

Via P. F. Calvi, 9 - 25123 Brescia - ITALIA
Tel. +39-030-3702371 - Fax +39-030-396143 - info@studiofrosio.it
Codice fiscale e Partita IVA 01690560170 - www.studiofrosio.it

STUDIO FROSIO
STUDIO ASSOCIATO DI INGEGNERIA



VIS S.r.l.

Comune di CASTELNUOVO BOCCA D'ADDA

Provincia di LODI

IMPIANTO IDROELETTRICO "BUDRIESSE"

Valutazione d'Impatto Ambientale

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione tecnica particolareggiata



Nino Frosio

Progettista generale: *dott. ing. Nino Frosio*

INDICE

1	PREMESSE	4
2	ITER AUTORIZZATIVO PREGRESSO	7
3	LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO	12
4	FINALITÀ DEL PROGETTO	13
4.1	VALORIZZAZIONE DELLE RISORSE LOCALI	13
4.2	RIDUZIONE DELLE EMISSIONI CLIMALTERANTI	13
4.3	DIFESA DEL SUOLO	13
4.4	RIPETIBILITÀ DELL'INTERVENTO SUL TERRITORIO	14
5	INQUADRAMENTO RISPETTO ALLA PIANIFICAZIONE ENERGETICA	15
5.1	NAZIONALE E COMUNITARIA	15
5.2	REGIONALE	15
6	IDROLOGIA	17
6.1	BACINO IMBRIFERO	17
6.2	VALUTAZIONE DEL REGIME IDROLOGICO	18
6.3	RILASCI	20
6.4	VALUTAZIONE DELLE PORTATE DISPONIBILI E DERIVATE	21
7	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	22
7.1	SBARRAMENTO	22
7.1.1	<i>Confronto con il progetto di massima</i>	23
7.2	OPERA DI PRESA	23
7.2.1	<i>Confronto con il progetto di massima</i>	24
7.3	PASSAGGIO PER I PESCI	24
7.3.1	<i>Confronto con il progetto di massima</i>	26
7.4	CANALI DI CARICO	27
7.4.1	<i>Confronto con il progetto di massima</i>	27
7.5	CENTRALE E RESTITUZIONE	27
7.5.1	<i>Confronto con il progetto di massima</i>	28
7.6	LINEA ELETTRICA	29
7.6.1	<i>Confronto con il progetto di massima</i>	29
8	DESCRIZIONE GENERALE DELLA TECNOLOGIA DELLO SBARRAMENTO ADOTTATO	30
8.1	INTRODUZIONE	30
8.2	PRESTAZIONI IDRAULICHE	30
8.3	INSTALLAZIONE	31
8.4	TIPI DI SISTEMI DI CONTROLLO	31
8.4.1	<i>Controllo di livello pneumatico</i>	31

8.4.2	<i>Controllori programmabili</i>	31
8.5	SCUDI DELLE PARATOIE	32
8.6	COMPORAMENTO DELLO SBARRAMENTO IN CASO DI PORTATE DI PIENA	32
8.6.1	<i>Livelli idraulici di funzionamento</i>	32
8.6.2	<i>Gestione dello sbarramento e regolazione del livello a monte</i>	33
8.7	CONCLUSIONI	34
9	QUADRO DEGLI UTILIZZI ESISTENTI	35
10	SINTESI DELLE CARATTERISTICHE DELLA DERIVAZIONE	36
10.1	PORTATE	36
10.2	SALTI	36
10.3	POTENZE E PRODUCIBILITÀ	36
10.4	RIASSUNTO DEI DATI CARATTERISTICI DELLA DERIVAZIONE	38
10.4.1	<i>Dati nominali di concessione</i>	38
10.4.2	<i>Potenza ed energia producibili</i>	38
11	ALTERNATIVE PROGETTUALI ESAMINATE	39
11.1	SCELTA DEL MACCHINARIO IDROELETTRICO	39
11.2	SCELTA DELLA TIPOLOGIA DI SBARRAMENTO	40
11.3	SCELTA DELLA TIPOLOGIA E CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA DI SGRIGLIATURA	40
11.4	SCELTA DELLA TIPOLOGIA E CONFIGURAZIONE DEL PASSAGGIO PER PESCI	41
11.5	CONFIGURAZIONE DELLA CENTRALE	41
11.6	LINEA DI ALLACCIAMENTO ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE	42

1 PREMESSE

La presente relazione tecnica illustra il progetto definitivo dell'impianto idroelettrico denominato "Budriesse", da realizzarsi nell'omonima località in comune di Castelnuovo Bocca d'Adda (LO).

Nel passaggio dalla progettazione di massima per la domanda di concessione alla fase di progettazione definitiva per la Valutazione di Impatto Ambientale e Autorizzazione Unica (ai sensi dell'art. 12 del D. Lgs. 387/03) sono stati approfonditi tutti gli aspetti del progetto secondo i criteri che sono espressi nel seguito.

Il primo aspetto che si ritiene indispensabile sottolineare è che al momento della stesura del progetto di massima, nel 2009, era in vigore e disponibile una tariffa fortemente incentivata, mentre attualmente e per il futuro è ragionevole ipotizzare che non si potrà fare conto su tale supporto finanziario, essendo ormai prossimo il raggiungimento del limite di 5.800 M€, che ai sensi del DM 06/7/2012 causa il blocco di ogni incentivo per le energie rinnovabili non fotovoltaiche.

Pur non potendo conoscere le future decisioni governative in materia di incentivazione alle fonti rinnovabili, riteniamo ragionevolmente cautelativa l'ipotesi adottata nel piano finanziario, vale a dire un prezzo di vendita dell'energia che, per l'assenza d'incentivi al momento della messa in servizio dell'impianto, sarà drasticamente ridimensionato rispetto al 2009, dal che consegue la scelta di prevedere la sostenibilità economica dell'iniziativa anche in termini di *grid-parity*, come peraltro è auspicato nei programmi energetici nazionali e comunitari.

A questo proposito, un'interessante alternativa potrebbe essere costituita dalle nuove possibilità di autoconsumo/vendita a privati che si stanno aprendo con la regolamentazione applicativa di tali sistemi, che vanno sotto il nome di SEU. L'impianto di Budriesse sembra prestarsi bene a queste future possibilità, in quanto nelle vicinanze è ubicato lo stabilimento di Solana S.p.A., che si occupa della trasformazione dei pomodori prodotti in zona e i cui prodotti sono esportati al 92%.

Tale possibilità è indubbiamente un elemento a favore della localizzazione dell'impianto di Budriesse, che potrà fornire energia a "chilometri zero" a una realtà produttiva energivora presente sul territorio.

In questo caso l'energia prodotta assumerebbe un valore maggiore, non solo economico per la VIS, ma soprattutto strategico, perché nel contempo andrebbe a diminuire considerevolmente i costi della Solana S.p.A., la quale ne trarrebbe un notevole beneficio in termini di competitività sui difficili mercati internazionali, con ricadute positive su tutta la locale filiera agro-alimentare di produzione e trasformazione del pomodoro.

Proprio per poter accedere in futuro alle possibilità offerte dalle varie forme di autoconsumo regolamentato che stanno venendo avanti, nel progetto è prevista la costruzione, a cura e spese del proponente, d'una linea elettrica a 15 kV lunga circa 2,3 km, totalmente in cavo interrato in terreni di disponibilità della VIS, fino ad attestarsi in una nuova ca-

bina ubicata a pochi metri da quella di collegamento alla rete ENEL AT della Solana S.p.A.. In tal modo la produzione dell'impianto idroelettrico potrà entrare direttamente nella rete nazionale ai prezzi di mercato, che è l'ipotesi peggiore dal punto di vista economico cautelativamente adottata nel piano finanziario, oppure, se vi saranno le condizioni normative per farlo, l'impianto sarà già predisposto per alimentare in primo luogo la Solana S.p.A. e immettere in rete le sole eccedenze.

È evidente quanto la realistica ipotesi di confrontarsi con il mercato senza il supporto d'incentivi sia sfidante per un piccolo impianto idroelettrico caratterizzato da un salto motore bassissimo (tra 4,80 e 1,50 m) e da una portata massima considerevole (120 m³/s), condizionando fortemente la progettazione a livello definitivo, che è a corredo della VIA nazionale e dell'Autorizzazione Unica.

Di conseguenza ogni scelta impiantistica e costruttiva del progetto è stata riconsiderata nel dettaglio rispetto al precedente progetto di massima per concessione, alla ricerca costante di soluzioni che consentissero il contenimento dei costi, sia d'investimento che d'esercizio, senza però andare a intaccare l'affidabilità e le prestazioni dell'impianto, cosa che avrebbe vanificato la ricercata sostenibilità economica dell'iniziativa.

Un altro aspetto che ha condizionato fortemente la riprogettazione a livello definitivo è stata la volontà d'accogliere e ottemperare le varie prescrizioni, o solo commenti e osservazioni, riguardanti agli aspetti ambientali, che sono state espresse sul progetto di massima dai vari uffici nel corso del percorso autorizzativo già affrontato.

Riteniamo quindi l'iniziativa in argomento particolarmente meritoria, in quanto assicura una significativa produzione d'energia rinnovabile di qualità, qual è quella idroelettrica, senza alcuna ricaduta di costo sulla comunità, in termini d'aggravio della bolletta elettrica per incentivi.

Inoltre si evidenzia che alcuni aspetti ambientali, quali il conseguimento della continuità biologica a cavallo della traversa esistente, potranno essere conseguiti solo realizzando il progetto, mentre andrebbero perduti in caso contrario.

Non da ultimo sono da considerare le ricadute positive sull'economia e l'occupazione - anche in fase d'esercizio - del cospicuo investimento necessario per la realizzazione dell'impianto di Budriesse, soprattutto in un periodo di scarsa propensione agli investimenti produttivi.

Riguardo al percorso autorizzativo, è rilevante sottolineare che il progetto definitivo mantiene inalterati i parametri caratteristici della domanda posta in istruttoria e cioè:

- la portata massima di concessione, pari a 120,0 m³/s;
- il salto nominale di concessione, pari a 3,0 m;
- le zone di presa e di restituzione situate a cavallo della traversa, cosicché l'impianto continua a configurarsi come puntuale (*on-flow*).

Dal punto di vista redazionale, la presente relazione è stata strutturata secondo quanto previsto dall'art. 13.1 del D.M. Sviluppo Economico del 10/9/2010, tenendo inoltre

conto di quanto previsto dall'art. 5 comma 1 lett. h) del D.Lgs. 152/2006 (Testo Unico sull'ambiente) e s.m.i., a cui rimanda la normativa in materia di VIA per la definizione del progetto definitivo. In realtà l'articolo citato definisce il progetto definitivo come *“gli elaborati predisposti in conformità all'art. 93 del Decreto n. 163 del 2006 nel caso di opere pubbliche; negli altri casi, il progetto che presenta almeno un livello informativo e di dettaglio equivalente ai fini della valutazione ambientale”*.

Quest'ultimo decreto, cioè il codice dei contratti pubblici, al suddetto art. 93 fornisce la definizione compiuta: *“il progetto definitivo individua compiutamente i lavori da realizzare, nel rispetto delle esigenze, dei criteri, dei vincoli, degli indirizzi e delle indicazioni stabiliti nel progetto preliminare e contiene tutti gli elementi necessari ai fini del rilascio delle prescritte autorizzazioni e approvazioni. Esso consiste in una relazione descrittiva dei criteri utilizzati per le scelte progettuali, nonché delle caratteristiche dei materiali prescelti e dell'inserimento delle opere sul territorio; nello studio di impatto ambientale ove previsto; in disegni generali nelle opportune scale descrittivi delle principali caratteristiche delle opere, e delle soluzioni architettoniche, delle superfici e dei volumi da realizzare, compresi quelli per l'individuazione del tipo di fondazione; negli studi e indagini preliminari occorrenti con riguardo alla natura e alle caratteristiche dell'opera; nei calcoli preliminari delle strutture e degli impianti; in un disciplinare descrittivo degli elementi prestazionali, tecnici ed economici previsti in progetto nonché in un computo metrico estimativo, Gli studi e le indagini occorrenti, quali quelli di tipo geognostico, idrologico, sismico, agronomico, biologico, chimico, i rilievi e i sondaggi, sono condotti fino a un livello tale da consentire i calcoli preliminari delle strutture e degli impianti e lo sviluppo del computo metrico estimativo”*.

Questo è dunque il riferimento normativo che definisce il livello di progettazione da conseguire.

Si precisa infine che, allo scopo di rendere più leggibile l'intero progetto, alcuni aspetti di dettaglio dello stesso sono trattati nelle relazioni specifiche allegate alla presente.

2 ITER AUTORIZZATIVO PREGRESSO

In data 20/1/2010 la società VIS S.r.l. ha presentato alla Provincia di Lodi l'istanza di derivazione d'acqua pubblica dal fiume Adda in comune di Castelnuovo Bocca d'Adda a scopo idroelettrico, in concorrenza con la domanda presentata dalla Società SC&C in data 13/05/2009, a sua volta in concorrenza con la domanda presentata dalla società IS Renewable in data 29/08/2008.

Con nota del 18/02/2010 (prot. prov. 5342) è stato dato avvio al procedimento, pubblicando la domanda sul BURL n. 32 del 11/08/2010; entro il termine di 30 giorni previsto dall'art. 12 del R.R. n. 2/2006 non sono pervenute domande incompatibili.

Copia dell'avviso di istanza è stata affissa all'Albo pretorio del comune di Castelnuovo Bocca d'Adda dal 23/08/2010 al 12/09/2010, senza che siano pervenute, in tale periodo, osservazioni e opposizioni. Copia della documentazione tecnica è stata inoltre trasmessa agli Enti chiamati a esprimersi ai sensi del sopracitato R.R. 2/2006.

Contestualmente alla domanda di concessione, con nota prot. prov. 1386 del 18/1/2010, la società VIS S.r.l. ha presentato alla Struttura VIA della Regione Lombardia l'istanza di verifica di assoggettabilità alla procedura di VIA, successivamente ritirata con nota prot. prov. 9840 del 25/3/2010 alla luce della sopravvenuta L.R. 5/2010, che al punto 2.m) dell'Allegato B (*Progetti sottoposti alla verifica di assoggettabilità a VIA*) esclude dalla procedura in argomento gli impianti idroelettrici ad acqua fluente con centrale collocata nel corpo o in adiacenza della traversa e con restituzione dell'acqua turbinata immediatamente a valle della stessa.

In risposta alla nota del 18/2/2010 (prot. prov. 5342) della Provincia di Lodi, la società istante ha presentato alcune integrazioni, tra cui il progetto del passaggio per i pesci, redatto secondo i *Protocolli* provinciali per la progettazione di tali opere.

In seguito, in risposta alla nota del 18/2/2010 (prot. prov. 5342) della Provincia di Lodi, è stato prodotto un nuovo progetto di passaggio per i pesci (passando dalla tipologia "rampa rustica" a quella a fessure verticali) e uno studio sull'effetto d'invaso.

In data 11/5/2011 si è tenuta presso la Provincia di Lodi (Ente istruttore della pratica) la prima Conferenza dei Servizi, relativa alle istanze di derivazione in concorrenza, in cui sono confluiti i pareri e nulla osta emessi fino ad allora sul progetto in esame, di seguito riassunti.

- Nulla osta ai soli fini militari espresso dal Comando Militare Esercito Lombardia con nota pervenuta in data 16/7/2010 al prot. prov. 22425.
- Parere favorevole all'esecuzione dei lavori espresso da AIPO (Agenzia Interregionale per il fiume Po) con nota pervenuta in data 6/9/2010 al prot. prov. 26581 e, in seguito alla convocazione della Conferenza dei Servizi in oggetto, ribadito con nota pervenuta in data 12/4/2011 al prot. prov. 11373.
- Parere espresso dal Consorzio dell'Adda con nota pervenuta in data 29/6/2010 al prot. prov. 20501, in cui:

- si richiedono maggiori dettagli sull'estensione del rigurgito, che in alcuni elaborati progettuali sembra continuare fino a Pizzighettone, con il rischio di danneggiare l'impianto idroelettrico dell'utente SHEN S.p.A.;
- si evidenziano alcune problematiche che andrebbero riviste almeno in fase di autorizzazione esecutiva, quali la stabilità delle sponde e l'innalzamento della falda, la determinazione del volume d'invaso e l'incidenza sui costi di bonifica.
- Nota del 5/5/2011 (prot. prov. 13693) con cui AdBPo (Autorità di Bacino del fiume Po) esprime parere favorevole, subordinato alla verifica da parte dell'Ente istruttore del rispetto di alcune prescrizioni (rilascio del DMV calcolato secondo la formula della stessa AdBPo; coerenza del progetto con obiettivi e indirizzi della pianificazione vigente; coerenza degli interventi di mitigazione con gli obiettivi di qualità del Piano di Gestione del corpo idrico) e all'acquisizione, sempre da parte dell'Ente istruttore, degli ulteriori pareri (compatibilità idrogeologica, possibilità di ottenere la medesima produzione di energia con altri mezzi significativamente migliori sul piano ambientale) e integrazioni (programma di monitoraggio, piano di dismissione e ripristino dei luoghi) necessari.
- Considerazioni espresse dalla Provincia di Cremona - Settore Caccia, Pesca e Aree Naturali - con nota pervenuta in data 9/5/2011 al prot. prov. 14036, in cui si segnala che il progetto potrebbe avere ripercussioni sui siti della Rete Europea Natura 2000 (SIC/ZPS "Spiaggioni di Spinadesco" in particolare) e si attendono elaborati più completi per esprimere parere in merito.
- Nota pervenuta in data 21/6/2010 (prot. prov. 19637) con cui la Regione Lombardia - Sede Territoriale di Lodi - comunica che il progetto rientra nell'ambito di applicazione della L.R. 8/1998 (normativa sulle dighe di competenza regionale) e richiede quindi la perizia sulle caratteristiche di stabilità e sicurezza; la società VIS S.r.l. ha risposto che l'adempimento di produrre la documentazione tecnica prevista dalla normativa vigente sulla sicurezza idraulica e strutturale dell'opera ricade nella fase successiva dell'istruttoria, quando saranno state risolte le concorrenze e l'istanza di concessione sarà istruita nell'ambito del procedimento di Autorizzazione Unica. La Regione - STER Lodi richiede infine una relazione sul calcolo del volume d'invaso per le valutazioni di competenza.
- Considerazioni del Dipartimento Agricoltura e Ambiente Rurale della Provincia di Lodi sul progetto di passaggio per i pesci presentato dallo società istante in data 30/3/2010 (prot. prov. 10395) e integrato con nota del 29/11/2010 (prot. prov. 35164). Le considerazioni riguardano in particolare i seguenti punti:
 - richiesta di rilasciare, anche in condizioni di magra, almeno 100 l/s per metro lineare della traversa, oltre alle portate rilasciate dal passaggio, per garantire adeguate condizioni di movimentazione delle acque (e quindi di ossigenazione) per consentire lo svolgersi dei normali processi autodepurativi che contraddi-

stinguono le acque correnti, nell'ottica del rispetto del principio di "non deterioramento" della Direttiva Europea 2000/60/CE;

- richiesta di dati sulla velocità di corrente nel canale di adduzione nelle diverse condizioni di portata e sui dispositivi di dissuasione aggiuntivi previsti;
 - considerazioni generiche sull'effetto di bacinizzazione a monte della traversa e sull'aumento dell'invalicabilità per l'ittiofauna.
- Risposta della Regione Lombardia alla Provincia di Lodi, che chiedeva un supporto nell'applicazione della D.G.R. n. 6232 del 19/12/2007, la quale all'art. 3.6 afferma che "le derivazioni ad uso idroelettrico ad acqua fluente con centrale collocata nel corpo della traversa (o in adiacenza alla stessa) che restituiscono le acque turbinate immediatamente al piede della traversa medesima garantendo la continuità idraulica nel corso d'acqua, non necessitano di rilascio del DMV". La Regione ha chiarito che la condizione affinché tali impianti possano beneficiare della speciale disciplina derogatoria è che sia garantita la continuità idraulica del corso d'acqua pubblico, ovvero che l'utilizzo dell'acqua avvenga garantendo lo stesso rilascio e la stessa continuità idraulica che sarebbero garantite nell'alveo naturale a valle dello sbarramento (o traversa) in assenza dell'uso idroelettrico; non potendo essere consentita alcuna sottensione di alveo naturale, la restituzione dell'acqua deve avvenire garantendo la presenza continua di acqua nel paramento di valle dell'opera trasversale di intercettazione. Alla luce di tali chiarimenti, la Provincia ha ritenuto di trasmettere il verbale della Conferenza alla struttura regionale di coordinamento, per verificare la necessità di assoggettamento al rilascio del DMV.

A seguito di tale Conferenza, con nota prot. prov. 29510 del 18/10/2011, la Provincia di Lodi ha trasmesso copia della documentazione progettuale alle Province di Cremona e Piacenza, affinché potessero esprimere il parere di propria competenza sulle eventuali ripercussioni del progetto sui vicini siti ricadenti nella Rete Natura 2000. In particolare la Provincia di Cremona ha ritenuto opportuno attivare la procedura di Valutazione di Incidenza Ambientale per il SIC "Spiaggioni di Spinadesco". Essa si è conclusa con il rilascio, da parte del Settore Agricoltura e Ambiente della Provincia di Cremona, del Decreto n. 46 del 15/1/2013, il quale esprime parere positivo subordinato al rispetto di alcune prescrizioni, riguardanti la realizzazione del passaggio per i pesci come da progetto, la precisazione nel progetto esecutivo delle misure per salvaguardare lo svallamento dei pesci, impedendone l'ingresso nelle camere di carico e infine un programma di monitoraggio ambientale biennale, più altri tre anni di monitoraggio sull'ittiofauna.

In data 11/4/2012 si è tenuta, sempre presso la Provincia di Lodi, la seconda Conferenza dei Servizi, i cui esiti sono riassumibili come segue.

- La domanda di concessione non risulta più in concorrenza, perché le due società concorrenti hanno rinunciato a proseguire le proprie istruttorie.
- In data 12/1/2012 la società VIS S.r.l. ha trasmesso all'Ente istruttore il programma

di monitoraggio del tratto di corpo idrico interessato dalla gestione delle opere.

- Con nota pervenuta in data 18/1/2012 al prot. prov. 1029, la società VIS S.r.l. ha trasmesso all'Ente istruttore le risposte al parere di AdBPo e in particolare:
 - ha allegato il programma di monitoraggio del tratto di corpo idrico interessato dalla gestione delle opere;
 - ha comunicato che il progetto degli interventi di dismissione dell'impianto e delle misure di reinserimento e recupero ambientale sarà presentato nell'ambito del procedimento per il rilascio dell'Autorizzazione Unica per la costruzione e l'esercizio dell'impianto ai sensi del D. Lgs. 387/2003;
 - ha recepito l'imposizione della Provincia di Lodi di rilasciare 100 l/s per metro di sviluppo della traversa in aggiunta alle portate defluenti dalla scala pesci.
- La Sede Territoriale di Lodi della Regione Lombardia, con nota pervenuta in data 11/1/2012 al prot. prov. 638, ha segnalato che la competenza dello sbarramento, considerato il volume d'invaso stimato in 3 milioni di m³, è attribuita al M.I.T. (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti). Di conseguenza la società VIS S.r.l. e la Provincia di Lodi hanno trasmesso al M.I.T. (con note del 20/2/2012 prot. prov 4957 e del 27/2/2012 prot. prov 5869) tutta la documentazione progettuale.
- Con note del 16/2/2012 e 8/3/2012 (prot. prov. 5000 e 7342) il M.I.T. ha espresso il proprio parere di competenza, chiedendo in particolare una relazione idraulica specifica in cui siano dettagliati i calcoli idraulici che portano a definire inequivocabilmente l'altezza e il volume d'invaso della traversa ai sensi del D.M. 24/3/1982 e del D.L. n. 507/1994, trasmettendo specifica nota tecnica integrativa della documentazione agli atti dell'Ufficio Tecnico per le Dighe di Milano.
- Con nota del 5/4/2012 (prot. prov. 11082) il Consorzio dell'Adda ha espresso il proprio parere di competenza, in cui suggerisce che la società VIS S.r.l. possa accordarsi con SHEN S.r.l. la quale gestisce l'impianto di Maleo-Pizzighettone, il cui livello di valle risulta influenzato dal rigurgito del realizzando sbarramento di Budriesse per basse portate, in base ai modelli idraulici implementati.
- Con nota pervenuta in data 10/4/2012 al prot. prov. 11504 la Regione Lombardia - D.G. Ambiente Energia e Reti - ha segnalato che spetta all'autorità concedente (in questo caso l'U.O. Aria Acqua ed Energia della Provincia di Lodi) valutare la compatibilità delle istanze di derivazione con il quadro normativo (PTUA, PBI e PdG) vigente in tema di pianificazione delle acque;
- Il Dipartimento Agricoltura e Ambiente Rurale della Provincia di Lodi con nota del 6/3/2012 ha confermato interamente quanto già espresso nel parere del 5/5/2011, di cui s'è detto a proposito della prima Conferenza.

Inoltre, nelle premesse del verbale della Conferenza dei Servizi in oggetto, la Provincia segnala di aver chiesto con nota del 7/3/2012 (prot. prov. 6913) alla Regione Lombardia - D.G. Ambiente Energia e Reti di riscontro del non assoggettamento di tale progetto

alle procedure previste dalla L.R. 5/2010.

In data 8/5/2013 presso la Provincia di Lodi si è tenuta la terza Conferenza dei Servizi, in cui sono confluiti numerosi pareri e osservazioni. Alle osservazioni sul progetto, tutte molto simili o comunque collegate tra loro, la società VIS S.r.l. ha risposto presentando le *Controdeduzioni del proponente* e *Considerazioni idrogeologiche*, entrambe allegate alla documentazione progettuale. I pareri espressi sono invece riassunti di seguito.

- Con nota del 5/6/2012 (prot. prov. 17931) la Provincia di Piacenza ha rilevato la necessità di prescrivere uno specifico monitoraggio *ante operam* e *post operam* per verificare l'invarianza del passaggio dell'ittiofauna in seguito alla realizzazione del manufatto, nonché l'impegno a realizzare gli eventuali interventi di adeguamento in caso il monitoraggio evidenziasse problemi di funzionamento dell'opera.
- Il M.I.T., ricevuta la documentazione integrativa richiesta, con nota del 19/9/2012 (prot. prov. 27687) ha espresso parere finale, ripreso con nota del 23/4/2013, in cui si esprime parere favorevole sul progetto preliminare e si afferma che dovrà essere presentato il progetto definitivo ai fini dell'istruttoria per l'approvazione (ai sensi dell'art. 1 del D.Lgs 507/94, convertito con L. 584/94) da parte del M.I.T. stesso.

Anche in questo caso, nelle premesse del verbale della Conferenza, la Provincia ricorda che il verbale della prima Conferenza è stato trasmesso alla Struttura VIA regionale - già interpellata in proposito dalla stessa VIS S.r.l., come detto in precedenza - per avere riscontro sull'esclusione del progetto in questione dalla verifica di assoggettabilità a VIA; questa richiesta di riscontro e così pure le successive, formulate con note prot. prov. 6913 del 7/3/2012 e prot. prov. 13031 del 24/4/2012, non hanno ricevuto alcuna risposta dalla competente struttura regionale.

Infine, con nota prot. n. T1.2013.0016232 del 22/5/2013, la precitata struttura VIA della Regione Lombardia (già interpellata più volte al riguardo, come visto) ha segnalato che le opere in progetto, prevedendo un volume di invaso pari a 3 milioni m³, "non risultano comprese nell'Allegato B lettera a) della L.R. 5/2010" (in base a cui era stata ritirata l'istanza di verifica di assoggettabilità alla procedura di VIA) "ma potrebbero ricadere nella tipologia di cui al punto 13 dell'Allegato II alla parte II del D.Lgs. 152/2006¹ e in tal caso essere soggette a VIA statale".

Di conseguenza è stato redatto il presente progetto definitivo.

¹ Dighe ed altri impianti destinati a trattenere le acque o ad accumularle in modo durevole di altezza superiore a 10 m e/o di capacità superiore a 100.000 m³.

3 LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

Il progetto in esame riguarda l'utilizzazione idroelettrica delle portate del fiume Adda, poco a monte della sua confluenza nel fiume Po, dove funge da confine tra le Province di Lodi in sponda idrografica destra e Cremona in sponda sinistra. L'area interessata è situata sulla sponda destra (lodigiana) in località Budriesse del comune di Castelnuovo Bocca d'Adda, immediatamente a valle dello scarico del Collettore Adda-Maccastorna, localmente detto anche "Chiavicone".

Le coordinate della nuova centrale sono 45,14° di latitudine e 9,87° di longitudine.

Le opere fuori alveo in sponda destra insistono su aree di proprietà del proponente, mentre le opere in alveo sono su aree demaniali.

In particolare sono interessati i mappali n. 15, 163, 164, 165, 166, 167, 168 e 169 del Foglio n. 1 del comune di Castelnuovo Bocca d'Adda.

Poiché il fiume Adda è un affluente in sponda idrografica sinistra del Po, l'asta fluviale interessata dal progetto appartiene al bacino idrografico del fiume Po.

4 FINALITÀ DEL PROGETTO

Obiettivo del progetto di realizzazione dell'impianto idroelettrico sul fiume Adda è l'utilizzo della risorsa di energia rinnovabile costituita dai deflussi del medesimo fiume in corrispondenza d'un salto di fondo nel comune di Castelnuovo Bocca d'Adda.

La realizzazione dell'impianto idroelettrico, oltre ai noti benefici su grande scala connessi con l'utilizzo di una fonte di energia rinnovabile come la riduzione della dipendenza da combustibile fossile e la riduzione di emissioni nocive (ossidi di zolfo e di azoto, particolati) o responsabili delle alterazioni climatiche (anidride carbonica, metano, ecc.), ha una ricaduta positiva anche locale.

L'utilizzo di una risorsa naturale ha certamente l'effetto di valorizzarla agli occhi della popolazione, considerando anche le ricadute positive sulle attività agroalimentari della zona, stimolandone quindi il rispetto e la cura.

La presenza di opere produttive costringe, fornendone contemporaneamente i mezzi, a costanti e puntuali presidi e manutenzione del territorio prevenendo dissesti e degradi.

4.1 VALORIZZAZIONE DELLE RISORSE LOCALI

La realizzazione di un impianto idroelettrico rappresenta per la comunità un'attraente possibilità di reperire risorse finanziarie per mantenere competitivo l'interesse a investire nelle aziende che operano nella zona; inoltre si inserisce nella tradizione di utilizzo consapevole del territorio e rappresenta un'occasione di rinnovata attenzione a esso: la presenza di una iniziativa economica che interessa direttamente l'ambiente rurale può infatti costituire, se ben gestita, un motore di manutenzione e di salvaguardia di fasce fluviali altrimenti abbandonate.

4.2 RIDUZIONE DELLE EMISSIONI CLIMALTERANTI

La produzione di energia da fonte rinnovabile permette un minore consumo di energia da fonte convenzionale (derivati del petrolio, carbone, gas, ecc.) il cui processo di produzione genera invece emissioni atmosferiche responsabili sia di fenomeni di inquinamento che di alterazioni climatiche.

In particolare l'ulteriore incremento della già elevata concentrazione di CO₂ in atmosfera è fonte di preoccupazione nell'opinione pubblica mondiale proprio in relazione alle variazioni climatiche già in essere.

In occasione della conferenza mondiale di Kyoto, l'Unione Europea e la stessa Italia hanno assunto impegni precisi relativamente alla riduzione delle emissioni di CO₂ e degli altri gas responsabili delle alterazioni del clima (il metano, per esempio); da quegli impegni sono nate politiche di incentivazione nazionali dell'uso delle fonti di energia rinnovabili, dai cosiddetti "certificati verdi" alle tariffe *feed-in* di recente emanazione.

4.3 DIFESA DEL SUOLO

La gestione e la manutenzione dell'impianto garantirà una presenza e un controllo continuativo del territorio e di aree che potrebbero col tempo essere abbandonate a se

stesse. La manutenzione costituirà un contributo alla difesa del suolo, mentre il controllo del territorio permetterà una efficace prevenzione di dissesti futuri.

4.4 RIPETIBILITÀ DELL'INTERVENTO SUL TERRITORIO

Le problematiche relative alla realizzazione d'un impianto idroelettrico in ambiente a vocazione prevalentemente agricola e al suo corretto inserimento nell'ambiente sono in gran parte indipendenti dalla localizzazione puntuale dell'impianto stesso. Comuni sono le difficoltà logistiche imposte per non alterare la rete infrastrutturale presente; comune la collocazione in aree di discreto valore ambientale, mediamente antropizzate, talvolta inserite all'interno di parchi naturali; comune la storia sociale ed economica dei luoghi caratterizzata dallo sfruttamento della risorsa idrica, prima ai fini dell'agricoltura e poi dell'industria.

Queste caratteristiche sono simili a gran parte delle iniziative realizzate nell'intera area rurale Lombarda e non solo; tali realizzazioni hanno dimostrato la piena compatibilità di iniziative del tipo qui proposto con le caratteristiche ambientali del territorio.

Con particolare riferimento agli impianti realizzati a cavallo di una traversa come quello in progetto, si cita l'esempio della D.G.R. 1793/2008 dell'Emilia-Romagna, che al fine di tutelare i corpi idrici da un'eccessiva artificializzazione stabilisce l'incompatibilità tecnica di nuove domande di derivazione idroelettrica a distanza inferiore al doppio del tratto sotteso da derivazioni preesistenti, ma non si applica agli impianti puntuali, con prelievo immediatamente a monte dello sbarramento e rilascio immediatamente a valle, poiché essi sottendono solo il tratto artificiale occupato dallo sbarramento stesso.

Anche la L.R. 5/2010 della Lombardia, come visto al cap. 2, esclude dalla procedura di verifica di assoggettabilità a VIA gli impianti idroelettrici ad acqua fluente con centrale collocata nel corpo o in adiacenza della traversa e con restituzione dell'acqua turbinata immediatamente a valle della stessa, asseverando implicitamente con tale provvedimento l'irrilevanza di questa tipologia d'impianti idroelettrici riguardo agli impatti ambientali.

5 INQUADRAMENTO RISPETTO ALLA PIANIFICAZIONE ENERGETICA

5.1 NAZIONALE E COMUNITARIA

La valorizzazione delle risorse idriche per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile rientra nelle priorità stabilite dall'Unione Europea nell'ambito degli impegni da essa e dai suoi Stati Membri assunti con l'adesione al protocollo di Kyoto.

A questo specifico scopo è stata emanata il 27 settembre 2001 la Direttiva 2001/77/CE, del Parlamento europeo e del Consiglio, sulla "promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità", Direttiva recepita dall'Italia con D. Lgs. 29 dicembre 2003 n. 387 che ribadisce che *le opere per la realizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, ..., sono di pubblica utilità ed indifferibili ed urgenti.*

Con l'approvazione della Direttiva 2009/28/CE sulla *promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili* il Parlamento Europeo ha posto l'obiettivo globale del 20% (17% per l'Italia) del consumo interno lordo di energia nel 2020 da fonti rinnovabili che ad oggi, con la maturità tecnologica raggiunta dalle diverse fonti, è raggiungibile mediante l'utilizzazione del potenziale idroelettrico residuo dell'Unione.

In quest'ambito strategico di settore si inquadra la normativa italiana sull'incentivazione alle energie rinnovabili, su cui però l'impianto in progetto non fa più conto, come illustrato in premessa.

5.2 REGIONALE

Al fine di raggiungere gli obiettivi strategici fissati nel Atto di Indirizzo del 2002, la Regione Lombardia ha individuato specifiche linee di intervento a seguito dell'aggiornamento del Bilancio energetico regionale al 31 dicembre 2004. Nel Piano d'Azione per l'Energia (PAE) s'è provveduto a ricostruire integralmente il Bilancio energetico regionale, che rappresenta di fatto il nuovo contesto energetico lombardo sia dal lato della domanda sia da quello dell'offerta.

Gli indirizzi di politica energetica del Piano Energetico Regionale si ponevano come risultanza di ipotesi di sviluppo maturate sulla base del Bilancio energetico elaborato al 31 dicembre 2000.

Le seguenti linee d'intervento del PAE, redatto a seguito dell'aggiornamento del bilancio energetico del 2004 e approvato il 7-3-2007, contengono, in una riformulazione più definita e netta, tutti gli elementi indicati nella D.C.R. del 2002:

1. *raggiungimento, per quanto attiene alla quota parte attribuibile al territorio lombardo, degli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra fissati dal Protocollo di Kyoto e contestuale contributo al miglioramento della qualità dell'aria;*
2. *incremento della quota di copertura del fabbisogno elettrico attraverso le fonti energetiche rinnovabili e contributo della Lombardia al raggiungimento degli obiettivi della Direttiva 2001/77/CE;*

3. *diminuzione dei consumi energetici negli usi finali, nel rispetto della Direttiva 2006/32/CE concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici;*
4. *incremento della sicurezza dell'approvvigionamento del sistema energetico regionale e contestuale miglioramento del mercato energetico, che tenga conto delle esigenze delle utenze, tramite il contenimento dei costi, la riduzione degli impatti ambientali locali e regionali, la valorizzazione delle vocazioni territoriali e lo sviluppo di imprenditoria specializzata che inneschi dinamiche positive di incremento dell'occupazione.*

Dall'analisi dello stato di fatto del sistema impiantistico idroelettrico lombardo al 2005 emerge come la risorsa idroelettrica mantenga, nonostante una contrazione della producibilità media annua verificatasi negli ultimi anni, un ruolo significativo in termini di soddisfacimento del fabbisogno elettrico regionale, contribuendo con una quota pari al 17,8% e un ruolo preponderante tra le fonti rinnovabili, dove rappresenta oltre l'80%.

Le linee d'intervento del PAE sono riconducibili a due ambiti operativi:

- promozione degli impianti di piccola taglia, definiti come mini-idroelettrico, cioè con potenza nominale < 3 MW;
- mantenimento in efficienza dell'attuale capacità produttiva, in buona parte correlata ad un parco impianti vetusto e bisognoso di importanti interventi di manutenzione straordinaria, unitamente ad una più generale razionalizzazione del sistema impiantistico e dei prelievi a livello di singola asta e di bacino idrografico coerenti con gli obiettivi del Piano di Tutela delle Acque, quale nuovo strumento di pianificazione integrata delle risorse idriche.

In particolare, per quanto riguarda il settore idroelettrico, in uno scenario medio il Piano prevedeva un incremento della produzione energetica dalla risorsa idrica di 500 GWh all'anno dal *repowering* di impianti esistenti e di 128 GWh all'anno dall'incremento del mini-idroelettrico su canali irrigui.

L'impianto idroelettrico di Budriesse è conforme agli indirizzi proposti dal PAE, poiché è dimensionalmente di piccola taglia² e non modifica l'utilizzo attuale della risorsa, trattandosi d'un impianto puntuale (*on flow*) con opera di presa e restituzione immediatamente a monte e valle di una briglia esistente.

² Su scala europea, l'idroelettrico minore (*Small Hydro*) ha come soglia superiore la potenza installata di 10 MW, limite adottato anche dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas del nostro Paese nella definizione della materia relativa a trasmissione e dispacciamento. La normativa italiana relativa alle concessioni idroelettriche distingue invece tra piccole e grandi derivazioni e la soglia limite tra le due è pari a 3.000 kW di potenza nominale. In ogni caso l'impianto in progetto può essere definito di piccola taglia.

6 IDROLOGIA

Anzitutto, come detto in premessa, il presente progetto definitivo mantiene inalterati i parametri caratteristici della domanda di concessione, in particolare la portata massima richiesta e la zona di presa e di restituzione, situate a cavallo della traversa, cosicché l'impianto continua a configurarsi come puntuale (*on-flow*).

Nei paragrafi seguenti sono dunque ripercorse e descritte le valutazioni idrologiche, ponendo in evidenza gli aggiornamenti ed elementi di novità rispetto a quanto previsto in sede di progetto preliminare.

6.1 BACINO IMBRIFERO

L'impianto utilizza le acque del Fiume Adda, emissario del Lago di Como, derivate in comune di Castelnuovo Bocca d'Adda, località Budriesse, appena a monte della confluenza dell'Adda nel Po.

Di conseguenza il bacino idrografico sotteso dall'opera è praticamente coincidente con quello totale dell'Adda, pari a quasi 8.000 km².

Si riportano dunque le caratteristiche idrometriche e pluviometriche fornite dal PTUA della Regione Lombardia per la sezione di calcolo denominata appunto "Confluenza Adda-Po":

▪ Superficie (A)	7.979 km ²
▪ Altitudine media (H _{med})	884,55 m s.l.m.
▪ Altitudine massima (H _{max})	3.999 m s.l.m.
▪ Altitudine della sezione di chiusura (H _{min})	33 m s.l.m.
▪ Pendenza media del bacino (i _m)	4,44%

La pendenza media del bacino (i_m) è stata stimata con l'espressione seguente³

$$i_m = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{\sqrt{A}}$$

³ Espressione proposta dal Rapporto finale del Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale e del Rilevamento – "Disponibilità ed ottimizzazione nell'uso della risorsa idrica" (Giugno 1998).

6.2 VALUTAZIONE DEL REGIME IDROLOGICO

Poiché, ove possibile, è preferibile determinare il regime di un corpo idrico in base alle misure effettuate direttamente o indirettamente, già in sede di progettazione preliminare è stata eseguita una ricerca di dati idrologici relativi al fiume Adda e anche al Po, dato che quest'ultimo influenza fortemente il regime idraulico del suo immissario.

Per il Po si è fatto riferimento agli Annali Idrologici dell'ARPA Emilia-Romagna per il periodo 1999-2007; essi contengono, tra l'altro, i valori medi giornalieri di livelli e portate alle stazioni di misura, in particolare a quella di Cremona, situata circa 12 km lungo il corso del Po a valle della confluenza. Inoltre gli Annali forniscono, in forma tabulare, una scala dei deflussi (cioè una relazione biunivoca tra i livelli letti all'idrometro e le corrispondenti portate defluenti in alveo) e una curva di durata delle portate.

Per quanto riguarda l'Adda, invece, i dati disponibili sono frammentari e poco sistematici, e l'idrometro di Pizzighettone risulta poco utile per uno studio idrologico, poiché l'impianto idroelettrico presente poco a valle determina un rigurgito non costante né formalizzabile analiticamente o numericamente; lo sbarramento infatti è a soglia fissa e quindi tracimabile, cosicché i livelli idrometrici di monte non possono essere associati con sicurezza alla portata totale effettivamente presente in alveo.

Pertanto si è deciso di determinare per punti la curva di durata delle portate dell'Adda alla foce, basata su un bilancio di massa semplificato del Po tra le stazioni idrometriche di Piacenza e di Cremona, entrambe riportate negli Annali Idrologici.

Le ipotesi semplificative di tale procedura sono essenzialmente due:

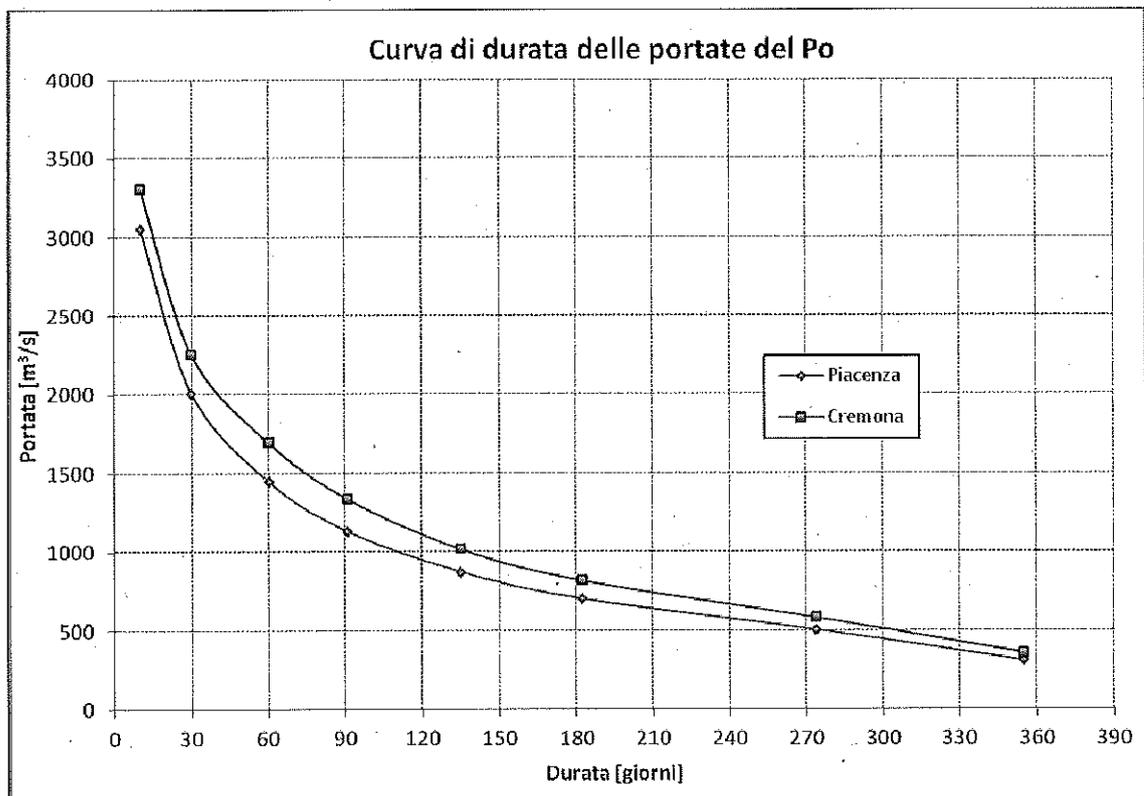
- la contemporaneità delle portate del Po nelle due sezioni, ad esempio in corrispondenza della portata superata mediamente tre mesi all'anno Q_{91} a Cremona si assume che la portata defluente a Piacenza sia proprio la rispettiva Q_{91} ;
- la trascurabilità del modesto bacino idrografico residuo del fiume Po, poiché le due sezioni in oggetto sottendono superfici rispettivamente pari a $S_{CR} = 50.726 \text{ km}^2$ e $S_{PC} = 42.030 \text{ km}^2$, mentre l'Adda alla confluenza nel Po drena come detto un bacino di area $S_{ADDA} = 7.979 \text{ km}^2$, pertanto si trascurano i deflussi dovuti ai restanti $50.726 - 42.030 - 7.979 = 717 \text{ km}^2$.

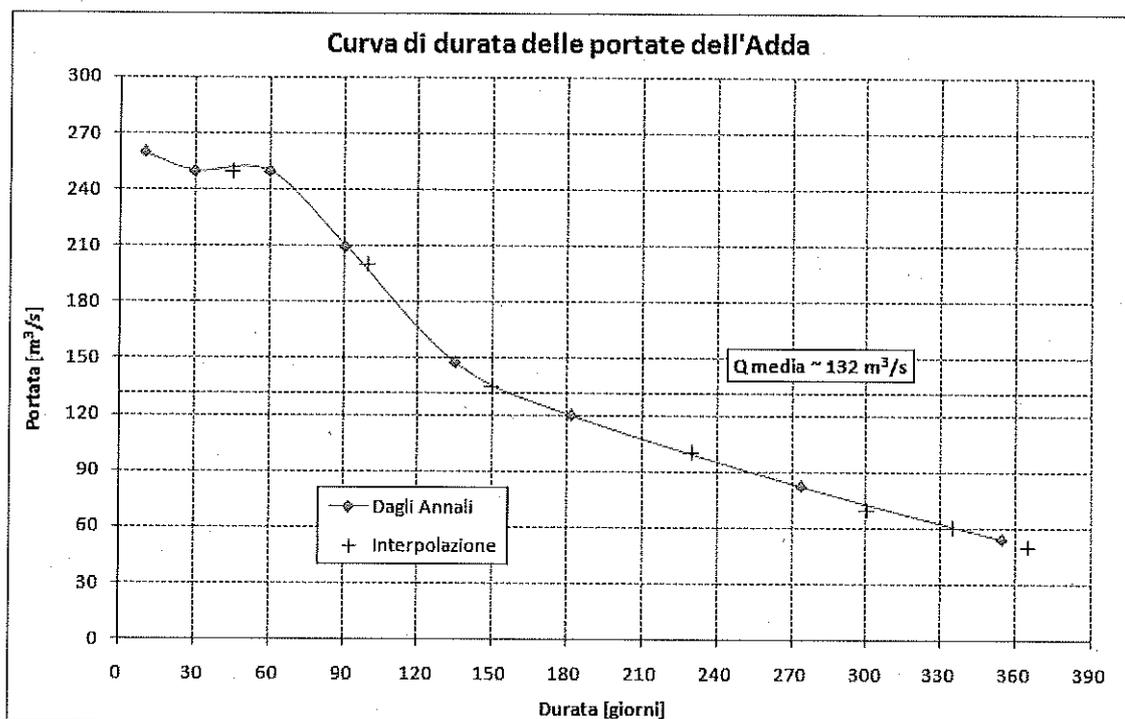
Ciò premesso, il bilancio di massa è consistito nel sottrarre la portata del Po a Piacenza da quella del Po a Cremona per le durate riportate negli Annali Idrologici; inoltre, allo scopo di valutare più precisamente il regime idrologico, le suddette portate sono state interpolate graficamente per altri valori di durata.

In tal modo si è ottenuta la curva di durata riportata nella tabella e nei grafici seguenti; la portata media annua dell'Adda alla sezione d'interesse risulta pari a circa $132 \text{ m}^3/\text{s}$.

Si può notare che la portata dell'Adda varia assai poco per durate comprese tra 30 e 90 giorni; con la procedura in esame si ottiene addirittura un valore costante, coerente con la modesta differenza riscontrabile anche tra le portate con durate di 10 e 100 giorni.

D(Q)	Q Po CR	Q Po PC	Q Adda
[giorni]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
10	3.310	3.050	260
30	2.260	2.010	250
45	1.980	1.730	250
60	1.700	1.450	250
91	1.340	1.130	210
100	1.300	1.100	200
135	1.020	872	148
150	950	815	135
182	821	701	120
230	700	600	100
274	584	502	82
300	500	430	70
335	400	340	60
355	360	306	54
365	300	250	50
ANNO	984,8	852,3	132,5





6.3 RILASCI

Gli art. 14 e 15 del Regolamento regionale 24 marzo 2006 n. 2 prevedono fra i criteri per il rilascio della concessione che sia “garantito il deflusso minimo vitale (DMV) a valle della captazione” “così come determinato per ciascuna sezione dal corso d’acqua dalla pianificazione di settore e della normativa vigente al momento dell’assunzione del provvedimento”.

In realtà la Regione Lombardia, già con la L.R. n. 25 del 26/5/1982, all’art. 19, aveva richiesto agli Enti che rilasciano le concessioni di derivazione d’acqua di predisporre norme disciplinari per prevedere il deflusso continuo d’una quantità di acqua sufficiente a garantire anche in periodi di magra la sopravvivenza e la rimonta dell’ittiofauna.

Nel caso specifico, essendo l’impianto realizzato a cavallo di un salto di fondo creato da una soglia preesistente, la presa e la restituzione vengono mantenute praticamente nello stesso punto, senza variazioni del regime idrologico in nessun tratto del corso d’acqua, nel quale continuerà a transitare l’intera portata attualmente disponibile.

Di conseguenza perde di significato l’applicazione stessa del Deflusso Minimo Vitale.

Ad ogni modo, come illustrato nei capitoli successivi, si prevede lo sfioro continuo di 2,53 m³/s (corrispondenti a una lama d’acqua di 5 cm, cfr. § 8.6.2) dal ciglio dello sbarramento, nonché il rilascio, sempre in continuo, di ~1,44 m³/s con funzione di richiamo (396 l/s) e alimentazione (1.045 l/s) della scala pesci, come illustrato al § 7.3.

In totale saranno dunque rilasciati circa 4 m³/s dalla traversa; detto rilascio avverrà in continuo nelle condizioni di normale esercizio, mentre perde chiaramente di significato in condizioni di piena, quando lo sbarramento sarà abbassato (cfr. cap. 8) e l’impianto stesso non sarà in funzione.

6.4 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DISPONIBILI E DERIVATE

Si conferma la scelta, operata in sede di progetto preliminare, di una portata massima derivabile di 120 m³/s, presente in alveo per circa metà anno in base alla curva di durata delle portate ricavata come descritto al § 6.2.

Rispetto alla domanda di concessione cambia invece la portata media derivata, la quale, fissata la portata massima, dipende dai rilasci previsti; con i rilasci illustrati al paragrafo precedente si ottiene una portata derivabile media annua di 86,72 m³/s.

La tabella seguente riporta, per le varie durate, la portata dell'Adda, quella disponibile (cioè depurata dei rilasci e limitata alla massima derivabile) e quella effettivamente derivata dall'impianto; quest'ultima dipende anche dal salto disponibile, come illustrato in dettaglio al § 10.3.

Durata	Q Adda	Q disp.	Q der.
<i>giorni</i>	<i>m³/s</i>	<i>m³/s</i>	<i>m³/s</i>
10	260	120	0
30	250	120	60
45	250	120	80
60	250	120	104
91	210	120	120
100	200	120	120
135	148	120	120
150	135	120	120
182	120	116	116
230	100	96	96
274	82	78	78
300	70	66	66
335	60	56	56
355	54	50	50
365	50	46	46
ANNO	132,50	95,60	86,72

7 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

L'impianto in progetto sarà realizzato in corrispondenza di una briglia di massi esistente sul fiume Adda; la sua conformazione compatta - caratteristica di un impianto *on-flow*, ovvero a cavallo della traversa - fa sì che le varie componenti (traversa di sbarramento e opera di presa, camera di carico, edificio di centrale e canale di restituzione) di seguito illustrate costituiscano in realtà un tutt'uno funzionale, quando non anche strutturale.

Nel descrivere le nuove opere, le stesse saranno messe a confronto con quanto previsto nel progetto di massima allegato all'istanza di concessione, evidenziando le variazioni occorse e la motivazione delle stesse.

7.1 SBARRAMENTO

Lo sbarramento in progetto sul fiume Adda, a valle dell'esistente corpo idrico (scarico a fiume di un impianto di pompaggio del Consorzio di Bonifica della Muzza) denominato "Chiavicone", consiste in una traversa trascinabile costituita da una soglia fissa di calcestruzzo armato, situata a ridosso di quella esistente e avente la sua stessa quota di 32,50 m s.l.m., sulla quale sarà ancorato un elemento flessibile (detto *gomme*) e completamente abbattibile costituito da una struttura tubolare in tessuto gommato riempito d'aria e protetto a monte da scudi di acciaio, con quota di ritenuta di 35,50 m s.l.m.; tale parte mobile, che si eleva di 2,95 m sopra la soglia fissa, è suddivisa in tre campate da 42,50 m, più una luce sghiaiatrice larga 5 m in destra idraulica, per una larghezza complessiva della traversa di circa 135 m.

In condizioni di normale esercizio, sopra la ventola sarà mantenuta una lama d'acqua sfiorante di 5 cm, per mascherare a fini estetici la struttura dello sbarramento; pertanto il livello di ritenuta sarà 35,50 m s.l.m. come nel progetto per concessione.

La scelta di questo tipo di sbarramento, sintetizzabile come una paratoia a ventola (o una serie di ventole) sostenuta da un cuscino d'aria anziché da pistoncini oleodinamici, è dettata dal fatto che in occasione delle piene la ventola protegge la sottostante struttura gommata, garantendo l'affidabilità e la sicurezza d'esercizio dello sbarramento. Inoltre si tratta di un sistema a sicurezza intrinseca, poiché in mancanza del segnale di livello a monte o al superamento di una soglia preimpostata e rilevata attraverso la pressione dell'aria nel circuito, lo sbarramento si abbatte lentamente e completamente in ogni condizione, senza necessità d'energia.

La sopraccitata luce sghiaiatrice sarà preceduta da un breve canale sommerso (avente la funzione di raccogliere e convogliare il materiale che si depositerebbe davanti alle luci di presa) con fondo a quota 32,00 m s.l.m.; sarà mascherata da una paratoia piana alta 2,50 m, sormontata da ventolino abbattibile largo 4,00 e alto 1,00 m, che permetterà di far defluire il materiale spinto a valle dallo sgrigliatore descritto al § 7.2.

Sul ventolino sarà lasciata defluire una portata continua di circa 400 l/s, corrispondente ad una lama d'acqua di 15, cm allo scopo di attrarre l'ittiofauna verso l'imbocco di valle della scala pesci, come illustrato al § 7.3.

Infine in sponda sinistra sarà predisposto un approdo per le canoe a monte e valle della traversa e sarà installato un semplice sistema con un paranco che consentirà alle piccole imbarcazioni dei pescatori locali di superare lo sbarramento in entrambe le direzioni. La spalla sinistra della traversa sarà raccordata con le sponde esistenti da una scogliera di massi, analoga alle esistenti.

7.1.1 Confronto con il progetto di massima

La differenza principale rispetto al progetto di massima è la suddivisione dello sbarramento in tre campate, anziché una unica, al fine di garantire una maggiore affidabilità e sicurezza d'esercizio. Questo vale sia per le condizioni piena, in cui il graduale abbattimento di una campata alla volta rende di fatto impossibile l'eventualità che tutto lo sbarramento resti accidentalmente sollevato, sia per le condizioni di normale esercizio, in cui la regolazione del livello sarà agevolata dal fatto di avere più campate anziché una molto lunga.

Oltre a ciò, sono stati inseriti alcuni elementi funzionali all'efficienza, affidabilità ed economicità d'esercizio della derivazione, non previsti nel progetto di massima, quali la paratoia sghiaiatrice con ventolino in sommità.

Un'ulteriore approfondimento rispetto al progetto di massima riguarda il funzionamento dello sbarramento, che come detto sarà esercito in modo da garantire uno sfioro costante di 5 cm d'acqua su tutta la sua lunghezza, per migliorare l'inserimento paesaggistico dell'opera, la cui struttura sarà sempre coperta dall'acqua e quindi non visibile.

A tal proposito si fa presente che la richiesta della Provincia di Lodi d'un rilascio di 100 l/s di per metro lineare di sbarramento (cfr. cap. 2) non trova giustificazione tecnica per la tipologia di impianto in oggetto, il quale restituisce la portata al piede della traversa.

7.2 OPERA DI PRESA

Sul fianco destro dello sbarramento è prevista la nuova opera di presa, costituita da otto luci larghe 5,00 m con soglia a 32,50 m s.l.m.; queste saranno protette da altrettante griglie a barre orizzontali d'acciaio, con luce libera adeguata alle indicazioni dei costruttori delle turbine, e da altrettante paratoie piane di presa.

Appena a valle delle griglie, tra esse e le paratoie, saranno predisposti i gargami per l'inserimento di panconi provvisori che consentano d'effettuare le manutenzioni alle paratoie di presa e ai gruppi di generazione.

La pulizia delle griglie, che proteggeranno i gruppi idroelettrici dal materiale grossolano trasportato in sospensione dalla corrente, sarà assicurata da uno sgrigliatore mobile, il cui pettine agirà sempre in direzione orizzontale e spingerà il materiale verso la sopraccitata paratoia con ventolino di scarico, evitando così la produzione (ovvero l'estrazione dall'acqua) di rifiuti e la conseguente necessità di conferirli in discarica.

Tale sistema di grigliatura a pulizia automatica è stato progettato e assemblato in modo innovativo per l'impianto in esame, come si illustra di seguito.

Anzitutto la parte inferiore della griglia potrà essere chiusa grazie a una lamiera che,

scorrendo negli appositi gargami posti appena a valle della griglia, scende in aderenza alla stessa chiudendola per i primi 1,50 m di altezza; in questo modo si ridurrà notevolmente l'ingresso di sabbia e di altri materiali grossolani, garantendo comunque l'equilibrio delle pressioni a cavallo della griglia, poiché l'acqua può sempre passare attraverso le barre poste a quote superiori.

Inoltre il pettine per la pulizia della griglia sarà movimentato da una macchina stagna (poiché l'installazione a quota superiore alla massima piena comporterebbe un impatto visivo che abbiamo ritenuto di evitare, vista la collocazione in un parco naturale) predisposta per installarvi - quando è necessario - una pompa per la rimozione del materiale che dovesse depositarsi tra le griglie e i panconi e in particolare negli alloggiamenti dei panconi.

Come ulteriore protezione delle griglie e in generale della presa, si prevede di installare una barriera paragalleggianti - fissata alla spalla dell'opera di presa e della luce sghiaiatrice, per una lunghezza totale di circa 60 m, come rappresentato negli allegati disegni di progetto - per deviare verso la prima paratoia a ventola dello sbarramento (cioè quella in destra idraulica) gran parte del materiale surnatante.

Poiché lo sgrigliatore mobile corre lungo tutta la griglia, quando arriverà all'estremità a monte (dove normalmente sarà alloggiato, al riparo dalle piene) un sistema meccanico a pistoni - semplice e affidabile - spingerà verso il fiume l'ancoraggio della barriera paragalleggianti, evitando interferenze tra i due dispositivi.

Infine nella camera interrata in adiacenza alla luce sghiaiatrice - dove si inserirà anche un oblò per il monitoraggio diretto del passaggio dei pesci (v. § 7.3) - sarà predisposto l'attacco per una pompa sommersa che servirà per pulire tramite flussaggio il passaggio per i pesci e, all'occorrenza, anche l'opera di presa.

In definitiva il sistema sopra descritto, oltre a garantire un'efficace rimozione del materiale grossolano depositato sul fondo (in collaborazione con il canale e lo scarico per lo sghiaimento descritto sopra) e di quello in sospensione o galleggiante, ne minimizza l'ingresso nell'opera di presa, riducendo quindi la produzione di rifiuti e il conseguente ulteriore sovraccarico delle discariche dove essi andrebbero conferiti.

7.2.1 Confronto con il progetto di massima

La progettazione definitiva dell'opera di presa è stata molto approfondita, sviluppando soluzioni che assicurassero l'efficienza, affidabilità ed economicità d'esercizio; in particolare lo spostamento delle paratoie da valle a monte del canale di carico e l'adozione di uno sgrigliatore orizzontale consentono di ridurre al minimo l'ingresso del materiale trasportato dalla corrente, evitando quindi la sua rimozione e la conseguente produzione di rifiuti. In tal senso va anche l'introduzione della barriera paragalleggianti, che non era prevista in sede di progetto di massima.

7.3 PASSAGGIO PER I PESCI

In destra idraulica della luce sghiaiatrice, tra questa e la struttura della centrale vera e

propria, sarà inserito il passaggio per i pesci, della tipologia *vertical slots*, cioè costituito da bacini separati da setti (realizzati di calcestruzzo) con fessure verticali estese su tutta la loro altezza per consentire un agevole passaggio delle varie specie ittiche presenti.

Tale tipologia è in generale la migliore per la sua capacità di adattarsi alle variazioni di livello (sia di monte sia di valle) e di portata senza ridurre significativamente la propria efficienza e attrattività per la fauna ittica.

Al fine di minimizzare l'estensione longitudinale del manufatto, a tutto vantaggio della continuità fluviale, il primo tratto a monte avrà andamento planimetrico serpeggiante, con bacini realizzati in parte al di sopra del canale di sghiaimento, mentre il tratto di valle sarà rettilineo, con pendenza di fondo costante del 7%.

Per quanto riguarda il dimensionamento del passaggio, il dislivello idraulico di progetto è pari a 4,50 m, risultante dalla differenza tra il livello di normale ritenuta di 35,50 m s.l.m. a monte e il livello di magra di 31,00 m s.l.m. a valle; in questo modo si assicura che la potenza dissipata nei bacini sia adeguatamente bassa anche con il massimo dislivello tra il livello idrico di monte e valle.

Le grandezze da controllare ed i relativi criteri di buona progettazione per la tipologia di manufatto in esame sono di seguito riportate:

- velocità massima (torricelliana) nelle fessure, $v_{\max} = \sqrt{2g \cdot \Delta h}$, che non deve superare i 2 m/s; tale condizione si può esprimere anche imponendo che il dislivello Δh tra due bacini successivi sia minore di 20 cm;
- dissipazione energetica, espressa dalla potenza P_v dissipata per unità di volume idrico di un bacino, che deve essere minore di 200 W/m³ per garantire una limitazione adeguata della turbolenza;
- profondità dell'acqua, il cui valore minimo (appena a valle del setto separatore, quindi all'estremità di monte del bacino) è indicativamente $h_{\min} = 0,50$ m;
- portata Q_{pesci} , che può variare da 140-150 l/s a molti m³/s;

Nel caso in esame sono previsti 22 bacini, quindi 23 setti, pertanto il dislivello a cavallo di ogni setto sarà $\Delta h = 4,50/23 = 0,196$ m, valore appena minore del limite sopra citato.

I bacini avranno dimensioni planimetriche $B \times L = 3,60 \times 4,75$ m nel tratto serpeggiante di monte e $B \times L = 2,80 \times 4,85$ m nel tratto rettilineo di valle; le fessure nei setti avranno apertura $s = 0,60$ m, adeguata a consentire il passaggio di pesci di grandi dimensioni.

Le quote del fondo sono state previste in modo tale da assicurare sempre una profondità d'acqua minima di 1,00 m. Nel caso in esame il battente a monte e valle di ciascun setto è rispettivamente $h_v = h_{\min} = 1,00$ m e $h_m = h_v + \Delta h = 1,20$ m.

La portata di alimentazione del passaggio è data dalla formula

$$Q_p = 2/3 \cdot \mu \cdot s \cdot \sqrt{2g \cdot h_m^3} = 1,045 \text{ m}^3/\text{s},$$

dove $\mu = f(h_v/h_m)$ è il coefficiente di deflusso, che dipende dal rapporto tra le altezze d'acqua a valle e monte del setto e tiene quindi conto dell'effetto di rigurgito da valle.

La potenza dissipata per unità di volume idrico dei bacini, prendendo come riferimento

quelli con l'area planimetrica minima, risulta

$$P_V = \frac{\gamma \cdot Q_p \cdot \Delta h}{h_{med} \cdot L \cdot B} = 134 \text{ W/m}^3,$$

dove $\gamma = 9.806 \text{ N/m}^3$ è il peso di volume dell'acqua e $h_{med} = (h_m + h_v)/2 \approx 1,10 \text{ m}$ indica l'altezza d'acqua media nei bacini.

La potenza dissipata è inferiore al sopraccitato limite di $200 \text{ m}^3/\text{s}$ e anche a quello consigliato di $150 \text{ m}^3/\text{s}$ per le specie con minori capacità natatorie, pertanto è adeguato.

Per quanto riguarda il richiamo dell'ittiofauna all'imbocco di valle del passaggio, tale importante funzione sarà assolta primariamente dalla restituzione a fiume della portata turbinata, fino a $120 \text{ m}^3/\text{s}$, in adiacenza al suddetto imbocco di valle.

Oltre a ciò, come già accennato, sarà rilasciata in continuo una lama d'acqua sfiorante di 15 cm sul ventolino, di larghezza $b = 4,00 \text{ m}$, per attenuare l'effetto di disorientamento della fauna ittica causato dallo sfioro diffuso dal ciglio dello sbarramento; in questo modo sarà sempre garantita una portata di richiamo determinata con la formula dello stramazzo libero (non rigurgitato da valle) e pari a

$$Q_{ric} = \mu \cdot b \cdot \sqrt{2g \cdot h_m^3} = 0,385 \cdot 4,00 \cdot \sqrt{19,62 \cdot 0,15^3} = 0,396 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Infine, per monitorare l'efficacia del manufatto, si prevede un alloggiamento dotato di oblò per l'osservazione diretta e di sistema d'acquisizione e trasmissione dei dati in un pozzetto da realizzarsi in corrispondenza del bacino più a monte, cioè l'ultimo che sarà attraversato dall'ittiofauna in risalita.

7.3.1 Confronto con il progetto di massima

Al progetto di massima era stata prescritta una scala pesci dimensionata per il passaggio di storioni di grandi dimensioni e branchi numerosi di cheppie; tale manufatto aveva una notevole estensione longitudinale, che spostava a valle la restituzione delle portate turbinata. Bisogna inoltre ricordare che la portata di alimentazione di $1,9 \text{ m}^3/\text{s}$, oltre a richiedere bacini di notevoli dimensioni per garantire un'adeguata dissipazione energetica, comportava una maggiore perdita di produzione energetica rinnovabile.

La soluzione prevista nel progetto definitivo assicura la funzionalità idraulica ed ecologica del manufatto, ma anche la sua efficienza in termini di portata rilasciata e quindi di produzione energetica rinnovabile perduta. Inoltre la ridotta estensione longitudinale dell'opera fa sì che il canale di restituzione possa scaricare le portate turbinata al piede della traversa, il che garantisce un'ulteriore effetto di attrazione dell'ittiofauna. Inoltre il fatto di rilasciare parte della portata come richiamo anziché dal passaggio contribuisce a ridurre le dimensioni minime necessarie per i bacini e quindi l'ingombro del manufatto.

La configurazione della scala pesci è un esempio di come tutte le componenti siano un tutt'uno funzionale: la paratoia piana (con ventolino in sommità) di sghiaimento della traversa serve anche a scaricare verso valle il materiale allontanato dall'opera di presa e, tramite il sopraccitato sfioro continuo di circa 400 l/s , assolve alla funzione di richiamo per l'ittiofauna, che risalirà attraverso la scala di rimonta, strutturalmente integrata con

il canale di scarico della luce sghiaiatrice.

Infine la griglia di presa prevista con barre orizzontali, per di più disposta tangenzialmente al flusso del fiume, è la tipologia più idonea a favorire l'allontanamento delle specie ittiche (sia in arrivo da monte sia uscenti dallo sbocco di monte del passaggio per i pesci) dall'opera di presa. Inoltre, per ridurre ulteriormente il rischio di mortalità o comunque di danni per impatto dei pesci (in particolare delle specie ittiche e degli stadi vitali con peggiori capacità natatorie) contro le griglie, saranno impiegati elementi di griglia con sezione priva di spigoli vivi.

7.4 CANALI DI CARICO

In destra idraulica della traversa, appena a valle dell'opera di presa, hanno inizio i quattro canali di carico, mantenuti separati per consentire di intervenire su un gruppo idroelettrico alla volta. I canali sono larghi 8,00 m ed intervallati da pile da 40 cm, per una larghezza totale di 33,20 m. La canalizzazione è lunga circa 55 m lungo l'asse centrale; il fondo è posto a quota 32,50 m s.l.m. per i primi 35 m - sempre lungo l'asse centrale - di lunghezza. A questo punto inizia il tratto rettilineo che porta al locale interrato, dove sono alloggiati i gruppi idroelettrici; qui, come rappresentato nei disegni di progetto, il fondo degrada prima fino a quota 32,30 m s.l.m., poi scende fino a 26,40 m s.l.m., quota determinata dall'ingombro e in generale dalle esigenze di installazione delle turbine.

L'intera canalizzazione di carico sarà coperta con una soletta di calcestruzzo armato posta a quota inferiore al piano di campagna e quindi completamente ricoperta da terreno vegetale inerbito, salvo la modesta area di 4 botole metalliche necessarie per eventuali manutenzioni interne. Pertanto non sono necessarie altre griglie a valle di quelle poste a protezione della presa, proprio perché la camera è completamente tombata e quindi non v'è alcun rischio d'ingresso di materiale a valle delle griglie di presa.

7.4.1 *Confronto con il progetto di massima*

Nel progetto di massima v'erano due soli canali, però di larghezza circa doppia, che si sviluppavano a cielo aperto. In questo caso le modifiche consistono nella riduzione, meglio nell'eliminazione totale, dell'impatto visivo, perché come detto la canalizzazione si sviluppa interamente sotto il piano di campagna, coperta da una soletta (per cui non sarebbero state accettabili le ampie luci dei due canali) che sostiene un congruo rinterro di terreno vegetale a verde.

7.5 CENTRALE E RESTITUZIONE

La centrale idroelettrica è ubicata in adiacenza all'opera di presa, in sponda destra del fiume Adda: l'accesso avviene da monte e da valle tramite la strada sterrata arginale.

L'edificio di centrale ha dimensioni indicative di 15 x 41 m in pianta, è totalmente interrato e ospita i gruppi di produzione.

In questa fase di progettazione definitiva s'è ipotizzato di installare quattro gruppi generatori compatti ad asse orizzontale, ciascuno costituito da una turbina Kaplan "pit" (a pozzo) biregolante accoppiata tramite cinghia piana a un generatore sincrono trifase;

questa scelta è dovuta, oltre alle considerazioni tecniche illustrate al § 11.1, al fatto che tale tipologia di gruppo, all'interno di quelle idonee dal punto di vista tecnico, prevede i maggiori scavi e ingombri delle opere civili. In fase di appalto e trattativa con i fornitori potranno essere scelte altre tipologie, ma ciò non influenzerà l'ingombro della centrale né la sua configurazione visibile fuori terra.

Per il tipo di gruppi in esame, l'accoppiamento elastico con il generatore e la configurazione con il volano dell'albero turbina installato su cuscinetti assicura l'affidabilità meccanica del gruppo poiché evita la trasmissione di sforzi radiali sulla linea d'asse del generatore, che sarà supportato da cuscinetti indipendenti e facilmente ispezionabili.

Inoltre la trasmissione e moltiplicazione attraverso la cinghia riduce notevolmente la rumorosità e le vibrazioni tipiche di altri sistemi di moltiplicazione dei giri.

In centrale sono alloggiati i quadri di controllo e comando dei gruppi generatori e dell'intero impianto, i trasformatori e le centraline di comando. Sarà inoltre installato un carroponte da 16 t per la movimentazione dei gruppi e dei suddetti accessori, che saranno calati in centrale tramite un'unica botola ricavata sulla copertura.

L'accesso all'edificio della centrale è garantito attraverso un piccolo corpo superiore d'acciaio CORTEN, unica struttura sporgente dal piano campagna, costituito da una torretta profilata idraulicamente per offrire il minimo ostacolo al flusso delle piene, la quale integra anche i camini di ingresso ed espulsione dell'aria.

Poiché l'intero impianto funzionerà automaticamente, controllato a distanza, non sono previsti locali per la permanenza continua del personale, riducendo al minimo la volumetria e l'impatto dell'edificio sul paesaggio, che in definitiva si limitano all'anzidetta torretta di accesso.

I deflussi derivati dall'impianto saranno restituiti al fiume Adda immediatamente a valle della traversa tramite un brevissimo canale di restituzione di calcestruzzo, lungo solo 10 m circa; il canale partirà dalla quota di fondo di 26,40 m s.l.m. al termine del diffusore della turbina e risalirà - con un allargamento planimetrico per compensare la riduzione della sezione bagnata - fino alla quota di fondo di 28,70 m s.l.m. allo sbocco.

In corrispondenza dello sbocco del canale di restituzione sarà realizzata una scogliera di massi a secco, intasati con terreno vegetale e calcestruzzo in fondazione. Sono previste scogliere di massi a secco in sponda destra, in corrispondenza della traversa, per prevenire l'erosione delle sponde. Saranno altresì realizzati rilevati di terra, con materiale di risulta proveniente dagli scavi, per il raccordo tra il terreno, la strada sterrata esistente e il piazzale di progetto. Nel terreno circostante è previsto un rimboschimento mediante l'impianto di essenze autoctone miste arboree e arbustive.

7.5.1 Confronto con il progetto di massima

Rispetto al progetto di massima, anche il layout della centrale è stato rivisto nell'ottica di minimizzare l'ingombro dell'area golenale e l'impatto visivo; questo obiettivo è stato ottenuto sviluppando un edificio del tipo "sommersibile", tutto sotto al piano campagna

tranne la torretta d'accesso, di dimensioni ridotte grazie all'integrazione della scala con i camini d'aerazione.

Inoltre, rispetto ai due gruppi generatori ad assi orizzontali con turbina assiale a elica e generatore sommerso previsti nel progetto di massima, l'adozione di quattro gruppi di minori dimensioni ha consentito di ridurre considerevolmente gli scavi sottofalda, che sono i più impattanti dal punto di vista ambientale per la necessità di opere provvisoriale di consolidamento e dei pompaggi.

Ulteriormente è stato compattato tutto l'insieme "centrale - restituzione" in modo da garantire la restituzione delle portate turbinate al piede della traversa.

7.6 LINEA ELETTRICA

L'energia prodotta sarà immessa nella rete di distribuzione a 15 kV, a cui la centrale sarà collegata tramite una linea elettrica interrata con camerette rompitratta dove necessario.

La linea di collegamento con la rete ENEL uscirà da un pozzetto sito all'estremità N-W della centrale, da dove avrà origine la tubazione interrata (costituita da un tubo corrugato di plastica di diametro 160 mm) che sottopasserà il precitato "Chiavicone" e, seguendo la soluzione condivisa con i tecnici di AIPO, sovrappasserà l'argine; al fine di evitare qualsiasi scavo nel corpo arginale, sarà eseguito un rinfianco su entrambe le scarpate, sia lato fiume sia lato campagna con il materiale di risulta degli scavi.

La tubazione passacavi sarà coperta con un rinterro compattato di spessore minimo 1 m sulle scarpate dell'argine e con un tubo d'acciaio imballato nel calcestruzzo sulla sommità, per consentire il transito anche di carichi pesanti senza danni al manufatto; proseguirà quindi fino all'area dove sarà realizzata la nuova cabina di consegna, in località Cascina Risi nel comune di Maccastorna.

7.6.1 Confronto con il progetto di massima

Spostando il punto di consegna presso la strada provinciale si è potuto evitare l'edificazione della necessaria cabina nei pressi della centrale e quindi in area golenale.

Questo comporta la realizzazione di 2,3 km di linea da parte del Committente, che però in questo modo avrà anche la possibilità di accedere alle nuove possibilità prospettiche di autoconsumo, dato che il tracciato della linea si sviluppa su terreni nella sua disponibilità, come illustrato nella premessa della presente relazione.

Infine si rimarca come la soluzione adottata, con la linea tutta interrata e la cabina costruita in adiacenza e in analogia ad una esistente, per di più in un'area di scarso pregio ambientale e di facile accesso dalla vicina strada provinciale, sia ottimale dal punto dell'inserimento visivo e appunto ambientale.

8 DESCRIZIONE GENERALE DELLA TECNOLOGIA DELLO SBARRAMENTO ADOTTATO

Con riferimento alla tipologia di sbarramento illustrata al § 7.1, nel seguito vengono descritte in maggior dettaglio le caratteristiche costruttive e funzionali della tecnologia prescelta, che risulta ottimale per l'impiego previsto.

8.1 INTRODUZIONE

Questa tipologia di sbarramento può essere semplicemente descritta come una fila di scudi d'acciaio supportati sul lato di valle da cuscini d'aria gonfiabili. Controllando la pressione nelle camere d'aria, la quota del pelo acqua nel bacino, mantenuta dagli scudi d'acciaio, può essere regolata con continuità nel campo di azione del sistema (da tutto gonfio a tutto sgonfio) mantenendo con accuratezza i *set-point* scelti dall'utente.

Le peculiarità che contraddistinguono questa dalle altre tipologie di sbarramento sono:

- l'accurato controllo automatico del livello dell'invaso anche in condizioni di mancanza di alimentazione elettrica;
- il profilo di fondo che fa passare efficientemente i deflussi di piena, il ghiaccio e i detriti;
- la protezione, a differenza degli sbarramenti di gomma, da detriti galleggianti, tronchi, ghiaccio, delle camere d'aria da parte degli scudi d'acciaio che sovrastano la camera d'aria stessa in tutte le posizioni;
- il design modulare che semplifica l'installazione e la manutenzione;
- a differenza delle traverse mobili del tipo "a barre di torsione", gli scudi sono supportati per tutta la loro larghezza da una camera d'aria gonfiabile, pertanto:
 - la distribuzione degli sforzi consente di ridurre le opere civili necessarie per supportarli;
 - si semplificano le fondazioni e in generale le opere civili, perché non vi è la necessità di pozzetti d'alloggiamento dei pistoni e di ampi cunicoli per il passaggio dei tubi dell'olio;
- possibilità di coprire grandi luci senza necessità di pile intermedie;
- nessuna limitazione sulle dimensioni delle campate, se non per ragioni di regolazione del livello;
- nessun pericolo d'inquinamento per il rilascio d'olio;
- minore manutenzione.

Queste caratteristiche sono il risultato della combinazione degli scudi d'acciaio ad alta resistenza con un sistema di supporto pneumatico elastico.

8.2 PRESTAZIONI IDRAULICHE

Gli scudi regolati da camere d'aria forniscono un'eccellente controllabilità in un campo completo di portate, livelli idrici e posizioni delle paratoie.

Tutti gli elementi di una campata, operando sulla stessa linea di alimentazione d'aria, mantengono una altezza di sfioro uniforme. Questo perché ogni abbassamento differen-

ziale di un pannello di paratoia rispetto agli altri sulla stessa condotta di alimentazione d'aria fa sì che tale pannello sviluppi una maggiore area di contatto con la sua camera d'aria rispetto agli altri pannelli. Tale area di contatto in più produce un momento stabilizzante che fa ritornare il pannello della paratoia in esame nella stessa posizione degli altri. Inoltre non si verifica la vibrazione dovuta al distacco dei vortici di von Karman. La forma dello scudo, quando esso è alzato o parzialmente alzato, fa separare il flusso solo all'estremità di valle dei pannelli delle paratoie; tale condizione favorevole si verifica anche quando il sistema opera in condizioni di sommersione o alto livello di valle.

8.3 INSTALLAZIONE

I componenti sono collegati alla struttura di fondazione da bulloni di ancoraggio fissati con resine epossidiche o malta di cemento anti-ritiro. Le camere d'aria, generalmente una per ciascuno scudo, sono fissate sui bulloni di ancoraggio e connesse ai tubi di alimentazione d'aria. I bulloni d'ancoraggio sono integrati nella nuova traversa. Le linee di alimentazione d'aria, che si connettono a ogni singola camera d'aria, sono normalmente inghisate nel corpo della traversa anche se è possibile installare linee di alimentazione d'aria montate in superficie.

8.4 TIPI DI SISTEMI DI CONTROLLO

Il sistema di controllo include una fonte controllata di aria compressa e un sistema per il controllo dello svuotamento delle camere d'aria. Tutti i sistemi automatici consentono anche la manovra manuale in locale. Il sistema è composto da due compressori d'aria, uno di riserva all'altro, da un serbatoio d'accumulo e dal valvolame di controllo anche di essiccatori d'aria, fondamentali per l'esercizio alle basse temperature.

8.4.1 *Controllo di livello pneumatico*

La configurazione base del sistema di controllo del livello include un controllore totalmente pneumatico per regolare automaticamente la pressione nel cuscino d'aria in modo inversamente proporzionale al livello dell'acqua di monte. Questo sistema non richiede alcuna alimentazione elettrica per mantenere con precisione a quota costante il livello d'acqua di monte, in tutto il campo di variazione sia della posizione delle paratoie sia delle portate sfioranti. Tale controllore si adatta perfettamente agli impianti idroelettrici, dove uno stacco di carico della turbina è spesso associato a mancanza di tensione; il sistema di controllo in argomento è ideale anche per progetti di protezione dalle piene critiche per ragioni di sicurezza.

8.4.2 *Controllori programmabili*

In molte applicazioni è desiderabile controllare lo sbarramento con un Controllore a Logica Programmabile (PLC). Il PLC è ideale per schemi complessi come quelli che mantengono deflussi ambientalmente imposti sotto condizioni di livello di monte variabili. Nel caso in esame la regolazione di livello sarà normalmente effettuata via PLC demandando al controllo di livello automatico solo l'esercizio in caso di anomalia del PLC in modo da garantire comunque l'esercizio in sicurezza dell'impianto.

8.5 SCUDI DELLE PARATOIE

Gli scudi delle paratoie sono costruiti con lamiera d'acciaio ad alta resistenza verniciate con ciclo epossidico. Una piccola curvatura addizionale dello scudo viene realizzata per dare più spazio alla camera d'aria, una volta sgonfiata, quando la paratoia è del tutto abbassata. A parità di sforzi di progetto, gli scudi sono più leggeri, meno costosi e meno restrittivi per il transito delle portate se confrontati con gli scudi di paratoie a comando oleodinamico o meccanico. Gli scudi sono provvisti di una fila di barre filettate in prossimità del punto di rotazione al quale la cerniera è ancorata. Barre filettate simili sono collocate alle estremità destra e sinistra di ogni scudo per le guarnizioni tra scudi adiacenti o tra scudo e spalle. Le nervature esterne di ogni scudo sono dotate di asole per il sollevamento. Il bordo superiore di valle di ogni scudo ha fori o borchie per l'attacco dei profili rompi-vena. Per le installazioni che utilizzano le fasce anti-ribaltamento vi sono fori o borchie per l'attacco delle fasce. L'estremità inferiore di monte di ogni scudo presenta una superficie leggermente arrotondata per trasferire il carico alla camera d'aria e al perno. Le camere d'aria sono progettate e costruite con metodi simili a quelli utilizzati per i pneumatici delle automobili. Un rivestimento interno in gomma butilica garantisce eccellenti caratteristiche di contenimento dell'aria. Uno strato intermedio di composti di gomma ad alta resistenza, a base un rinforzo di strati multipli di poliestere o di aramidi - ad es. le fibre DuPont KEVLAR - forniscono la resistenza meccanica necessaria per sopportare la pressione interna. Lo strato esterno di polimeri contenenti agenti anti-invecchiamento e resistenti all'ozono, come l'EPDM, è usato per proteggere la camera d'aria dall'usura e dagli agenti atmosferici.

Si usano cerniere separate fatte con il medesimo materiale ad alta resistenza utilizzato per la porzione gonfiabile della camera d'aria; non vengono usate cerniere meccaniche.

8.6 COMPORTAMENTO DELLO SBARRAMENTO IN CASO DI PORTATE DI PIENA

Il sistema sopra descritto è a sicurezza intrinseca in quanto in mancanza del segnale di livello a monte o al superamento d'una soglia preimpostata o per mezzo del rilevamento della pressione esercitata dall'acqua sullo sbarramento, quest'ultimo, senza necessità d'energia elettrica, s'abbatte completamente, in ogni condizione, in un lasso di tempo pre-impostabile e progettato sulla base delle caratteristiche dell'asta a monte e valle della sezione di progetto. In poche parole questo tipo di tecnologia garantisce, senza eccezioni, che in caso di qualsiasi stato di emergenza, idraulico, elettrico o meccanico, lo sbarramento possa abbattersi autonomamente e automaticamente permettendo così il deflusso di tutte le portate transitanti.

8.6.1 Livelli idraulici di funzionamento

Come visto, s'è scelto di impostare il *set-point* del livello idrico a monte dei gruppi, che sarà mantenuto costante durante il normale esercizio dell'impianto. Per quanto riguarda il livello di guardia, ossia quel livello critico di monte superato il quale lo sbarramento si abbatte in automatico facendo defluire le portate di piena, si è stabilito di fissare tale

livello in funzione all'altezza delle sponde, considerando un franco di sicurezza di 1 m. In sintesi i livelli caratteristici dell'impianto in progetto saranno:

▪ Quota di testa spalla sinistra	39,50 m s.l.m.
▪ Quota di testa spalla destra	39,50 m s.l.m.
▪ Livello di monte di normale esercizio	35,50 m s.l.m.
▪ Quota del ciglio di ritenuta della ventola	35,45 m s.l.m.

8.6.2 Gestione dello sbarramento e regolazione del livello a monte

Anzitutto, con riferimento alla richiesta della Provincia di Lodi (v. cap. 2) di sfiorare dal ciglio della traversa una portata di 100 l/s per ogni metro lineare, si fa presente che tale sfioro corrisponde a un rilascio di circa 13 m³/s sull'intero sbarramento. Ciò comporta una notevole perdita di produzione energetica rinnovabile e per di più non è giustificato dal punto di vista ecologico, sia perché l'impianto è di tipo puntuale, con restituzione della portata esattamente al piede della traversa, sia perché un rilascio diffuso su tutta la larghezza avrebbe l'effetto di "confondere" l'ittiofauna che deve invece essere attratta verso l'apposita scala di risalita, dove è stato per l'appunto previsto il rilascio continuo di una portata di richiamo dal ventolino (v. § 7.3) oltre all'effetto di richiamo esercitato dallo scarico delle turbine.

Si prevede dunque di lasciare sfiorare una lama d'acqua di 5 cm sull'intera lunghezza di 127,50 m della traversa, corrispondente a un rilascio di 2,53 m³/s in base alla seguente formula dell'idraulica monodimensionale che fornisce la portata scaricata da uno sfioratore libero (cioè non rigurgitato da valle) in funzione del battente a monte dello stesso.

$$Q = \mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2g \cdot h}$$

In tale formula, dove $b = 127,50$ m (v. § 7.1) è la lunghezza totale del ciglio sfiorante sulle tre campate e $h = 0,05$ m il battente a monte, s'è cautelativamente trascurata la velocità della corrente in arrivo, mentre il coefficiente di deflusso $\mu = 0,4$ è valido per uno stramazzo in parete sottile, quale in effetti è il ciglio dello sbarramento.

All'aumentare della portata, quindi in condizioni di morbida e di piena, entrano in gioco anche le pile intermedie dello sbarramento, larghe 60 cm e con ciglio a 35,60 m s.l.m., stessa quota del coronamento dei muri sfioranti in sponda destra e sinistra, lunghi rispettivamente 3,80 e 11,60 m. Infine v'è il ventolino, avente soglia a 34,50 m s.l.m. e largo 4 m, posto in sommità alla paratoia piana che maschera la luce sghiaiatrice; il contributo di quest'ultima al deflusso delle piene viene considerato nullo, sia perché la paratoia piana non è a sicurezza intrinseca, sia perché essa viene aperta di norma in coda alle morbide, per evitare che tronchi o simili siano "risucchiati" dalla forte corrente di piena e s'incastri sotto la paratoia stessa.

In maggior dettaglio il funzionamento dello sbarramento, per le portate di morbida e di piena, sarà il seguente:

- inizialmente si abbassa la campata centrale, che potrà sfiorare circa 377 m³/s (con livello sempre a 35,50 m s.l.m.) quando è tutta abbattuta;

- a questo punto si abbassa completamente il ventolino, alto 1,00 m, sfiorando altri 7 m³/s e soprattutto scaricando a valle il materiale sgrigliato;
- in seguito si abbassa la campata destra e infine anche quella sinistra;
- a partire da circa 1.137 m³/s (cioè 377 per le tre campate più 7 m³/s dal ventolino) non si regola più il livello a monte dello sbarramento, che è dato dall'altezza di sfioro sulle soglie sopra descritte.

In definitiva la modalità di gestione dello sbarramento all'aumentare della portata in arrivo è riassunta dalla seguente tabella.

Q Adda	Q impianto	Q traversa	h impianto
<i>[m³/s]</i>	<i>[m³/s]</i>	<i>[m³/s]</i>	<i>[m s.l.m.]</i>
2.000	0	2.000	36,83
1.500	0	1.500	36,11
1.000	0	1.000	35,50
500	0	500	35,50
250	120	130	35,50
210	120	90	35,50
148	120	28	35,50
120	116	4	35,50
100	96	4	35,50
82	78	4	35,50
70	66	4	35,50
60	56	4	35,50
50	46	4	35,50

Al proposito si precisa che la portata defluente dalla traversa in condizioni di esercizio comprende lo sfioro di 2,53 m³/s dal ciglio dello sbarramento, più le portate di alimentazione (1,05 m³/s) e richiamo (0,40 m³/s) della scala pesci, per un totale di circa 4 m³/s. Giova ricordare che il funzionamento sopra descritto riguarda le piene dell'Adda con il livello del Po basso, cioè tale da non rigurgitare l'Adda stesso. Nella condizione con il Po alto, invece, i livelli saranno essenzialmente determinati da quest'ultimo.

8.7 CONCLUSIONI

In definitiva la tipologia di sbarramento prescelta è ottimale per l'impiego previsto, in riferimento ai sopra esposti aspetti riguardanti la regolazione del livello e la sicurezza di esercizio in tutte le condizioni.

9 QUADRO DEGLI UTILIZZI ESISTENTI

Innanzitutto a valle dell'impianto, nel breve tratto prima della confluenza in Po, non vi sono altri utilizzi dell'acqua del fiume Adda.

Invece a monte vi sono alcuni impianti di pompaggio non lontani da dove sorgerà lo sbarramento, che avrà su di essi un effetto benefico, in quanto ridurrà l'energia e quindi il costo del pompaggio a causa dell'innalzamento del livello di monte in condizioni di normale esercizio.

Ad una certa distanza - circa 14 km lungo l'asse del fiume - a monte sorge una briglia di massi situata al confine tra i comuni di Maleo (LO) in sponda destra idrografica e Pizzighettone (CR) in sponda sinistra.

A cavallo di tale briglia, in sponda destra, sorge l'impianto denominato Maleo, gestito da SHEN SpA; in sponda sinistra invece è in progetto un impianto di Edison SpA.

Anche per questo motivo - nonché, ovviamente, per verificare la compatibilità idraulica del progetto - è stato implementato un modello idraulico bidimensionale dell'asta del fiume Adda dalla confluenza in Po fino alla suddetta briglia di Maleo - Pizzighettone.

Gli esiti della modellazione sono descritti in maggiore dettaglio nell'allegata *Relazione idraulica* (Geolambda).

10 SINTESI DELLE CARATTERISTICHE DELLA DERIVAZIONE

Di seguito si ricapitolano i dati caratteristici della derivazione, ricavati dalle valutazioni idrologiche illustrate al cap. 6.

10.1 PORTATE

La derivazione in progetto è caratterizzata dalle seguenti portate.

- Portata massima di concessione Q_{max} 120,00 m³/s
- Portata media di concessione Q_{med} 86,72 m³/s

La portata media derivata è stata determinata in funzione del salto disponibile, oltre che della disponibilità idrologica, come illustrato in dettaglio nella tabella del § 10.3.

10.2 SALTII

Come illustrato nei punti precedenti, il sistema di regolazione dello sbarramento mobile manterrà il livello di monte costante a 35,50 m s.l.m. in condizioni di normale esercizio dell'impianto. Invece il livello di valle è fortemente influenzato dal livello del Po, in cui l'Adda confluisce poco a valle dal sito dell'impianto; il valore medio è stato pertanto determinato con una modellazione idraulica, i cui risultati sono riassunti nella tabella riportata al paragrafo successivo.

In definitiva si è ottenuto un livello medio di 32,50 m s.l.m. per il pelo acqua appena a valle della traversa; di conseguenza il salto nominale è:

$$H_{nom} = 35,50 - 32,50 = 3,00 \text{ m.}$$

10.3 POTENZE E PRODUCIBILITÀ

La potenza nominale di un'utilizzazione misura la potenza idraulica media teoricamente disponibile nell'anno e dipende esclusivamente dalla portata media e dal salto nominale di concessione. Nel caso in esame risulta dunque pari a:

$$P_{nom} = \frac{Q_{med} \cdot H_{nom} \cdot 1.000}{102} = \frac{86,72 \cdot 3,00 \cdot 1000}{102} = 2.550,59 \text{ kW.}$$

La potenza media effettiva e la producibilità media annua invece sono state determinate integrando la curva di durata delle portate d'impianto, moltiplicata per il salto motore netto e il rendimento medio dell'impianto, secondo le espressioni di seguito riportate.

$$P_{eff} = \frac{1}{T} \int_0^T \eta \cdot 9,81 \cdot Q_{der} \cdot H_n \cdot dD$$

$$E = \int_0^T \eta \cdot 9,81 \cdot Q_{der} \cdot H_n \cdot 24 \cdot dD$$

Dove:

- Q_{der} = portata derivata dall'impianto, limitata dal valore massimo di 120 m³/s e dalla capacità di derivazione delle turbine in relazione al salto disponibile
- salto netto (H_n) = 95% del salto lordo (H_g) per tener conto globalmente delle perdite di carico che avvengono nelle vie d'acqua dell'impianto;
- $\eta(Q/Q_{max})$ = rendimento stimato, in funzione della parzializzazione della portata nei

4 gruppi, in base ai valori forniti dai costruttori per macchine simili;

- $T = 8.600$ ore = periodo di funzionamento medio annuo, tenendo conto dei possibili fuori servizio dell'impianto.

Da questa integrazione, discretizzata per varie durate D [giorni] delle portate del fiume come rappresentato dalla tabella sottostante, si ottengono i seguenti valori:

- P = potenza media effettiva = 2.300 kW
- E_{gen} = producibilità media annua (ai morsetti del generatore) $\cong 19.920.000$ kWh
- E_{con} = energia (media annua) consegnata in cabina a ENEL $\cong 19.325.000$ kWh

Si precisa che l'energia consegnata a ENEL è stata determinata a partire da quella resa ai morsetti del generatore, considerando una perdita del 2% nel trasformatore e dell'1% nel cavo interrato che porta alla cabina.

Durata	Q' Po ⁴	Q Adda	Q disp.	Q der.	h valle	h monte	Hg	Hn	P gen.	E gen.
giorni	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m s.l.m.	m s.l.m.	m	m	kW	kWh
10	2.310	260	120	0	36,28	36,28	0	0	0	0
30	1.260	250	120	60	34,88	35,50	0,62	0,59	292	137.821
45	980	250	120	80	34,43	35,50	1,07	1,02	696	383.887
60	700	250	120	104	33,91	35,50	1,59	1,51	1.349	860.575
91	340	210	120	120	33,07	35,50	2,43	2,31	2.329	2.561.991
100	300	200	120	120	32,97	35,50	2,53	2,40	2.425	3.076.278
135	100	148	120	120	32,23	35,50	3,27	3,11	3.135	5.661.265
150	100	135	120	120	32,09	35,50	3,41	3,24	3.269	6.816.548
182	100	120	116	116	31,84	35,50	3,66	3,48	3.416	9.392.075
230	100	100	96	96	31,58	35,50	3,92	3,72	3.081	12.876.959
274	100	82	78	78	31,34	35,50	4,16	3,95	2.648	15.621.736
300	100	70	66	66	31,23	35,50	4,27	4,06	2.306	17.034.270
335	100	60	56	56	31,12	35,50	4,38	4,16	1.985	18.671.560
355	100	54	50	50	31,08	35,50	4,42	4,20	1.808	19.523.481
365	100	50	46	46	31,02	35,50	4,48	4,26	1.688	19.921.239

⁴ Si intende la portata defluente nel ramo del Po sotteso dalla centrale idroelettrica di Isola Serafini; proprio in questo ramo, infatti, si immette l'Adda; la notevole differenza di livello tra le portate (tra loro simili) con durata di 10 e 30 giorni è dovuta proprio alla notevole differenza delle corrispondenti portate nel fiume recettore, da cui la suddetta centrale deriva fino a 1.000 m³/s, rilasciando un DMV di circa 100 m³/s.

10.4 RIASSUNTO DEI DATI CARATTERISTICI DELLA DERIVAZIONE

10.4.1 *Dati nominali di concessione*

▪ Portata massima	120,00 m ³ /s
▪ Portata media	86,72 m ³ /s
▪ Salto nominale	3,00 m
▪ Potenza nominale	2.550,59 kW

10.4.2 *Potenza ed energia producibili*

▪ Potenza massima	~3.400 kW
▪ Potenza totale installata	4.500 kVA
▪ Producibilità media annua ⁵	19.325.000 kWh
pari a circa	3.615 TEP

⁵ S'intende l'energia immessa in rete.

11 ALTERNATIVE PROGETTUALI ESAMINATE

Nella fase di progettazione definitiva sono state analizzate varie alternative progettuali, di seguito descritte, suddividendole per maggiore chiarezza d'esposizione in base alla problematica o alla componente dell'impianto interessata.

In generale le scelte progettuali sono basate su considerazioni tecniche ed economiche, mirate a ridurre gli impatti complessivi del progetto, cioè essenzialmente gli ingombri globali, le opere civili richieste, gli scavi ed i costi di realizzazione e gestione.

11.1 SCELTA DEL MACCHINARIO IDROELETTRICO

La decisione in argomento è prioritaria per l'intera progettazione dell'impianto, poiché influenza gli scavi, le dimensioni e il layout della centrale, oltre che alcuni aspetti legati al funzionamento idraulico dei vari tipi di macchinari.

Le considerazioni tecnico-economiche, in base alle quali è stata scelta il tipo di gruppo di generazione descritto al § 7.5, sono a loro volta basate sulla documentazione tecnica fornita dai potenziali costruttori interpellati e sulle nostre esperienze di progettisti maturate nel corso degli anni su installazioni simili.

A tal proposito si fa presente che il tipo d'impianto in esame, per le sue caratteristiche di salto e portata, si presta potenzialmente a un'ampia gamma di installazioni, che sono dunque state esaminate e scremate a più riprese, con gli esiti di seguito riassunti.

1. Gruppo Kaplan "tradizionale" ad asse verticale: scartato per gli scavi eccessivi sotto falda necessari per l'installazione del tipico diffusore a gomito
2. Gruppo assiale: sono possibili due tipi di configurazioni
 - Configurazione a bulbo con generatore sommerso: macchina compatta e affidabile, ma di costo elevato. Soluzione che comunque sarà riconsiderata in fase di trattativa finale con i costruttori.
 - Configurazione *pit*, cioè a pozzo, che a sua volta può distinguersi in:
 - ✓ accoppiamento diretto con PMG: tipologia compatta e affidabile, quindi potenzialmente d'interesse; è stata accantonata per il costo eccessivo e per il maggiore ingombro longitudinale rispetto ad altre tipologie esaminate;
 - ✓ accoppiamento tramite moltiplicatore ad assi paralleli: tipologia scartata per l'eccessiva estensione degli scavi profondi a causa del notevole sviluppo longitudinale del gruppo;
 - ✓ accoppiamento tramite moltiplicatore a cinghia: questa tipologia è meno ingombrante della precedente e, ad un attento esame della documentazione tecnica ricevuta, offre soluzioni di buona affidabilità meccanica, con costi e rendimenti globali interessanti.
3. Gruppo con rinvio d'angolo: è una soluzione molto compatta, che consentirebbe una riduzione delle opere civili; però, in base alla nostra esperienza pluridecennale con questo tipo di macchine, l'affidabilità meccanica della coppia conica è dubbia per macchinari della taglia necessaria all'impianto in oggetto.

4. Turbine VLH™ (Very Low Head): il salto dell'impianto in oggetto si colloca al limite del campo di applicazione di questa tecnologia, che arriva al massimo a 4 m; per di più il livello di valle (soggetto anche al rigurgito del fiume Po) è assai variabile, quindi è possibile che il salto netto in alcune condizioni arrivi fino a 4,50 m. Di conseguenza questa tipologia di gruppo, che avrebbe potuto offrire il vantaggio di richiedere opere civili modeste e scavi ridotti, non è adatta al caso in esame.
5. Gruppo sommerso in cassone → interessante soluzione, ma non in produzione nella taglia adatta all'impianto in argomento.

In definitiva s'è scelto in questa sede (cfr. § 7.5) di installare n. 4 turbine pit assiali, ciascuna accoppiata tramite moltiplicatore a cinghia a un generatore sincrono a 750 min⁻¹.

11.2 SCELTA DELLA TIPOLOGIA DI SBARRAMENTO

Premesso che fin da subito - cioè dal progetto per concessione - si è deciso di impiegare uno sbarramento abbattibile, sono stati valutati essenzialmente due tipi di installazione, cioè con paratoie a ventola tradizionali - cioè comandate da pistoni oleodinamici - o sostenute da cuscini (detti anche gommoni) gonfiati ad aria. Alcune caratteristiche di quest'ultima tipologia, però, hanno subito reso evidente come essa sia più adatta rispetto alle ventole tradizionali per un'installazione di grandi dimensioni come quella in esame. In aggiunta a quanto illustrato in dettaglio nel cap. 8, i vantaggi della soluzione prescelta in sintesi sono i seguenti:

- distribuzione degli sforzi lungo tutta la soglia fissa sulla quale è incernierato il gommone e conseguente riduzione delle opere civili necessarie;
- opere civili di geometria semplificata dall'assenza dei pozzetti di alloggiamento dei pistoni e degli ampi cunicoli per il passaggio dei tubi dell'olio, necessari per la movimentazione delle paratoie a ventola;
- nessuna limitazione alla dimensione delle campate dello sbarramento, se non per eventuali questioni di precisione della regolazione del livello a monte;
- nessun pericolo d'inquinamento per il rilascio d'olio.

In virtù di tali considerazioni, dunque, è stato prescelto lo sbarramento abbattibile con cuscini d'aria, descritto in dettaglio al cap. 8 della presente relazione.

11.3 SCELTA DELLA TIPOLOGIA E CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA DI SGRIGLIATURA

In un impianto come quello di Budriesse, le cui componenti si fondono in un tutt'uno funzionale, le decisioni sulla configurazione e la modalità di funzionamento di una parte influiscono su molte altre e devono quindi tenerne adeguatamente conto.

In particolare il sistema di sgrigliatura è stato accuratamente progettato, come descritto al § 7.2, per garantire la semplicità, economicità e affidabilità di servizio dell'impianto, oltre che per limitarne l'impatto ambientale globale, secondo i seguenti principi:

- efficienza e affidabilità → macchina stagna predisposta per l'installazione di una pompa per la rimozione del materiale depositato tra le griglie e i panconi e in particolare negli alloggiamenti dei panconi;

- sicurezza → la possibilità di chiudere la griglia per i primi 1,50 m di altezza dal fondo, tramite la lamiera che scende scorrendo nei gargami, riduce sostanzialmente l'ingresso di sabbia e di altri materiali grossolani nell'opera di presa, garantendo comunque l'equilibrio a cavallo della griglia della pressione dell'acqua, che può sempre entrare attraverso le barre della griglia a quote superiori;
- riduzione degli ingombri e dei costi dell'installazione → l'estrema sicurezza del sistema consente di installare un solo sgrigliatore;
- minimizzazione dei costi di gestione e manutenzione → la sicurezza del sistema garantisce anche la riduzione delle manutenzioni e dei relativi costi;
- riduzione della produzione di rifiuti → evitando di estrarre dal fiume il materiale trasportato in sospensione, oltre che il surnatante deviato dalla barriera paragalleggianti, si evita una consistente produzione di rifiuti e il conseguente ulteriore sovraccarico delle discariche presenti in zona.

Con riferimento a quanto esposto all'inizio del presente paragrafo, riguardo alle connessioni tra le varie componenti dell'impianto, si fa presente che anche l'installazione della barriera paragalleggianti e la configurazione del sistema "canale - paratoia - ventolino" per lo sghiaimento, nonché la particolare tipologia e conformazione del passaggio per i pesci, sono componenti dell'innovativo sistema progettato per garantire una sgrigliatura e uno sghiaimento efficace e affidabile.

11.4 SCELTA DELLA TIPOLOGIA E CONFIGURAZIONE DEL PASSAGGIO PER PESCI

Come illustrato al § 7.3, era necessario minimizzare l'ingombro longitudinale e quindi la sottensione d'alveo fluviale; in quest'ottica è stata inizialmente studiata una soluzione "mista" con il primo tratto a monte serpeggiante - analogo a quello descritto al § 7.3 - con bacini separati da setti con fessure verticali (*vertical slots*) ma con il tratto rettilineo a valle realizzato a mo' di rampa rustica di massi, per conferire maggiore naturalità e attrattività all'imbocco e in generale al primo tratto a valle.

Questa configurazione però, pur essendo l'unione di due tipologie consolidate e gradite agli Enti competenti, non dava garanzie sull'efficacia complessiva del manufatto risultante dall'unione delle stesse; pertanto si è deciso di mantenere l'idea del tratto a monte serpeggiante integrato con il canale di sghiaimento, realizzando però il tratto rettilineo a valle della medesima tipologia.

Questa scelta tiene anche conto del fatto che, nel corso dell'iter autorizzativo affrontato dal progetto di massima, è emerso che la tipologia di passaggio a *vertical slots* è ritenuta la più idonea dagli Enti competenti per il caso in esame.

11.5 CONFIGURAZIONE DELLA CENTRALE

L'edificio di centrale è stato progettato anzitutto per ridurre gli ingombri fuori terra, sia per questioni paesaggistiche - ricadendo la zona nel Parco Adda Sud - sia per ragioni di sicurezza idraulica, per cui è fondamentale minimizzare l'occupazione dell'alveo.

Di conseguenza, dopo aver valutato l'alternativa di realizzare una centrale fuori terra o

una struttura interrata e completamente sommergibile, è stata scelta quest'ultima opzione, con l'accesso garantiti da una torretta che integra anche la funzione di camino d'aerazione, come illustrato al § 7.5 e rappresentato nei disegni del progetto.

11.6 LINEA DI ALLACCIAMENTO ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE

Una volta definito il punto di connessione alla rete ENEL, sono state valutate alcune soluzioni alternative per la linea di consegna. Dovendosi attraversare l'argine maestro in sponda destra, sono state scartate tutte le ipotesi che rischiavano di intaccare in qualche modo la sua integrità e continuità, compreso il sottopasso mediante scavo teleguidato.

Una soluzione accettabile per i tecnici AIPO era la realizzazione di una linea aerea, ma anche questa ipotesi è stata scartata per motivi di sicurezza (trovandosi in un'area di golenale) e paesaggistici, ricadendo all'interno del Parco Adda Sud.

In conclusione è stata scelta la soluzione, descritta al § 7.6, con sovrappasso dell'argine e rinfianco delle scarpate a monte e valle.

Si evidenzia inoltre che tutta la linea sarà realizzata su terreni nella disponibilità della VIS.