

PROVINCIA DI LUCCA

COMUNE DI LUCCA

Impianto idroelettrico ad acqua fluente e basso salto, da realizzarsi sul Canale di scarico del Pubblico Condotta della Città di Lucca, in Loc. Saltocchio nel Comune di Lucca (LU).

Il Committente:

RENOWA POWER s.r.l.

Via San Sebastiano 5,
55100 LUCCA

RENOWA POWER s.r.l.




TECHNO INGEGNERIA

Ingegneri Associati

Via della Madonnina 33/B, 55012 Capannori (LU)
Tel/Fax (+39) 0583/1890231 - E-mail: info@technoingegneria.it
www.technoingegneria.it



Data
Maggio 2014

Collaborazione

Ing. Paola Galli

Elaborato

RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA

Redazione

Ing. Riccardo Toloni

Verifica

Ing. Andrea Casadidio
Ing. Raffaello Bertocchini

Archivio

13_ID.PR_75

- PROPRIETA' RISERVATA -

Questo elaborato è di proprietà esclusiva; ne è pertanto vietata la riproduzione o la cessione a terzi senza specifica autorizzazione.

PROVINCIA DI LUCCA COMUNE DI LUCCA

Progetto: "IMPIANTO IDROELETTRICO AD ACQUA FLUENTE E BASSO SALTO, DA REALIZZARSI SUL CANALE DI SCARICO DEL PUBBLICO CONDOTTO DELLA CITTA' DI LUCCA, IN LOC. SALTOCCHIO NEL COMUNE DI LUCCA"

Committente:

RENOWA POWER s.r.l.

Via San Sebastiano n° 5 – 55100 LUCCA

C.F. e P.IVA 02324340468

R.E.A. di Lucca n. 216409

renowapower@pec.it

* * *

ELABORATO 1

RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA

* * *

Maggio 2014

STUDIO TECHNO INGEGNERIA

Ingegneri Associati

Via della Madonnina 33/B, 55012 Capannori (LU)

Tel. (+39) 0583/1890231 Fax. (+39) 0583/1714989

info@technoingegneria.it

www.technoingegneria.it

Ing. Andrea Casadidio

Ing. Raffaello Bertocchini

Ing. Riccardo Toloni

REDATTO DA: Dott. Ing. Riccardo Toloni

Sommario

Premessa	3
1.0 INQUADRAMENTO URBANISTICO	10
1.1 Generalità	10
1.2 PTC Provincia di Lucca.....	10
1.3 PAI Autorità di Bacino Fiume Serchio.....	10
1.4 R.U. Comune di Lucca	13
2.0 DESCRIZIONE IMPIANTO	13
2.1 Generalità	13
2.2 Canale di scarico del Pubblico Condotta.....	14
2.3 Opera di presa.....	15
2.4 Canale di carico	15
2.5 Camera di carico - Centrale e canale di scarico.....	16
3.0 OPERE DI VETTORIAMENTO	18
4.0 SISTEMA DI TELECONTROLLO E LOGICA DI FUNZIONAMENTO	19
4.1 Sistema di Telecontrollo.....	19
4.2 Paratoia a ventola (C)	20
4.3 Logica di funzionamento	20
5.0 MOVIMENTI TERRA	22
ALLEGATO 1	23

Premessa

La presente relazione di carattere generale ha lo scopo di inquadrare sia le caratteristiche tecniche sia gli obiettivi e le finalità dell'iniziativa mettendo in evidenza i concetti informativi che hanno ispirato i promotori dell'iniziativa e gli Enti interessati.

La presente relazione riguarda **il progetto di un impianto idroelettrico, ripristinando parte di un impianto esistente ad oggi non attivo**, sito in Loc. Saltocchio nel Comune di Lucca, in corrispondenza dello stabilimento Toscopaper S.p.A. (Cfr. Fig. 1 – Tav. 01).

Committente del progetto è RENOWA POWER s.r.l. con sede in Via San Sebastiano n.5- Lucca, C.F. e P.I. 023204340468, R.E.A. di Lucca n.216409. L'impianto idroelettrico a basso salto in progetto prevede di captare le acque di troppo pieno del Pubblico Condotta di Lucca, mediante il sistema di derivazione esistente, che serviva l'impianto ad oggi non attivo ubicato all'interno dello stabilimento Toscopaper S.p.A.. Si utilizzerà quindi, come canale di carico, il canale artificiale esistente di circa 30 m di lunghezza. Una volta utilizzate, le acque verranno rilasciate nel fiume Serchio, subito a valle della centrale di turbinamento, ripristinando l'originario canale di scarico, ad oggi parzialmente interrato. Il locale di centrale, dove verrà alloggiata la turbina e la strumentazione necessaria per il suo funzionamento, verrà realizzato ex novo al di sotto del piazzale dello stabilimento, **completamente interrato**, ed avrà le dimensioni in pianta di 9,70 m x 6,00 m. (Cfr. Tav. 04)

Il salto idraulico lordo che verrà sfruttato corrisponde all'attuale dislivello ed è **pari a 4,70 m.**

Trattasi di un impianto di tipo:

- **MINI – IDRO:** Potenza installata - $P_{med} = 80 \text{ kW}$ – P_{max} prevista = 280,79 kW;
 - **PORTATA:** Media derivata > 200 l/s;
 - **BASSO SALTO:** 4,70 m.
- **Salto legale o di concessione** : dislivello tra i due peli morti della corrente a monte e a valle
- $$H = \Delta_{\text{opera di presa}} - \Delta_{\text{centrale}} = 4,70 \text{ m}$$
- **Portata massima turbinabile** : portata massima derivabile dell'impianto viene impostata con un valore massimo pari a:
- $$Q_{\text{max}} = 3500 \text{ l/s} = 3,5 \text{ m}^3/\text{s}$$
- **Portata massima PREVISTA** : portata massima saltuaria eccedente i 3,5 mc/s derivabile dell'impianto /Cfr. Elab. 02) viene impostata con un valore massimo pari a:

$$Q_{\max} = 7000 \text{ l/s} = 7,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Portata media annua derivabile** : portata media che l'impianto può derivare per l'intero anno in relazione delle portate naturali e di quelle rilasciate

$$Q_{\text{med}} = 2042 \text{ l/s} = 2,042 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Potenza media teorica o nominale dell'impianto** : potenza teorica sviluppabile in assenza completa di perdite

$$P = Q_{\text{med}} * H * g = 94,15 \text{ Kw}$$

- **Producibilità lorda teorica o nominale dell'impianto** : producibilità teorica ottenibile in assenza completa di perdite

$$E = Q_{\text{med}} * H * g * (24 * 360) = 813456 \text{ Kwh/anno}$$

- **Potenza media effettiva dell'impianto** : potenza media sviluppabile in relazione alla portata media derivabile, al salto effettivo ed al rendimento delle macchine

$$P = \eta * Q_{\text{med}} * H' * g = 81,91 \text{ Kw}$$

dove η = rendimento medio macchine pari a 0.87

H' = salto effettivo pari a quello legale meno le perdite di carico

- **Producibilità media dell'impianto** : producibilità media ottenibile in relazione alla portata media derivabile, al salto effettivo ed al rendimento delle macchine

$$E = \eta * Q_{\text{med}} * H' * g * (24 * 360) = 707710 \text{ Kwh/anno}$$

- **Potenza massima INSTALLATA dell'impianto** : potenza massima installata delle turbine in previsione di portate saltuarie superiori ai 3,5 mc/s. Q_{\max} prevista = 7,0 mc/s

$$P = \eta * Q_{\max \text{ prevista}} * H' * g = 280,79 \text{ Kw}$$

RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA

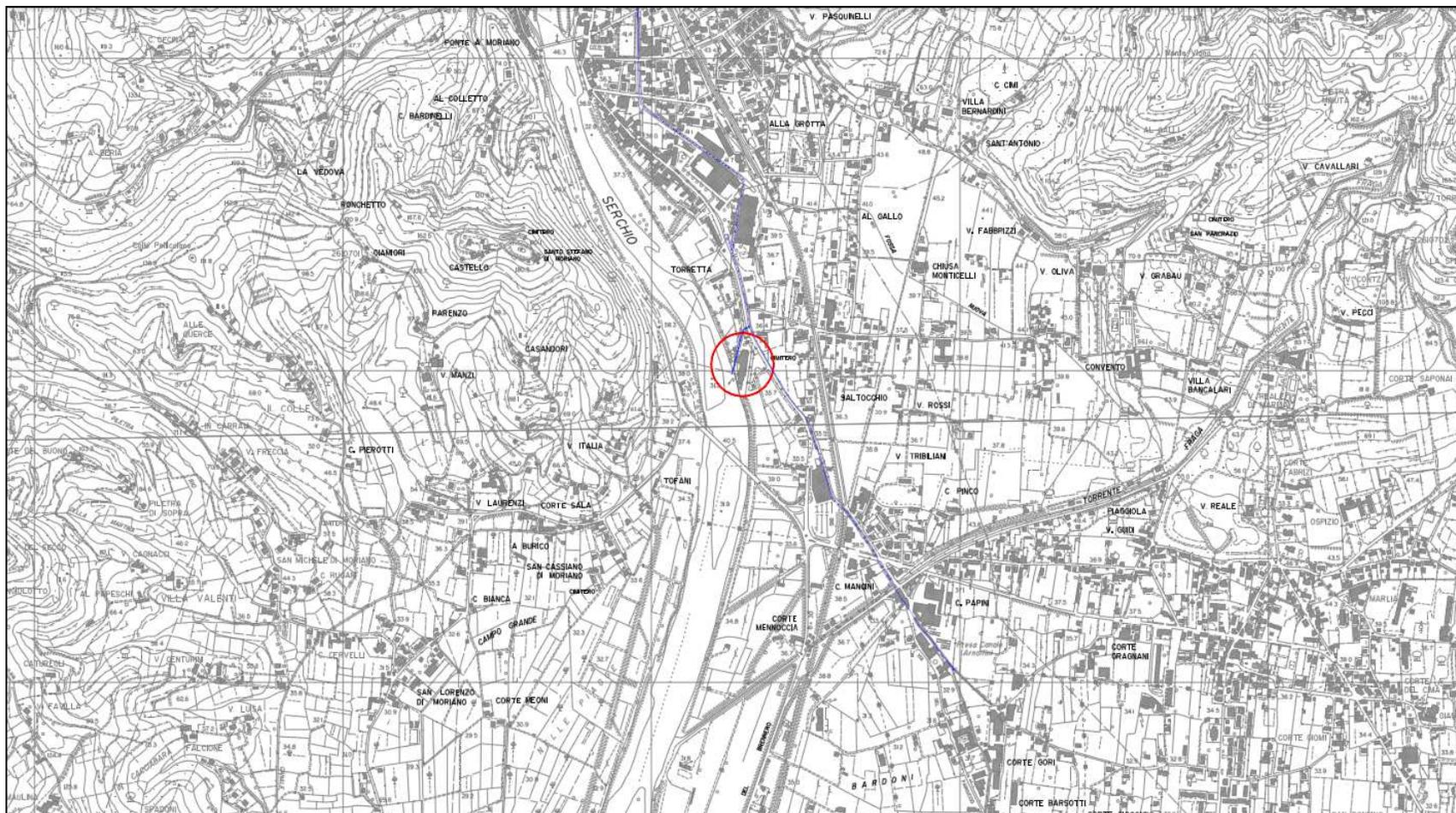


Figura 1: Ubicazione dell'impianto.

Il ripristino della centrale idroelettrica appartiene alla categoria degli interventi tesi ad ottenere energia da fonti rinnovabili e come tale è promotrice di uno sviluppo sostenibile: si tratta qui di perseguire il migliore inserimento nel paesaggio delle opere ritenute necessarie, mitigando il loro impatto sia a livello estetico-paesaggistico che naturalistico.

Riguardo alla produzione di energia idroelettrica si ritiene opportuno citare gli orientamenti, le dichiarazioni e le normative emesse dagli Enti e dagli Organismi politici preposti alla tutela dell'ambiente a livello nazionale ed internazionale:

- La Comunità Europea – Direzione generale XVII THERMIE finanzia progetti sia pubblici che privati nel settore dell'energia idroelettrica.
- Nella conferenza di Kyoto (Giappone) la valorizzazione delle risorse di energia da fonti rinnovabili è considerato un obiettivo prioritario tuttora in fase di discussione e ratifica a livello internazionale.
- Con la delibera del CIPE del 19.11.98 la produzione di energia da fonti rinnovabili è considerata come una delle linee guida per le politiche di riduzione dei gas serra (CO₂, SO₂, Nox).
- Il decreto “Bersani” del 31.3.1999 in attuazione della direttiva CEE 96/92/CE norma l'incentivazione degli impianti idroelettrici.
- Nella “Conferenza Nazionale Energia Ambiente” organizzata dall'ENEA il 25/28 novembre 1998 si ribadisce l'importanza dell'energia elettrica prodotta da fonte idrica in quanto energia “pulita”.
- L'art. 1 della legge 9 gennaio 1991 n. 10 in base al comma 4 definisce gli impianti idroelettrici di pubblico interesse e pubblica utilità “ex lege” ad ogni effetto e per ogni conseguenza, giuridica, economica, procedimentale, espropriativa.
- L'Accordo Conferenza Unificata Stato – Regioni e Stato – Città ed autonomie locali 5 settembre 2002 introduce una serie di parametri che valorizzeranno, in sede della disciplina delle procedure autorizzatorie degli impianti in oggetto, le specificità energetiche, ambientali e territoriali dei singoli siti, in particolare:
 - o Coerenza con le esigenze di diversificazione delle fonti primarie e delle tecnologie produttive (saranno in ogni caso considerati coerenti gli impianti alimentati da fonti rinnovabili);
 - o Coerenza con le esigenze del fabbisogno energetico e dello sviluppo produttivo della regione o della zona interessata dall'intervento;

- Riutilizzo prioritario di siti industriali già esistenti anche nell'ambito di piani di riconversione di aree industriali;
- Concorso alla valorizzazione e riqualificazione delle aree territoriali interessate compreso il contributo allo sviluppo e all'adeguamento della forestazione, ovvero tutte le altre misure di compensazione delle criticità ambientali territoriali assunte anche a seguito di eventuali accordi tra il proponente e l'ente locale;

La Comunità Europea stessa, attraverso il “Libro bianco per una strategia e un piano di azione della Comunità – Energia per il futuro: le fonti energetiche rinnovabili”, sancisce ulteriormente l'importanza di ricorrere a fonti energetiche “pulite” al fine di soddisfare i crescenti fabbisogni energetici dell'intera comunità internazionale. Riprendendo testualmente quanto riportato nel Libro Bianco:

“ Le fonti energetiche rinnovabili sono attualmente sfruttate nell'Unione Europea in maniera disomogenea e insufficiente. Malgrado molte di esse siano disponibili in abbondanza ed il potenziale economico effettivo sia considerevole, il contributo delle fonti energetiche rinnovabili al consumo lordo globale di energia dell'Unione, che secondo le previsioni aumenterà costantemente in futuro, è molto ridotto, meno del 6%. Per far fronte a questa sfida occorre un'azione congiunta della Comunità e degli Stati membri. Se la Comunità non riuscirà a coprire nel prossimo decennio la sua domanda di energia con una quota nettamente superiore delle rinnovabili, andrà persa un'importante possibilità di sviluppo e diventerà sempre più difficile rispettare gli impegni a livello europeo e internazionale da essa sottoscritti in materia di protezione ambientale. [...] Le tecnologie sull'energia rinnovabile, inoltre, come molte altre tecnologie innovative, risentono di un'iniziale mancanza di fiducia da parte degli investitori, dei governi e degli utilizzatori, dovuta a scarsa dimestichezza con il loro potenziale tecnico ed economico e ad una resistenza generale al cambiamento e a nuove idee. [...] La strategia ed il piano di azione del presente Libro bianco puntano quindi all'obiettivo di raggiungere nell'Unione entro il 2010 un tasso di penetrazione delle rinnovabili del 12%, un obiettivo ambizioso ma realistico. [...] E' importante sottolineare che un aumento significativo della quota delle fonti energetiche rinnovabili avrà un ruolo chiave per raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni di CO2 dell'UE, insieme alle attività relative all'efficienza energetica e ad altri campi. Nella strategia comunitaria sulle FER si dovrà tener conto delle misure legate al cambiamento climatico. [...] L'energia idroelettrica è una tecnologia ormai matura il cui funzionamento è da diversi anni competitivo rispetto ad altre fonti energetiche commerciali. L'attuale potenziale tecnico – economico delle grandi centrali idroelettriche non è stato sfruttato oppure non è disponibile a causa di vincoli ambientali. Soltanto il 20% del potenziale economico delle centraline è stato invece finora sfruttato ed inoltre molte centraline sono

state disattivate, spesso per antieconomicità (costi di manutenzione e di altro tipo, tariffe di rete), ma possono essere rimesse in funzione con investimenti relativamente modesti, soprattutto nel caso di piccoli impianti rurali e isolati. [...] Alla luce dei progetti già previsti e sulla base di sviluppi ambientali accettabili, è probabile un aumento del 10% della capacità installata dei grandi impianti idroelettrici (8500 MW). Per il 2010 si considera fattibile una capacità installata supplementare di centraline pari a 4500 MW, grazie ad un ambiente regolamentare più favorevole, in quanto questi piccoli progetti se ben concepiti, possono avere un impatto locale nettamente inferiore”.

Sempre la Comunità Europea con la direttiva 2001/77/CE (promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili), recepita poi dallo Stato italiano con decreto n.387 del 29/12/2003, ribadisce ulteriormente il concetto di energia idroelettrica quale fonte di energia pulita; in particolare all'articolo 12 della norma nazionale “Razionalizzazione e semplificazione delle procedure autorizzative” si precisa quanto segue:

“1. Le opere per la realizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, nonché le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli stessi impianti, autorizzate ai sensi del comma 3, sono di pubblica utilità e indifferibili ed urgenti [...] 7. Gli impianti di produzione di energia elettrica di cui all'articolo 2, comma 1), lettere b) e c) (cfr, fra cui gli impianti idroelettrici ad acqua fluente) possono essere ubicati anche in zone classificate agricole dai vigenti piani urbanistici”.

Alla luce di quanto precedentemente riportato si può a ragione sostenere che l'intervento in progetto sia sì un intervento sull'ambiente ma soprattutto per l'ambiente.

Dal punto di vista del METODO di lavoro si è cercato di fare in modo che le decisioni progettuali scaturissero da un accordo preventivo con le Istituzione e gli Enti che si occupano di tutela del territorio anche attraverso l'utilizzazione dei tavoli di concertazione; questo ci ha consentito di giungere ad un prodotto che, in tutti i suoi risvolti tecnici ed ambientali, accogliesse già le indicazioni provenienti da tutte le parti interessate alla realizzazione del progetto stesso.

All'interno del fabbricato di centrale avverrà la trasformazione dell'energia potenziale dell'acqua ad energia meccanica ed elettrica mediante una turbina di tipo KAPLAN ed un generatore elettrico. L'energia prodotta dal generatore in bassa tensione verrà immessa nella rete elettrica esistente tramite una cabina di collegamento MT, posta nelle vicinanze del complesso industriale Toscopaper SPA, in prossimità della linea ENEL così come evidenziato negli elaborati allegati (Cfr. Tav. 07).

L'acqua derivata dall'opera di presa dopo aver ceduto all'interno della turbina l'energia accumulata nel salto idraulico, verrà restituita al corso d'acqua con le medesime caratteristiche chimico fisiche possedute prima della captazione.

Visto il taglio progettuale adottato, che ha portato alla concertazione preliminare delle scelte tecniche-costruttive con gli Enti interessati, il progetto in sé racchiude già tutti gli elementi utili alla definizione di una completa valutazione progettuale e ambientale: per questo motivo, onde evitare inutili doppioni e creare confusione nel lettore, si è preferito rimandare in più punti della presente relazione di verifica alle specifiche relazioni tecniche allegate allo studio, riassumendone semplicemente i contenuti principali.

1.0 INQUADRAMENTO URBANISTICO

1.1 Generalità

Il dettaglio cartografico che permette di inquadrare urbanisticamente l'intervento in oggetto è dettagliato all'interno dell'Elab. 03 "Cartografia di inquadramento programmatico" allegato al presente progetto.

Sommariamente vengono di seguito evidenziati i vincoli e gli inquadramenti secondo la normativa indicata nel PTC della Provincia di Lucca, nel PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Serchio e nel Regolamento Urbanistico del Comune di Lucca.

1.2 PTC Provincia di Lucca

L'intervento non rientra in aree perimetrate a fragilità geomorfologica;

L'intervento ricade in aree:

- Aree vulnerate da esondazioni 8art. 23, 1.a)-E5>200cm (Fabbricato di centrale)
- Aree di pertinenza fluviale 8art. 60)-aree golenali (Cabina trasformazione ENEL)

L'intervento ricade in aree definite come "tratto di corso d'acqua di ambito B (DCRT n. 230/94).

L'intervento ricade in aree ad elevata vulnerabilità intrinseca potenziale (art. 27) per elevata permeabilità primaria.

L'intervento ricade nelle aree definite "territorio di interesse agricolo (art. 54) – Piana di Lucca e Altopascio n.15.

L'intervento ricade in aree golenali (art.60).

L'intervento ricade nelle aree definite "PL2 La pianura dell'insediamento diffuso".

L'intervento ricade in aree urbane recenti (1950-1990) art. 86.

1.3 PAI Autorità di Bacino Fiume Serchio

- × L'intervento non ricade in aree a pericolosità per frana;
- × L'intervento ricade in aree golenali;
- × L'intervento ricade in aree inondabili con tempi di ritorno di 200 anni;
- × L'intervento non ricade in aree inondabili con tempi di ritorno di 30 anni;
- × L'intervento ricade in aree inondabili e delle aree allagate definite come aree golenali.

Il Piano di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Serchio è stato approvato ed è vigente sul territorio dal 2005. Nel Luglio 2012 si è provveduto al suo primo aggiornamento. Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Serchio, nella seduta del 8/03/2013, ha adottato il "Piano di bacino.

stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Serchio (PAI) - Primo Aggiornamento" e le relative misure di salvaguardia.

In particolare ai sensi dell'articolo 65 comma 7 del D. Lgs. 152/2006 e dell'art. 46 delle Norme di Piano adottate, a decorrere dalla data di adozione del Piano e fino alla approvazione del medesimo, o in mancanza della stessa, per un periodo pari a tre anni decorrenti dalla data della delibera di adozione, hanno efficacia immediata, quali misure di salvaguardia:

× le disposizioni di cui agli articoli 6, 7, 12, 13, 14, 15 bis, 20, **21**, 22, 22bis, 23, 23bis, 24, 25, 25bis, 25ter, 32, 40, 41, 44, 46, 50, 50bis, 51, 52 delle Norme del Piano adottato;

Nel caso specifico l'intervento in oggetto ricade nell'art. 21:

Per quanto concerne la centrale idroelettrica la stessa si configura come un adeguamento di opera esistente che non produce alcun aumento di rischio idraulico in quanto totalmente interrata. Inoltre la stessa opera è categorizzata dalla normativa vigente come opera di interesse pubblico. **Nel caso specifico l'art. 21 prevede la seguente dicitura “...Il parere dell'Autorità di Bacino non è dovuto per gli interventi di adeguamento di fabbricati, che non comportino aumenti di superficie coperta né aumenti di esposizione al rischio...”**

Per quanto concerne il locale di consegna ENEL, dislocato come evidenziato negli elaborati grafici (Cfr. Tav. 07), lo stesso risulta essere un opera accessoria essenziale alla realizzazione della centrale idroelettrica ed inoltre il comma 4f) del medesimo articolo prevede per tali interventi anche la seguente dicitura “...*a corredo del patrimonio edilizio esistente, sono consentite tettoie senza tamponature laterali e volumi tecnici, questi ultimi con provvedimenti di parziale mitigazione del rischio ai sensi dell'art. 50 delle presenti norme...*”

Come provvedimento di parziale mitigazione del rischio il locale di consegna verrà realizzato “a palafitta” (Cfr. Tav. 07) ponendo il locale in autosicurezza e inoltre non andando ad occupare aree soggette, anche se minime, a possibili esondazioni. Di fatto viene così garantita sia l'autosicurezza che il non aumento del rischio idraulico.

Per garantire tale intervento, il livello del piano di calpestio interno all'edificio è stato fissato a quota 36,55 m.l.s., così da lasciare, al netto del volume occupato dalla sottostante vasca stagna per il passaggio dei cavi elettrici¹, 50 cm sopra il piano campagna fissato a 35.20 m.l.m, così come dedotto dalla cartografia fornita dai tecnici dell'Autorità di Bacino del Fiume Serchio allegata (Cfr. Fig. 02) nella quale sono sinteticamente riportati i seguenti dati ricavati dal quadro conoscitivo connesso alla Variante al PAI – I Aggiornamento:

- indicazione planimetrica delle sezioni trasversali del Serchio disponibili a monte e a valle del lotto di interesse
- massimi livelli idrometrici attesi nelle sezioni per eventi di piena con Tr 200 anni;

¹ La vasca stagna per il passaggio dei cavi elettrici sarà realizzata al di sotto del piano di calpestio interno al locale tecnico (Cfr. Tav. 07), così come prescritto dai tecnici ENEL

- indicazione della quota media del piano campagna nell'area di intervento (dato ricavato da DEM LiDAR).

La quota di 35,70 m.l.m. è stata dedotta in maniera proporzionale rispetto ai due livelli idrici indicati nelle sezioni di monte e di valle per un Tr pari a 200 anni.

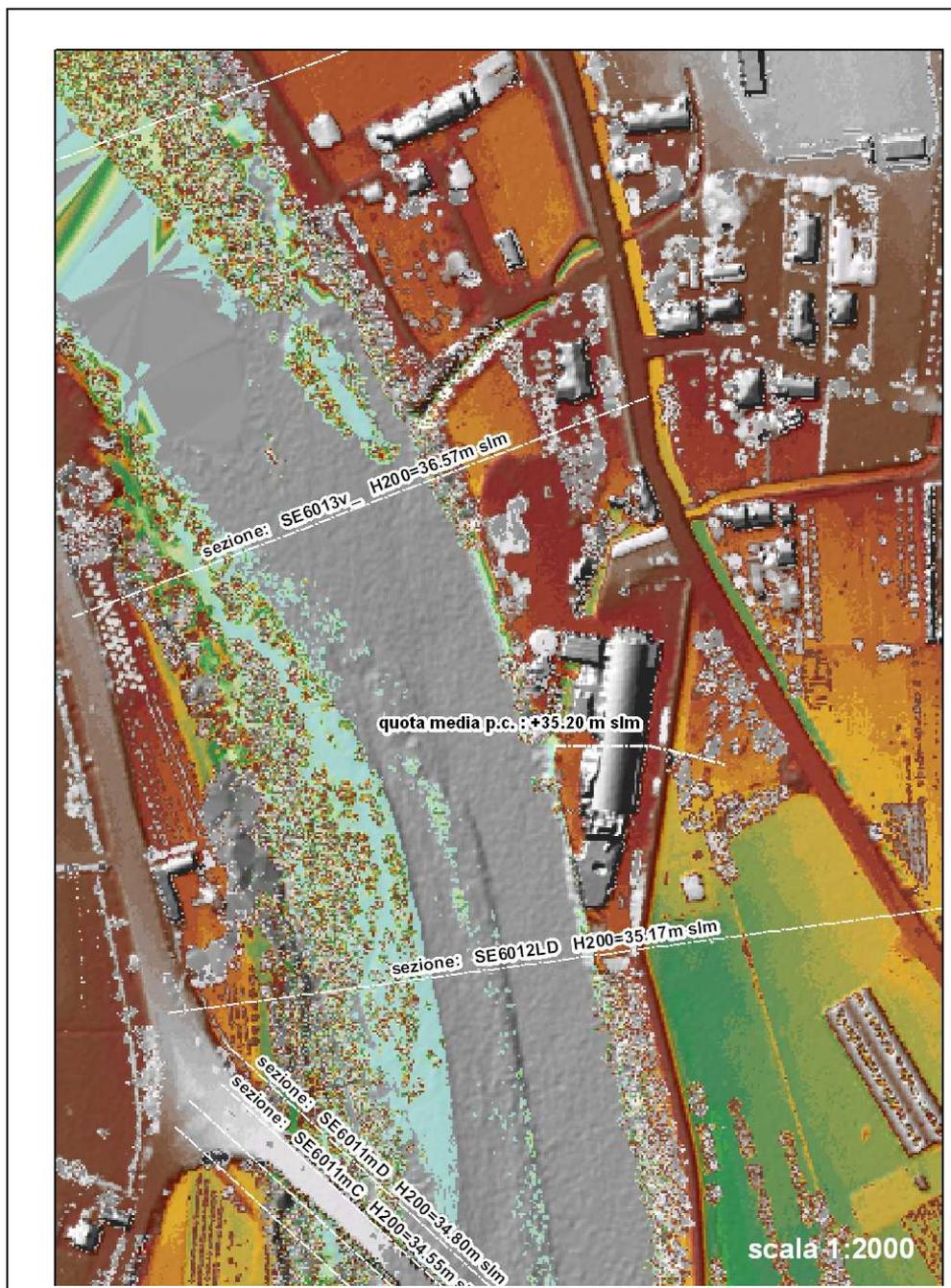


Figura 2: Estratto in formato jpg dati Autorità di Bacino Fiume Serchio

1.4 R.U. Comune di Lucca

× L'intervento ricade nella zona parchi: "Aree da destinarsi a verde ed è regolata dagli artt. 32.2, 33.2, 34.2, 35.2 oltre che ad essere catalogata come "area specifica del parco del Serchio" Ambito R "Impianto produttivo in Località Saltocchio" così definito:

"Viene riconosciuto e disciplinato l'impianto produttivo denominato "Toscopaper", per il quale sono ammessi interventi manutentivi, di risanamento conservativo e ristrutturazione nell'ambito dei parametri di altezza e densità edilizia esistenti alla data del 8/4/2002. Ogni intervento edilizio eccedente la manutenzione deve assicurare l'individuazione di un percorso ciclo-pedonale interno al perimetro aziendale in modo da non interrompere i collegamenti di parco. Il funzionamento di tale percorso verrà assicurato da apposita convenzione e regolamento d'uso. La recinzione esterna dell'impianto andrà realizzata con adeguate strutture vegetali in forma di siepe o filare, o in depressione mediante trincee. Sono ammesse unicamente categorie di utilizzazione C1.2."

In particolare il fabbricato di centrale, **completamente interrato**, è situato all'interno dell'Ambito R mentre l'opera connessa concernente la cabina elettrica di trasformazione ENEL è situata all'interno del Parco del Serchio ed è definita dall'art. 35.2. In particolare in base all'art. 35.2.3 sono ammessi i seguenti interventi:

*"...E' consentita la fruizione da parte del pubblico a scopo di ricreazione in rapporto con la natura e nel rispetto di essa. Non sono ammesse attività antropiche comportanti danneggiamento della vegetazione naturale e delle zone umide. Sono ammessi esclusivamente, interventi finalizzati alla realizzazione o al consolidamento di attività di uso collettivo o per scopi sociali, che comportino una modesta edificazione (9), privilegiando il recupero delle strutture edilizie esistenti e il ricorso ad edificazione (9) con strutture in precario o comunque rimovibili. Tale edificazione (9), fatto salvo quanto specificatamente disposto per gli ambiti speciali, non può in nessun caso superare i **200 mc. di volume**. Sono ammesse le seguenti categorie di utilizzazione: B4.5.1, B4.6, **B5**, B6.1, D2..."*

2.0 DESCRIZIONE IMPIANTO

2.1 Generalità

Come già ricordato il progetto oggetto del presente studio prevede la realizzazione di un impianto idroelettrico tipo Mini Idro da ubicarsi in Loc. Saltocchio all'interno del bacino del Fiume Serchio. La portata di acqua verrà prelevata dal canale di troppo pieno del Pubblico Condotta che a sua volta trasporta l'acqua verso valle fino ad interessare il centro storico del Comune di Lucca così come evidenziato dagli elaborati grafici (Cfr. Tav. 02).

L'intervento in progetto è localizzato su una superficie compresa completamente all'interno di un'area industriale posta nel Comune di Lucca in Loc. Saltocchio e definita come Ambito R all'interno del Parco del Fiume Serchio (*Art.35.2 R.U. del Comune di Lucca – Cfr. Elab. 03*). Catastralmente la centrale è ubicata all'interno del Foglio 58 Mappale 1018 mentre il locale di consegna ENEL all'interno del Foglio 58 Mappale 1729 (Cfr. Tav. 03).

E' prevista la realizzazione dell'impianto all'interno di un sito industriale di proprietà della TOSCOPAPER SPA dove in precedenza era già in funzione una turbina ad azionamento idraulico che era situata all'interno del fabbricato industriale e che serviva a garantire forza motrice all'attività di processo. Ad oggi questo impianto risulta dismesso. Scopo del presente progetto è quello di sfruttare la forza motrice dell'acqua attualmente non utilizzata per la produzione di energia rinnovabile

Con il progetto definitivo non solo si è provveduto ad approfondire e sviluppare gli aspetti tecnici per ottimizzare e migliorare la fattibilità dell'intervento, tenendo in debito conto anche le indicazioni dei Tecnici degli Enti contattati, ma soprattutto, a riattivare un impianto attualmente dismesso e una forza motrice ad oggi non sfruttata.

2.2 Canale di scarico del Pubblico Condotto

Il Pubblico Condotto, che riceve l'acqua del reticolo minore e dallo scarico di alcune centrali idroelettriche situate a monte, ha in località Saltocchio uno scarico di troppo pieno in corrispondenza dello stabilimento TOSCOPAPER SPA. Poco a monte rispetto ad un sistema di paratoie piane di sezionamento situate sul Pubblico Condotto stesso vi è una derivazione in destra idraulica regolata a valle da un sistema di tre paratoie piane gestite dalla Provincia di Lucca. Il canale di derivazione, realizzato in calcestruzzo, ha una sezione trapezoidale ed è diviso al suo interno in due zone (zona 1 e zona 2) separate tra loro da un muro centrale anch'esso in calcestruzzo così come evidenziato negli elaborati grafici (Cfr. Tav. 04). Due delle paratoie indicate alimentano una zona (zona 1) del canale mentre l'altra alimenta la seconda zona in cui è suddiviso il canale (zona 2) che ha dimensioni minori. Come evidenziato dalla documentazione fotografica e dagli elaborati grafici il canale nella parte terminale, a valle delle opere di presa, era dotato di una paratoia di sezionamento al fine di mantenere il carico idraulico e quindi di permettere il turbinamento da parte della centrale. Il sistema ha una logica di funzionamento semplice ed efficace che garantisce anche un ottimo livello di sicurezza dato dal fatto che un eventuale aumento del livello idrico nella zona 1 del canale oltre una soglia critica pari a circa 34,26 m.l.m. produce un sormonto del muro centrale e quindi lo scollamento dell'acqua in eccesso verso la zona 2. In pratica la totalità del canale di scarico a valle delle tre paratoie di

regolazione è costituita da uno scolmatore lineare continuo parallelo alla zona 1. La logica di funzionamento sopra descritta con la suddivisione del canale in due zone e il posizionamento di una sola paratoia nella zona 1 era funzionale all'impianto idroelettrico esistente e i sistemi sopra menzionati erano atti a garantire la sicurezza idraulica dell'opera nella sua globalità.

Il progetto, così come evidenziato anche negli atti depositati presso la Provincia di Lucca per la richiesta di Concessione in Derivazione ai sensi del R.D. 1775/33, mira a riabilitare la paratoia di sezionamento nel punto ove era presente quella originaria inserendo una paratoia "a ventola" con le modalità operative descritte di seguito (Cfr. § 4.2) senza produrre alcun aggravio alla situazione esistente tanto che la paratoia "a ventola" avrà una quota di sommità leggermente inferiore a quella del muro di separazione posizionato all'interno del canal di scarico del Pubblico Condotto.

2.3 Opera di presa

Ad oggi l'opera di presa situata presso il canale di scarico del Pubblico Condotto è costituita da due ingressi separati che confluiscono nel canale di carico interrato esistente (Cfr. Tav. 04 – Tav. 02). Le due prese poste ad una distanza di circa 7.00 m tra loro sono costituite da griglie inclinate di larghezza pari a circa 2.80 m e sono dislocate in sinistra idraulica e sono dotate entrambe di paratoie di chiusura manuali ad oggi non funzionanti.

L'opera di presa di progetto prevede l'accorpamento delle due prese in un'unica presa situata in corrispondenza della presa esistente situata più a valle (Cfr. Tav. 04 – Tav. 05/1). La presa avrà una larghezza pari a 6.25 m e subito a valle sarà dotata di una paratoia piana di sezionamento di macchina per l'esclusione dello stesso con azionamento remoto e manuale e la portata confluirà nel canale di carico esistente opportunamente modificato nel suo percorso planimetrico per giungere al nuovo punto di turbinamento.

In particolare nella fase progettuale si è cercato di eseguire interventi minimi al fine di sfruttare al massimo le opere civili esistenti.

2.4 Canale di carico

Allo stato attuale è presente un canale di carico che serviva a far confluire la portata derivata alla vecchia centrale situata all'interno dello stabilimento TOSCOPAPER SPA. Il canale ha dimensione planimetrica non regolare con una larghezza iniziale pari a 5.64 m e una larghezza in ingresso allo stabilimento pari a circa 3.50 m. I dati sopra riportati sono indicativi in quanto non è stato possibile realizzare un rilievo di dettaglio del canale.

Il progetto prevede l'utilizzo parziale del canale di carico esistente per un primo tratto pari a circa 20.00 m e di seguito la deviazione dello stesso alla nuova centrale con la realizzazione del nuovo tratto di canale. Mentre la dimensione del tratto esistente resterà inalterata il nuovo tratto con sviluppo pari a circa 16 m avrà una sezione rettangolare costante pari a 4,00 m x 1,80 m e sarà realizzato in cemento armato gettato in opera. Il canale avrà una quota iniziale pari a 32.98 m.l.m. e una quota finale pari a 32.95 m.l.m. Sarà predisposto un accesso per ispezione tramite chiusino ermetico al livello del piazzale e "alla marinara".

2.5 Camera di carico - Centrale e canale di scarico

In fase di progetto la localizzazione dei luoghi in cui realizzare la centrale ha tenuto conto in particolare dei seguenti elementi con il vincolo di realizzare l'opera in corrispondenza, per quanto possibile, del canale di carico esistente e adiacente al muro di confine tra la proprietà TOSCO PAPER SPA e l'alveo del Fiume Serchio. Inoltre, al fine di minimizzare gli interventi di scavo nell'area in oggetto, il fabbricato di centrale avrà delle dimensioni ridotte. Per perseguire questo obiettivo alcuni elementi secondari non funzionali alla movimentazione dell'impianto verranno dislocati presso il locale di consegna ENEL (Cfr. Tav. 07). Il fabbricato di centrale, completamente interrato, dislocato all'interno della proprietà TOSCO PAPER SPA planimetricamente avrà quindi le dimensioni di 9.70 m x 6.00 m e un'altezza dal piano della turbina al p.c. pari a 5,18 m così come evidenziato dagli elaborati grafici (Cfr. Tav. 05/2). L'altezza globale del locale sarà di 9.71 m dal p.c. per permettere l'alloggiamento del diffusore della turbina KAPLAN che, una volta posato verrà riempito nei vuoti con calcestruzzo debolmente armato. Il locale sarà dotato di un ingresso dal piazzale tramite il posizionamento di una botola con apertura oleodinamica e delle scale di servizio che conducono al piano turbina. Inoltre sarà realizzata una botola di servizio con movimentazione manuale per le operazioni di manutenzione del generatore e della turbina. Costruttivamente il locale sarà realizzato in cemento armato gettato in opera e le operazioni di scavo, vista la vicinanza allo stabilimento industriale, verranno eseguite, perlomeno sul lato prospiciente il fabbricato industriale, tramite berlinesi di micropali a sostegno del fronte di scavo.

Nella centrale saranno alloggiate tutte apparecchiature elettromeccaniche atte a trasformare l'energia potenziale idraulica in elettrica. Trattasi in particolare di:

- gruppi turbina alternatore
- valvole di macchina
- quadri di comando e controllo
- protezioni

- gruppi di misura
- servizi ausiliari

Va da sé che essendo il locale completamente interrato avrà **un impatto visivo nullo** sull'ambiente circostante che, peraltro, è adibito ad attività industriale (cfr. Tav. 05/1)

Internamente al locale verrà alloggiata su di un solaio a quota 30.08 m s.l.m. (5,18 m inferiore rispetto al piano del piazzale), la macchina KAPLAN ad asse verticale, con al di sopra di essa, lungo lo stesso, asse il generatore. All'interno del locale verranno realizzate delle scale di accesso al locale stesso e alloggiate le apparecchiature necessarie al funzionamento dell'impianto.

Come evidenziato negli elaborati grafici (Cfr. Tavv. 05/1 – 05/2) la centrale è costituita da tre locali fisicamente separati e stagni tra loro come di seguito elencato:

- Camera di carico;
- Vano alloggiamento turbina;
- Camera di scarico.

Camera di carico: Il locale è adibito alla ricezione della portata in arrivo dall'opera di presa e dal canale di carico. In realtà la stessa non è altro che un prolungamento del canale stesso che termina con uno scivolo con inclinazione a 45° realizzato per permettere un passaggio graduale del volume d'acqua dalla quota di 32.95 m.l.m. a 27.83 m.l.m evitando moti turbolenti con relativa perdita di energia. Come anche il locale di scarico questo ambiente sarà interamente stagno rispetto al locale di alloggiamento della turbina. Difatti il passaggio della portata d'acqua tra la camera di carico e quella di scarico sarà effettuato tramite la turbina stessa. La camera di carico avrà un'altezza pari a 6.89 m e una larghezza pari a 4 m.

Camera stagna alloggiamento turbina: Il locale è adibito all'alloggiamento della turbina KAPLAN e del generatore a cinghia. Tutti i quadri di comando saranno posti all'interno del locale dislocato al di sopra della centrale. In questo locale saranno presenti delle scale con accesso dal solaio di copertura per permettere le operazioni di manutenzione della turbina e del generatore. Il locale sarà provvisto anche di una botola con apertura manuale di 3 m x 2,80 m per le operazioni di manutenzione che necessitano la movimentazione del generatore. Non vi è alcun collegamento tra questo ambiente e i due ambienti dislocati ai suoi lati. Il locale avrà dimensioni planimetriche interne pari a 9.70 m x 6.00 m circa ed un'altezza di 5.18 m.

Camera di scarico: Il locale è adibito alla ricezione della portata turbinata. Come anche il locale di carico questo ambiente sarà interamente stagno rispetto al locale di alloggiamento della turbina e in realtà coincide con il canale di scarico del sistema. Il passaggio della portata d'acqua tra la camera di carico e quella di scarico sarà effettuato tramite la turbina stessa. Il locale avrà dimensioni planimetriche interne variabili con

una larghezza iniziale di 3.12 m imposta dalle dimensioni del diffusore e una quota di 26.17 m.l.m. che aumenterà gradualmente fino al valore di circa 7,00 in larghezza e una quota in uscita sul Fiume Serchio pari a 28.66 m.l.m. Lo scivolo in contropendenza verrà realizzato per facilitare il deflusso verso la quota di sbocco evitando singolarità idrauliche che causerebbero moti turbolenti con relative perdite idrauliche. Anche nel caso specifico è prevista la realizzazione di fronti di scavo, almeno nella zona prospiciente il fabbricato industriale, realizzati con sistemi di sostegno eseguite con berlinesi di micropali. Subito a valle della camera stagna dove vi è alloggiata la turbina verrà predisposto un pancone di chiusura a tergo del diffusore con azionamento meccanico a protezione della turbina nel caso di eventi eccezionali di piena del fiume Serchio e nel caso in cui debbano eseguirsi degli interventi di manutenzione straordinaria sul canale di scarico.

La turbina avrà indicativamente le seguenti caratteristiche:

- **Turbina:** Kaplan verticale
- **Accoppiamento al generatore:** Generatore diretto sincrono
- **Portata massima:** 7.00 mc/s
- **Potenza:** 350 kW
- **Velocità di rotazione:** 250 trpm
- **Diametro ruota:** 1400 mm
- **Generatore potenza elettrica:** 350 kW

In corrispondenza dell'uscita nel Fiume Serchio non viene prevista alcuna opera in quanto sono già presenti opere di corazzamento per evitare fenomeni erosivi.

3.0 OPERE DI VETTORIAMENTO

Il vettoriamento dell'energia dalla centrale di produzione alla rete ENEL sarà eseguito tramite la posa interrata dei cavi lungo il sito industriale dello stabilimento TOSCO PAPER fino ad arrivare al locale di consegna situato come da elaborati grafici allegati (Cfr. Tav. 07). In sito verrà realizzato il locale consegna secondo le prescrizioni tecniche fornite da ENEL. Il locale sarà rialzato rispetto al p.c. di 1,30 cm al fine di porre in essere le opere di parziale mitigazione del rischio idraulico indicate nelle prescrizioni del PAI (Cfr. § 1.3). Il locale avrà dimensioni planimetriche pari a 7,60 m x 6,90 m e un'altezza dal piano di calpestio al solaio di copertura pari a 2,40 m. Al suo interno verrà dislocato il locale ENEL, il locale misure dove sarà alloggiato il contatore di scambio *produttore* – ENEL e un locale tecnico riservato al produttore. La posizione del locale di consegna è stata concordata con i tecnici ENEL vista la vicinanza dello stesso alla

linea elettrica aerea esistente così come evidenziato nella Tav. 07. Il locale verrà realizzato in c.a. con opere di tamponamento in muratura e copertura a padiglione così come evidenziato negli elaborati grafici. L'intero edificio verrà intonacato e tinteggiato con coloriture indicate dagli enti preposti mentre la parte dei pilastri fuori terra potrà essere rivestita con pietra.

La canalizzazione esterna dei cavi elettrici, in uscita dal locale ENEL, sarà realizzata in trincea, come indicato nella sezione tipo presente nella Tav.07, e i cavi saranno posati alla profondità di 100 cm dal piano campagna.

Il punto di connessione alla rete elettrica in MT esistente avverrà tramite l'installazione di un nuovo palo ENEL in acciaio in tronchi innestabili Tipo G, altezza 12.00m o 14.00m a seconda della attuale quota del conduttore rilevata. Si allega copia dello schema di fondazione necessaria per la posa del palo in oggetto (Cfr Allegato 1).

4.0 SISTEMA DI TELECONTROLLO E LOGICA DI FUNZIONAMENTO

4.1 Sistema di Telecontrollo

L'impianto sarà dotato di un sistema di telecontrollo in grado di gestire a distanza gran parte delle regolazioni e dei controlli oltre ai dati di controllo e degli allarmi. In particolare sarà possibile:

- Controllare la chiusura e l'apertura della paratoia di macchina (paratoia A) posta a valle dell'opera di presa;
- Controllare la chiusura, l'apertura e la regolazione della paratoia a ventola (paratoia B) situata sul canale di scarico del Pubblico Condotto;
- Controllare la chiusura e l'apertura della paratoia di macchina (paratoia C) situata a valle della camera di turbinamento;
- Controllare i livelli dei 3 misuratori posti lungo il canale di scarico del Pubblico Condotto e in prossimità del punto di restituzione della centrale;
- Verificare la produzione di energia elettrica;
- Avviare, arrestare, verificare il funzionamento di motori ed alternatori;
- Inviare segnalazione di allarmi e attivare comandi di blocco macchina;

In via indicativa saranno presenti i seguenti elementi:

- n. 3 misuratori di livello (1 – 2 – 3) dislocati rispettivamente lungo il canale di scarico del Pubblico Condotto (n. 2 misuratori) e uno dislocato a valle dello scarico della centrale;
- Schede PLC per la gestione dei segnali del gruppo di generazione e dei segnali di centrale;
- Scomparto separato per l'ingresso dei segnali della turbina
- Ingressi analogici sovrannumerali del 30%
- Gestione sovrapotenza con limitatore di potenza
- Panel PC con funzioni touch – screen
- Modem GSM o scheda di interfaccia con rete telefonica/ADSL

4.2 Paratoia a ventola (C)

La paratoia a ventola viene utilizzata per intercettare e regolare il flusso in canali. la paratoia viene fatta salire o scendere con l'asse di rotazione fisso posizionato nel fondo del canale. Il telaio è costituito da un manufatto di carpenteria.

Le tenute sono realizzate con gomma in EPDM fissate alle carpenterie tramite viti e mordacchie. Il gruppo di manovra e la meccanica di sollevamento dell'otturatore possono essere di diverse tipologie:

- Comando laterale o centrale con riduttori a coppia conica, mossi manualmente (tramite volantino di manovra) o automaticamente (tramite attuatore elettrico), che agiscono su viti trapezoidali fissate all'otturatore con braccetto di comando, le viti possono essere in C40 o in aisi 303.

- Comando laterale o centrale con pistoni oleodinamici opportunamente dimensionati, mossi da centralina idraulica.

- Comando laterale o centrale a fune con carrucola di recupero.

Nel caso specifico la paratoia verrà incernierata al fondo e sarà comandata lateralmente da n.2 pistoni oleodinamici che manterranno alzato il telaio tramite un attuatore normalmente eccitato. In caso di mancata tensione, lo stesso attuatore si sgancerà provocando l'abbattimento totale della paratoia e il libero deflusso nella zona 1 del canale.

Pertanto, qualsiasi guasto che porti ad una mancata tensione, anche in condizioni non critiche dal punto di vista idraulico, porterà all'abbattimento della paratoia stessa.

4.3 Logica di funzionamento

In base agli elementi e ai controlli sopra indicati la centrale avrà la seguente logica di funzionamento secondo gli scenari sotto descritti. Si è preferito inquadrare gli scenari in funzione del livello idrico e non in funzione della portata in arrivo al fine garantire elementi certi e verificabili in caso di allerta sia per il produttore che per gli Enti di controllo.

Scenario 1 Livello Idrico inferiore o uguale alla quota 34,20 m.l.m.

In questo scenario lavorativo le paratoie A e B sono aperte mentre la paratoia C rimane alzata a mantenere il livello di turbinamento fino a quota 34,20 m.l.m.;

Nel caso di problematiche inerenti il fermo macchina la paratoia C **si abbassa totalmente** con le modalità descritte nel § 4.2 e viene chiusa la paratoia A;

Nel caso di problematiche inerenti una mancata tensione la paratoia C **si abbassa totalmente** con le modalità descritte nel § 4.2.

Nel caso di problematiche inerenti un guasto ad entrambi i misuratori di livello posti lungo il canale di scarico del Pubblico Condotto (misuratore 1 – 2) la paratoia C **si abbassa totalmente** con le modalità descritte nel § 4.2.

Scenario 2 Livello Idrico superiore alla quota 34,20 m.l.m.

In questo scenario lavorativo le paratoie A e B sono aperte mentre la paratoia C viene regolata automaticamente procedendo ad un abbattimento parziale della stessa per mantenere il livello pari a 34,20 m.l.m. Per la regolazione del livello vengono prese in considerazione le misurazioni delle due sonde di livello poste sul canale di scarico del Pubblico Condotto e viene presa come riferimento, in via cautelativa, la sonda che misura il livello più alto;

Nel caso di problematiche inerenti al fermo macchina la paratoia C si abbassa con le modalità descritte nel § 4.2 e viene chiusa la paratoia A;

Nel caso di problematiche inerenti una mancata tensione la paratoia C si abbassa automaticamente con le modalità descritte nel § 4.2.

Nel caso di problematiche inerenti un guasto ad entrambi i misuratori di livello posti lungo il canale di scarico del Pubblico Condotto (misuratore 1 – 2) la paratoia C **si abbassa totalmente** con le modalità descritte nel § 4.2.

Da rilevare in ogni caso che oltre al sistema indicato nel § 4.2 per la paratoia “a ventola”, il canale di Scarico del Pubblico Condotto è realizzato in modo tale da avere una zona che funge da scolmatore laterale continuo per tutto lo sviluppo del canale stesso che garantisce la sicurezza sul non aumento del livello idrico. Tanto più che la quota del muro divisorio all’interno del canale è leggermente superiore rispetto alla quota di sommità della paratoia C che sarà pari a 34,20 m.l.m. così come evidenziato negli elaborati grafici (Cfr. Tavv. 02 – 04).

5.0 MOVIMENTI TERRA

1. Relativamente ai movimenti terra gli stessi saranno concentrati nella zona del canale di carico e del nuovo manufatto di alloggiamento della centrale. Come accennato precedentemente (Cfr. § 2.5) i fronti di scavo in prossimità del corpo di fabbrica verranno realizzati eseguendo delle opere di sostegno del fronte stesso con ausilio di berlinesi di micropali. Pertanto gli scavi risulteranno nella maggior parte dei casi sub – verticali. Di seguito viene stimato il volume di scavo per la realizzazione del fabbricato di centrale:

Volume di scavo (mc): 390

2. Per quanto concerne il canale di carico è previsto l'utilizzo anche se parziale, del canale esistente e la realizzazione della nuova deviazione verso la centrale. Pertanto nel caso specifico si stima un volume di scavo per gli interventi di modifica del canale esistente pari a:

Volume di scavo (mc): 420

3. Il canale di scarico, ad eccezione del punto di fuoriuscita, che rimarrà inalterato, verrà realizzato ex novo. Pertanto anche nel caso specifico il fronte di scavo interesserà un volume di scavo non indifferente. Sempre al fine di garantire la sicurezza degli edifici esistenti sul lato prospiciente gli stessi il fronte di scavo verrà realizzato con berlinesi di micropali. Nel caso specifico si stima un volume di scavo pari a:

Volume di scavo (mc): 294

4. Per quanto riguarda il locale di consegna ENEL lo stesso avrà una fondazione a platea. Stimando una profondità di scavo del p.c. che si attesta al metro di altezza avremo dei volumi di scavo pari a:

Volume di scavo (mc): 35

A fronte dei suddetti volumi di scavo quelli di riporto saranno notevolmente inferiori, soprattutto per quanto concerne i primi tre interventi che prevedono la realizzazione di opere interrato.

Pertanto i riporti stimati per i quattro interventi sopra indicati possono essere sintetizzati nel seguente modo:

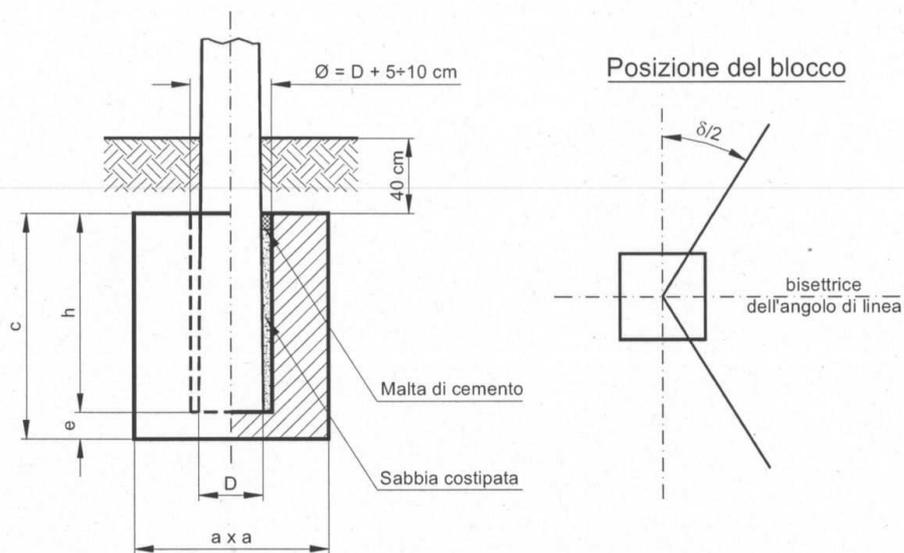
1. **Rinterro: 0 mc**
2. **Rinterro: 140 mc**
3. **Rinterro: 0 mc**
4. **Rinterro: 24 mc**

ALLEGATO 1

Schema fondazioni per la posa del nuovo palo ENEL di connessione alla rete in MT esistente.

	<i>Linee aeree MT in conduttori nudi</i>	Tavola
	MATERIALI SCAVI E FONDAZIONI	M9.1
		Ed. 2.1 Ottobre 2009

INTERRATE PER PALI C.A.C.



Sigla del palo H/tipo/d	h [m]	e [m]	c [m]	M 1 Normale			M 1 Maggiorata		
				a [m]	Vs [m ³]	Vc [m ³]	a [m]	Vs [m ³]	Vc [m ³]
12/B/14 ⁽¹⁾	1.20	0.10	1.30	0.90	1.38	1.05	--	--	--
12/C/18	1.20	0.10	1.30	0.90	1.38	1.05	1.00	1.70	1.30
12/D/20	1.20	0.20	1.40	1.00	1.80	1.40	1.10	2.18	1.69
14/D/20	1.40	0.20	1.60	1.00	2.00	1.60	1.00	2.00	1.60
12/E/24	1.20	0.20	1.40	1.10	2.18	1.69	1.40	3.53	2.74
14/E/24	1.40	0.20	1.60	1.10	2.42	1.94	1.30	3.38	2.70
12/F/27	1.20	0.20	1.40	1.20	2.59	2.02	1.60	4.61	3.58
14/F/27	1.40	0.20	1.60	1.20	2.88	2.30	1.60	5.12	4.10
12/G/31	1.20	0.30	1.50	1.50	4.28	3.38	1.90	6.86	5.42
14/G/31	1.40	0.30	1.70	1.40	4.12	3.33	1.90	7.58	6.14

⁽¹⁾ Questo sostegno, se utilizzato in rettilineo, fatta eccezione per gli attraversamenti delle opere speciali di cui alla Norma Linee e per i terreni di scarsa consistenza, va infisso direttamente nel terreno, avendo cura di effettuare il riempimento dello scavo con strati alterni di terra e ciottolame accuratamente costipati. La profondità di infissione minima deve essere pari a 1,75 m.