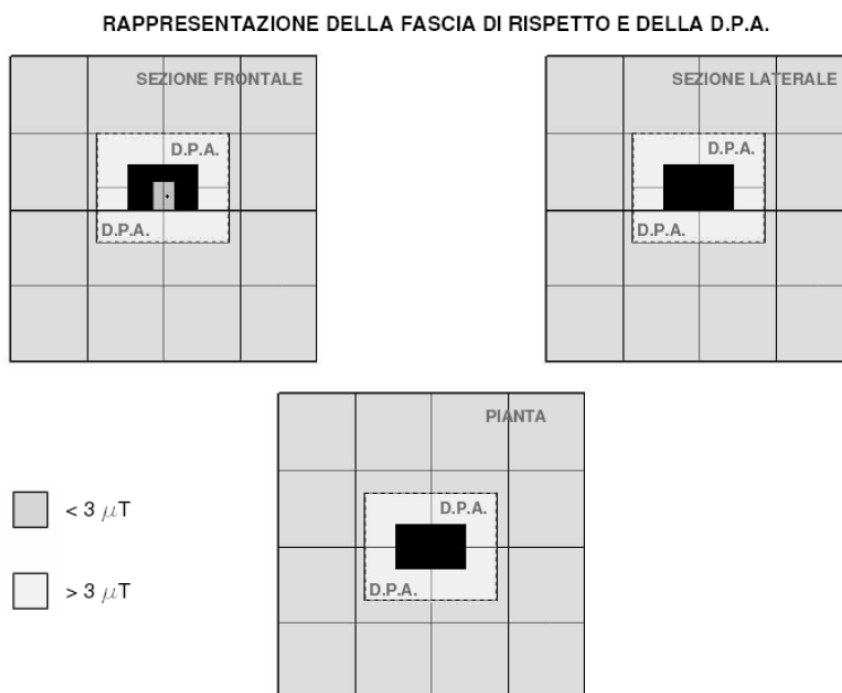


Figura 8. Schema di definizione DPA

La linea MT entra-esce di allaccio al nodo ENEL è una linea interrata in Alluminio $3 \times 1 \times 185 \text{ mm}^2$ (con $I_n=324 \text{ A}$) la cui posa è descritta in Figura 9. La differenza della corrente tra la corrente entrante e uscente non potrà essere superiore a quella effettivamente prodotta, il calcolo in base alla relazione (1) è stato ripetuto per una corrente nominale $I_n=241 \text{ A}$, in queste condizioni la DPA è pari a 1.30 m, poiché i cavi della

linea entra-esci I hanno una portata nominale $I_n=324$, in base sempre alla relazione (1), la posa dovrà essere tale che la distanza d di Figura 9 sia maggiore della DPA calcolata per questa corrente ($d > 1.50$ m).

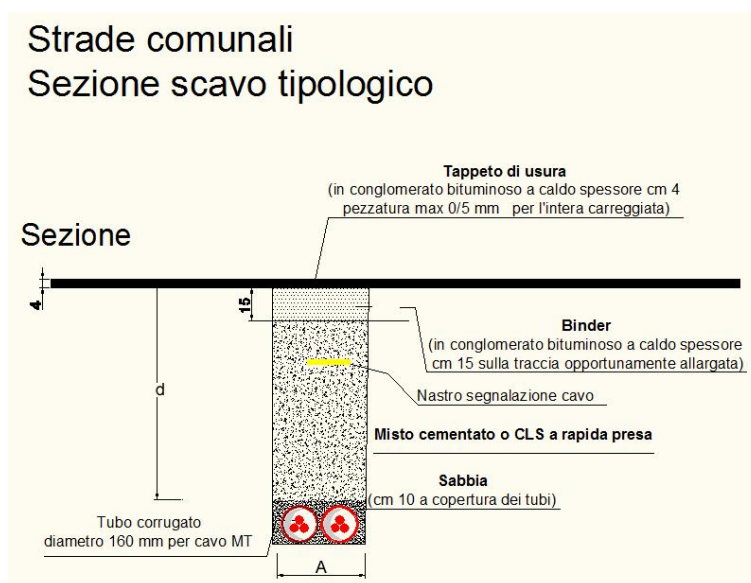


Figura 9. Rappresentazione della linea 15 kV entra-esci, dalla cabina di scambio ENEL al nodo di consegna ENEL

5. Identificazione dei punti di monitoraggio

I punti individuati per il monitoraggio dell'induzione magnetica, ovvero per le rilevazioni del campo magnetico **ante-operam** e **post-operam** sono:

- In corrispondenza del locale tecnico di produzione dell'energia elettrica ad una quota, rispetto al piano di calpestio della copertura dello stesso, di 50 cm e 1 m. Tali rilevazione dovranno essere eseguite in asse con il trasformatore TR, identificato come la maggiore sorgente di campo magnetico presente in questo particolare contesto;
- In corrispondenza della linea interrata a 15 kV (utente) in un qualsiasi punto nel tratto interrato di linea interrato, purché si scelga lo stesso preciso punto per le due fasi di rilevazione del campo magnetico (ante-operam e post-operam). Le quote alle quali si suggerisce vengano effettuate le misurazioni sono a circa 1 m, 1.50 m e 1.80 m (relative alle parti del corpo umano ritenute sensibili).

Per quanto concerne le zone limitrofe alla cabina di scambio ENEL e alla linea (entra-esci) per allacciamento ENEL non si ritiene necessario procedere ad alcuna verifica in quanto il rispetto delle DPA, previsto da ENEL nelle proprie linee guida (vedi [4]) è sufficientemente cautelativo ai fini dell'esposizione dei campi magnetici per la popolazione (ai sensi del DPCM 08/07/2003).

6. Conclusioni

Per quanto concerne l'impianto di produzione idroelettrico ad acqua fluente sul fiume Sieve denominato S. Francesco la valutazione è stata condotta suddividendo l'impianto in:

- Locale tecnico di produzione dell'energia, per il quale le conclusioni e il commento ai risultati sono sintetizzati dalla Figura 4, dalla quale si evince che i valori di induzione magnetica sopra la copertura sono inferiori a 10 μ T già a circa 50 cm sopra il piano di calpestio della copertura stessa, mentre le curve di livello a 3 μ T si estendono fino a circa 1.0 m di altezza (sempre rispetto al piano di calpestio della copertura);
- La linea MT interrata a 15 kV (utente) per la quale è stata calcolata una **DPA di 1.30 m**, di conseguenza la profondità di posa **d** non potrà essere inferiore alla DPA al fine di garantire il rispetto della normativa in merito alla protezione della popolazione (DPCM 08/07/2003), anche nei confronti dell'obiettivo di qualità di 3 μ T. La riduzione della profondità di posa può essere ottenuta con idoneo sistema schermante;
- La cabina di scambio ENEL e la linea entra-esci ENEL, per le quali è stata stabilita rispettivamente una **DPA = 1.45 m** per la cabina (vedi Figura 8) e una **DPA = 1.30 m** per la linea entra-esci ENEL rispetto al piano di calpestio (distanza d della Figura 9).

7. Riferimenti normativi

- [1] DPCM 8 Luglio 2003, Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti
- [2] DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti.
- [3] DM 21 Marzo 1988, n 449 Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne e s.m.i.
- [4] ENEL – Linea guida per l'applicazione del §5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche
- [5] DLgs n.81/2008 del 9/04/2008 Rev. Giugno 2016, testo coordinato con DLgs. n 106 del 3/08/09 – TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO
- [6] P. Bevitori, S. R. De Donato, La valutazione dell'inquinamento elettromagnetico, Maggioli Editore, 2003.