



## PROGETTO STRATEGICO TRANFRONTALIERO RISKNAT

### ATTIVITA' B4 – C4 – PIENE E LAVE TORRENTIZIE

**DEFINIZIONE DI UNA PROCEDURA PER IL CALCOLO  
DEL RISCHIO NELLE CLASSI DI CUI ALLA CIRCOLARE DELLA  
PRESIDENZA DELLA GIUNTA DELLA REGIONE PIEMONTE  
N. 7/LAP/96 E S.M.I.**

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**





## INDICE

1	PREMESSA .....	2
2	VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DELLA VULNERABILITÀ .....	3
3	VALUTAZIONE DEGLI ELEMENTI A RISCHIO .....	4
4	CALCOLO DEL VALORE DEGLI ELEMENTI ESPOSTI .....	7
5	QUANTIFICAZIONE DEL VALORE ESPOSTO (E) .....	9
6	CALCOLO DEL RISCHIO (R) .....	10
7	CONCLUSIONI.....	11
8	BIBLIOGRAFIA .....	12

---

## TABELLE

<i>Tabella 1- Sinistra: valutazione della vulnerabilità (V). Destra: valutazione della pericolosità (P).</i>	4
<i>Tabella 2 - Elenco dei dati riguardanti gli elementi esposti, considerati per il calcolo del rischio</i>	5
<i>Tabella 3 - Elenco dei dati riguardanti gli elementi esposti, considerati per il calcolo del rischio</i>	7
<i>Tabella 4 – valori degli elementi esposti, considerati per il calcolo del rischio.</i>	9
<i>Tabella 5– Risultati finali e classificazione del rischio.</i>	10
<i>Tabella 6 – Risultato del calcolo del rischio. Confronto tra classi di rischio PAI e rischio 7/LAP. I numeri corrispondono al conteggio delle classi 7/LAO all'interno di una classe PAI.</i>	11

## 1 Premessa

La sempre maggiore attenzione che le Amministrazioni, nell'ambito della pianificazione urbanistica, rivolgono alla valutazione del rischio degli edificati posti sui conoidi alluvionali-torrentizi è generata dalla consapevolezza, spesso amplificata dai media, che i fenomeni naturali che agiscono possono danneggiare seriamente o distruggere gli elementi antropici presenti e che una attenta valutazione del rischio apporta benefici anche nelle azioni preventive di protezione civile. Inoltre, la valutazione del rischio fa emergere situazioni in cui la realizzazione degli interventi di sistemazione per la riduzione del rischio sono prioritari sia considerando il rapporto "costi – benefici" sia per l'attuazione di politiche che riducono lo spopolamento di vaste aree vallive.

A fronte della necessità di valutare in modo corretto il rischio in conoide, si pone l'estrema difficoltà e complessità di scegliere quali strumenti utilizzare per definire la pericolosità dei processi attesi, di ubicare e caratterizzare gli elementi a rischio e conseguentemente calcolare il rischio. Tali strumenti sono funzione della scala di studio, quindi della qualità e del dettaglio delle informazioni territoriali, e soprattutto del tipo di obiettivo dello studio (rischio assicurativo, rischio per la pianificazione urbanistica o per i piani di protezione civile).

Nell'ambito del progetto Strategico Risknat Volet B, azione 4.1 è stato messo a punto un metodo sperimentale per il passaggio dalle classi di pericolosità definite dalla LR 56/77 e ss.mm.ii. alle classi di rischio PAI. Si tratta di uno studio su tre conoidi campione

- rio Moletta (Bussoleno – Val Susa)
- rii Claretto, Merderello e Crosiglione (Novalesa – Val Susa)
- torrente Piantonetto (Locana – Valle Orco)

Il rischio è stato definito con la formulazione di Cruden e Varnes, 1996 così come assunto nel DPCM 1998:

$$R = P \times E \times V$$

dove

$P$  = pericolosità o probabilità di accadimento di un evento alluvionale (debris-flow o trasporto iperconcentrato) di data intensità in un intervallo temporale prefissato e su una determinata area di conoide. Il valore assegnato a  $P$  è funzione delle classi di cui alla Circolare PGR n. 7/LAP/96 e s.m.i..

$V$  = vulnerabilità degli elementi a rischio, è il grado di perdita o danno associato a un elemento o a un gruppo di elementi a rischio risultante dal verificarsi di un fenomeno naturale di una data magnitudo. Essa può essere interpretata come la predisposizione di elementi a rischio (edifici, infrastrutture, persone, servizi, processi, organizzazioni, ecc.) ad essere affetti, danneggiati o distrutti da un evento. La vulnerabilità è quindi dipendente sia dalla capacità degli elementi a rischio di sopportare le sollecitazioni esercitate dall'evento, che dall'intensità dell'evento stesso. Essa è espressa mediante una scala di

valori compresi tra  $0$  (nessun danno/perdita) e  $1$  (danno/perdita totale) . Il valore assegnato a  $V$  è funzione delle classi 7/LAP.

$E$  = valore degli elementi a rischio (intesi come persone, beni, patrimonio ambientale, ecc.) presenti nell'area di conoide. Il valore esposto degli elementi a rischio presenti è stato stimato con la metodologia già utilizzata per l'obiettivo 1 sulla base delle indicazioni della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010.

## 2 Valutazione della pericolosità e della vulnerabilità

La valutazione del rischio è stata eseguita solamente per la classe, II e per le classi IIIB e IIIC. La classe IIIA non è stata considerata in quanto per definizione priva di elementi a rischio. Ciò non è, ha rigore, vero in quanto si tratta, nei conoidi, di aree spesso agricole con un valore. Il rischio di tali aree avrebbe un valore omogeneo in quanto la loro pericolosità non è in genere differenziata, al contrario delle classi IIIB.

È prassi consolidata considerare che il livello di pericolosità delle classi IIIB2, IIIB3, IIIB4 e IIIC sia dato dalla combinazione tra pericolosità e vulnerabilità.

La vulnerabilità e la pericolosità sono funzione dell'intensità prevista dei fenomeni attesi in conoide e sono quindi funzione delle classi 7/LAP. La vulnerabilità in questo caso tiene conto della sola componente urbanistica, tralasciando le componenti di protezione civile, che fanno riferimento alla vulnerabilità di un'area omogenea piuttosto che ad ogni singolo edificio.

Si è ritenuto opportuno descrivere la pericolosità e la vulnerabilità sulla base di una funzione geometrica di tipo esponenziale sulla base della funzione  $f(x) = \tan(2x / 3)$ .

I valori in cui sull'asse delle ordinate corrispondono ad una stima relativa (tra 0 e 4) della pericolosità delle classi 7/LAP. Applicando la funzione si ricavano i rispettivi valori.

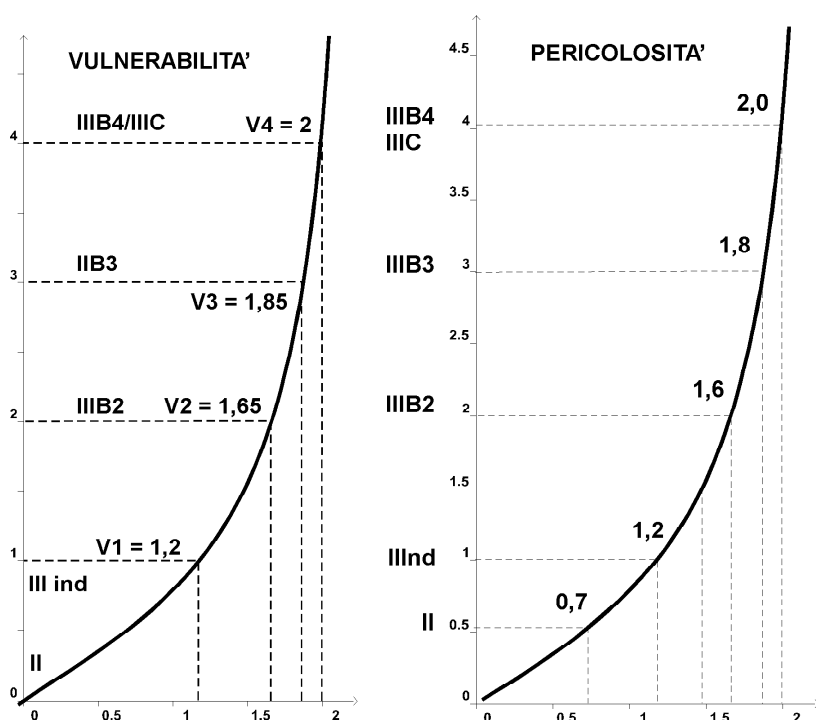


Tabella 1- Sinistra: valutazione della vulnerabilità (V). Destra: valutazione della pericolosità (P).

La vulnerabilità e la pericolosità della classe II è stata definita rispettivamente pari a 0, in quanto non sono attesi danni, e pari a 0,7, in quanto possono essere previsti fenomeni di lieve magnitudo (es. transito di una lama di acqua di pochi cm di spessore).

### 3 Valutazione degli elementi a rischio

La valutazione degli elementi a rischio è stata redatta considerando le indicazioni della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010 che elenca con maggior dettaglio le categorie di elementi a rischio aggiungendo a quelle riportate nella direttiva ulteriori due categorie (infrastrutture e beni culturali).

I tematismi considerati per il calcolo del rischio sono stati forniti da ARPA Piemonte e sono riportati nella seguente tabella.

<i>Tematismo</i>	<i>Tipologia dato</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Note</i>
<b><i>Beni ambientali</i></b>			
parchi	aree	ha	
<b><i>Beni artistici</i></b>			
beniambarch_ beniarchitetonici	puntuale	n.	
vincolo1089	puntuali	n.	siti archeologici

<i>Tematismo</i>	<i>Tipologia dato</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Note</i>
<b><i>Edifici pubblici</i></b>			
scuole	puntuali	n.	
caserme dei carabinieri	puntuali	n.	
ospedali	puntuali	n.	
<b><i>Dati censimento</i></b>			
sez cens edifici	aree	ha	Considerati tutti gli edifici indistintamente. Numero edifici ricalcolato (numero edifici x (area_intersezione / area_sezionedicensimento)).
sez cens famiglie	aree	ha	Dato utilizzato per calcolare abitanti nel conoide. Numero abitanti ricalcolato (numero abitanti x (area_intersezione / area_sezionedicensimento)).
<b><i>Viabilità</i></b>			
ferrovie_num bin	lineari	km	Sono stati esclusi i tratti in galleria e i binari in area di scalo ferroviario (perché relativi a binari stazioni)
grafo_str_patrimon	lineari	km	distinto in base a patrimonialità: autostrada, statale-provinciale, comunale, campestre
viabilita_ponti	puntuali	-	considerati indistintamente
<b><i>servizi</i></b>			
acquedotti	lineari	km	
acquedotti_pozzi	puntuali	n.	
acquedotti_sorgenti	puntuali	n.	
rete_fognaria	lineari	km	
impianti_depurazione	puntuali	km	
metanodotti	lineari	km	
oleodotti	lineari	km	

Tabella 2 - Elenco dei dati riguardanti gli elementi esposti, considerati per il calcolo del rischio

Per quanto riguarda i dati relativi ad edifici e abitanti, sono stati utilizzati i risultati del censimento 2001, non essendo a disposizione al momento del lavoro i dati relativi al censimento 2011. I numeri relativi ad edifici e abitanti, sono associati alle sezioni di censimento. Il risultato dell'intersezione effettuata da ARPA Piemonte tra le sezioni di censimento ed i conoidi genera una tabella in cui ogni record rappresenta la porzione di una data sezione di censimento ricadente in un determinato conoide. Nel record sono riportati i campi contenenti i dati relativi a quella sezione, quali ad esempio il numero di edifici,

l'anno di costruzione, etc. Per individuare il numero di edifici presenti nel conoide si è assunto che tutti gli edifici relativi alla sezione di censimento indagata siano distribuiti in maniera uniforme in tutta la sezione di censimento. Il numero di edifici nel conoide da prendere in considerazione per il calcolo del rischio è quindi individuato utilizzando la seguente formula:

$$NUM_E = N_{Etot} \times (S_{con}/S_{tot})$$

dove:

$NUM_E$  è il numero di edifici che ricadono nel conoide esaminato

$N_{Etot}$  è il numero totale di edifici associati alla sezione di censimento che interseca il conoide esaminato

$S_{con}$  è l'area dell'intersezione tra la sezione di censimento e il conoide esaminato

$S_{tot}$  è l'area della sezione di censimento che interseca il conoide esaminato

Laddove possibile, il numero degli edifici nelle singole aree dei conoidi campione è stato verificato mediante immagini aeree.

La stessa procedura è stata adottata per il calcolo degli individui presenti nel conoide, avendo cura di modificare la formula come segue:

$$NUM_I = N_{Itot} \times (S_{con}/S_{tot})$$

dove:

$NUM_I$  è il numero di individui presenti nel conoide esaminato

$N_{Itot}$  è il numero totale di individui associati alla sezione di censimento che interseca il conoide esaminato

$S_{con}$  è l'area dell'intersezione tra la sezione di censimento e il conoide esaminato

$S_{tot}$  è l'area della sezione di censimento che interseca il conoide esaminato

Una prima analisi speditiva ha evidenziato immediatamente una prima criticità, legata al fatto che gli elementi a rischio considerati non sono distribuiti in modo omogeneo: ad esempio, nel conoide di Domodossola (cod. 1550) è presente il maggior numero di edifici, strade, ferrovie, abitanti. Parallelamente, numerosi conoidi minori hanno pochissimi o spesso nessuno di questi elementi.

Una seconda criticità emerge dall'osservazione dell'unità di misura con cui sono riportati gli elementi esposti: sono presenti elementi adimensionali (es. numero di abitanti o di pozzi ad uso idropotabile), elementi lineari espressi in km, elementi areali riportati in ettari.

Per risolvere entrambe le problematiche, si è quindi scelto di attuare una **prima normalizzazione**: all'interno di ogni tabella riguardante un solo elemento antropico, è stato individuato il valore massimo, a cui sono stati normalizzati tutti gli altri in una scala da 0 a 1, dove 1 è il valore massimo.

Nella tabella seguente si riportano le sigle identificative dei dati dei diversi tematismi.



<i>Tematismo</i>	<i>numero normalizzato</i>
<b><i>Beni ambientali</i></b>	
parchi	$(N_P)$
<b><i>Beni artistici</i></b>	
beniambarch_beniarchitetonici	$(N_B)$
vincolo1089	$(N_N)$
<b><i>Edifici pubblici</i></b>	
scuole	$(N_S)$
caserme dei carabinieri	$(N_{CC})$
ospedali	$(N_H)$
<b><i>Dati censimento</i></b>	
sezcons_edifici	$(N_E)$
sezcons_famiglie	$(N_I)$
<b><i>Viabilità</i></b>	
ferrovie_numbin	$(N_{FS})$
grafo_str_patrimon: autostrade	$(N_A)$
grafo_str_patrimon: statali e provinciali	$(N_{SP})$
grafo_str_patrimon: comunali	$(N_{CO})$
grafo_str_patrimon: campestri	$(N_{CA})$
viabilita_ponti	$(N_{PO})$
<b><i>servizi</i></b>	
acquedotti	$(N_{AC})$
acquedotti_pozzi	$(N_{PZ})$
acquedotti_sorgenti	$(N_{SO})$
rete_fognaria	$(N_{FO})$
impianti_depurazione	$(N_{DE})$
metanodotti	$(N_{ME})$
oleodotti	$(N_{OL})$

Tabella 3 - Elenco dei dati riguardanti gli elementi esposti, considerati per il calcolo del rischio

#### **4 Calcolo del valore degli elementi esposti**

In seconda battuta si è individuato il valore degli elementi esposti, mediante definizione di coefficienti numerici.

Riferendosi a casi già presenti in bibliografia (AA.VV., 2004), l'attribuzione del coefficiente identificativo del valore è stato determinato come somma di differenti coefficienti attribuiti in funzione del valore economico, ambientale-artistico e sociale dell'elemento esposto. I singoli coefficienti sono stato determinati considerando un danno atteso uniforme su tutti gli elementi esposti in quanto non si hanno dati sufficienti per zonare la pericolosità in conoide in funzioni di scenari di evento.

I valori dei singoli coefficienti attribuiti agli elementi esaminati, compresi tra 0 e 1, riportati nella tabella seguente, sono stati sommati: è stata quindi effettuata una **seconda normalizzazione**, riportando i valori in un intervallo compreso tra 0 e 1.

La valutazione del *valore economico* tiene conto dei costi degli elementi esposti e dei costi per la gestione nel periodo a valle dell'evento dell'elemento esposto (es. rimozione macerie) e dei costi per il ripristino o la ricostruzione.

Il *valore ambientale* è inteso come valore ambientale s.s. e artistico/archeologico dell'elemento esposto. Esso è massimo nel caso dei beni artistici o dei parchi; ha valore medio nel caso delle fognature e dei depuratori, poiché un loro danneggiamento può provocare una dispersione nell'ambiente di liquami inquinanti (danno ambientale indiretto).

Nel *valore sociale* alle vite umane viene attribuito il numero massimo. Inoltre indirettamente viene quantificato l'impatto che la distruzione dell'elemento esposto ha nell'immediato sulla sopravvivenza post-evento: è stato quindi ad esempio attribuito valore massimo anche agli ospedali e alle scuole, intesi anche come possibili punti di ricovero e raccolta degli sfollati; valori intermedi sono stati attribuiti agli edifici, ai servizi e alla viabilità, considerando che il loro danneggiamento ostacola le operazioni di gestione post-evento.

tematismo	valore del bene esposto			somma	valore normalizzato (V)
	economico	ambientale	sociale		
<b>Beni ambientali</b>					
parchi	0.25	1	0	1.25	<b>0.3125</b> ( $V_P$ )
<b>Beni artistici</b>					
beniambarch_ beniarchitetonici	0.25	1	0	2.25	<b>0.3125</b> ( $V_B$ )
vincolo1089	0.25	1	0	2.25	<b>0.3125</b> ( $V_V$ )
<b>Edifici pubblici</b>					
scuole	1	0	1	3	<b>0.5</b> ( $V_S$ )
caserme carabinieri	1	0	1	3	<b>0.5</b> ( $V_{CC}$ )
ospedali	1	0	1	3	<b>0.5</b> ( $V_H$ )
<b>Dati censimento</b>					
sezcens_edifici	1	0	0.5	2.5	<b>0.375</b> ( $V_E$ )
sezcens_famiglie	0.25	0	1	2.25	<b>0.3125</b> ( $V_I$ )

tematismo	valore del bene esposto			somma	valore normalizzato (V)
	economico	ambientale	sociale		
<b>Viabilità</b>					
ferrovie_numbin	1	0	0.5	2.5	<b>0.375</b> ( $V_{FS}$ )
grafo_str_patrimon: autostrade	1	0	0.5	2.5	<b>0.375</b> ( $V_A$ )
grafo_str_patrimon: statali e provinciali	0.75	0	0.5	2.25	<b>0.3125</b> ( $V_{SP}$ )
grafo_str_patrimon: comunali	0.5	0	0.25	1.75	<b>0.1875</b> ( $V_{CO}$ )
grafo_str_patrimon: campestri	0.25	0	0.25	1.5	<b>0.125</b> ( $V_{CA}$ )
viabilita_ponti	1	0	0.5	2.5	<b>0.375</b> ( $V_{PO}$ )
<b>servizi</b>					
acquedotti	0.5	0	0.25	1.75	<b>0.1875</b> ( $V_{AC}$ )
acquedotti_pozzi	0.5	0	0.25	1.75	<b>0.1875</b> ( $V_{PZ}$ )
acquedotti_sorgenti	0.5	0	0.25	1.75	<b>0.1875</b> ( $V_{SO}$ )
rete_fognaria	0.5	0.5	0.25	2.25	<b>0.3125</b> ( $V_{FO}$ )
impianti_depurazio- ne	0.5	0.5	0.25	2.25	<b>0.3125</b> ( $V_{DE}$ )
metanodotti	0.5	0.75	0.25	1.50	<b>0.500</b> ( $V_{ME}$ )
oleodotti	0.5	0.75	0.25	1.50	<b>0.500</b> ( $V_{OL}$ )

Tabella 4 – valori degli elementi esposti, considerati per il calcolo del rischio.

## 5 Quantificazione del valore esposto (E)

Il valore dell'elemento esposto da utilizzare per il calcolo del rischio deve necessariamente tenere conto sia del valore assoluto dell'elemento che della sua presenza nel conoide.

Il valore esposto E è quindi il risultato del prodotto tra l'occorrenza dell'elemento esposto e il valore attribuito a quella tipologia di elemento (V).

Per ogni conoide si applicherà dunque la seguente formula:

$$\begin{aligned}
 E = & N_P \times V_P + N_B \times V_B + N_V \times V_V + N_S \times V_S + N_{CC} \times V_{CC} + N_H \times V_H + N_E \times V_E + N_I \times V_I + \\
 & N_{FS} \times V_{FS} + N_A \times V_A + N_{SP} \times V_{SP} + N_{CO} \times V_{CO} + N_{CA} \times V_{CA} + N_{PO} \times V_{PO} + N_{AC} \times V_{AC} + \\
 & N_{PO} \times V_{PO} + N_{AC} \times V_{AC} + N_{PZ} \times V_{PZ} + N_{SO} \times V_{SO} + N_{FO} \times V_{FO} + N_{DE} \times V_{DE} + N_{OL} \times V_{OL} + \\
 & N_{ME} \times V_{ME}
 \end{aligned}$$

Il medesimo procedimento viene applicato per ogni classe 7/LAP dei conoidi campione. Trattandosi di aree di estensione molto disomogenea il risultato è stato diviso per l'area ottenendo di fatto un valore di densità.

Tale valore è stato poi normalizzato (*terza normalizzazione*), riportando i valori in un intervallo compreso tra 0 e 1.

## 6 Calcolo del rischio (R)

Il rischio PAI viene ottenuto moltiplicando la pericolosità P (con valori compresi tra 0.3 e 2) per la vulnerabilità V (con valori compresi tra 0 e 2) per il valore degli elementi a rischio E (con valori compresi tra 0 e 1). I risultati sono stati normalizzati al valore teorico massimo (4).

La definizione dei limiti tra le varie classi di rischio pone dei problemi. Questi sono esposti prendendo come esempio le classi di rischio del conoide del t. Piantonetto (successive figure). La prima figura mostra la distinzione del rischio secondo intervalli calcolati con l'algoritmo di Jenks (1967), mentre il secondo con intervalli uguali (classi equamente distribuite nell'intervallo tra 0 e 1, ossia con passi da 0,25). Nel primo caso le classi appaiono maggiormente diversificate, mentre nel secondo caso il livello di rischio è molto appiattito su valori bassi.

I limiti numerici tra le varie classi di rischio corrispondono a quelli definiti per l'obiettivo 1, definiti su un campione statisticamente significativo (893) e sono di seguito riportati:

R1 moderato	0.0000 - 0.0447	per il quale sono possibili danni sociali ed economici marginali;
R2 medio	0.0447 - 0.1484	per il quale sono possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e lo svolgimento delle attività socio-economiche;
R3 elevato	0.1484 - 0.4193	per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socio-economiche, danni al patrimonio culturale;
R4 molto elevato	0.4193 - 1	per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici e alle infrastrutture, danni al patrimonio culturale, la distruzione di attività socio-economiche.

Tabella 5- Risultati finali e classificazione del rischio.

Nelle tavole in allegato sono riportati i risultati ottenuti.

## 7 Conclusioni

La metodologia per passare dalle classi 7/LAP alle classi di rischio PAI risente fortemente della mancanza di un metodo univoco e quantitativo per definire la pericolosità delle classi 7/LAP. La definizione quantitativa della pericolosità rappresenta infatti un mattone fondamentale per il calcolo del rischio, al di là delle eventuali semplificazioni che si possono fare in merito alla vulnerabilità ed al valore degli elementi a rischio.

Nella successiva tabella sono riportate per le classi di rischio le corrispondenti classi 7/LAP. Si nota che gran parte delle classi di rischio R1 ed R2 corrispondono con le classi II e III s.l. (III indifferenziata) e che, all'opposto, le classi di rischio R4 corrispondono con le classi IIIB3 e IIIB4.

	II	III s.l.	IIIB2	IIIB3	IIIB4
R1	19	12			8
R2			2	2	9
R3			2	2	8
R4				3	4

*Tabella 6 – Risultato del calcolo del rischio. Confronto tra classi di rischio PAI e rischio 7/LAP. I numeri corrispondono al conteggio delle classi 7/LAP all'interno di una classe PAI.*

Il quadro complessivo indica che le classi 7/LAP sono definite sia in termini di pericolosità sia in termini di rischio e che la loro estensione, rispetto all'ubicazione degli elementi a rischio, appare soggettiva e molto variabile.

## 8 Bibliografia

AA.VV (2004); "Identification and Mitigation of Large Landslides in Europe: Advances in Risk assessment". Editors Bonnard Ch.; Forlati F.; Scavia C.; Balkema, pp. 13-44.

Jenks, G. F. (1967); "The Data Model Concept in Statistical Mapping", International Yearbook of Cartography 7: 186-190.