



**Dipartimento di Scienze Economiche**  
*Università degli Studi di Udine*



**Analisi economiche degli scenari d'intervento  
per la sicurezza idraulica elaborati dai partecipanti al  
LABORATORIO Livenza 2007**

**Ottobre 2008**



# Indice

<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>1. L'ANALISI COSTI-BENEFICI .....</b>	<b>3</b>
1.1 INTRODUZIONE .....	3
<b>2. I BENEFICI.....</b>	<b>5</b>
2.1 I COSTI EVITATI: LE IPOTESI .....	5
2.1.1 <i>Gli impatti delle piene</i> .....	5
2.1.2 <i>Abitazioni</i> .....	9
2.1.3 <i>Attività produttive</i> .....	9
2.1.4 <i>Territorio agricolo</i> .....	11
2.1.5 <i>Infrastrutture territoriali</i> .....	11
2.1.6 <i>I costi indiretti di mancata fruizione delle infrastrutture</i> .....	12
2.1.7 <i>I costi per l'emergenza</i> .....	12
2.1.8 <i>La valutazione della perdita di vite umane</i> .....	12
2.2 I COSTI EVITATI: I RISULTATI .....	14
<b>3. I COSTI.....</b>	<b>15</b>
3.1 GLI SCENARI.....	15
3.2 I COSTI DELLE MISURE .....	16
3.1.1 <i>Costi delle misure strutturali</i> .....	16
3.1.2 <i>Costi delle misure non strutturali</i> .....	19
3.1.2 <i>Costi di gestione delle misure strutturali</i> .....	19
3.2 I COSTI INDIRETTI DEL PIANO.....	20
3.2.1 <i>Il ripristino dell'area allagate a monte della traversa</i> .....	20
3.2.2 <i>Costi idroelettrici ed agricoli</i> .....	20
3.3 CONFRONTO TRA GLI SCENARI .....	22
<b>5 ANALISI DELLA TEMPISTICA DI ATTUAZIONE DELLE MISURE.....</b>	<b>23</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>27</b>

## **Premessa**

Il presente documento è stato elaborato da Antonio Massarutto (responsabile scientifico), Alessandro de Carli e Vania Paccagnan del Dipartimento di Scienze Economiche dell'Università degli studi di Udine per conto dell'Autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione.

**Le analisi effettuate si basano su scenari elaborati dai partecipanti al Laboratorio Livenza 2007, ma NON è un prodotto del Laboratorio.**

L'analisi qui riportata si è basata su informazioni già disponibili e non sono state condotte indagini ulteriori. Per questo motivo le valutazioni presenti in questo rapporto devono essere considerate parziali. Inoltre gli autori hanno dovuto effettuare delle **ipotesi forti**, quindi le stime riportate possono essere affette da un'**elevata incertezza**.

# 1. L'analisi costi-benefici

## 1.1 Introduzione

Lo scopo prioritario di ogni processo valutativo ex ante è l'individuazione dei mutamenti generati da un intervento (politica, programma, progetto) in un sistema e la loro espressione in forma sintetica al fine di fornire un supporto utile al processo decisionale.

Gli strumenti valutativi sono diversi in funzione delle tipologie di intervento da analizzare e dei valori (e relativi criteri) che si ritiene utile considerare per la scelta.

L'obiettivo dell'analisi è individuare le componenti di costo e di beneficio corrispondenti a ciascuna delle soluzioni considerate, in modo da fornire basi conoscitive ed elementi interpretativi significativi per il giudizio. A questo fine, è necessario identificare il grado di rischio nella situazione attuale e dopo la realizzazione degli interventi e quale sia la soluzione alternativa praticabile più conveniente.

Nel caso degli interventi di mitigazione delle piene proposte, i costi e benefici possono essere caratterizzati come segue. In primo luogo, i costi diretti coincidono con i costi infrastrutturali volti a mitigare gli interventi di piena (es. costruzione di vasche di laminazione) o a proteggere centri abitati ed infrastrutture in genere dalle inondazioni. In tutti i casi considerati, oltre ai costi di investimento, vanno considerati anche i costi di manutenzione delle opere (Brouwer e van Ek, 2004).

Secondariamente, oltre ai costi delle misure proposte (diretti), vanno considerati altri effetti indiretti quali le conseguenze in termini di cambiamento di destinazione d'uso dei suoli. Si pensi ad esempio al caso in cui gli interventi di mitigazione consistano nel rinunciare ad esempio a coltivare in aree soggette a inondazione: oltre ai costi per eventuali espropri (che contabilmente sono accorpabili ai costi per gli interventi) in questo caso l'attuazione degli interventi di mitigazione delle piene produrrà una perdita di raccolti che va tenuta in considerazione nell'analisi costi benefici. Un altro esempio di costi indiretti è dato dalla chiusura di stabilimenti produttivi in aree a rischio. In questi casi la delocalizzazione di queste attività produttive avrà dei costi che dovranno essere considerati nell'ACB.

I costi delle misure sono sintetizzabili in due voci:

1. Costi diretti delle misure proposte, di investimento ed operativi;
2. Mancati redditi generati dalla realizzazione del piano.

A fronte di questi costi, i benefici più importanti consistono nella difesa delle famiglie e delle costruzioni dal pericolo di inondazioni. In questo senso, un'approssimazione dei benefici (diretti) degli interventi di sistemazione idraulica è data dai danni derivanti dagli eventi di piena che sono evitati grazie ai suddetti interventi. Altri benefici indiretti possono derivare dagli usi ricreativi che un'eventuale sistemazione naturalistica dei corsi d'acqua potrebbe portare.

I benefici delle misure saranno quantificati secondo le seguenti voci:

1. Costi evitati per effetto delle misure;
2. Benefici generati (esternalità positive).

Gli strumenti valutativi sono diversi in funzione delle tipologie di intervento da analizzare e dei valori (e relativi criteri) che si ritiene utile considerare per la scelta.

In questa analisi, l'obiettivo è quello di individuare le componenti di costo e di beneficio corrispondenti a ciascuna delle soluzioni considerate, in modo da fornire basi conoscitive ed elementi interpretativi significativi per il giudizio. A questo fine, è necessario identificare il grado di rischio nella situazione attuale e dopo la realizzazione degli interventi e quale sia la soluzione alternativa praticabile più conveniente.

In termini generali, l'analisi costi-benefici permette di valutare in termini monetari gli impatti positivi (benefici) e negativi (costi) delle azioni di policy proposte, allo scopo di calcolare i benefici netti derivanti dall'implementazione di un progetto o di una politica pubblica (Pearce, 1998).

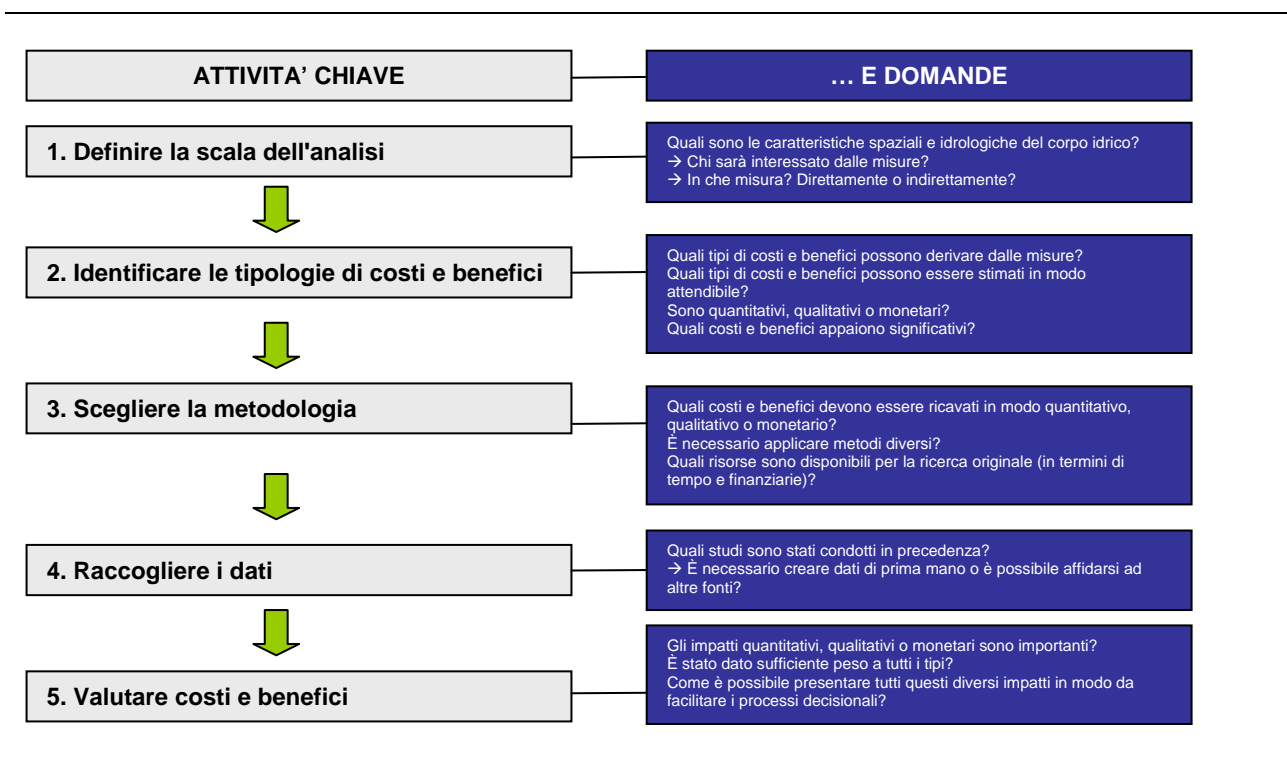
Qualora questi benefici netti risultassero positivi, allora l'azione di policy proposta è ritenuta vantaggiosa per la società nel suo complesso.

Nel caso considerato, saranno considerati solo i costi e benefici immediatamente monetizzabili con i dati disponibili, mentre non si considerano (perché andrebbero predisposte delle indagini *ad hoc*) i benefici e costi ambientali. Tutti gli impatti non monetizzati saranno comunque discussi e, quando possibile, localizzati spazialmente allo scopo di darne una descrizione qualitativa.

I modelli di valutazione degli impatti da allagamento sono stati presi ed adattati da alcuni studi effettuati in aree simili al caso studio in esame (Consorzio di bonifica Alto Friuli, 1993; WWF, 2004), ma preventivamente confrontati con le più recenti linee guida sulle valutazioni economiche dei danni da alluvione, disponibili a livello internazionale (Messner, 2007; Office International de l'Eau *et al.*, 2005).

Le attività di ricerca necessarie alla determinazione dei costi e dei benefici derivanti dalle misure di un piano per raggiungere determinati obiettivi (nel nostro caso la sicurezza idraulica) sono presentati nella Figura 1 sotto riportata. Tale schema è ripreso dalle linee guida WATECO (definite per il recepimento della Direttiva Quadro Acque). Si ritiene tuttavia che la sua valenza sia di carattere più generale, visto che la proposta di Direttiva per la gestione delle alluvioni ricalca, per quanto concerne l'analisi economica, quanto stabilito dalla Dir. 2000/60/CE.

**Figura 1 – Processo per la determinazione dei costi e dei benefici**



Analogamente a quanto stabilito dalle linee guida WATECO (2002) la scala di riferimento per l'analisi è quella del bacino idrografico: saranno pertanto considerati tutti gli impatti economici e sociali degli interventi proposti sul territorio coincidente con il bacino del Cellina-Meduna-Livenza.

## 2. I benefici

### 2.1 I costi evitati: le ipotesi

#### 2.1.1 Gli impatti delle piene

Il Piano stralcio per la sicurezza idraulica del Livenza – sottobacino del Cellina Meduna (di seguito PSI) è stato dimensionato sugli effetti di una piena con un tempo di ritorno di 100 anni. Le misure previste dal piano porteranno beneficio anche per piene con tempi di ritorno inferiori. Vengono quindi presi in considerazione 3 eventi alluvionali con i seguenti tempi di ritorno: 100, 50 e 10 anni. La stima delle aree allagabili e i danni generati dalle diverse piene si basano sulle osservazioni di piene storiche, rispettivamente del 1966, del 1965 e del 2002.

**Tabella 1** – Definizione delle aree di pericolosità in area di pianura.

Fascia	Definizione
P1	Aree storicamente allagate desumibili dalla cartografia storica
P2	Aree potenzialmente allagabili, limitatamente a tratte fluviali pregiudizialmente riconosciute come critiche, con riguardo ad un evento con tempo di ritorno di 100 anni.
P3	Fasce adiacenti alle linee arginali comunque ricomprese all'interno delle aree P2 riconoscibili come particolarmente pericolose in virtù della vicinanza con il punto di rottura.
F	Aree di pertinenza fluviale

Fonte: PAI Livenza

**Tabella 2** - Ipotesi sugli effetti degli eventi alluvionali presi in considerazione.

	Ipotesi sugli effetti della piena TR <sub>100</sub>
F	Le misure del piano non vanno a ridurre il rischio nelle aree di pertinenza fluviale.
P3	La documentazione storica evidenzia un potenziale distruttivo della piena fino a Pordenone, per carattere torrentizio. In Friuli, per la diaframmatura degli argini non si prevede distruzione ma danni maggiorati (50%) rispetto a P2. In Veneto potenziale distruttivo, per similitudine con Tagliamento 1966 (Fonte: Il Gazzettino del Nord Est).
P2	Il piano indica, per queste aree, altezze d'acqua superiori ad un metro.
P1	Altezze documentate nel 1966 di almeno 1 m. Si ipotizza una riduzione dell'altezza del pelo libero a 10 cm per le opere di difesa costruite dopo il 1966.
	Ipotesi sugli effetti della piena TR <sub>50</sub>
F	Le misure del piano non vanno a ridurre il rischio nelle aree di pertinenza fluviale.
P3	La documentazione storica evidenzia che le aree allagate con piena TR <sub>50</sub> sono confrontabili con quelle allagate da piena con TR <sub>100</sub> , ma si esclude il carattere distruttivo. Livelli dell'acqua inferiori rispetto a piena con TR <sub>100</sub>
P2	La documentazione storica evidenzia che le aree allagate con piena TR <sub>50</sub> sono confrontabili con quelle allagate come in TR <sub>100</sub> .
P1	Non si ipotizza allagamento
	Ipotesi sugli effetti della piena TR <sub>10</sub>
F	Le misure del piano non vanno a ridurre il rischio nelle aree di pertinenza fluviale.
P3	Sulla base dei rilievi disponibili delle aree allagate nel comune di Pordenone nell'evento del 2002, si ipotizza allagamento totale delle aree P3 su tutto il territorio del Livenza.
P2	Sulla base dei rilievi disponibili delle aree allagate nel comune di Pordenone nell'evento del 2002, si ipotizza allagamento pari al 70% delle aree P2 del territorio del Livenza.
P1	Non si ipotizza allagamento

Fonte: elaborazioni su diverse fonti

L'alluvione del 1966 è un importante punto di riferimento per l'analisi degli impatti delle misure del PSI, in quanto si presume che la piena con TR100 possa avvenire secondo modalità già riscontrate nel 1966. Nella Tabella 3 sono riportati i dati stimati all'epoca e riportati dal Gazzettino del 16 novembre 1966, integrati da alcuni dati presenti nel Sistema Informativo Catastrofi Idrogeologiche<sup>1</sup>. Basandosi sul dato congiunto (Pordenone e Udine) dei danni, si è stimato il danno nell'area di Pordenone proporzionalmente alle aree allagate, pari a 12 miliardi di lire dell'epoca, che, rivalutati secondo l'indice ISTAT, equivalgono a 107 milioni di euro<sup>2</sup>.

Questa stima ovviamente fa riferimento ad una situazione urbanistica e produttiva molto differente da oggi. Secondo lo studio del JRC di Ispra (Genovese *et al.*, 2006), basato sul modello MOLAND, le aree urbanizzate della città di Pordenone in area a rischio alluvionale sono aumentate da 1.000 ha nel 1950 a più di 3.000 ha nel 2000 (cfr. Figura 1).

Incrociando le aree del bacino del Livenza, classificate secondo le aree di pericolosità del PAI, con l'uso del suolo è stato possibile ottenere una suddivisione del bacino del Livenza per uso del suolo e classe di pericolosità (Tabella 4). La tabella si riferisce a tutto il bacino del Livenza. Nella stima dei benefici sono stati considerati solo quei territori che beneficerebbero delle misure previste dal PSI.

**Tabella 3 – Impatti della piena del 1966 nel Nord Est**

Provincia	Aree allagate (ha)	Danni (miliardi di lire)	Danni rivalutati al 2007 (milioni di euro)	Vittime	Alluvionati	Sfollati	
Belluno	594	50	448	24	15000	3000	
Treviso	28500	20	179	3	15000	1600	
Vicenza	6183	14	125	4	3000	200	
Verona	600	0,5	4	1	300		
Padova	30000	10	90		12000	1000	
Venezia	52000	85	761	4	14000	1000	
Rovigo	11475	15	134	1	10000	7000	
Gorizia	420	1	9		200		
Udine	30500	78	66 <sup>(+)</sup>	591	15 <sup>(*)</sup>	30000	5000
Pordenone	5600		12 <sup>(+)</sup>	107	4 <sup>(*)</sup>		
Bolzano	736	10	90	5	5000	500	
Trento	6000	115	1.030	22	80000	5000	
TOTALE	172608	398,5	3.569				

Fonti: Gazzettino del 16 novembre 1966; <sup>(\*)</sup> SICI – Sistema Informativo Catastrofi Idrogeologiche; <sup>(+)</sup> elaborazione UniUD

<sup>1</sup> <http://sici.irpi.cnr.it/>

<sup>2</sup> Coefficiente ISTAT di rivalutazione monetaria: £<sub>2007</sub> = 17,3412 \* £<sub>1966</sub>

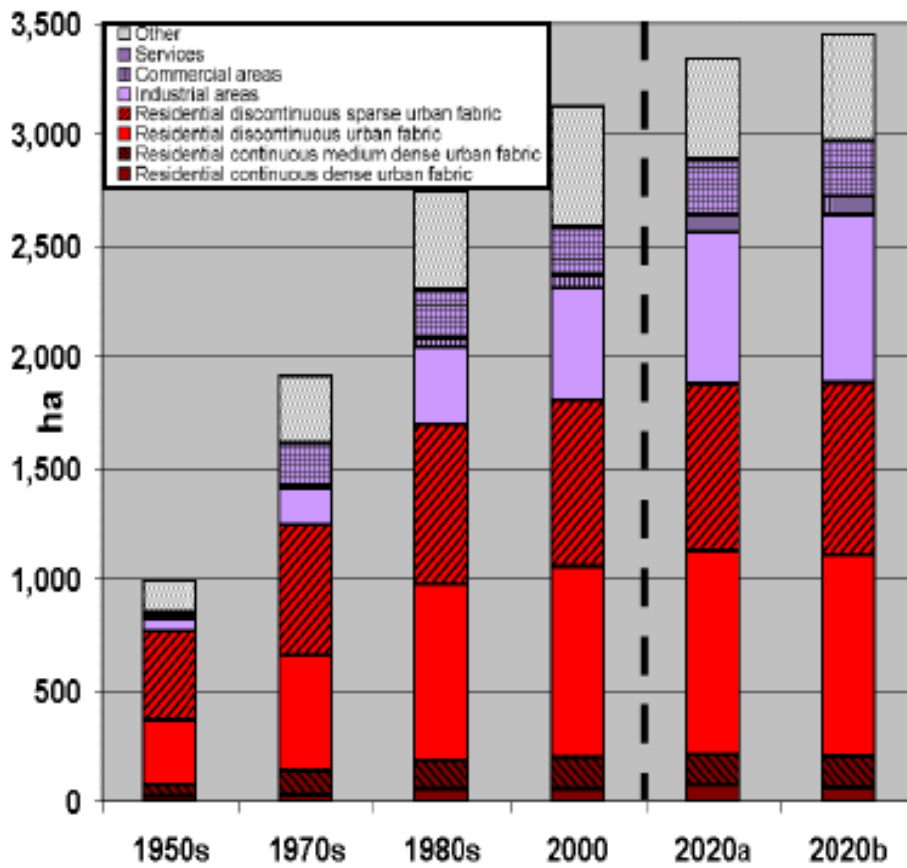


Figura 1 – Dinamiche di trasformazione nelle zone a rischio alluvionale nella città di Pordenone (Fonte: Genovese *et al.*, 2006)

**Tabella 4 – Suddivisione del bacino del Livenza per uso del suolo e classe di pericolosità**

	<b>Superficie totale (ha)</b>
<b>F</b>	<b>11.617</b>
Urbanizzato	371
Industria, commercio	37
Zone estrattive, discariche e cantieri	-
Colture permanenti	31
Prati stabili	137
Seminativi	3.997
Zone agricole eterogenee	1.577
Zone naturali	5467
<b>P3</b>	<b>2.084</b>
Urbanizzato	238
Industria, commercio	3
Zone estrattive, discariche e cantieri	-
Colture permanenti	10
Prati stabili	7
Seminativi	1.179
Zone agricole eterogenee	623
Zone naturali	24
<b>P2</b>	<b>10.919</b>
Urbanizzato	1.180
Industria, commercio	133
Zone estrattive, discariche e cantieri	24
Colture permanenti	191
Prati stabili	2
Seminativi	4.837
Zone agricole eterogenee	3.649
Zone naturali	903
<b>P1</b>	<b>17.588</b>
Urbanizzato	1.837
Industria, commercio	608
Zone estrattive, discariche e cantieri	-
Colture permanenti	839
Prati stabili	-
Seminativi	10.803
Zone agricole eterogenee	3.433
Zone naturali	68
<b>Totale</b>	<b>42.208</b>

Fonte: elaborazione su dati CORINE e PAI-Livenza

## 2.1.2 Abitazioni

A seguito di fenomeni di esondazione i danni diretti alle abitazioni possono essere così riassunti:

- danni immediati alle superfici ed agli arredamenti, dovuti alla immersione in acqua ed alla forza dell'acqua;
- danni immediatamente conseguenti alla permanenza dell'acqua, all'umidità, agli intonaci e pavimenti;
- danni a lungo termine, con riaffioramenti dell'umidità.

L'espressione per valutare il danno atteso ( $D_{abit}$ ) per abitazioni in seguito ad inondazione è la seguente:

$$D_{abit} = C_{costr} \cdot \alpha_h \cdot A_{PAI} \cdot \delta_{edif} \cdot \beta_{TRi}$$

dove:

- $C_{costr}$ , è il costo unitario di costruzione a nuovo di un'abitazione; è stato assunto un valore medio valido per tutto il territorio, pari a 550 euro/m<sup>2</sup>, valore ottenuto rivalutando al 2007<sup>3</sup> la stima indicata dal Consorzio di bonifica Alto Friuli nel 1993;
- $\alpha_h$  è il coefficiente di danno in funzione dall'altezza raggiunta dall'acqua all'interno dell'abitazione. Per quanto riguarda i danni diretti è stato rilevato che il loro ammontare per unità di superficie di abitazione dipende in maniera crescente dall'altezza raggiunta dall'acqua fino ad altezze di circa 1 metro per rimanere poi mediamente costante (Consorzio di bonifica Alto Friuli, 1993). Prudenzialmente è stata abbassata la quota oltre la quale si hanno i danni massimi, ottenendo le seguenti ipotesi:
  - per altezze d'acqua superiori a 0,5 m, il danno corrisponde alla necessità di rifacimento degli intonaci, pavimenti ed impianto elettrico ed si stima che incida nella misura del 20% del costo di costruzione di un edificio ( $\alpha_3 = 20\%$ ); tale ammontare si suppone comprensivo, in via prudenziale, dei danni irreversibili arrecati ad arredamento ed elettrodomestici;
  - per altezze inferiori a 0,5 m, il danno è dato da una funzione a gradini dipendente dall'altezza d'acqua (h) raggiunta:
    - per  $h < 0,1$  m:  $\alpha_1 = 5\%$
    - per  $0,1 < h < 0,5$  m:  $\alpha_2 = 10\%$
- $A_{PAI}$  è la superficie di territorio ricadente nelle aree di pericolosità individuate dal PAI e riassunte in tab. 4;
- $\delta_{edif}$  è l'area netta edificata, che è stata assunta pari al 25% delle aree classificate come "urbanizzato" su tutto il territorio del bacino, con l'esclusione di Pordenone, Vittorio Veneto e Conegliano (35%), i comuni con la maggiore densità abitativa (AdB, 2007).
- $\beta_{TRi}$  è un coefficiente correttivo di riduzione delle aree allagate per le piene con tempo di ritorno inferiore a quella di progetto (100 anni).

## 2.1.3 Attività produttive

I danni attesi per questo tipo di attività sono i seguenti:

1. danni diretti agli insediamenti e alle attrezzature;

<sup>3</sup> Coefficiente ISTAT:  $\pounds_{2007} = 1,4235 \pounds_{1993}$

- danni dovuti all'interruzione della produzione e alla minore efficienza lavorativa in fase successiva, fino alla ripresa della normale attività.

Il danno atteso ( $D_{\text{edifici\_prod}}$ ) per gli insediamenti produttivi e per le attrezzature in seguito ad inondazione è dato dalla seguente equazione:

$$D_{\text{edifici\_prod}} = C_{\text{edifici\_prod}} \cdot \alpha_h \cdot A_{\text{PAI}} \cdot \delta_{\text{edifici\_prod}} \cdot \beta_{\text{TRi}}$$

dove:

- $C_{\text{edifici\_prod}}$ , è il costo medio di costruzione a nuovo di un insediamento produttivo, comprensivo delle attrezzature; il valore, pari a 770 euro/m<sup>2</sup>, è stato valutato tenendo conto del costo di costruzione di abitazioni, incrementato del 40% per tenere conto delle attrezzature. L'assunzione deriva dal fatto che risultano interessate, per lo più, attività di tipo commerciale-artigianale;
- $\alpha_h$  è il coefficiente di danno in funzione dall'altezza raggiunta dall'acqua all'interno dell'insediamento produttivo; rimangono valide le considerazioni effettuate per le abitazioni;
- $A_{\text{PAI}}$  è la superficie di territorio ricadente nelle aree di pericolosità individuate dal PAI e riassunte in tab. 4;
- $\delta_{\text{edifici\_prod}}$  è l'area netta edificata, che è stata assunta pari al 70% delle aree classificate "Industria e Commercio" su tutto il territorio in considerazione (AdB, 2006).
- $\beta_{\text{TRi}}$  è un coefficiente correttivo di riduzione delle aree allagate per le piene con tempo di ritorno inferiore a quella di progetto (100 anni).

**Tabella 5 – Valori utilizzati per i parametri correttivi al danno atteso per abitazioni e insediamenti produttivi.**

	$\alpha_h$	$\delta_{\text{edif}}$	$\delta_{\text{edifici\_prod}}$	$\beta_{\text{TRi}}$
<b>TR<sub>100</sub></b>				
P3	In Friuli: 50% In Veneto: 100%	25%-35%	70%	1
P2	20%	25%-35%	70%	1
P1	10%	25%-35%	70%	1
<b>TR<sub>50</sub></b>				
P3	20%	25%-35%	70%	1
P2	20%	25%-35%	70%	1
P1	5%	25%-35%	70%	0
<b>TR<sub>10</sub></b>				
P3	20%	25%-35%	70%	1
P2	10%	25%-35%	70%	0,70
P1	5%	25%-35%	70%	0

Fonte: elaborazione UniUD

I danni alla produzione ( $D_{\text{produz}}$ ) possono essere stimati attraverso la seguente espressione:

$$D_{\text{produz}} = VA \cdot L \cdot g$$

dove:

- $VA$  è la perdita di valore aggiunto giornaliero per addetto ed è stato utilizzato un valore medio pari a 140 euro/addetto/giorno;

- *L* sono gli addetti in area pericolosa. Attualmente è disponibile solo una stima degli addetti che operano nelle fasce di pericolosità nell'ambito del sottobacino Cellina-Meduna (cfr. Tabella 6);
- *g* sono i giorni di interruzione dell'attività produttiva, comprensivi dei giorni di allagamento, dei giorni di ripristino e di giorni ad operatività limitata. La stima dei giorni di inattività è riportata in Tabella 6.

**Tabella 6 – Stima degli addetti in area pericolosa e dei giorni di interruzione della produzione**

Fasce di pericolosità	Addetti in aree pericolose (n.)	Giorni di interruzione		
		TR <sub>100</sub>	TR <sub>50</sub>	TR <sub>10</sub>
P3	641	20	12	4
P2	6.707	20	12	4
P1	12.800	8	0	0
		Danno alla produzione (milioni euro)		
		<b>34,9</b>	<b>12,3</b>	<b>4,1</b>

Fonte: elaborazione UniUD su dati AdB (2006) e ISTAT

## 2.1.4 Territorio agricolo

In questo caso il danno atteso è legato a:

- colture in atto (specie e varietà, fase del ciclo colturale, produzioni medie);
- caratteristiche agricole dei terreni e presenza di infrastrutture agricole e degli impianti irrigui;
- altezza dell'acqua;
- tempo di permanenza dell'acqua.

Sulla base della ripartizione delle colture riportata dall'ultimo Censimento dell'Agricoltura (ISTAT, 2000), è stata calcolata la media ponderata dei danni ipotizzabili per le principali coltivazioni di ciascuna categoria. Il valore massimo del danno è costituito dalla perdita dei frutti pendenti al momento della raccolta (il valore del raccolto in campo al netto delle spese per quest'ultima operazione) ed è stato assunto pari a 6000 €/ha. Ai seminativi, a cui è dedicato il 39% della superficie agraria totale, è stato assunto un danno atteso pari a 750 €/ha. Nella zona P1, dato il modesto impatto del livello d'acqua atteso, il danno è stato stimato pari al 20% del valore calcolato per le altre due zone.

Nel calcolo del danno non sono stati considerati gli allevamenti in quanto si può prevedere la loro messa in sicurezza con semplici misure di prevenzione, e gli edifici agricoli, considerati nell'ambito del danno alle aree fabbricate.

## 2.1.5 Infrastrutture territoriali

L'estensione delle maggiori infrastrutture territoriali presenti nelle aree a maggiore pericolosità del bacino del Livenza è pari a circa l'1,3%, come riportato in Tabella 7.

Il danno per questo tipo di infrastrutture, nel caso della piena con TR<sub>100</sub> può essere stimato come segue:

- nella zona P3 300.000 euro/ha per la sistemazione della massicciata, la scarifica del conglomerato bituminoso, il rifacimento degli strati (binder e tappeto), la sistemazione delle

- opere d'arte minori; la pulizia ed il ripristino di scoline e segnali; per le linee ferroviarie la sistemazione della massicciata, dell'impalcato e della struttura rotabile;
- nella zona P2, in misura pari ai due terzi del danno in zona P3;
- nella zona P1, in misura indicativa pari al 20% della zona P3.

Nel caso di piena con TR<sub>50</sub> si prende in considerazione il danno solo nelle aree P3 e P2, in quanto per ipotesi l'area P1 non viene allagata (vedi paragrafo 3.1.1)

**Tabella 7- Stima della estensione delle infrastrutture (ha)**

Aree PAI \ Tipologia infrastruttura	P1	P2	P3	F	Totale
Grandi strade	19,7	4,4	1,4	8,9	34,5
Ferrovie	2,8	1,0	0,2	1,7	5,7
Altre strade	241,8	165,2	50,5	59,7	517,2
<b>Totale infrastrutture</b>	<b>264,3</b>	<b>170,6</b>	<b>52,1</b>	<b>70,4</b>	<b>557,4</b>
% infrastrutture su totale Aree PAI	0,6%	0,4%	0,1%	0,2%	1,3%

Fonte: elaborazione AdB

### 2.1.6 I costi indiretti di mancata fruizione delle infrastrutture

L'area interessata dal possibile allagamento è attraversata da una rete di infrastrutture di rilevanza regionale, nazionale ed internazionale. La mancata utilizzazione delle infrastrutture genera dei costi non sono facilmente quantificabili, ma si ritiene possano essere considerati nei limiti tra il 5 e il 15% dell'ammontare del danno strutturale, passando dalla zona P1 a quella P3. A questi si sommano i costi indiretti, collegati al ripristino di condizioni ordinarie, pari a circa il 10% (WWF, 2004).

### 2.1.7 I costi per l'emergenza

Per la valutazione dei costi per la gestione dell'emergenza, sono state effettuate delle stime a partire dagli episodi recentemente accaduti. Anche in questo caso, una stima prudentiale porta a valori tra il 5% e il 15% dell'ammontare del danno strutturale, passando dalla zona P1 a quella P3 (WWF, 2004).

### 2.1.8 La valutazione della perdita di vite umane

Infine, sono da considerare i costi rappresentati dalla perdita di vite umane. In termini economici, tale costo è calcolato attraverso la quantificazione del valore della vita statistica (*value of statistical life*, VSL), che rappresenta la disponibilità a pagare per una riduzione del rischio di morte in seguito a un evento alluvionale. Conoscendo il VSL, i benefici aggregati (B) derivanti dalle morti evitate si ottengono moltiplicando il VSL per il numero di vite salvate (L), ossia  $B = VSL * L$ .

Nella letteratura economica esistono diversi studi che hanno quantificato il VSL, attraverso tecniche di stima che si basano sulle preferenze espresse, consistenti nel chiedere a un campione rappresentativo della popolazione di quantificare la disponibilità a pagare per vedere ridotto il rischio di morte prematura. Tali valori oscillano tra 200.000 e 30 milioni di US\$ (de Blaeij et al., 2003). Numerosi progetti europei raccomandano di utilizzare un valore medio di 1,5 milioni di €

(UNITE, 2000), definendo il valore del rischio di incidente di entità grave e lieve pari rispettivamente al 13% e all'1% del VSL.

Assumendo quindi che la perdita di vite umane in seguito al verificarsi dell'evento di piena centenario sia equivalente ai valori storici (4), otteniamo che i benefici totali (in termini di vite salvate) ammontano a 6 milioni di €

## 2.2 I costi evitati: i risultati

Nella Tabella 8 sono riportati i risultati dei danni. Per ciascuna delle piene prese in considerazione sono stati calcolati i danni totali derivanti dall'evento. Il valore viene diviso per il tempo di ritorno previsto, ottenendo così il danno evitato annuo, confrontabile con i costi annui del piano.

Tabella 8 - Stima dei danni generati dalle piene prese in considerazione

	Danni evitati (Mil. euro)		
	Evento alluvionale Tr = 100 anni	Evento alluvionale Tr = 50 anni	Evento alluvionale Tr = 10 anni
<b>P3</b>	<b>217,38</b>	<b>68,20</b>	<b>64,96</b>
Urbanizzato	207,90	60,34	60,34
Industria_commercio	8,09	6,47	3,23
Colture permanenti	0,06	0,06	0,06
Seminativi	0,87	0,87	0,87
Zone agricole eterogenee	0,46	0,46	0,46
<b>P2</b>	<b>474,77</b>	<b>474,77</b>	<b>27,43</b>
Urbanizzato	324,01	324,01	21,12
Industria_commercio	143,37	143,37	1,13
Colture permanenti	1,14	1,14	0,80
Seminativi	3,53	3,53	2,47
Zone agricole eterogenee	2,72	2,72	1,91
<b>P1</b>	<b>608,84</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
Urbanizzato	277,89	-	-
Industria_commercio	327,71	-	-
Colture permanenti	1,11	-	-
Seminativi	1,62	-	-
Zone agricole eterogenee	0,51	-	-
<b>Totale danni diretti</b>	<b>1.300,99</b>	<b>542,97</b>	<b>92,39</b>
Interruzione produzione	34,91	12,34	4,11
Costi infrastrutture	57,89	49,77	39,53
Costi indiretti	11,49	12,34	3,95
Costi emergenza	110,53	57,71	13,97
Perdita di vite umane	6,00	-	-
<b>DANNO TOTALE (mil. Euro)</b>	<b>1.521,81</b>	<b>675,13</b>	<b>152,48</b>
<b>DANNO EVITATO ANNUO (Mil. euro/anno)</b>	<b>15,22</b>	<b>13,50</b>	<b>15,25</b>

## 3. I costi

### 3.1 Gli scenari

Gli scenari illustrati in questo paragrafo sono quelli individuati e dibattuti durante gli incontri del Laboratorio Livenza 2007. Essi tengono conto dei seguenti obiettivi integrativi, elaborati nel corso dei workshop:

- Sicurezza degli abitati contigui ad interventi strutturali;
- Equa distribuzione dei costi e dei benefici;
- Salvaguardia delle caratteristiche locali;
- Valorizzazione del territorio;
- Mantenimento delle caratteristiche ambientali;
- Disponibilità d'acqua per usi irrigui e idroelettrici.

I sei scenari illustrati nella Tabella 9, elaborati nell'ambito del Laboratorio Livenza, si differenziano sulla base della portata del fiume Meduna transitabile in sicurezza all'altezza del ponte della SS13.

Il valore di 1200 m<sup>3</sup>/s rappresenta la portata di riferimento utilizzata nel PSI.

Lo **scenario 1** rappresenta il PSI. Gli **scenari 2 e 3** prevedono la sostituzione della traversa in località Colle con una o più casse di laminazione.

Gli **Scenari 4, 5 e 6** invece si basano sull'ipotesi di aumentare la portata del Meduna transitabile in sicurezza a 1400 m<sup>3</sup>/s. Questa scelta prevedrebbe innanzitutto l'adeguamento di numerosi chilometri di argini.

Lo scenario 4 è caratterizzato da una traversa di 15 metri di altezza e nessun'altro intervento strutturale. Lo scenario 5 ipotizza che il serbatoio di Ponte Racli non possa essere utilizzato per stoccare volumi in eccesso<sup>4</sup> e quindi è necessaria una traversa con un'altezza di 26 metri. Lo scenario 6 invece ipotizza una traversa contenuta e l'inserimento di casse di espansione.

---

<sup>4</sup> Questa ipotesi è stata inserita nell'evenienza che la stabilità della frana di Faidona non permetta lo svasso rapito del serbatoio di Ponte Racli.

**Tabella 9 – Scenari elaborati nell’ambito del Laboratorio.**

<b>SIMULAZIONI</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Portata del fiume Meduna al ponte della SS13 (mc/s)</b>		<b>1.200</b>	<b>1.200</b>	<b>1.200</b>	<b>1.400</b>	<b>1.400</b>	<b>1.400</b>
<b>ARGINI</b>	Lunghezza delle arginature che necessitano di adeguamento (km)	135,9	135,9	135,9	189,6	189,6	189,9
	Innalzamento medio delle arginature (m)	0,6	0,6	0,6	1,0	1,0	1,0
<b>Volume da trattenerne a monte della SS13 (milioni mc)</b>		<b>114</b>	<b>114</b>	<b>114</b>	<b>95</b>	<b>95</b>	<b>95</b>
<b>SERBATOI</b>	Volume teorico da trattenerne sul Cellina presso l’invaso di Ravedis (milioni di mc)	20	20	20	20	20	20
	Volume teorico da trattenerne in 2 serbatoi montani – Cà Selva e Cà Zul (milioni di mc)	-	-	-	-	40	-
	Volume teorico da trattenerne in 3 serbatoi montani – Cà Selva, Cà Zul, Ponte Radici (milioni di mc)	60	60	60	60	-	60
<b>Volume da trattenerne a valle dei bacini montani e a monte della SS13 (milioni di mc)</b>		<b>34</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>15</b>	<b>35</b>	<b>15</b>
<b>TRAVERSA</b>	Altezza della traversa di Colle (m)	26,0	-	-	20	26,5	10
	Volume (massimo) trattenuto a monte di Colle (milioni di mc)	34	-	-	15,55	35,35	-
	Superficie massima occupata dall’acqua a monte della traversa di Colle (ettari)	344	-	-	255	350	*
	Tempo di permanenza dell’acqua a monte della traversa di Colle (ore)	143	-	-	72	99	-
<b>Volume da trattenerne a valle di Colle e a monte della SS 13 (milioni di mc)</b>		<b>0</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>15</b>
<b>CASSE</b>	Pendenza media (m/km)	-	8,5	8,5	8,5	-	8,5
	Altezza massima degli argini (m)lunghezza delle casse (m)	-	6	6	6	-	6
	Larghezza delle casse (m)	-	300	300	300	-	706
	Lunghezza delle casse (m)	-	706	706	706	-	400
	Numero delle casse (n°)	-	16	16	31	-	12
	Superficie totale impegnata (ettari)	-	333,8	1000	-	-	1220
	<b>Volume trattenuto a valle di Colle e a monte della SS 13 (milioni di mc)</b>	<b>0</b>	<b>10,3</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>15</b>
<b>Volume residuo (milioni di mc)</b>		<b>0</b>	<b>23,8</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Fonte: LABORATORIO Livenza 2007

## 3.2 I costi delle misure

### 3.1.1 Costi delle misure strutturali

I costi delle misure, che compongono i 6 scenari riportati nel paragrafo precedente, si basano principalmente sugli investimenti previsti dal PSI. Tali valori sono stati opportunamente rivalutati per aggiornare le stime fatte nel 2002, mediante l’uso di coefficienti ISTAT (1 €<sub>2007</sub> = 1,1026 €<sub>2002</sub>). Nel caso di misure non previste dal PSI (es. casse di espansione), è stato necessario calcolare *ex novo* l’investimento. Tutte le ipotesi sono riportate nella Tabella 11.

Per ottenere il costo annuo di ciascuna misura, l’investimento stimato è stato diviso per la vita utile dell’infrastruttura. Le informazioni sulla vita utile sono state ottenute dal D.M. 14 settembre 2005, recante “Norme tecniche per le costruzioni” e sono riportate in Tabella 10.

**Tabella 10 – Vita utile nominale di progetto per diverse tipologie di struttura nei riguardi della durabilità.**

<b>VITA UTILE DI PROGETTO (anni)</b>	<b>TIPOLOGIA DI STRUTTURA</b>
<b>10</b>	Strutture provvisorie – Strutture in fase costruttiva
<b>≥10</b>	Componenti strutturali sostituibili (giunti, appoggi, ecc.)
<b>50</b>	Strutture di opere ordinarie
<b>100</b>	Strutture di ponti, dighe e grandi opere

Fonte: D.M. 14 settembre 2005 (Norme tecniche per le costruzioni);

**Tabella 11 – Ipotesi alla base del calcolo del costo delle misure strutturali previste negli scenari**

Misure strutturali previste dagli scenari		Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6	Vita utile considerata (anni)
Presidio, Ricalibratura e rinforzi arginali Noncello Sentirone Meduna	Argini	Costo intervento: 4 mil. Euro/km			Costo intervento: 4 mil. Euro/km			50
	Ponti	40 ponti da sollevare; 5 mil euro/ponte			40 ponti da sollevare; 5 mil euro/ponte			100
Traversa		Investimento previsto dal PSI, rivalutato al 2007 <sup>(1)</sup>			Investimento previsto dal PSI, rivalutato al 2007	Investimento previsto dal PSI, ridotto <sup>(2)</sup> e rivalutato al 2007	Cassa in località Colle 90 milioni euro (da PSI)	100
Interventi scarichi Ravedis		Investimento previsto dal PSI e rivalutato al 2007						50
Galleria scolmatrice		Investimento previsto dal PSI e rivalutato al 2007						100
Interventi scarichi Ca Zul, Ca Selva, Ponte Racli		Investimento previsto dal PSI e rivalutato al 2007	Investimento previsto dal PSI e rivalutato al 2007	Investimento previsto dal PSI e rivalutato al 2007	Investimento previsto dal PSI e rivalutato al 2007	Investimento previsto dal PSI, ridotto <sup>(3)</sup> e rivalutato al 2007	Investimento previsto dal PSI e rivalutato al 2007	50
Consolidamento Faidona		Investimento previsto dal PSI e rivalutato al 2007						100
Interventi di presidio Noncello per stati di rigurgito		Investimento previsto dal PSI e rivalutato al 2007						50
Adeguamento rete idraulica minore sacilese		Investimento previsto dal PSI e rivalutato al 2007						50
Manutenzione reti bacino montano		Investimento previsto dal PSI e rivalutato al 2007						12
Ripristino area magredi		Investimento previsto dal PSI e rivalutato al 2007						100
Casse di espansione			55.000 euro/ha	55.000 euro/ha			55.000 euro/ha	50
<p>Note:</p> <p><sup>(2)</sup> Coefficiente ISTAT di rivalutazione</p> <p><sup>(2)</sup> Si ipotizza che il costo della traversa sia composto da una parte invariante all'altezza (pari all'80% dell'investimento del PSI); il rimanente 20% è invece direttamente proporzionale all'altezza. Tale ipotesi è giustificata dal fatto che il costo di allestimento del cantiere è preponderante e non dipende dall'altezza del manufatto.</p> <p><sup>(3)</sup> L'investimento viene ridotto di un terzo in quanto nello scenario 5 si ipotizza di non intervenire sugli scarichi di Ponte Racli</p>								

Tabella 12 –Costi delle misure strutturali nei differenti scenari elaborati dal Laboratorio Livenza.

	Misure strutturali	Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3		Scenario 4		Scenario 5		Scenario 6	
		Investimento (Mil. Euro)	costo annuo (Mil.euro/anno)	Investimento (Mil. Euro)	costo annuo (Mil.euro/anno)	Investimento (Mil. Euro)	costo annuo (Mil.euro/anno)	Investimento (Mil. Euro)	costo annuo (Mil.euro/anno)	Investimento (Mil. Euro)	costo annuo (Mil.euro/anno)	Investimento (Mil. Euro)	costo annuo (Mil.euro/anno)
<b>Misure invarianti nei diversi scenari</b>	Sollevamento ponti su Noncello Sentierone Meduna	200,00	2,00	200,00	2,00	200,00	2,00	200,00	2,00	200,00	2,00	200,00	2,00
	Galleria scolmatrice	16,76	0,17	16,76	0,17	16,76	0,17	16,76	0,17	16,76	0,17	16,76	0,17
	Interventi scarichi Ravedis	5,51	0,11	5,51	0,11	5,51	0,11	5,51	0,11	5,51	0,11	5,51	0,11
	Interventi di presidio Noncello per stati di rigurgito	11,14	0,22	11,14	0,22	11,14	0,22	11,14	0,22	11,14	0,22	11,14	0,22
	Adeguamento rete idraulica minore sacilese	2,21	0,04	2,21	0,04	2,21	0,04	2,21	0,04	2,21	0,04	2,21	0,04
	Manutenzione reti bacino montano	10,47	0,87	10,47	0,87	10,47	0,87	10,47	0,87	10,47	0,87	10,47	0,87
	Ripristino area magredi	66,16	0,66	66,16	0,66	66,16	0,66	66,16	0,66	66,16	0,66	66,16	0,66
	Consolidamento Faidona	5,51	0,06	5,51	0,06	5,51	0,06	5,51	0,06	5,51	0,11	5,51	0,06
<b>Misure con valori diversi negli scenari</b>	Traversa	124,04	1,24	-	-	-	-	115,55	1,16	124,04	1,24	90,00	0,90
	Interventi scarichi Ca Zul, Ca Selva ponte Racli	22,05	0,44	22,05	0,44	22,05	0,44	22,05	0,44	14,55	0,29	22,05	0,44
	Presidio, Ricalibratura e rinforzi arginali Noncello Sentierone Meduna	543,60	10,87	543,60	10,87	543,60	10,87	758,40	15,17	758,40	15,17	758,40	15,17
	Casse di espansione			18,37	0,37	55,00	1,10	-	-	-	-	67,10	1,34
	<b>Totale Misure strutturali</b>		<b>14,52</b>		<b>13,65</b>		<b>14,38</b>		<b>18,73</b>		<b>18,72</b>		<b>19,82</b>

### 3.1.2 Costi delle misure non strutturali

Le misure non strutturali sono comuni a tutti i 6 scenari proposti. Il loro costo annuo è basato sull'investimento previsto dal PSI, opportunamente rivalutato al 2007 e diviso per la vita utile indicata nel piano stesso.

**Tabella 13 - Costi annui delle misure non strutturali del piano**

Misure non strutturali	Investimento rivalutato (Mil. euro)	Vita Utile	Costo annuo (Mil. euro/anno)	Note
Controllo vegetazione in alveo	5,51	12	0,46	Tempistica definita dal piano
Studio infiltrazione conoidi	0,66	3	0,22	Tempistica definita dal piano
Studio propagazione piena	0,22	1	0,22	Tempistica definita dal piano
Studi geologici	0,22	1	0,22	Tempistica definita dal piano
Sistema monitoraggio aste principali	0,11	15	0,01	vita utile di opere elettro-meccaniche
Sistema allerta meteo gestione invasi	0,11	15	0,01	vita utile di opere elettro-meccaniche
Studio aumento capacità laminazione Ravedis	0,12	1	0,12	Tempistica definita dal piano
Verifica stabilità versanti	0,12	1	0,12	Tempistica definita dal piano
<b>Totale Misure Non Strutturali</b>			<b>1,38</b>	

### 3.1.2 Costi di gestione delle misure strutturali

Il costo di gestione annuo è valutato pari allo 0,5% dell'investimento (Consorzio di bonifica Alto Friuli, 1993). Il calcolo viene limitato alle misure infrastrutturali di nuova realizzazione.

## 3.2 I costi indiretti del piano

### 3.2.1 Il ripristino dell'area allagate a monte della traversa

Il ripristino delle aree alluvionate a monte della traversa di Colle viene inserito nell'analisi costi-benefici. Si ipotizza che l'area alluvionata sia pari a 433 ha<sup>5</sup>.

Facendo riferimento alla L.R. n.365/2000 - DGR. n.1 dell'11/4/2001 della Regione Piemonte in riferimento all'evento alluvionale dell'ottobre 2000 si è supposto di considerare un costo unitario per il ripristino della coltivabilità dei terreni agrari ricoperti (a seguito esondazione di fiumi, torrenti e rii) da materiali detritici ghiaiosi o comunque totalmente da asportare o da rifiuti di vario genere (da avviare a discarica autorizzata), ovvero del riporto di cotico fertile:

- per spessori medi fino a 20 cm, ad ettaro: fino a €1300
- per spessori medi fino a 60 cm ad ettaro: fino a €3000
- per spessori medi oltre 60 cm ad ettaro: fino a €5000

Sono da considerare anche i costi degli eventuali conferimenti a discarica autorizzata di materiali depositati (35 euro/m<sup>3</sup> compreso trasporto), ipotizzati in 1 milione di m<sup>3</sup>.

Si ottiene dunque:

$$\text{Costo di ripristino} = 5000 \text{ [euro/ha]} * 433 \text{ [ha]} + 1.000.000 \text{ [m}^3\text{]} * 35 \text{ [euro/m}^3\text{]} \\ = 37 \text{ milioni di euro}$$

Tale importo viene diviso per il tempo di ritorno della piena centenaria ottenendo un valore di 0,4 milioni euro/anno.

### 3.2.2 Costi idroelettrici ed agricoli

Lo svasso preventivo degli invasi potrebbe provocare danni sia alla produzione idroelettrica che a quella agricola. L'analisi qui riportata si basa su ipotesi estreme e quindi le stime possono essere affette da un'elevata incertezza. Per un calcolo più raffinato è necessario introdurre una variabile più attendibile sul rischio di mancato riempimento. In futuro sarà dunque necessario connettere modelli di previsione di pioggia alla valutazione dei costi.

L'energia elettrica perduta è stata quantificata in 18,6 GWh all'anno (cfr. Tabella 14). Per valutare il danno economico dovuto alla mancata produzione è necessario effettuare alcune ipotesi. Viste le caratteristiche degli impianti idroelettrici in questione, si suppone che la produzione avverrebbe in fasce orarie di punta (cfr. Tabella 15). Il costo della mancata produzione idroelettrica è dunque stimato in circa 2 milioni di euro ad ogni svasso preventivo.

**Tabella 14 - Stima delle perdite di produzione idroelettrica conseguente allo svasso preventivo dei serbatoi esistenti sul Meduna e sul Cellina**

Serbatoio	Volume svasato (milioni di mc)	Energia perduta (GWh)	Potenza perduta (MW)
Ponte Racli	20,0	4,3	6,0
Ca' Selva	19,0	8,8	3,4
Ca' Zul	9,4	5,5	4,9
TOTALE	48,4	18,6	14,3

Fonte: PSI Cellina-Meduna

<sup>5</sup> La stima dell'area è stata effettuata utilizzando le percentuali di territorio occupate dall'ipotetico invaso temporaneo riportate nella documentazione del 3° workshop del Laboratorio Livenza 2007

**Tabella 15 – Fasce orarie in vigore dal 1 gennaio 2007 e prezzo di cessione dell'energia elettrica nel 2007**

Fasce orarie	Descrizione	Totale ore	Prezzo (euro/MWh)
F1: ore di punta (peak)	Nei giorni dal lunedì al venerdì: dalle ore 8.00 alle ore 19.00	2783	109,372
F2: ore intermedie (mid-level)	Nei giorni dal lunedì al venerdì: dalle ore 7.00 alle ore 8.00 e dalle ore 19.00 alle ore 23.00 Nei giorni di sabato dalle ore 7.00 alle ore 23.00	2049	76,714
F3: ore fuori punta (off-peak)	Nei giorni dal lunedì al venerdì: dalle ore 23.00 alle ore 7.00 Nei giorni di domenica e festivi (*): tutte le ore della giornata	3928	52,560

Fonte: *Delibera AEEG n. 181/2006; Acquirente Unico, 2007*

Lo svasso preventivo degli invasi durante l'autunno o la primavera, ossia i periodi dell'anno caratterizzati di norma da perturbazioni intense, potrebbe compromettere la riserva d'acqua destinata all'irrigazione estiva.

Sulla base dei dati disponibili sulla superficie agricola irrigata in provincia di Pordenone (Istat, 2000), si è constatato che più del 60% è destinata alla coltivazione del mais, circa il 15% alla vite e l'8% alla soia.

Per effettuare una stima del potenziale danno per l'agricoltura, si è dovuto formulare delle ipotesi per i seguenti aspetti:

- probabilità di uno svasso preventivo;
- probabilità di riempimento degli invasi;
- comportamento degli agricoltori in caso di crisi idrica.

Si è ipotizzato che uno svasso preventivo, per laminare una piena, possa avvenire mediamente ogni 5 anni. Per quanto riguarda la probabilità di riempimento degli invasi successivamente agli svassi, sono state simulate due situazioni estreme: la prima ipotizza un riempimento al 90%, la seconda ipotizza un riempimento al 10%. Alla prima situazione è associata l'ipotesi di un anno con piovosità normale, alla seconda un anno con piovosità scarsa. Per quanto riguarda il comportamento degli agricoltori in caso di scarsità idrica, si è ipotizzato che gli operatori agricoli decidano di irrigare una parte della superficie all'ottimo e la restante parte di non irrigarla del tutto.

Tenendo conto delle ipotesi effettuate, si stima un danno per la mancata produzione agricola compreso tra 17 e 53 milioni di euro a seconda che si abbia un anno di precipitazioni normali o un anno secco.

**Tabella 16 – Danni attesi per agricoltura e idroelettrico**

	Danno in condizioni certe (mil. euro)	Probabilità di svasso preventivo	Danno atteso (mil. euro/anno)	
			Con reintegro del 90% del volume	Con reintegro del 10% del volume
Idroelettrico	2	20%	0,04	0,36
Irriguo	1-31	20%	0,20	6,24
		TOTALE	0,24	6,60

Fonte: *elaborazione UniUD*

Il reperimento dei fondi per il ripristino delle aree o per il risarcimento dei danni potrebbe essere oggetto di un regolamento definito nell'ambito di un "contratto di fiume" che permetta il bilanciamento tra costi e benefici a scala di bacino.

### 3.3 Confronto tra gli scenari

un primo confronto degli scenari viene effettuato sommando tutti i costi stimati in precedenza. Viene riportato anche uno Scenario 0 che rappresenta il danno atteso qualora nessuna misura venga realizzata, mantenendo lo *status quo* per quanto concerne le opere di difesa. Allo stato attuale delle conoscenze, è stato necessario effettuare delle ipotesi “forti”, quindi è doveroso considerare i risultati ottenuti come provvisori.

**Tabella 17 – Confronto tra i costi degli scenari (milioni di euro/anno)**

	<b>Scenario 0</b>	<b>Scenario 1</b>	<b>Scenario 2</b>	<b>Scenario 3</b>	<b>Scenario 4</b>	<b>Scenario 5</b>	<b>Scenario 6</b>
Misure strutturali	-	16,69	15,81	16,55	20,90	20,89	21,99
Misure non strutturali	-	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
Costi di gestione nuove infrastrutture	-	0,72	0,68	0,72	1,59	1,49	1,55
Costi indiretti <sup>6</sup>		1,85	0,24	0,24	1,77	0,61	1,51
<b>Costi totali</b>	<b>43,97</b>	<b>20,64</b>	<b>18,11</b>	<b>18,89</b>	<b>25,63</b>	<b>24,37</b>	<b>26,42</b>
Incremento rispetto allo scenario 1	113%		-12%	-8%	24%	18%	28%

Fonte: Elaborazione UniUD

<sup>6</sup> Sono stati presi in considerazione i danni minimi stimati sia per la produzione idroelettrica che agricola.

## 5 Analisi della tempistica di attuazione delle misure

La Tabella 18 mostra i risultati di un'analisi finanziaria elaborata considerando un orizzonte temporale di 100 anni, ossia il periodo di ritorno della piena centenaria.

Le elaborazioni sono state effettuate contabilizzando i costi secondo un criterio di cassa, considerando in altri termini il momento in cui si verifica l'esborso monetario da parte del soggetto pubblico responsabile dell'intervento. I benefici invece sono stati imputati su base annua, considerando il beneficio medio annuo ottenibile attraverso l'implementazione del piano. Si è ipotizzato inoltre che per i primi 12 anni il piano non abbia un'efficacia totale, e si sono pertanto pesati i benefici medi annui considerando dei pesi illustrati nella tabella 18. L'analisi finanziaria non ha considerato i costi di gestione oltre il 12 anno.

Costi e benefici sono stati attualizzati all'anno 0 a un tasso del 3.5% (per i primi 30 anni) e del 3% dal 30° al 100° anno<sup>7</sup>. I risultati per i primi 12 anni sono illustrati in Tabella 20.

Di seguito sono riassunti i benefici netti scontati (*net present value*, NPV), considerando come orizzonte temporale rispettivamente 100, 50 e 20 anni, in due scenari di progetto (definiti considerando la versione del piano pre-approvazione e finale). Per tutti gli orizzonti temporali considerati, i benefici netti scontati risultano positivi.

In particolare, considerando l'orizzonte centenario, entrambi gli scenari mostrano un benefit-cost ratio (BCR) di molto superiore a 1 (ossia la soglia oltre la quale i benefici sono superiori ai costi), essendo i benefici maggiori di 4 volte rispetto ai costi. In altri termini, entrambe le modalità di attuazione del piano presentano dei benefici superiori ai costi, e sono pertanto giustificabili da un punto di vista economico.

**Tabella 18 – Analisi finanziaria**

<b>Alternativa 1</b> <b>Progetto di piano</b>	NPV <sub>100</sub>	Mil. Euro	836
	NPV <sub>50</sub>	Mil. Euro	578
	NPV <sub>20</sub>	Mil. Euro	124
	BCR <sub>100</sub>		4,360
<b>Alternativa 2</b> <b>Piano</b>	NPV <sub>100</sub>	Mil. Euro	898
	NPV <sub>50</sub>	Mil. Euro	640
	NPV <sub>20</sub>	Mil. Euro	187
	BCR <sub>100</sub>		4,372

Fonte: elaborazione UniUD

**Tabella 19 – Pesi utilizzati nell'assegnazione dei benefici medi annui**

Anni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	contributo dopo il 12° anno
Progetto di piano	16%	16%	16%	20%	43%	45%	47%	59%	61%	63%	65%	65%	100%
Piano	16%	16%	46%	46%	56%	56%	86%	89%	92%	79%	82%	85%	100%

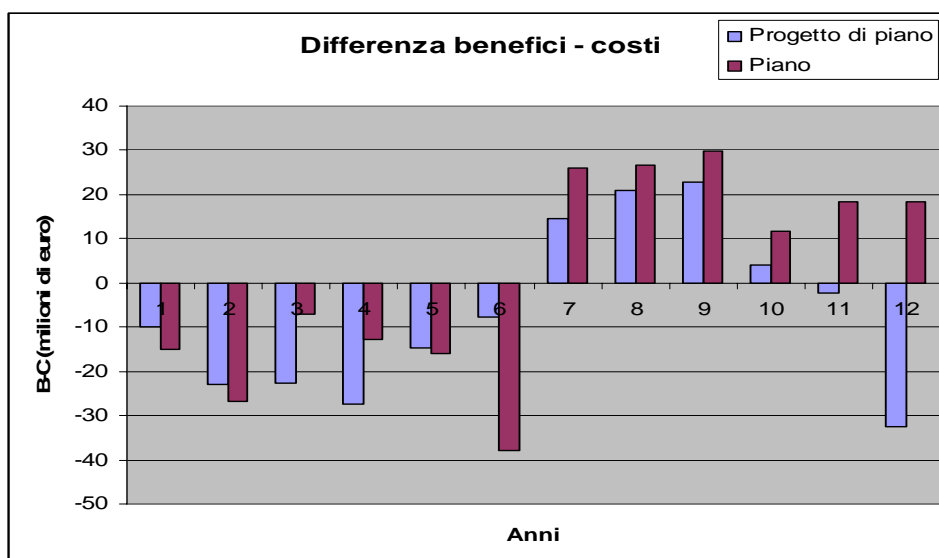
Fonte: elaborazione UniUD su dati PSI

<sup>7</sup> Fonte: Green Book UK Treasury (<http://greenbook.treasury.gov.uk/>)

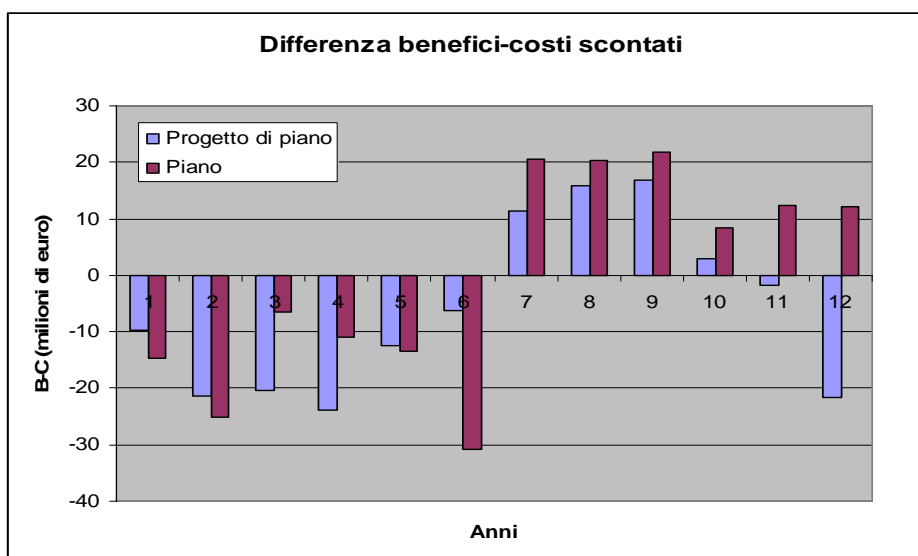
**Tabella 20 – Analisi finanziaria (milioni di euro)**

	Anni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Progetto v1 pre approvazione</b>	Costi	17,3	30,1	29,9	36,5	34,3	28,2	6,7	5,7	4,8	24,4	31,9	62,0
	Benefici	7,0	7,0	7,0	8,8	18,9	19,8	20,7	25,9	26,8	27,7	28,6	28,6
	B-C	- 10,3	- 23,1	- 22,9	- 27,7	- 15,4	- 8,4	14,0	20,2	22,0	3,3	- 3,3	- 33,4
	Costi scontati	16,7	28,1	27,0	31,8	28,9	22,9	5,3	4,3	3,5	17,3	21,8	41,0
	Benefici scontati	6,8	6,6	6,3	7,7	15,9	16,1	16,2	19,7	19,7	19,6	19,6	18,9
	Benefici netti scontati	- 9,9	- 21,5	- 20,6	- 24,1	- 13,0	- 6,8	11,0	15,4	16,2	2,3	- 2,3	- 22,1
<b>Progetto v2 piano</b>	Costi	22,4	34,1	27,9	33,5	41,3	63,2	12,8	13,7	11,8	24,0	18,9	20,0
	Benefici	7,0	7,0	20,2	20,2	24,6	24,6	37,8	39,1	40,5	34,7	36,1	37,4
	B-C	- 15,4	- 27,1	- 7,7	- 13,3	- 16,7	- 38,6	25,0	25,4	28,7	10,7	17,2	17,4
	Costi scontati	21,7	31,8	25,2	29,2	34,8	51,4	10,1	10,4	8,7	17,0	12,9	13,2
	Benefici scontati	6,8	6,6	18,2	17,6	20,7	20,0	29,7	29,7	29,7	24,6	24,7	24,7
	Benefici netti scontati	- 14,9	- 25,3	- 6,9	- 11,6	- 14,0	- 31,4	19,7	19,3	21,0	7,6	11,8	11,5

Fonte: elaborazione UniUD



**Figura 2 – Andamento della differenza benefici-costi**



**Figura 3 – Andamento della differenza benefici-costi**

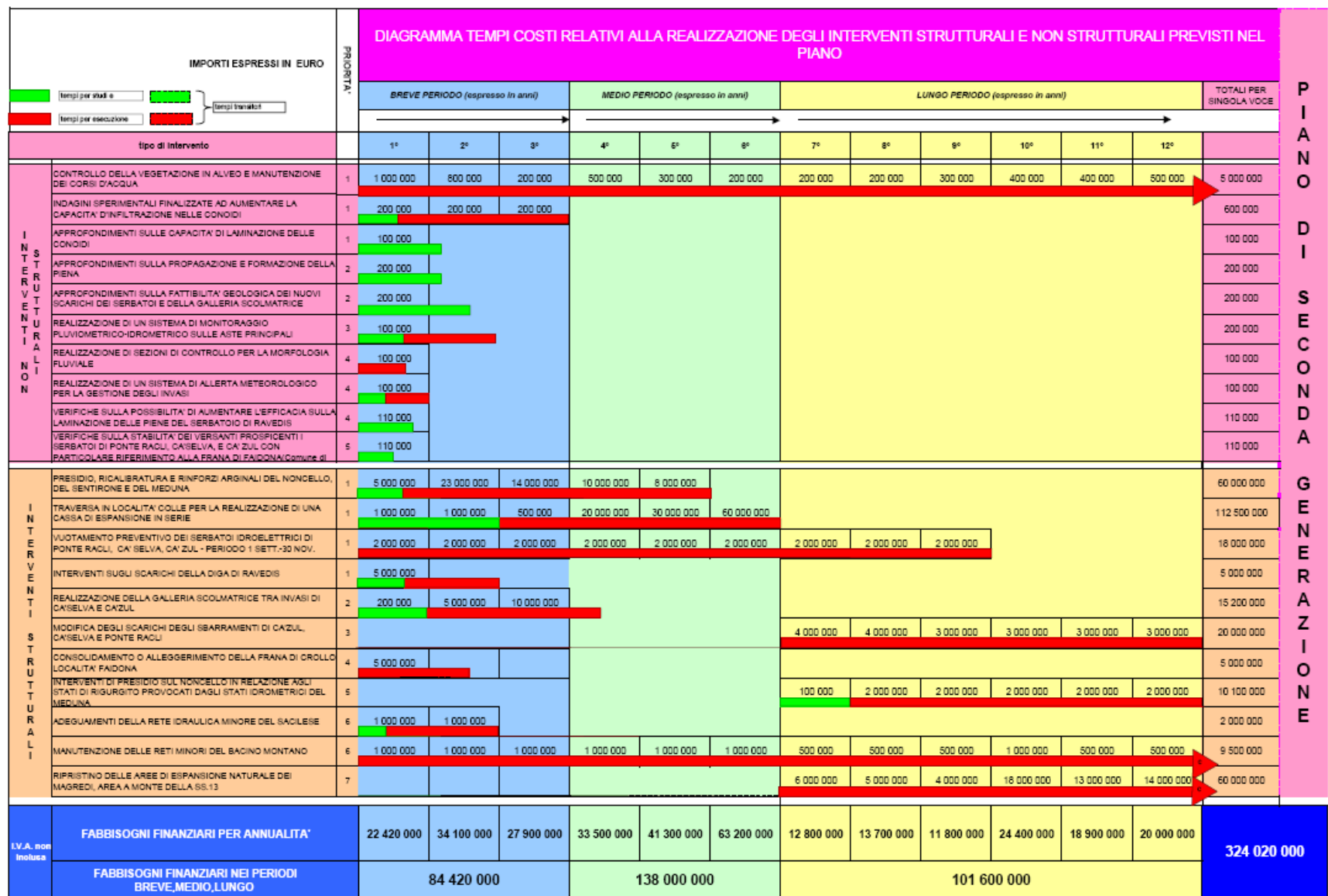
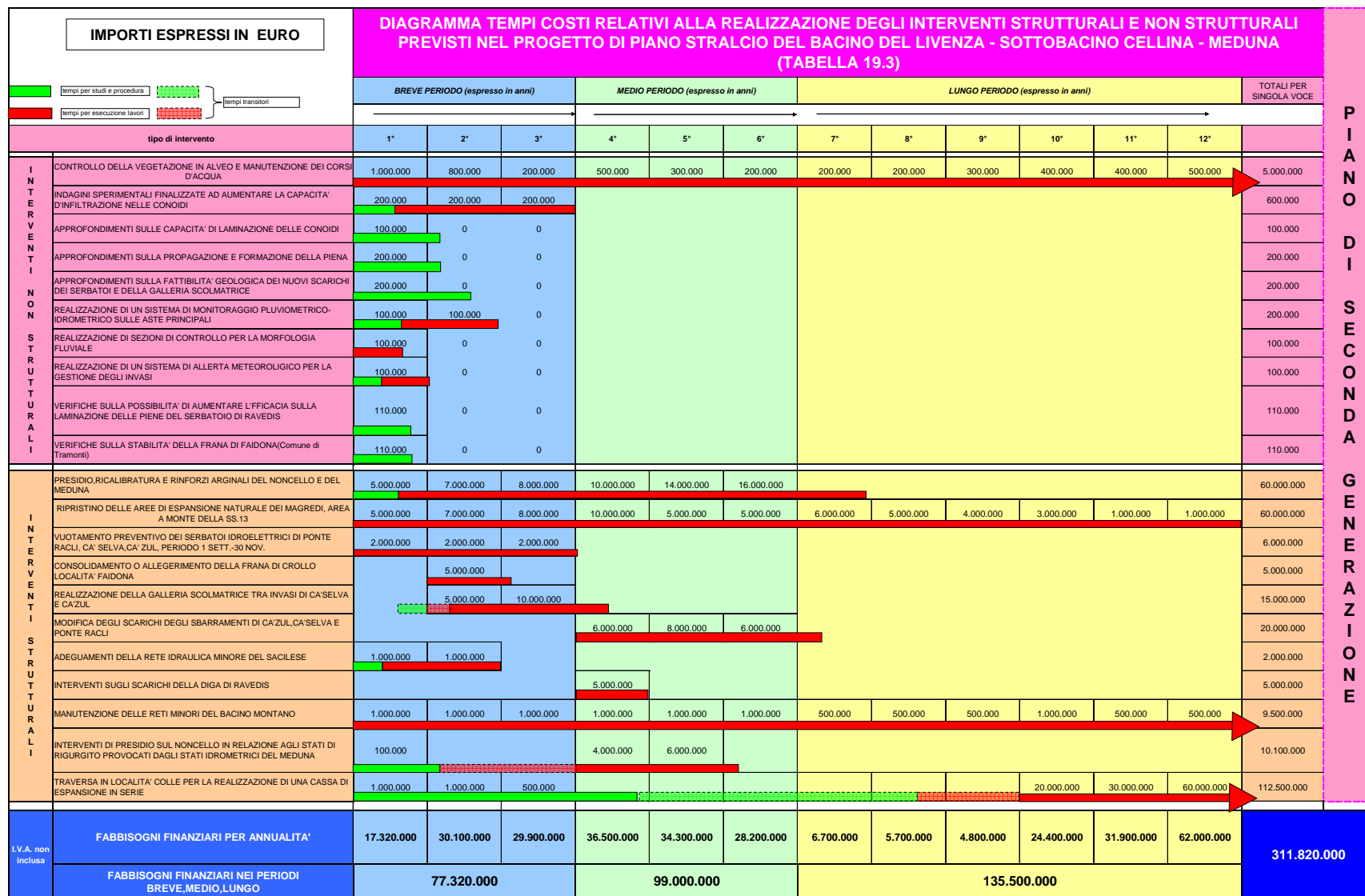


Figura 4 – Diagramma tempi-costi del Piano approvato.



P I A N O D I S E C O N D A G E N E R A Z I O N E

Figura 5 – Diagramma tempi-costi del progetto di Piano.

## Bibliografia

- Autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione, 2003, Piano stralcio per la sicurezza idraulica del bacino del Livenza – sottobacino del Cellina-Meduna, Venezia.
- Autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione, Progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Livenza, Venezia.
- Autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione, 2006, Analisi e stime urbanistiche per i comuni del bacino del Cellina-Meduna, Venezia.
- Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, Delibera n. 181/2006.
- Consorzio di bonifica Alto Friuli, 1993, Appalto concorso per l'affidamento dei lavori di costruzione del canale scolmatore dal torrente Corno al fiume Tagliamento nei comuni di S.Daniele e Rive d'Arcano – Progetto Generale Esecutivo – Valutazione economica del Progetto, Udine.
- De Blaeij, A., R.J.G.M. Florax, P. Rietveld and E. Verhoef, 2003, The Value of Statistical Life in Road Safety: A Meta-Analysis, *Accident Analysis and Prevention*, vol. 35, p. 973-986.
- Genovese E., Barredo J., Sagris V., Lavalle C., De Roo A., 2006, Analisi dello sviluppo urbano in aree esposte al rischio di alluvioni, *Rischi e Territorio nel Mondo Globale*, Udine. (web.uniud.it/dest/eventi/giornategeografia/dvd\_geografia/PosterDocuments/genovese%20et%20al.pdf)
- Messner F. (a cura di), 2007, Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods, T09-06-01, FLOODsite consortium (www.floodsite.net)
- ISTAT, 2000, Censimento dell'Agricoltura, Roma
- Office International de l'Eau, Ecologic, 2005, Evaluation of the impact of floods and associated protection polizie, DG Environment, European Commission (http://ec.europa.eu/environment/water/flood\_risk/pdf/floodsfinal\_mainreport.pdf)
- UNITE, 2000, Unification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency. ITS, University of Leeds. <http://www.its.leeds.ac.uk/projects/unite/>
- WATECO, 2002, Water and Economy, Guidance Document n. 1, Common Implementation Strategy
- WWF, 2004, Studio preliminare per l'individuazione di alternative alle casse d'espansione previste nel medio corso del fiume Tagliamento – Aspetti idraulici, socio-economici e ambientali.