

VALUTAZIONE AMBIENTALE DI IMPIANTI PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI

IDROELETTRICO

GLI EFFETTI AMBIENTALI

Luigi Papetti

STUDIO FROSIO

Milano 23 settembre 2002

Azioni elementari nella fase di costruzione

- Prospezioni geologiche
- Taglio di vegetazione esistente
- Demolizione di manufatti esistenti
- Allargamento di strade esistenti
- Movimenti di terra interni ed esterni al cantiere
- Scavo di gallerie
- Riporti permanenti di terreno su versanti
- Formazione di rilevati
- Creazione di accumuli temporanei
- Spostamento temporaneo di linee elettriche, strade e persone
- Realizzazione di strade e baracche per il cantiere
- Dragaggi di corsi d'acqua
- Sbarramento o deviazione temporanea di corsi d'acqua
- Uso di mezzi per il cantiere (escavatori, elicotteri, blondin)
- Presenza umana durante i lavori

Azioni elementari nella fase d'esercizio

- Produzione d'energia da fonte rinnovabile
- a) Riduzione dei costi sociali e di sicurezza connessi con l'importazione di fonti fossili o nucleari
- b) Riduzione dei costi macroeconomici connessi con l'importazione di fonti fossili (petrolio e gas)
- c) Riduzione dei costi sociali, militari e di politica estera
- Captazione da corpi idrici
- Opere permanenti in alveo
- Sbarramento di corsi d'acqua
- Nuovi bacini idrici
- Condotte forzate
- Nuove linee elettriche
- Protezioni spondali e di fondo alveo
- Argini
- Muri di sostegno di consolidamento dei versanti
- Regolazione di portate

Azioni elementari dei lavori di completamento

- Recinzioni, piazzali, altre opere accessorie
- Piantumazione di specie arboree e arbustive
- Asfaltatura e impermeabilizzazione di terreni
- Ripopolamento ittico
- Ripopolamento di altra fauna

Azioni elementari nella fase di dismissione dell'impianto

- Permanenza di edifici, macchinari e opere in alveo

IMPATTI DI UN PICCOLO IMPIANTO IDROELETTRICO

- Dati generali d'impianto
- Area a monte della derivazione
- Uso plurimo della risorsa (multipurpose effects)
- Opere di sbarramento e presa
- Centrale
- Alveo sotteso
- Vie d'acqua d'adduzione (canali/condotte)
- Vie d'acqua di restituzione
- Area della restituzione in alveo

DATI GENERALI D'IMPIANTO

- Energia prodotta dall'impianto (impatto positivo)

Unità di misura: kWh (storicamente), ora molto in uso GWh e, meno, MWh.

Impatto positivo

Schema Regione Lombardia : è il solo impatto positivo (peso 25%)

DATI GENERALI D'IMPIANTO

- Emissioni nocive evitate

Mancate emissioni unitarie (g/kWh)		
	min	max
SO ₂	1,8	13,6
CO ₂	771,1	997,9
NO _x	1,4	3,2
Particolati	0,2	1,4
Metano	1,4	1,8

DATI GENERALI D'IMPIANTO

- Tempo di costruzione

Unità di misura: mesi o anni

Ordine di grandezza: 9-15 mesi

DATI GENERALI D'IMPIANTO

- Investimento per realizzare l'impianto

Unità di misura: milioni di €

Ordine di grandezza: funzione della taglia e della tipologia dell'impianto.

DATI GENERALI D'IMPIANTO

- Potenza installata

Unità di misura: kW o MW

Funzione del tipo di impianto: ad acqua fluente, a bacino, a serbatoio, solitamente crescente da acqua fluente a serbatoio

Commisurata al salto ed alla portata

Per la legislazione italiana piccolo idroelettrico è fino a 3MW di potenza nominale ($\approx$ potenza media)

DATI GENERALI D'IMPIANTO

- Investimento specifico alla potenza installata

Unità di misura: €/kW o €/MW

Soglia indicativa un tempo fissata dalla CE
per l'accesso al finanziamento (progetto
Thermie):

2.350 €/kW installato

DATI GENERALI D'IMPIANTO

- Investimento specifico all'energia prodotta

Unità di misura: €cent/kWh o €/MWh

Valore indicativo:

40-50 €cent/kWh

DATI GENERALI D'IMPIANTO

- Lavoratori impiegati durante la costruzione
- Funzione della taglia e della tipologia delle opere

DATI GENERALI D'IMPIANTO

- Soddisfazione diretta della domanda locale di energia

Unità di misura: % di energia prodotta utilizzata per questo scopo

oppure

% della domanda locale soddisfatta dall'impianto.

Parametro divenuto d'attualità con la liberalizzazione del mercato elettrico.

DATI GENERALI D'IMPIANTO

- Lunghezza delle linee elettriche (solitamente MT)

Unità di misura: m o km

Solitamente un costo ambientale:

Linee aeree: impatto visivo

Linee interrate: vincoli all'uso del suolo

Impatto positivo: elettrificazione di zone remote

- Schema Regione Lombardia: peso **10 %**

DATI GENERALI D'IMPIANTO

- Campi elettromagnetici provocati dalle linee elettriche

Unità di misura: mT o μ T

Funzione della corrente e non della tensione di linea.

Solitamente trascurabile sia per la corrente transitante nelle linee MT nuove (basse potenze quindi basse correnti) sia configurazione delle linee (precordato a conduttori isolati molto ravvicinati)

AREA A MONTE DELLA DERIVAZIONE

- Velocità dell'acqua nell'area

Unità di misura: cm/s

Tipicamente: valore medio nella sezione trasversale dell'alveo riferito alla portata media.

Parametro abiotico che influenza largamente i parametri biotici.

Minor velocità $\Rightarrow$ Maggiori modificazioni $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ Maggior impatto

AREA A MONTE DELLA DERIVAZIONE

- Lunghezza del rigurgito

Unità di misura: m

Misura dell'effetto delle opere di derivazione sul corso d'acqua.

Maggior altezza delle opere rispetto all'alveo naturale $\Rightarrow$ Maggior lunghezza del rigurgito
 $\Rightarrow$ Maggior impatto

Prese a trappola: tipo di presa che non provoca rigurgito nell'alveo a monte

AREA A MONTE DELLA DERIVAZIONE



AREA A MONTE DELLA DERIVAZIONE



AREA A MONTE DELLA DERIVAZIONE

- Lunghezza delle scogliere, degli argini o delle difese spondali e di fondo a monte della derivazione

Unità di misura: m

Impatto positivo per l'aumento della sicurezza delle aree circostanti

Possibile impatto visivo negativo.

AREA A MONTE DELLA DERIVAZIONE

Nuove aree ripariali sommerse

Area ripariale originaria

Unità di misura: %

Costo ambientale: perdita di aree particolarmente sensibili

AREA A MONTE DELLA DERIVAZIONE

- Lunghezza di argini o difese spondali impermeabili

Unità di misura: m o km

Impatto negativo: rischio di modificazione nel regime di scambio tra acque sotterranee ed acque superficiali

Impatto positivo: aumento della sicurezza idraulica delle zone circostanti.

AREA A MONTE DELLA DERIVAZIONE

- Aumento percentuale nel perimetro bagnato nelle condizioni di magra del corso d'acqua

Unità di misura: %

Impatto positivo: l'aumento del perimetro bagnato con riduzione della velocità può favorire la sopravvivenza degli ecosistemi di thalweg con portate piccole.

AREA A MONTE DELLA DERIVAZIONE

- Area di nuovi rilevati spondali coperti da vegetazione

Unità di misura: m²

Impatto positivo: aumento della naturalizzazione di opere di difesa longitudinale

AREA A MONTE DELLA DERIVAZIONE

- Creazione di aree a bassa velocità dell'acqua

Unità di misura: m^2

Impatto positivo: zone di alto valore ambientale atte a favorire ecosistemi ripariali.

Interessante misura di mitigazione o riqualificazione di corsi d'acqua deteriorati dall'attività umana.

L'area può essere effetto diretto delle opere funzionali all'impianto oppure essere creata appositamente

AREA A MONTE DELLA DERIVAZIONE

profondità nel mezzo dell' area rigurgitata a
profondità senza rigurgito

Unità di misura: %

Parametro abiotico di facile misurazione che consente di sostituire parametri biotici di difficile o misurazione o interpretazione dei risultati incerta

AREA A MONTE DELLA DERIVAZIONE

$$\frac{\text{lunghezza totale rigurgito}}{\text{larghezza media rigurgito}}$$

Unità di misura: m/m

Parametro intensivo che fornisce informazioni sull'estensione del rigurgito in relazione all'importanza del corso d'acqua

USO PLURIMO DELLA RISORSA

- Usi ricreativi

Unità di misura: % della portata media complessiva
o del volume derivato riservato ad usi ricreativi

es.: mantenimento di livelli prefissati in bacini
d'accumulo per la pesca

USO PLURIMO DELLA RISORSA



USO PLURIMO DELLA RISORSA

- Protezione dalle piene (aumento del tempo di ritorno della piena che causa esondazioni rispetto alla situazione precedente la realizzazione dell'impianto)

Unità di misura: anni

1. Innalzamento e sistemazione spondale (spesso)
2. Laminazione delle piene nel bacino d'accumulo (raro per piccoli impianti)

USO PLURIMO DELLA RISORSA

- Insediamenti umani a seguito della realizzazione dell'impianto

Unità di misura: persone insediate

Nuove opportunità di lavoro in aree depresse sia nella gestione dell'impianto sia conseguente all'uso plurimo della risorsa (attività ricreative, gestione di aree di ristoro)

USO PLURIMO DELLA RISORSA

- Fornitura d'acqua per scopi irrigui o potabili

Unità di misura: % della portata media complessiva
o del volume derivato riservato alle predette
forniture

USO PLURIMO DELLA RISORSA

- Creazione di aree ad alto valore ambientale annesse all'impianto

Unità di misura: m²

Misura di mitigazione talora imposta dalle PP.AA. oppure messe in atto dal proponente per aumentare l'accettabilità ambientale.

Creazione di zone umide, rimboschimenti, percorsi naturalistici nelle vicinanze delle opere.

USO PLURIMO DELLA RISORSA

- Creazione di aree agricole

Unità di misura: ha

Impatto positivo tipico di zone rurali remote che grazie all'elettificazione possono incrementare le aree bonificate e coltivabili. Lo stesso impatto positivo si può avere lungo reti irrigue esistenti dove l'energia prodotta sui salti esistenti lungo la rete può utilizzarsi in stazioni di pompaggio.

TRAVERSA O DIGA

- Percentuale di volume d'acqua annuale disponibile trasferito dalla stagione piovosa a quella secca

Unità di misura: %

Impatto raro nei piccoli impianti che solitamente non sono dotati di serbatoi stagionali.

S'applica dove l'impianto è servito da un serbatoio creato per scopi primari diversi dalla produzione d'energia

TRAVERSA O DIGA

- Percentuale di volume d'acqua giornaliero disponibile trasferito dalle ore vuote alle ore piene

Unità di misura: %

Impatto più frequente, poiché numerosi sono i piccoli impianti con bacini d'accumulo giornalieri (poche migliaia di m³)

Impatto positivo per il maggior pregio dell'energia che viene prodotta dall'impianto rispetto ad uno schema ad acqua fluente

TRAVERSA O DIGA

- Altezza delle paratoie e degli ausiliari al di sopra della cresta della traversa o della diga

Unità di misura: cm o m

Impatto negativo per l'intrusione visuale.

Da usare congiuntamente al successivo

TRAVERSA O DIGA

- Altezza della parte fissa della traversa o della diga rispetto al fondo preesistente

Unità di misura: cm o m

Impatto negativo per l'intrusione visuale.

Da usare congiuntamente al precedente

TRAVERSA O DIGA

- Interruzione del trasporto solido

Unità di misura: % del trasporto medio totale

Parametro di misura non immediata perché richiede valutazioni in diverse condizioni idrauliche del corso d'acqua. Funzione della tipologia della derivazione

Indicativamente:

- Le prese a trappola riducono assai poco (solo la frazione molto fine ($\phi < 3-5\text{mm}$))
- Prese Coanda ($(\phi < 0,5-1\text{mm})$)
- Traverse con presa laterale: interruzione quasi totale

TRAVERSA O DIGA

- Interruzione del continuum del fiume

Unità di misura: % del continuum originario

Parametro di difficile valutazione.

Funzione dell'efficienza del passaggio per pesci, se esistente ed applicabile

CENTRALE

- Area occupata dalla centrale

Unità di misura: m^2

Impatto negativo:

- intrusione visuale
- perdita di valore dei fabbricati vicini

CENTRALE

- Emissioni di rumore fuori dalla centrale

Unità di misura: dBA

Impatto negativo:

- Apprezzabile soprattutto per turbine veloci (1.000-1.500 rpm) o con moltiplicatore

Rumore facilmente abbattibile in centrali nuove adeguatamente progettate, meno facilmente o a maggior costo in centrali esistenti

Riferimento: rumore < 85 dBA ad 1 m dalla sorgente

CENTRALE

- Percentuale di centrale interrata

Unità di misura: %

Impatto positivo:

- Minor intrusione visuale
- Costi di costruzione talvolta molto maggiori fino a rendere non economicamente conveniente l'impianto

ALVEO SOTTESO

- Lunghezza del corso d'acqua sotteso

Unità di misura: m o km

Impatto negativo

- Schema Regione Lombardia: peso 35 %

Gli impatti della derivazione sono quasi in buona parte concentrati in questa zona

Mitigazione: DMV

ALVEO SOTTESO

Larghezza bagnata

Larghezza bagnata con DMV

Unità di misura: m/m

Parametro abiotico facilmente misurabile.

Misurare a valle della derivazione per evitare l'effetto degli affluenti

ALVEO SOTTESO

- Effetto degli affluenti

Unità di misura: l/s di apporto tra presa e restituzione

Impatto positivo. Importante soprattutto in zone montane dove l'effetto degli affluenti può mitigare molto la derivazione dell'acqua dal torrente.

ALVEO SOTTESO

- Scarichi civili o industriali lungo l'alveo sotteso

Unità di misura: l/s/km d'alveo sotteso

Impatto negativo. La presenza degli scarichi può richiedere maggiori quantità di DMV per compensare la peggior qualità di base del corso d'acqua

ALVEO SOTTESO

- Deflusso Minimo Vitale

Unità di misura: l/s

- Metodi idrologici $\Rightarrow$ formule semplici
- Metodi idrobiologici $\Rightarrow$ metodi complessi applicabili solo ad un singolo corso d'acqua bastai su parametri idrologici, idraulici e biologici. Richiedono solitamente lunghe campagne d'indagine con difficoltà di interpretazione dei dati dovuta alla dispersione dei risultati ed alla grande variabilità intrinseca dei parametri caratteristici

ALVEO SOTTESO

- Deflusso Minimo Vitale

Studio del Politecnico di Milano per la Regione Lombardia

Metodo PQI (Pool Quality Index): torrenti

Metodo PHABSIM: fiumi

ALVEO SOTTESO

- Deflusso Minimo Vitale

Metodo PQI (Pool Quality Index)

Costo complessivo:

5.600.000 L (2.700 €) per un tratto indagato di 5 km, escluse spese generali e trasferte.

ALVEO SOTTESO

• Deflusso Minimo Vitale

Q_{med}	% <i>Pool</i>							
l s^{-1}	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%
	DMV							
	l s^{-1}	l s^{-1}	l s^{-1}	l s^{-1}	l s^{-1}	l s^{-1}	L s^{-1}	l s^{-1}
500	70	70	70	69	69	69	68	68
1000	118	117	116	116	115	113	111	106
3000	295	284	276	269	264	259	254	249
5000	470	444	428	415	405	398	393	387
10000	871	821	791	760	741	720	708	693

ALVEO SOTTESO

- Deflusso Minimo Vitale specifico

Unità di misura: l/s/m di larghezza d'alveo

Parametro morfologico e non idrologico come il più consueto l/s/km².

Limiti usuali: 30-40 l/s/m

Valori di riferimento per DMV

Profondità minima 10 cm

Velocità minima 0,3-0,4 m/s

VIE D'ACQUA D'ADDUZIONE

- Percentuale di canale o condotta interrata

Unità di misura: % del totale

Impatto positivo: minor intrusione visuale

Impatto negativo: difficile ispezionabilità,
manutenzione e individuazione delle perdite

VIE D'ACQUA D'ADDUZIONE

- Percentuale di canali in terra

Unità di misura: % del totale

Impatto positivo: minor artificializzazione, possibilità di colonizzazione.

Impatto negativo: maggior occupazioni d'area parità di portate convogliate. Fattibili solo a cielo aperto.

VIE D'ACQUA D'ADDUZIONE

- Percentuale di funzione ecologica (ecological function)

Unità di misura: % del totale

Impatto positivo: i canali artificiali possono servire come biotopo. Quanto più il canale è simile al corso d'acqua derivato, quanto maggiore è la funzione ecologica. Dipende essenzialmente dalla tipologia costruttiva della via d'acqua.

VIE D'ACQUA D'ADDUZIONE

- Percentuale di canali di calcestruzzo

Unità di misura: % del totale

Impatto duale a quello relativo ai canali in terra.

Scelta obbligata in aree rocciose o dove i canali in terra non sono adatti e le condotte (interrate) non fattibili per motivi economici o tecnici.

Impatto solitamente negativo, ma da valutare caso per caso.

Problemi di perdite maggiori delle condotte e minori dei canali in terra.

VIE D'ACQUA DI RESTITUZIONE

Valgono gli stessi criteri delle vie d'acqua d'adduzione.

Solitamente sono opere di minor impatto perché molto più corte.

AREA DELLA RESTITUZIONE IN ALVEO

- Riduzione della velocità alla restituzione

Velocità indisturbata

Velocità dopo la realizzazione dell'impianto

Caso tipico: abbassamento dello scarico per aumentare il salto negli impianti a bassa o bassissima caduta.

AREA DELLA RESTITUZIONE IN ALVEO

- Riduzione dei livelli alla restituzione

Livello indisturbato

Livello dopo la realizzazione dell'impianto

Caso tipico: abbassamento dello scarico per aumentare il salto negli impianti a bassa o bassissima caduta.

AREA DELLA RESTITUZIONE IN ALVEO

- Aumento percentuale dei livelli di piena artificiale

Livello indisturbato

Livello dopo la realizzazione dell' impianto

Parametro importante per alvei sottesi brevi: l'onda di crollo non si smorza prima di raggiungere la restituzione ed i livelli sono più alti che in caso di alvei sottesi lunghi.

AREA DELLA RESTITUZIONE IN ALVEO

- Riduzione percentuale della larghezza bagnata in caso di basse portate

Indice abiotico usato per misurare gli effetti biotici dell'impianto. Valgono le considerazioni già fatte nella sezione relativa all'alveo sotteso

Parametro poco importante nei torrenti montani (alte variazioni naturali nei livelli e nelle portate) e viceversa importante nei fiumi.

AREA DELLA RESTITUZIONE IN ALVEO

Pendenza ridotta

Pendenza originaria

Indice abiotico usato per valutare i benefici causati sui parametri biotici da una risagomatura dell'alveo (abbassamento presso lo scarico della centrale $\Rightarrow$ minore pendenza $\Rightarrow$ maggiori livelli anche di magra $\Rightarrow$ maggior qualità del corso d'acqua)