

IL PIANO ENERGETICO-AMBIENTALE PER LA PROVINCIA DI GROSSETO

Allegato A2.10 ANALISI DELLE POTENZIALITA' DI SVILUPPO DI PRODUZIONE
IDROELETTRICA

Riferimento al capitolo 3.2 della Relazione di sintesi PEAP GR



A cura di CO.SVI.G., PIN SCRL.

1 Analisi della potenzialità di sviluppo di produzione idroelettrica

1.1 Situazione attuale idroelettrico minore

I dati a disposizione permettono una ricostruzione solo approssimativa del contributo dell'idroelettrico nella attuale fornitura di energetica della provincia.

Non sono presenti un gran numero di informazione relative alla presenza di impianti idroelettrici nella provincia.

Dai piani di assetto idrogeologico, sia del Fiora che dell'Ombrone, non risultano informazioni sulle derivazione idroelettriche¹.

Le informazioni disponibili hanno consentito di ricostruire il seguente elenco derivazioni ad uso idroelettrico presenti o in fase di realizzazione:

Proprietario	Località	Asta fluviale	Stato
ENEL	Loc. La Bandita Comune di Castell'Azzara	Fiume Fiora	Non sono disponibili informazioni
ENEL	Loc. Valpiana – Comune di Massa Marittima	Canale di Valpiana/	Non sono disponibili informazioni
Privato	Loc. Acqua d'alto-Comune di Sorano	Fiume Lente	Concessionata
Privato	Loc. Steccaia- Comune di Grosseto	Fiume Ombrone	
Privato	Loc. Casteldelpiano-Comune di Castel del Piano	Fosso dei Cani	Concessionata
Privato	Comune di Manciano	Fiume Fiora	Procedimento in itinere
Enel Green Power	Comune di Castel del piano	Torrente Ente	Procedimento in itinere
Idroelettrica maremmana	Loc. Ulivastraia- Comune di Campagnatico	Fiume Ombrone	Procedimento in itinere

Impianti censiti dalla Provincia di Grosseto

Non sono disponibili ulteriori informazioni né sulla effettiva operatività degli impianti né sulla loro capacità produttiva.

1.2 Analisi della potenzialità di sviluppo di produzione idroelettrica

Descriviamo adesso l'analisi del potenziale idroelettrico residuo del territorio relativo alla Provincia di Grosseto.

Saranno presentati prima i risultati ottenuti, seguirà un'analisi di questi in termini generali ed infine sarà riportata la procedura metodologica di analisi al fine di comprenderne al meglio le indicazioni estraibili, le ipotesi iniziali ed eventualmente i limiti.

Potenziale mini-idroelettrico identificato nella Provincia di Grosseto

¹ Piano di tutela delle acque della Toscana, Bacino del fiume Ombrone e del fiume Fiora, Regione Toscana 2005

	Corso d'acqua - Bacino	Coord X	Coord Y	Dislivello (m)	Portata progetto (mc/s)	Potenza nominale (kW)	Produzione attesa (kWh)
1	Fosso del Putrido - Fiora	1710881	4744913	30	0.60	126	643860
2	Fiora - Fiora	1711052	4742092	20	1.60	224	1144640
3	Fiora - Fiora	1711004	4740403	25	1.70	298	1520225
4	Torrente Scabbia - Fiora	1714169	4742850	10	0.10	7	35770
5	Torrente Scabbia – Fiora°	1714169	4742850	50	0.10	35	178850
6	Fiora - Fiora	1713753	4734794	10	2.40	168	858480
7	Fosso Zolferate - Albegna	1705735	4738737	30	0.80	168	858480
8	Fiume Albegna - Albegna	1705691	4727732	15	1.70	179	781830
9	Torrente fiasco - Albegna	1701325	4732248	25	0.30	53	191625
10	Fosso dell'Anguillara Albegna -	1700064	4732888	20	0.30	42	153300
11	Fosso dell'Anguillara Albegna ° -	1700064	4732888	45	0.25	79	344925
12	Torrente Melacciole Ombrone -	1695185	4745099	10	0.25	18	89425
13	Torrente Melacce Ombrone -	1692591	4745741	10	0.90	63	229950
14	Torrente Trasubbie Ombrone -	1699836	4743701	110	0.30	231	1180410
15	Torrente Trasubbie Ombrone° -	1699836	4743701	40	0.35	98	500780
16	Torrente Vivo - Ombrone	1711408	4758590	10	0.50	35	153300
17	Fosso Borgiano - Ombrone	1692659	4731830	10	0.20	14	51100
18	Fosso Borgiano – Ombrone°	1692659	4731830	20	0.20	28	102200
19	Fosso dell'Inferno Ombrone -	1687444	4735200	10	2.50	175	638750
20	Fosso dell'Inferno Ombrone° -	1687444	4735200	50	2.20	770	3372600
21	Torrente Trasubbino Ombrone -	1697562	4738911	10	0.60	42	183960
22	Torrente Trasubbino Ombrone° -	1697562	4738911	30	0.60	126	551880

23	Torrente Ombrone*	Trasubbino	-	1697562	4738911	50	0.50	175	766500
24	Torrente Ombrone*	Trasubbino	-	1697562	4738911	20	0.50	70	306600
25	Torrente Ombrone	Trasubbino	-	1694549	4738422	40	0.70	196	858480
26	Torrente Ombrone	Trasubbino	-	1700545	4740014	10	0.30	21	76650
27	Torrente Ombrone	Trasubbino	-	1696365	4738840	45	0.70	221	965790
28	Torrente Ombrone	Zancona	-	1706021	4747957	20	0.40	56	286160
29	Torrente Ombrone*	Zancona	-	1706021	4747957	60	0.40	168	858480
30	Torrente Ombrone	Zancona	-	1706495	4747661	30	0.40	84	429240
31	Torrente Ombrone	Zancona	-	1705546	4750041	20	0.80	112	572320
32	Torrente Ombrone	Zancona	-	1705135	4750835	10	0.80	56	286160
33	Torrente Ombrone	Zancona	-	1703257	4752694	10	0.90	63	321930
Totale siti indipendenti 24				Configurazione minima				2.48 MW	11.68 GW
				Configurazione massima				3.54 MW	16.63 GW

Tabella di sintesi del potenziale idroelettrico sfruttabile nella provincia di Grosseto. I siti con asterisco () rappresentano diverse opzioni di configurazione di impianto.*

I valori complessivi di potenziale energetico, un valore prossimo ai 3 MW installabili, rappresentano una quota di energia non trascurabile. Va però sottolineato che la tabella di sintesi, riporta unicamente i valori energetici, tralasciando le configurazioni generali degli impianti. In generale, dall'analisi effettuata, i siti individuati necessitano di strutture civili di derivazione particolarmente gravose rispetto alla potenza generata.

Il territorio in esame, infatti, non presenta, in generale, caratteristiche particolarmente favorevoli. Scarse precipitazioni, bacini drenanti insufficienti alla creazione di regimi di portata significativi e durevoli.

Si è comunque cercato di sfruttare al massimo le potenzialità morfologiche individuate attraverso la procedura di analisi geografica. Questo spiega la decisione di mantenere aperte alcune configurazioni in alcuni siti analizzati e di riportarne diverse alternative progettuali.

Un'analisi di dettaglio è stata riportata per ogni sito: si è realizzato una scheda in cui sono riportate le caratteristiche idro-morfologiche del sito, una stima delle caratteristiche dell'impianto realizzabile ed una valutazione di massima delle necessarie risorse finanziarie. Infine è stato calcolato un indice di opportunità, con il solo ed unico intento, di aiutare la lettura comparata delle diverse alternative in esame.

Va infine sottolineato la natura di tali indicazioni, distinguendo in un potenziale teorico ed uno reale.

Il potenziale teorico, consente di stabilire i limiti e le aspettative per questa risorsa, un limite

fisico superiore che, viste le caratteristiche idro-morfologiche non può in nessun modo essere superato.

Invece la quantificazione di un potenziale tecnico, “reale”, non può che avvenire attraverso una ricognizione diretta, attraverso misure topografiche di precisione. A maggior ragione in questo caso dove la variabile morfologica è certamente portatrice di una maggiore grado di incertezza analitica a causa della definizione iniziale dei dati di elevazione del terreno a disposizione.

1.2.1 Layout impianto di riferimento

Come si evince dalla tabella di sintesi la tipologia di impianti proposti fa riferimento impianti di piccole dimensioni. Tali infrastrutture sono comunemente chiamati *mini-hydro* o idroelettrico minore.

Si sono infatti tralasciate ipotesi concernenti impianti di grande taglia, ad invaso, prima di tutto perché le caratteristiche geomorfologiche generali dell’area in esame non presentano situazioni di netta opportunità.

Si è al contrario rivolto l’attenzione ad impianti di taglia media e piccola, ad acqua fluente o con invasi non stagionali.

Questo tipo di impianti può essere realizzato in prossimità di briglie o salti naturali dei fiumi, eventualmente su strutture artificiali come canali di bonifica, ove questi presentino dei dislivelli puntuali, o più semplicemente su corsi d’acqua con pendenza sufficiente a generare un dislivello apprezzabile in un tratto relativamente contenuto².

Riteniamo utile fornire una breve descrizione della configurazione tipica degli impianti in esame. Si tratta di strutture ad acqua fluente, ossia senza infrastrutture di sbarramento, *run of river*, ossia senza un bacino di compensazione. Tale opera garantirebbe di estendere il periodo di utilizzo dell’impianto, ma, al tempo stesso, comporterebbe un notevole aggravio di costi ed un aumento degli impatti ambientali attribuibili all’impianto. In caso di impianto ad acqua fluente, al contrario, il regime idrico non viene modificato tranne che nel tratto di derivazione della porzione di portata deviata.

A titolo esemplificativo illustriamo quindi quello che è considerabile il *layout* tipico di tali impianti.

I componenti fondamentali di un micro-impianto idroelettrico sono:

- struttura di diversione sul corso d’acqua
- opera di presa, con relative strutture di controllo
- sfioratore per la regolazione della portata in ingresso nel canale
- bacino di sedimentazione
- canale
- opere accessorie al canale, quali attraversamenti, sfioratori di emergenza
- vasca di carico
- condotta forzata con relativi ancoraggi
- casa macchine ed impianti
- rete di distribuzione se l’impianto è connesso in rete.

² Attraverso una analisi di maggiore dettaglio, purtroppo non realizzabile a questo livello di analisi, sarebbe inoltre opportuno per questo tipo di impianti prendere in considerazione siti già sede di impianti di produzione idroelettrica nel passato o di forza motrice (come i mulini) che sono stati distrutti abbandonati e comunque non sono più in produzione.

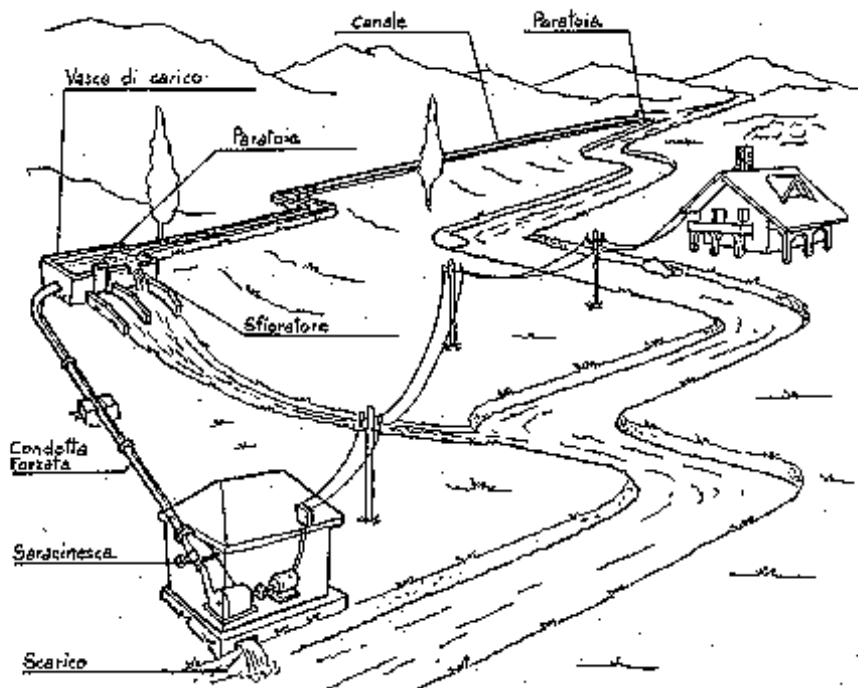


Figura: Schema impianto mini-hydro ad acqua fluente.

1.2.2 Procedura di identificazione dei siti

Due sono le grandezze che contribuiscono alla definizione di un potenziale di un sito. Il dislivello altimetrico sfruttabile e la portata idrica utilizzabile.

Si è quindi utilizzato la prima caratteristica come discriminante iniziale. Si sono cioè individuati quei siti, sezioni di alveo fluviale, che presentassero, immediatamente a monte, un'adeguata configurazione altimetriche e su quelli, successivamente, si è valutato la disponibilità idrologica. L'analisi geografica corrisponde al soddisfacimento della prima esigenza, l'analisi idrologica alla seconda.

Attraverso l'analisi geografico spaziale, basata su un modello digitale del terreno relativo a tutto il territorio provinciale, si sono prima individuati i tratti di aste fluviali che presentavano particolari condizioni di pendenza.

Si sono quindi selezionati di quei siti che presentassero un bacino idrico a monte superiore ad una valore minimo di 15 Km².

Si è quindi proceduto ad una valutazione fine, attraverso l'analisi di una cartografia a scala di dettaglio, della configurazione dei punti individuati.

Durante il procedimento di selezione dei siti si è fatto riferimento a quei tratti che permettessero da una parte di massimizzare la pendenza e dall'altra di minimizzare le opere civili necessarie all'impianto.

Una volta che i siti sono stati individuati si è proceduto a ricostruirne il regime idrologico.

Calcolata la dimensione del bacino drenante a monte di ogni sezione se ne è calcolato il valore medio delle precipitazioni e della evapotraspirazione reale per ogni mese dell'anno, la configurazione media in termini di uso del suolo e delle caratteristiche idrogeologiche.

Si è quindi proceduto alla costruzione della curva di durata delle portate disponibili in ogni sezione fluviale individuata. La curva di durata rappresenta la disponibilità temporale in un

anno di un dato valore di portata liquida.

Attraverso questo valore è stato possibile realizzare una stima della potenza sfruttabile.

	Fase	Dati utilizzati
ANALISI GEOGRAFICA	1. Individuazione del reticolo fluviale permanente	Elaborazione GIS DEM cell size 100m
	2. Selezione dei tratti d'asta con pendenza significativa	Elaborazione GIS DEM cell size 100m
	3. Analisi di dettaglio sezioni	Elaborazione su base Carta Tecnica Regionale 1:10000
	4. Calcolo del bacino a monte della sezione individuata	Elaborazione GIS DEM cell size 100m
	5. Classificazione Uso suolo: determinazione della permeabilità	Dati progetto Corine Land Cover
ANALISI IDROLOGICA	6. Precipitazione media annua. Attribuzione pioggia alla porzione di territorio a monte di ogni sezione individuata	Dati progetto Progetto DesertNet
	7. Calcolo evapotraspirazione. Attribuzione pioggia alla porzione di territorio a monte di ogni sezione individuata	Dati progetto Progetto DesertNet
	8. Calcolo trasformazione afflussi-deflussi nelle sezioni in esame e calcolo curva di durata delle portate.	Elaborazione propria modello afflussi deflussi su base pioggia media mensile.
	9. Calcolo potenziale energetico sfruttabile.	Elaborazione propria

Tabella di sintesi procedura di identificazione potenziale idroelettrico.

1.2.3 Analisi geografica

La procedura di caratterizzazione morfologica dell'area, necessaria per l'individuazione dei siti potenzialmente sfruttabili grazie ai salti di quota. Si riporta la procedura svolta facendo riferimento alla numerazione delle fasi esposta nella precedente tabella.

1. Individuazione reticolo permanente

La prima fase è consistita nella selezione automatica dei tratti di reticolo idrografico aventi un bacino scolante sufficiente. Tale analisi è stata effettuata elaborando con un software GIS il modello digitale del terreno con risoluzione 100 m (formato raster) della provincia di Grosseto.

Dalla sovrapposizione di quest'ultimo con il reticolo idrografico estratto dalle carte tecniche regionali (CTR scala 1:10.000), si è ottenuto l'informazione relativa alla quota di ogni cella appartenente all'asta fluviale.

Ulteriore operazione è consistita nell'individuazione dei tratti di reticolo che raccolgono un'area drenante pari ad almeno 15 km² (il limite minimo per avere una portata adeguata al tipo di installazione oggetto di studio). Tale risultato è stato ottenuto implementando

una serie di algoritmi integrati nel software di analisi geografico.

Si è calcolato:

- la direzione del flusso uscente da ogni cella,
- la superficie drenante che confluisce ad ogni cella

2. Il reticolo così ottenuto è stato nuovamente processato in modo da ricavare la pendenza dei vari tratti di asta fluviale: questo ha consentito poi di isolare solo i tratti d'asta con pendenza superiore al 5% per procedere poi a un'analisi più approfondita³.

3. La terza fase ha previsto la selezione manuale delle sezioni.

I tratti d'asta ottenuti con le procedure descritte in fase I sono stati sovrapposti e raffrontati con una cartografia di dettaglio (Carta Tecnica Regionale 1:10.000) e con immagini satellitari dell'area di interesse.

Alla fine sono stati individuati, in tutta la provincia, un numero pari a 31 potenziali configurazioni di impianti mini hydro.

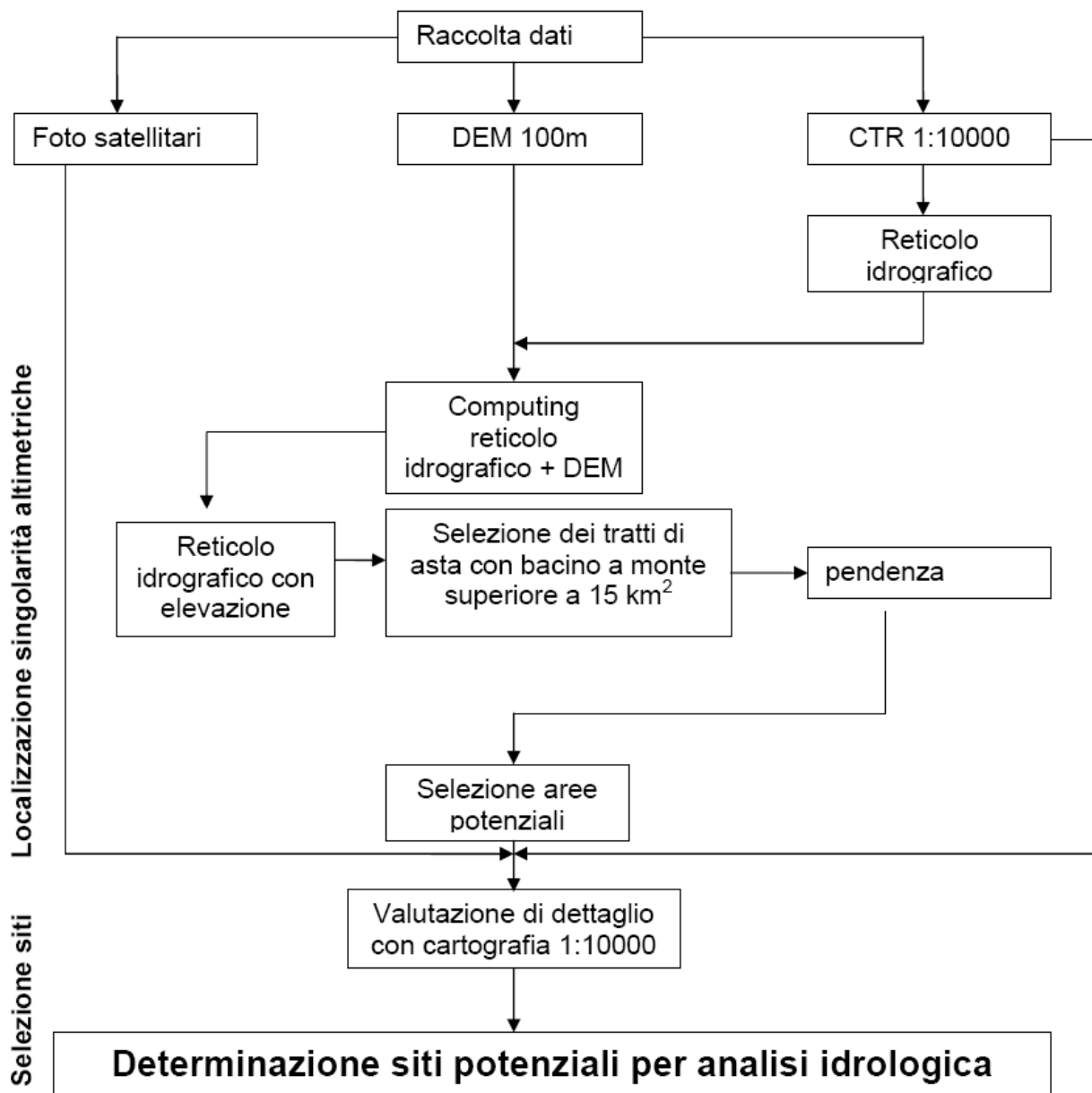
4. Si è quindi proceduto attraverso opportune routine di calcolo a calcolare il bacino drenante a monte di ciascuna sezione identificata.

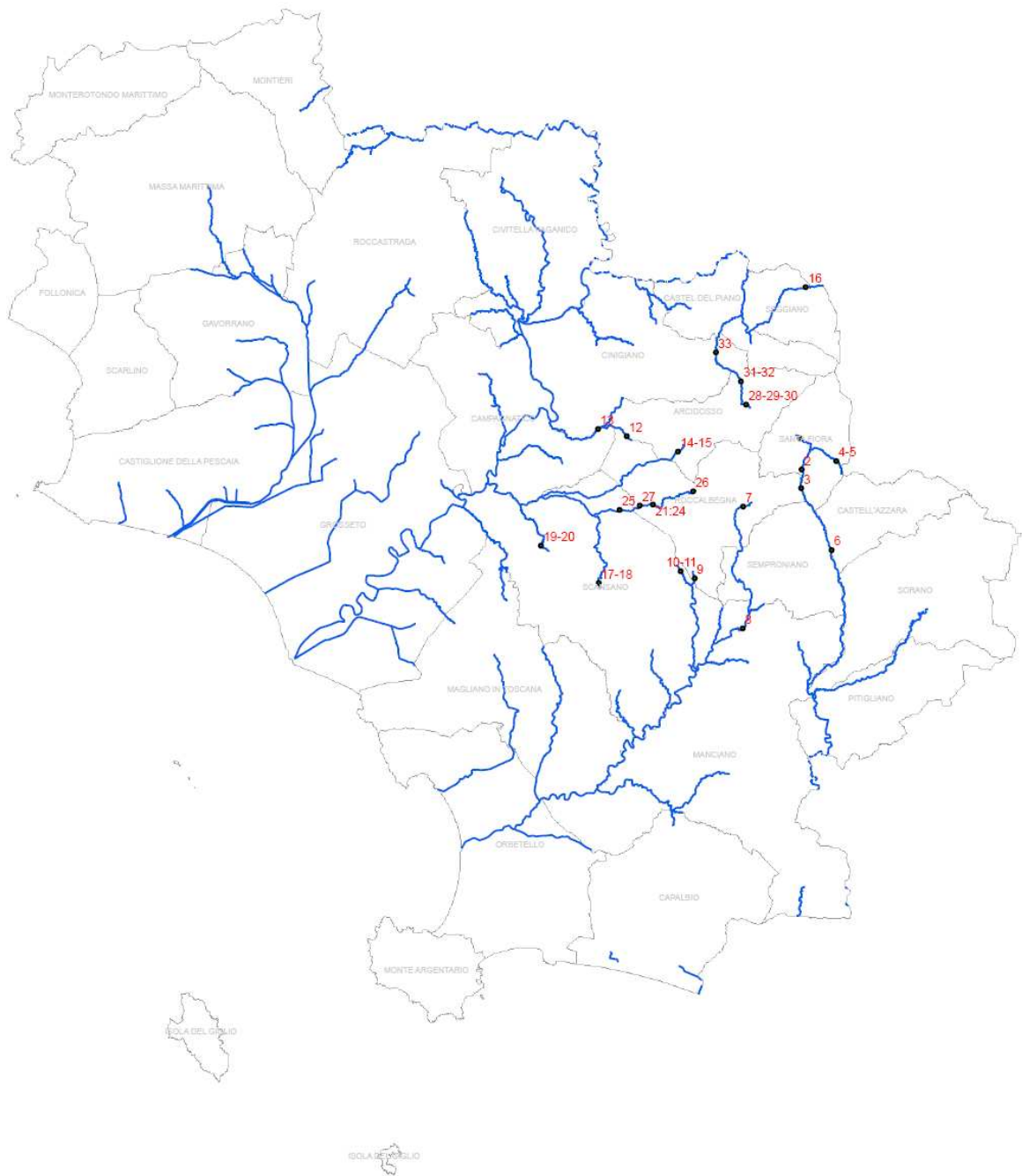
5. Analogamente, utilizzando come base la cartografia regionale relativa all'uso del suolo, progetto Corine Land Cover, si è computato la distribuzione percentuale di tipologie di uso del suolo, per ogni subbacino identificato. Dal dato relativo all'uso del suolo si è estratto un valore medio di permeabilità attraverso la seguente tabella di conversione.

	Coefficiente di deflusso
Bosco	0.1-0.2
Terreno sabbioso	0.2-0.3
Suolo coltivato	0.3-0.4
Suolo coltivato e coperto da vegetazione	0.4-0.6
Suolo nudo, a ridotta permeabilità permeabile	0.6-0.8
Suolo roccioso o impermeabile	0.8-1.0

Nelle figure seguenti viene riportata la schematizzazione della procedura di analisi geografica utilizzata e la carta provinciale con le sezioni individuate.

³ Occorre sottolineare come la risoluzione dei dati a disposizione (100m) non abbiano consentito, in questa fase, una rilevazione sistematica dei siti potenzialmente sfruttabili grazie alle caratteristiche altimetriche degli alvei fluviali. Tale limitazione ha, di fatto, reso necessaria la seconda fase di analisi di dettaglio manuale che ha consentito la selezione finale delle sezioni da sottoporre a analisi idrologica.





1.2.4 Analisi idrologica, costruzione della Curva di durata delle portate

Risultato dell'analisi idrologica è la costruzione di una curva delle portate per ogni sito analizzato. La curva delle portate rappresenta la probabilità, espressa in giorni all'anno che la portata superi un dato valore.

È quindi lo strumento principale per la valutazione della reale produttività di un impianto, in quanto permette di valutare la disponibilità della portata di progetto e quindi della potenza nominale installata nel corso dell'anno.

Riprendendo la numerazione delle fasi proposta:

1. Si è calcolato il valore di Precipitazione Media mensile calcolata su celle di 500X500 sul bacino idrologico a monte di ciascuna sezione di sbarramento ottenuta dalla media delle precipitazioni mensili relativa al trentennio 1960-1990⁴.
2. Analogamente si è calcolato il Evapotraspirazione Media calcolata su celle di 500X500 sul bacino idrologico a monte di ciascuna sezione di sbarramento ottenuta dalla media delle temperature medie mensile e trasformata attraverso il metodo di Thornrwhite⁵.
3. Si è poi proceduto alla definizione del modello idrologico e relativo calcolo della curva di durata delle portate relativa a ciascun sito in esame.

1.2.5 Modello idrologico di trasformazione afflussi-deflussi

Vista l'importanza delle ipotesi del modello idrologico scelto per la comprensione dei risultati e quindi della natura delle stime proposte riportiamo in dettaglio il modello idrologico implementato.

Il modello utilizzato è quello proposto dalla NRECA, *National Rural Electric Cooperative Association*⁶, (Crawford N.H. e Thurin S.M, 1981), che permette di ricavare una curva di durata a passo mensile e schematizza le caratteristiche del bacino drenante con tre soli parametri. Le ipotesi su cui si basa sono: schematizzazione del bacino come un'unica cella, assenza o comunque limitatezza di accumuli di acqua sotto forma di neve o laghi, bilancio della cella fornito dalla seguente equazione:

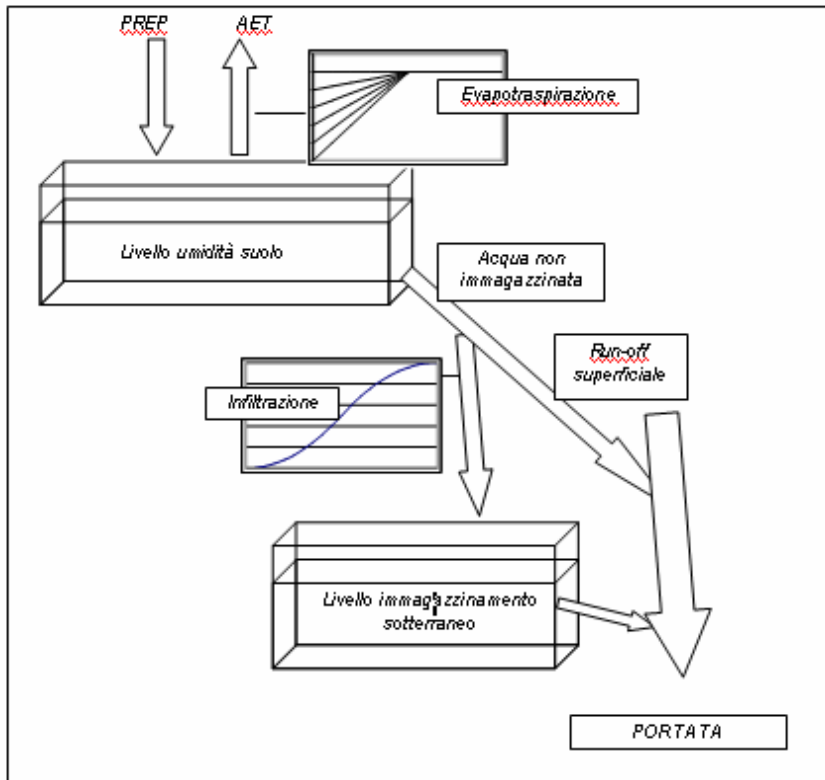
$$P - AET + \Delta W = R$$

dove, la Precipitazione (P), l'Evapotraspirazione effettiva (AET) e il Run-off (R) sono i volumi di acqua che entrano o escono dal bacino, mentre l'Immagazzinamento (ΔW) rappresenta il cambio nel livello di umidità nel suolo e l'immagazzinamento di acqua sotterranea, il tutto nell'intervallo di tempo considerato.

⁴ Dati estratti dal *Progetto DesertNet – Programma Interreg III B- MEDOCC – Asse 4 Misura 4 (WP A10 – Azione pilota in Toscana “I DIAGRAMMI DEL CLIMA IN TOSCANA” Rapporto Finale Giugno 2005 G. Maracchi, L. Genesio, R. Magno, R. Ferrari, A. Crisci, L. Bottai).*

⁵ Vedi nota precedente.

⁶ Crawford N., H., Thurin, S., M., Hydrologic Estimates for small hydroelectric projects, NRECA, Washington D.C., 1981



Schema del modello idrologico (Crawford N.H. , Turin S.M., 1981).

I tre indici che riproducono il bacino sono:

W_{max} (mm): è indice della capacità di immagazzinamento del bacino, ossia il livello massimo di saturazione del suolo. Quando la saturazione del suolo è inferiore a W_{max} , la maggior parte della pioggia netta è trattenuta dalla cella di suolo, al contrario quando la saturazione è superiore alla soglia W_{max} la maggior parte della pioggia netta è trasformata in run-off.

γ : coefficiente di percolazione, indica la frazione di run-off che filtra nel sub-suolo. L'output del sistema bacino è costituito dalla portata superficiale che risulta composta dal volume di piena e dalla portata di base che alimenta il fiume durante i periodi di non pioggia. Ed è proprio quest'ultima ad essere regolata da γ , che essendo un rapporto è senza dimensioni ed oscilla nel seguente range: $0.3 < \gamma < 0.8$, funzione della permeabilità del suolo.

α : coefficiente di rilascio, è la frazione del volume totale d'acqua sotterranea che alimenta la portata di base del fiume. Anche questo parametro non ha dimensioni e varia tra $0.2 < \alpha < 0.9$ dove il valore minimo è appropriato per bacini di cui si conosce una permanenza certa della portata, l'altro estremo invece rappresenta regimi fortemente variabili.

I valori che meglio rappresentano il bacino possono essere stimati attraverso la seguente procedura :

$$W_{max} = 100 + C \cdot P_{media}$$

dove C è un parametro che descrive l'andamento delle precipitazioni durante l'anno, vale approssimativamente 0.20 nel caso di piogge distribuite durante l'anno e 0.25 nel caso di distribuzione stagionale delle piogge, quindi con una forte distinzione tra stagione secca e stagione umida.

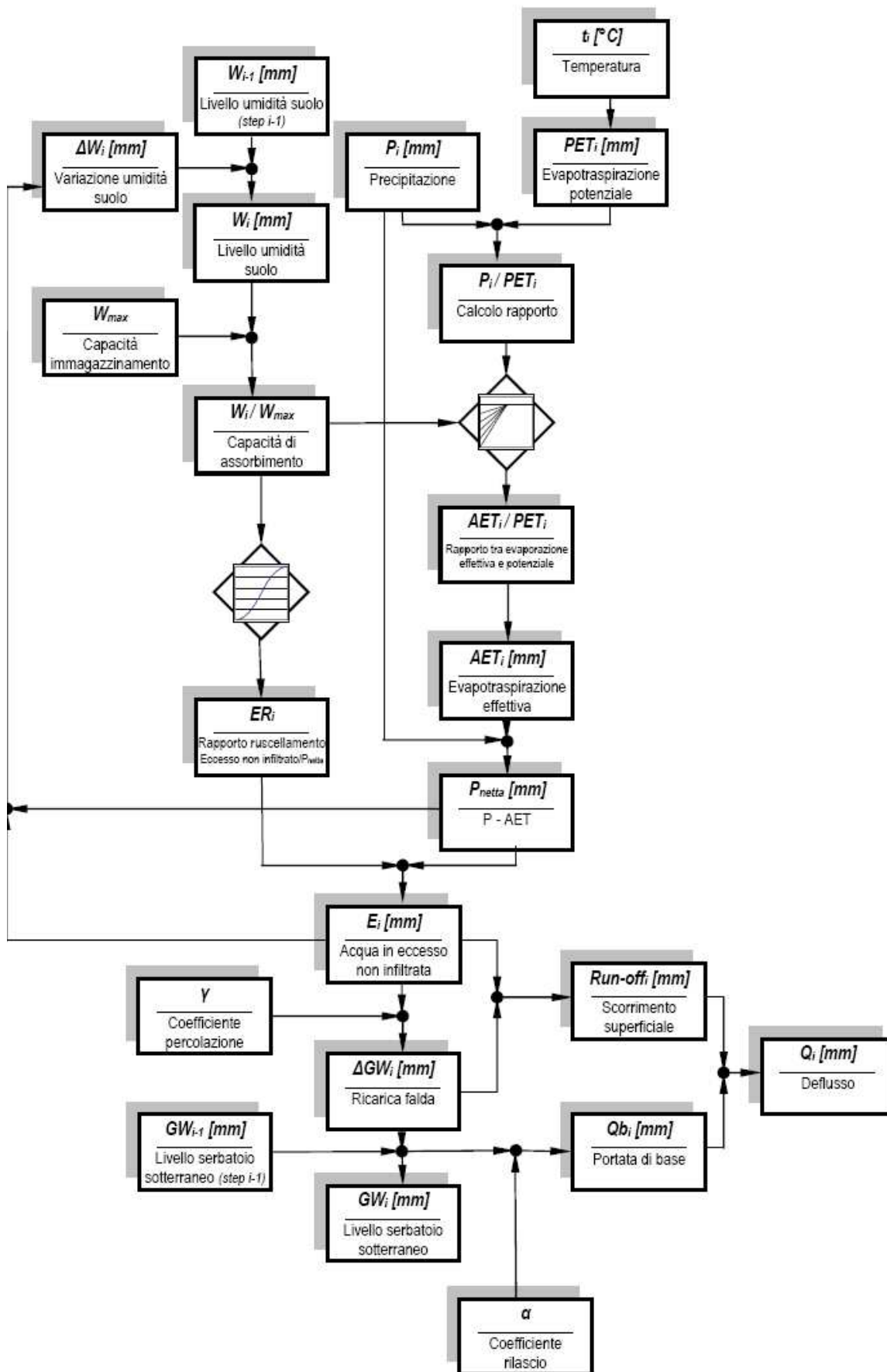


Diagramma di flusso modello idrologico.

Il rapporto tra evapotraspirazione potenziale e quella reale (AET/PET) è calcolato tramite una funzione che tiene conto del rapporto tra precipitazioni e evaporazione potenziale e della capacità effettiva di assorbimento W/W_{max} da parte del suolo.

La funzione utilizzata è:

$$\text{se } P/PET > 1 \quad \frac{AET}{PET} = 1$$

$$\text{se } 0 < P/PET < 1 \quad \frac{AET}{PET} = \left(\frac{W/W_{max}}{2} \right) + \left(1 - \frac{W/W_{max}}{2} \right) \cdot \frac{PREP}{PET}$$

$$\text{se } W/W_{max} > 2 \quad \frac{AET}{PET} = 1$$

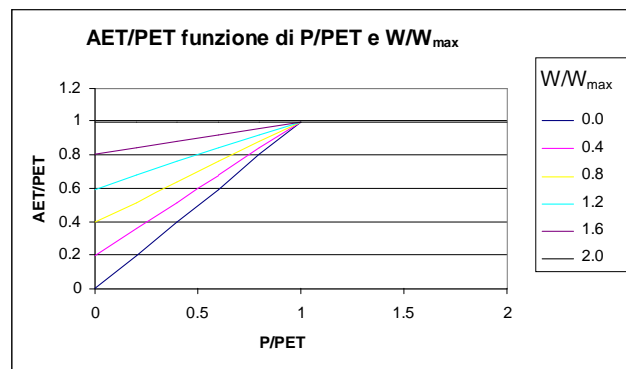


Grafico della Evapotraspirazione reale funzione di Precipitazione, Evapotraspirazione potenziale.

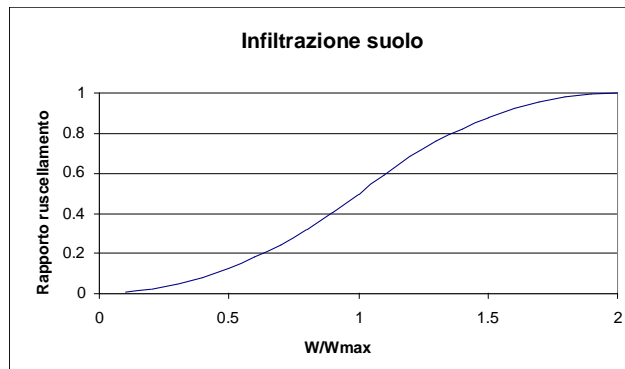
La seconda funzione utilizzata per il modello è quella necessaria al calcolo del rapporto di ruscellamento (ER), ossia della quantità di pioggia che rimane sotto forma di run-off superficiale e quella che al contrario di infiltra nel suolo.

La legge utilizzata è funzione della pioggia netta (P_{netta} , definita come $P-AET$):

$$\text{se } P_{netta} < 0 \quad ER = 0$$

$$\text{se } P_{netta} > 0 \quad \text{se } W/W_{max} > 1 \quad ER = 1 - \left(\frac{1}{2} \cdot (2 - W/W_{max}) \right)^2$$

$$\text{se } W/W_{max} < 1 \quad ER = \frac{1}{2} \cdot (W/W_{max})^2$$



Legge di infiltrazione del run-off funzione della capacità di assorbimento.

Per ottenere il valore di portata in m^3/s , relativo al bacino di riferimento, è quindi necessario moltiplicare il valore ottenuto, in mm per l'area del bacino, nell'unità di misura opportuna (se Km^2 occorre moltiplicare per 1000) e dividere per il numero di secondi in un mese.

La routine è stata implementata su foglio elettronico, dove una volta fornite le serie di pioggia e evapotraspirazione relative al periodo di calcolo, permette il calcolo automatico dell'output, la portata relativa al bacino. Come già detto il modello richiede due condizioni iniziali affinché la procedura possa avere inizio: il livello di umidità del suolo (W), e il livello iniziale di immagazzinamento sotterraneo (GW). Sono i valori iniziali dei due "serbatoi" immaginati nel modello. La stima iniziale è casuale, successivamente affinata per iterazioni.

1.2.6 Elaborazione del potenziale individuato

Vediamo infine l'ultima fase quella relativa al calcolo del potenziale energetico sfruttabile.

Le turbine idrauliche convertono la pressione idraulica in potenza meccanica su di un rotore che può essere connesso ad un generatore di elettricità o ad un altro dispositivo. La potenza disponibile è proporzionale al dislivello e alla portata disponibile.

La formula generale per il calcolo della potenza disponibile è:

$$P = \eta \rho g Q H$$

Dove:

- P è la potenza meccanica prodotta sull'asse della turbina (Watts),
- η è il rendimento della turbina, ρ è la densità dell'acqua (1000 kg/m^3),
- g è l'accelerazione di gravità (9.81 m/s^2),
- Q è la portata in volume che viene immessa nella turbina (m^3/s),
- H è il dislivello effettivamente utilizzabile per la produzione di energia (m).

Il rendimento delle turbine idrauliche varia tipicamente tra l'80 e il 90%, sebbene gli impianti di ridotte dimensioni ($<100kW$) tendano ad avere valore di riferimento tra 60 e 80%.

Sulla base di queste ipotesi si è proceduto al calcolo della potenza estraibile da ciascun sito individuato.

1.2.7 Analisi pre-fattibilità impianti

Profilo siti individuati - Scelta della portata di progetto

Nota la curva di durata del sito in esame la scelta della portata di progetto risponde alla ricerca di una soluzione di compromesso tra produzione energetica e disponibilità di portata. Il linea teorica ogni soluzione può comunque essere perseguita, anche se consuetudine e buona prassi indica come valore di riferimento della portata di utilizzo il valore medio della curva di durata, eventualmente epurato dalla componente di deflusso minimo vitale.

Occorre precisare che la totalità dei siti in esame non presenta caratteristiche ottimali, si tratta infatti per lo più di tratti a regime torrentizio con la presenza di portate ridotte e stagionali.

Fattori che rispettivamente inficiano la produzione di energia complessiva, kW/anno e la potenza nominale installata kW.

Vista la natura di analisi di pre-fattibilità si è scelto punti di utilizzo prossimi alle portate medie, aventi valori di presenza, generalmente prossimi ai 150-180 giorni l'anno.

Si è quindi garantito il mantenimento di condizioni ecologiche inalterate durante i mesi di magra.

Analisi delle tabelle descrittive per ogni sito

Nel prospetto relativo ad ogni sito si è riportato un quadro di sintesi con le caratteristiche dell'impianto ipotizzate ed un giudizio complessivo su alcuni aspetti dell'impianto potenziale.

Oltre la identificazione geografica in coordinate UTM e dell'asta fluviale di riferimento, si sono riportate le caratteristiche di che contribuiscono alla definizione delle caratteristiche dell'impianto:

dislivello topografico, lunghezza canale ipotizzato, pendenza media del tratto;

portata di progetto selezionata, portata media calcolata, disponibilità della portata selezionata in giorni/anno.

Si è quindi calcolato la potenza nominale installabile, ipotizzando un rendimento del 70%, e la potenza prodotto in un anno attraverso il valore di durata di tale portata.

Si è quindi valutato un range di costi basandosi su valori di riferimento di costo per KW installato. RETScreen® International 7 fornisce un range di costi iniziali oscillante tra i 500 e 3000 euro per KW installato. La grande estensione tra limite massimo e minimo non deve stupire perché gran parte dei costi sono funzione ascrivibili alle opere civili da realizzare che sono quindi estremamente site-specific e quindi non facilmente preventivabili.

⁷ Consorzio internazionale costituito da NASA, UNEP e GEF patrocinato Minister of Natural Resources Canada a realizzato il Clean Energy Decision Support Centre (disponibile presso www.retscreen.net). Missione del consorzio e l'assistenza e la referenza per la progettazione di impianti ad energie rinnovabili.

Fiume - Bacino		Coord X	Coord Y
Fosso del Putrido - Fiora		1710881	4744913
Bacino drenante [Kmq]	20,5		
Dislivello [m]	30		
Lunghezza canale [m]	600		
Pendenza media [%]	5		
Portata di progetto selezionata [mc/s]	0,60	q media [mc/s]	0,60
Disponibilità portata progetto [giorni]	213		
CARATTERISTICHE POTENZIALI IMPIANTO			
Rendimento complessivo impianto	0,7		
Potenza nominale [KW]	126		
Energia disponibile [KW/anno]	643860		
FATTIBILITA'			
	MIN	MAX	
Range costo per KW installato [€/KW]	500	3000	
Stima costo impianto [€]	63000	378000	
Indice di opportunità	media		Range: scarsa-media- buona-ottima
Potenzialità sito (pendenza >10% >15%)	1		max-min 3-1
Opere civili (canale <200m <400m)	1		max-min 3-1
Dimensione impianto (>100 KW)	2		max-min 2-1
Utilizzo temporale (>121 >242 giorni)	1		max-min 2-0

Tabella di riferimento per uno degli impianti identificati.

Ultima indicazione per il supporto alla valutazione comparata delle alternative proposte è l'indice di opportunità.

Si è computato un indice, espresso in termini qualitativi, che media quattro dimensioni considerate caratterizzanti la bontà di un sito:

- la pendenza media del tratto,
- la lunghezza stimata del canale di derivazione,
- la potenza nominale,
- l'utilizzo temporale in giorni.

Per ognuna di queste variabili si è realizzato una scala di valutazione con cui si è attribuito un punteggio a ciascun valore che sommati contribuiscono alla definizione dell'indice finale.

1.2.8 Allegato A – Schede siti individuati