

ANALISI STATISTICA SU CARATTERISTICHE E TIPOLOGIA DEGLI INTERVENTI PER LA DIFESA DEL SUOLO CENSITI NEL PROGETTO ReNDiS

Dr. Emiliano Proietti Pannunzi

Tutor: Dr. Luca Guerrieri

Prefazione

Nell'ambito della seconda sessione del 2007(da marzo a luglio) il Dipartimento Difesa del Suolo dell' APAT ha deciso di attivare uno stage riguardante il progetto ReNDiS.

Questo progetto (Repertorio Nazionale degli Interventi di Difesa del Suolo) si prefigura come uno strumento efficace non soltanto per l'immediata consultazione di dati inerenti gli interventi finanziati dal Ministero dell'Ambiente ma anche per utili elaborazioni da cui poter dedurre importanti considerazioni di carattere tecnico.

Il presente lavoro di stage ha sviluppato proprio questo ultimo aspetto andando ad analizzare relazioni tra i dissesti e gli interventi e la 'prossimità' degli interventi ad aree a rischio idro-geologico o aree urbanizzate.

Riassunto

Il progetto **ReNDiS** (*Repertorio Nazionale degli Interventi di Difesa del Suolo*) è iniziato nel 2005 a partire dalle attività svolte dal monitoraggio APAT degli interventi urgenti per la difesa del suolo (D.L. 180/98, c.d. legge Sarno).

Il Repertorio è costituito da due sezioni: un database alfanumerico relativo alle informazioni raccolte per ogni intervento ed un database geografico(GIS) relativo alla localizzazione degli interventi.

Il principale obiettivo dello stage è stata l'analisi del Repertorio dal punto di vista statistico, ricavando dei dati da tabelle Access relative a *dissesti e tipologie di sistemazioni* ed illustrando le indicazioni principali emerse.

Si è proceduto operando un primo screening sulle categorie di opere che ricorrono con percentuali statisticamente significative; successivamente, per ogni gruppo di opere (insieme funzionalmente omogeneo: per es. gruppo opere di sostegno che comprende le tipologie muro in c.a., gabbionate, palificate, etc.) si sono riportate importanti considerazioni/osservazioni generali sulla *coerenza della tipologia di opera con il dissesto*.

Da questo punto di vista i dati forniscono un quadro sostanzialmente '*congruente*', facendo emergere la *complessità* insita nell'affrontare i problemi del dissesto idro-geologico e la diffusione delle *tecniche di Ingegneria Naturalistica*.

Un'altro obiettivo è stato un'analisi spaziale degli interventi ReNDiS, confrontandoli prima con le *aree a rischio idro-geologico* indicate nel PAI del Bacino del Tevere (scelta come area campione) e poi con i poligoni di classe 1 (*superfici artificiali*) di CORINE Land Cover 2000.

Alla luce di questa analisi, comunque parziale perchè non tutti gli interventi sono ubicati in modo esatto (problema del 'centroide'), si osserva come gli interventi ReNDiS siano caratterizzati da un posizionamento rispondente alla loro natura: gli interventi di versante sono per lo più prossimi alle aree a rischio frana e gli interventi di sistemazione fluviale sono più lontani dalle aree a rischio idraulico (risentono della logica di prevenzione a scala di bacino).

Abstract

The **ReNDiS** project (*National Repertory of Soil Defence Interventions*) started in 2005 in the frame of the monitoring activity done by APAT, related to the urgent measures for land protection (Decree Law n° 180/98, so called ‘Sarno law’).

The Repertory is formed by two section: an alphanumerical database (that contains information related to the structural works) and a geographical database (developed in GIS) related to the location of the engineering works.

The main target was the analysis of the Repertory mainly from a statistical point of view, by extracting data from Access tables related to areas prone to geological and hydraulic hazard and measures for their mitigation.

At first, it was done a screening on the work classes that occur with a meaningful statistical ratio; each work class contains the same function works.

Then, for each work class are showed some important observations and considerations about the general design coherence related to the *link between hydro- geological hazard and mitigation measures*.

From this point of view *results are substantially positive* and they have pointed out:

- 1) the *complexity* in facing hydro-geological risk
- 2) the growing of the *Naturalistic Engineering techniques*.

Another target was a spatial analysis of the ReNDiS sites with engineering works, compared with the *hydro-geological hazard areas* included in the river Tevere Basin (choose as sample area) and with artificial surfaces polygons of *CORINE Land Cover 2000*(class 1).

Although this is not complete analysis on the geographical database, as many works are not exactly located, we can observe that the well-located sites in ReNDiS are related with their nature: slope works are located near the landslide hazard areas, instead, hydraulic works are mainly located far from the flood hazard areas.

Indice

Cap. 1 Introduzione	pag. 5
1.1 La banca dati ReNDiS	pag. 5
1.1.1 Il Monitoraggio D.L. 180/98	pag. 5
1.1.2 Il Repertorio ReNDiS	pag. 6
1.1.3 La struttura della banca dati ReNDiS	pag. 7
1.2 Obiettivi	pag. 8
 Cap. 2 Analisi statistica dei dati ReNDiS	pag. 10
2.1 Metodologia	pag. 10
2.2 Incidenza classi e gruppi di sistemazione	pag. 15
2.2.1 Incidenza classi di sistemazioni	pag. 15
2.2.2 Incidenza gruppi di sistemazioni	pag. 16
2.3 Analisi tipologie di sistemazione – dissesti: risultati e considerazioni	pag. 20
 Cap. 3 Analisi spaziale: confronto con altre banche dati	pag. 70
3.1 Analisi di prossimità ReNDiS – PAI Tevere	pag. 70
3.1.1 Cosa è il PAI	pag. 70
3.1.2 Metodologia	pag. 71
3.1.3 Risultati	pag. 73
3.2 Analisi di prossimità ReNDiS – CORINE Land Cover 2000	pag. 77
3.2.1 Cosa è CORINE Land Cover	pag. 77
3.2.2 Metodologia	pag. 79
3.2.3 Risultati	pag. 80
 Cap. 4 Conclusioni	pag. 83
 Bibliografia	pag. 84

Cap. 1 INTRODUZIONE

Il presente lavoro ha come oggetto la banca dati **ReNDiS** (*Repertorio Nazionale degli Interventi di Difesa del Suolo*).

Nel seguito si illustrerà come è nata e come è strutturata tale banca dati ed in relazione ad essa si specificheranno gli obiettivi che ci si è posti.

1.1 Il progetto ReNDiS

Il progetto ReNDiS nasce nel 2005 come naturale estensione dell'attività di *monitoraggio degli interventi urgenti per la difesa del suolo nelle aree a rischio idro-geologico di cui al D.L. 180/98 e s.m.e i.*, svolta dall'APAT (Dipartimento Difesa del Suolo-Servizio Geologico d'Italia) per il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM).

1.1.1 Il Monitoraggio D.L. 180/98.

Il D.L. 180/98 (decreto Sarno) prevede la definizione di programmi di interventi urgenti per la *“riduzione del rischio idro-geologico nelle zone nelle quali la maggiore vulnerabilità del territorio si lega alla maggiore pericolosità dell'evento nei confronti delle persone e del patrimonio ambientale”*¹. Lo stesso decreto (sempre all'art. 1) prevede che l'APAT partecipi, per gli aspetti ambientali, all'attività istruttoria dei piani straordinari, dei Piani Stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI) e dei programmi di intervento urgenti per la riduzione del rischio idro-geologico.

Dal 1999 l'APAT svolge per conto del Ministero dell'Ambiente un'attività di monitoraggio degli interventi finanziati ai sensi del D.L. 180/98, inteso come osservatorio sulla qualità ambientale degli interventi, sulle modalità di spesa e di realizzazione.

I dati e le informazioni, raccolti mediante sopralluoghi diretti, esame degli elaborati progettuali e contatti continui con gli Enti attuatori, riguardano le caratteristiche tecniche ed ambientali, lo stato di attuazione delle opere ed i costi.

Ad oggi gli interventi monitorati sono circa 2300.

¹ Art. 1 D.L. 11 giugno 1998, n. 180

1.1.2 Il Repertorio ReNDiS

Il progetto di un 'Repertorio Nazionale degli interventi per la Difesa del Suolo', realizzato con i fondi della Legge 93/2001, nasce nel 2005 come sviluppo di una precedente banca dati relativa al monitoraggio D.L. 180/98.

Il Repertorio ha l'obiettivo di fornire un quadro unitario, sistematicamente aggiornato, delle opere e risorse impegnate nel campo della difesa del suolo, da condividere con tutti gli Enti che a vario titolo si occupano della pianificazione e attuazione degli interventi.

Le informazioni contenute nel Repertorio sono relative ad opere ed interventi realizzati da Enti diversi, censiti con criteri disomogenei e spesso caratterizzati da carenza di dati riguardanti l'esatta localizzazione.

Quindi si è dovuto adottare un sistema di catalogazione e classificazione 'flessibile': si è definito un set di 'informazioni primarie' necessarie per l'inserimento nel Repertorio ed un'altro di 'informazioni accessorie' per cui l'inserimento è funzione del grado di precisione e dettaglio.

Purtroppo la carenza di dati relativi all'ubicazione esatta dell'intervento ha obbligato ad associare le informazioni alfanumeriche di ciascun intervento al '*centroide*' del comune ('baricentro' del territorio comunale) nel caso di assenza di georeferenziazione.

L'elemento base del Repertorio è l' '*intervento*' definito come l'insieme di attività e/o opere relative ad uno specifico finanziamento.

Quindi su una stessa area a rischio possono insistere più interventi, per realizzare opere distinte od un unico insieme di opere.

Ogni intervento può essere suddiviso in '*lotti*', che indicano genericamente un singolo progetto - aggiudicazione lavori.

Attualmente i dati presenti nel Repertorio riguardano i circa 2300 interventi oggetto del monitoraggio APAT, relativi ai programmi di interventi urgenti - D.L. 180/98; a questi si aggiungono gli interventi per le aree percorse da incendi (finanziati ai sensi della O.M. 3073/2000 nel 2001).

Il progetto ReNDiS ha come vocazione futura quella di racchiudere *tutti gli interventi per la difesa del suolo* (finanziati anche con altri strumenti: L.183/98, Ordinanze di Protezione Civile, fondi regionali e comunali,etc.), allo scopo di divenire uno strumento conoscitivo efficace in grado di contribuire all'ottimizzazione ed alla razionalizzazione della spesa nazionale in materia.

1.1.3 La struttura della banca dati ReNDiS.

Le informazioni del Repertorio sono ripartite in due distinti database, connessi tra loro:

- un *database Access* per l'archiviazioni di dati alfanumerici
- un *database su base GIS* per la gestione dei dati spaziali

Il database Access contiene per ogni intervento le informazioni tecnico-amministrative raccolte in tabelle (tipologia opere, dissesti, costi, stato attuazione, tipologia ente attuatore, etc.), che saranno oggetto dell'analisi che si presenterà.

Sul database GIS per l'intero territorio nazionale sono stati caricati i confini amministrativi, i punti rappresentativi degli interventi di difesa del suolo, un'immagine Landsat, la cartografia IGM a scala 1:100000 e 1:25000 e le Ortofoto digitali dell'AGEA; viene replicata la parte di dati alfanumerici utilizzata nell'interfaccia web (vedi più avanti).

L'accesso e la gestione dei dati avviene secondo due interfaccia distinte:

- *ReNDiS-ist*
- *ReNDiS-web*

L'interfaccia ReNDiS-ist permette l'utilizzo da parte di soggetti istituzionali, che gestiscono direttamente i dati (inserimento, modifica, aggiornamento, analisi e consultazione), in unico ambiente dove sono affiancate e costantemente allineate sia le informazioni di tipo geografico che alfanumerico; la componente GIS permette la contestuale visualizzazione e interrogazione dati su base geografica. Tale interfaccia consente anche analisi delle informazioni con creazione di query specifiche ed elaborazione di query specifiche.

L'interfaccia ReNDiS- web (in fase di test sulla intranet APAT) è stata predisposta per la consultazione pubblica di un set parziale d'informazioni (utente base); gli Enti attuatori degli interventi o competenti territorialmente potranno accedere ad un set esteso d'informazioni (utente abilitato) per gli interventi di loro pertinenza; i diritti di amministratori del sistema (utenti istituzionali) saranno assegnati agli Enti detentori degli archivi primari. Tale interfaccia consente la visualizzazione dell'ubicazione geografica degli interventi e la consultazione delle loro principali caratteristiche.

Lo schema del sistema informativo ReNDiS è in fig. 1.1.

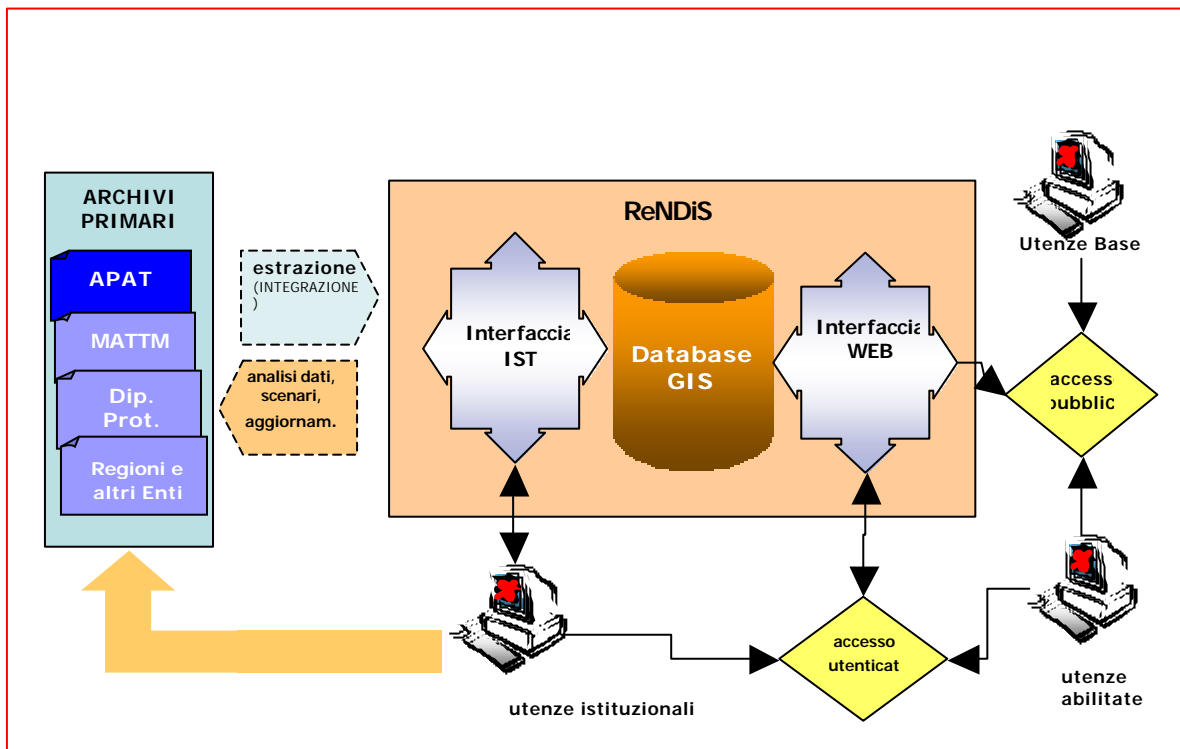


Fig 1.1 Schema generale del Sistema Informativo

1.2 Obiettivi.

Gli obiettivi consistono in:

- **analisi statistica** dei dati contenuti nel Repertorio ReNDiS
- **confronto con altre banche dati** geografiche (**analisi spaziale**)

L'analisi statistica (sul database alfanumerico) è finalizzata a porre in luce **le relazioni tra tipologie di sistemazioni e dissesti** e le tipologie di sistemazioni più frequenti (analisi in Access-Excel).

I dati estrapolati da ReNDiS consentiranno di dedurre una serie di **osservazioni tecniche su come vengono applicate le opere di difesa del suolo in relazione ai dissesti e su quali sono le tipologie di opere più diffuse** nell'ambito degli interventi censiti.

Si indicheranno eventuali nuove tendenze progettuali riguardanti ad esempio l'introduzione di tecniche di Ingegneria Naturalistica.

Si potranno altresì evidenziare eventuali *macroscopici 'errori'* nella corrispondenza dissesto-tipologia di sistemazione, che indicano un'anomalia del database.

Queste osservazioni sono state basate sulla conoscenza teorica dei fenomeni di dissesto e su criteri guida presenti nella manualistica APAT in materia: *Atlante delle opere di sistemazione dei versanti- Manuali e linee guida 10/2002*, *Atlante delle opere di sistemazione fluviale- Manuali e linee guida 27/2003*.

Le considerazioni che si trarranno non sono definitive ed esaustive, ma costituiscono una prima analisi della rispondenza del database di Rendis ad interrogazioni non banali, tenendo in debito conto che:

- Rendis presenta dei dati di provenienza disomogenei;
- Rendis non contiene i dati relativi a *tutti gli interventi di difesa del suolo*, ma la sua evoluzione naturale porterà, in un ottica di efficace analisi e razionalizzazione degli interventi, ad avere un quadro completo ed in continuo aggiornamento.

L'analisi spaziale (su base GIS) è un'analisi di '**prossimità**' degli interventi Rendis alle **aree a rischio idraulico-geologico** ed alle **aree urbanizzate** ed il confronto verrà fatto rispettivamente con il *PAI* dell'Autorità di Bacino del Tevere e con *Corine Land Cover 2000* (per tutto il territorio nazionale).

Per quanto riguarda l'analisi statistica su base Access-Excel i dati ReNDiS sono aggiornati al marzo 2007; le informazioni ReNDiS di tipo geografico (database GIS) sono aggiornati a settembre 2007.

Nel capitolo 2 verrà trattata l'analisi statistica condotta, mentre nel capitolo 3 l'analisi di tipo geografico. La metodologia utilizzata è illustrata nei rispettivi capitoli.

Cap. 2 ANALISI STATISTICA DEI DATI RENDIS

2.1 Metodologia

La metodologia adottata per l'analisi di tipo statistico è stata strutturata nei seguenti punti:

a) *Analisi struttura del database:* tabelle contenute nel database, interfaccia Rendis - ist (inserimento, aggiornamento e ricerca di informazioni aggregate per aree geografiche, per annualità, per litologia, per dissesti, etc.).

b) *Analisi della classificazione adottata per i dissesti e per le sistemazioni.*

Le sistemazioni hanno una classificazione gerarchica in *classi, gruppi e tipologie*. Le classi raggruppano ambiti di intervento (sistemazioni costiere, versanti, idrauliche, incendi, valanghe); all'interno di ogni classe si distinguono gruppi di sistemazioni distinti in base alla funzione eseguita o macrotipologia di sistemazione (sostegno, difesa massi e ancoraggi, opere idrauliche trasversali, opere di difesa e laminazione piene, etc.); i gruppi a loro volta contengono tutte le tipologie di sistemazione afferenti quella funzione (ad esempio all'interno del gruppo 'sostegno' sono presenti le tipologie gabbionate, muri in c.a., etc.).

Quindi si passa da un livello di dettaglio minore ad uno maggiore nel descrivere l'azione di difesa del suolo svolta.(vedi fig. 2.1)

I dissesti sono raggruppati in *frane, alluvioni, incendi, valanghe* ed all'interno di questi gruppi vengono specificati le tipologie particolari(vedi fig 2.2).

c) *Creazione tabelle Access collegate* al database di Rendis: si è creata una copia delle tabelle del database su cui si può operare 'in locale', senza interferire con l'archivio originale posto su un server dedicato interno all'APAT;

d) Creazione in Access di una **query di selezione dissesti-sistemazioni**.

La query ha creato legami, per ogni intervento, tra le tipologie di dissesto (**tabella dissesto** nel database) e le tipologie di sistemazioni (**tabella sistemazione** nel database). Le 2 tabelle sono state collegate indirettamente tramite la **tabella interventi**: il campo 'chiave' in comune tra le tre tabelle è il campo 'id_intervento' (vedi fig 2.3 e 2.4).

Sono state utilizzate anche le tabelle 'Tab_dissesto' e 'Tab_Sistemazione' in cui ad ogni codice di dissesto o tipologia di sistemazione sono associate le descrizioni; è stata inserita

anche la tabella 'Lotti', perchè lo stesso dissesto si può avere più volte nell'ambito dello stesso intervento ma in aree diverse.

Una schermata della struttura della query è riportata in fig. 2.5.

Tale query ha lo scopo di mettere in evidenza, per ogni intervento codificato in Rendis, il legame tra i dissesti verificatisi e le diverse tipologie di sistemazione adottate nell'ambito dello stesso intervento. Il risultato della query è la 'tabella sorgente', di cui è mostrato un piccolo stralcio (fig. 2.6) solo per un intervento Rendis.

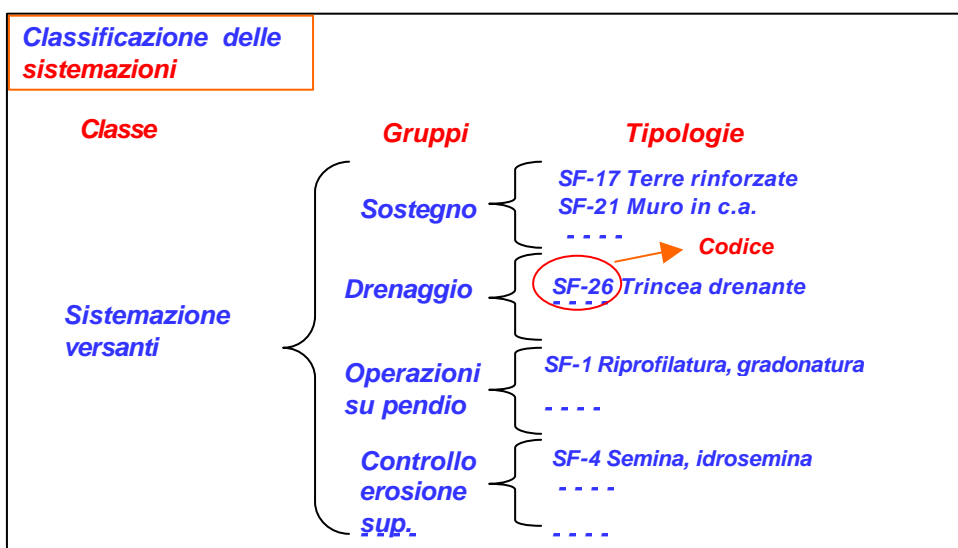


Fig 2.1 Esempio di classificazione delle sistemazioni di versante.

Classificazione dei dissesti (stralcio)

Codifica dissesti		
Codice	Tipo	Descrizione
DE-3	Incendio	Erosione lineare, a solchi per ruscellamento concentrato
DF-1	Frana	Crollo
DF-10	Frana	DGPV
DF-11	Frana	Soliflusso, soil creep, scivolamento corticale, smottamenti
DF-12	Frana	Aree soggette a crolli / ribaltamenti diffusi
DF-13	Frana	Aree soggette a sprofondamenti diffusi
DF-14	Frana	Aree soggette a frane superficiali diffuse
DF-15	Frana	Non determinato
DF-2	Frana	Ribaltamento
DF-3	Frana	Scivolamento rotazionale
DF-4	Frana	Scivolamento traslativo
DF-5	Frana	Espansione laterale
DF-6	Frana	Colata "lenta" (velocità compresa tra mm/anno m/mese)

Fig 2.2 Stralcio della codifica/classificazione dei dissesti in ReNDiS: D = dissesto, la seconda lettera indica il tipo di dissesto (F frana, E erosione dovuta a incendi, A alluvioni, V valanghe) all'interno della quale sono descritte le sottotipologie mediante una cifra (es DF-1 crollo, DF-2 ribaltamento, etc.).

Tabella INTERVENTI

Id_intervento	Decreto	Rif.	Autorità di bacino	Importo_fin
001/02	DM 11/11/2002 (DT/2002/0242 - 1° stralcio)	D.L.180/98	AB21	€2.600.000
001/06	DM 22/12/2004 (DS/2004/00626 - 10° stralcio)	D.L.180/98	AB57	€500.000
001/07	DM 03/11/2006 (DDS/2007/01905)	D.L.180/98	AB999	€593.000
001/98	DPCM 12/01/1999 (G.U. n. 53 del 05/03/1999)	D.L.180/98	AB21	€2.582.284
001/99	DPCM 21/12/1999 (DSTN/2/27778)	D.L.180/98	AB21	€929.622
001/B1	DM 09/08/2001 (DEC/DT/2001/00171)	OM 3073/00	AB52	€464.811
001/B2	DM 28/12/2001 (DEC/DM/2001-00381)	OM 3073/00	AB24	€51.646

Fig 2.3 Stralcio della tabella 'Interventi': il campo '**Id_intervento**' contiene il codice identificativo dell'intervento in ReNDiS ed è comune anche alle due tabelle 'Dissesti' e 'Sistemazioni'; tra le altre informazioni riportate i decreti di finanziamento, il riferimento legislativo, le Autorità di Bacino competenti e l'importo del finanziamento.

Tabella SISTEMAZIONI

Id_intervento	Id_lotto	Cod_Sistemazione
001/02	1	SI-34
001/02	1	SI-43
001/98	1	SF-1
001/98	1	SF-8
001/98	1	SI-11
001/98	1	SI-33
001/99	1	SC-11
001/99	1	SF-7
001/B1	1	SF-11
001/B1	1	SF-14
001/B1	1	SI-28

Tabella DISSESTI

Id_Intervento	Id_lotto	Cod_dissesto
001/02	1	DI-2
001/98	1	DF-3
001/99	1	DF-6
001/B1	1	DE-1
001/B1	1	DF-7
001/B2	1	DE-1
002/98	1	DF-1
002/99	1	DI-2
002/99	1	DI-3
002/99	1	DI-8
002/B2	1	DE-1

Fig 2.4 Stralci delle tabelle 'Dissesti' e 'Sistemazioni': le due tabelle hanno in comune il campo 'Id_Intervento' con la tabella Interventi.

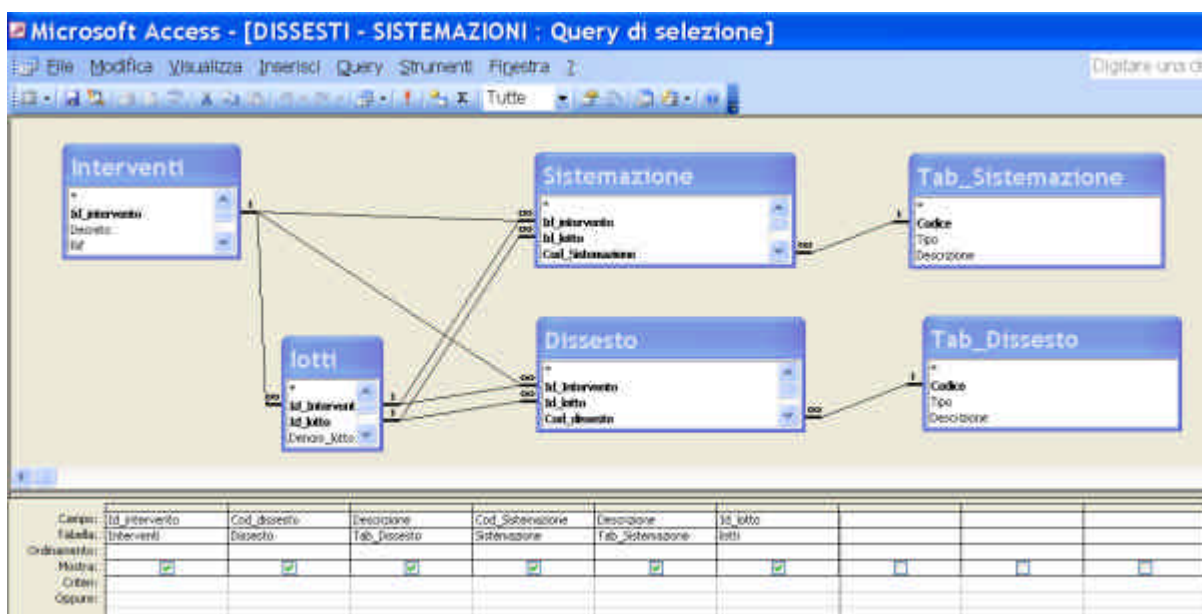


Fig. 2.5 Schermata della struttura della query di selezione Dissesti-Sistemazioni: sono stati selezionati i campi 'Id_intervento' da tabella Interventi, 'Cod_Dissesto' da tabella Dissesto, 'Descrizione' da tabella Tab_Dissesto, 'Cod_Sistemazione' da tabella Sistemazione, 'Descrizione' da tabella Tab_Sistemazione, 'Id_lotto' da tabella Lotti.

Id_intervento	Cod_dissesto	Tab_Dissesto1.Descrizione	Cod_Sistemazione	Tab_Sistemazione1.Descrizione
622/99	DI-2	Piene repentine	SI-21	Materasso in rete metallica
		Piene repentine	SI-32	Taglio selettivo vegetazione
		Piene repentine	SI-35	Manutenzione
		Piene repentine	SI-4	Arginatura (ringrosso, sovrizzo, rivestimento, diaframma, difesa)
	DI-6	Sormonti argini, sormonti muri arginali	SI-21	Materasso in rete metallica
		Sormonti argini, sormonti muri arginali	SI-32	Taglio selettivo vegetazione
		Sormonti argini, sormonti muri arginali	SI-35	Manutenzione
		Sormonti argini, sormonti muri arginali	SI-4	Arginatura (ringrosso, sovrizzo, rivestimento, diaframma, difesa)
	DI-8	Erosioni e dissesti arginali, fontanazzi	SI-21	Materasso in rete metallica
		Erosioni e dissesti arginali, fontanazzi	SI-32	Taglio selettivo vegetazione
		Erosioni e dissesti arginali, fontanazzi	SI-35	Manutenzione
		Erosioni e dissesti arginali, fontanazzi	SI-4	Arginatura (ringrosso, sovrizzo, rivestimento, diaframma, difesa)
	DI-2	Piene repentine	SI-36	Studi e modelli idrologici, idraulici, vegetazionali
		Piene repentine	SI-38	Monitoraggio strumentale
	DI-6	Sormonti argini, sormonti muri arginali	SI-36	Studi e modelli idrologici, idraulici, vegetazionali
		Sormonti argini, sormonti muri arginali	SI-38	Monitoraggio strumentale

Fig. 2.6 Stralcio della Tabella 'Sorgente', ottenuta applicando la query di selezione Dissesti-Sistemazioni: si osserva che ad ogni intervento (622/99 in figura, riquadro verde) sono associati diversi dissesti (riquadri arancioni) ed ogni dissesto è oggetto di diverse tipologie di sistemazione (riquadri blu, 'occorrenze').

Come si nota dalla figura 2.6, nell'ambito di un intervento, ci possono essere più dissesti ognuno dei quali associato ad una serie di tipologie di sistemazioni; una stessa tipologia di dissesto si può ripetere perchè l'intervento ReNDiS si può estendere a più lotti.

Come unità base per il successivo computo statistico è stata considerata l'**occorrenza** relativa *ad una singola tipologia di sistemazione*, cioè le righe riquadrate in blu nella tabella sorgente di fig. 2.6.

e) Elaborazioni in Excel: **tabella pivot e grafici a torta**.

Per studiare le relazioni tra i dissesti e le tipologie di sistemazione si è estratta dalla tabella sorgente una *tabella pivot* creata in modo tale da avere, **la distribuzione sui dissesti delle occorrenze di ogni tipologia di sistemazione, evidenziando quali e quanti sono i dissesti associati: in sostanza si possono valutare le applicazioni più frequenti delle tipologie di opere di difesa del suolo**.

Tale distribuzione, qualora significativa (è stata considerata statisticamente significativa una tipologia di sistemazione con un numero totale di occorrenze ≥ 50), è stata poi

visualizzata, per ogni tipologia di sistemazione, con un grafico a torta corredata di relativa tabella estratta dalla tabella pivot.

Si noti che nella tabella pivot il conteggio è fatto sui dissesti *associati* alle tipologie di sistemazione (righe blu di fig. 2.6), quindi *non è un conteggio dei dissesti* occorsi.

La metodologia ora illustrata è schematizzata nel diagramma di flusso di figura 2.7.

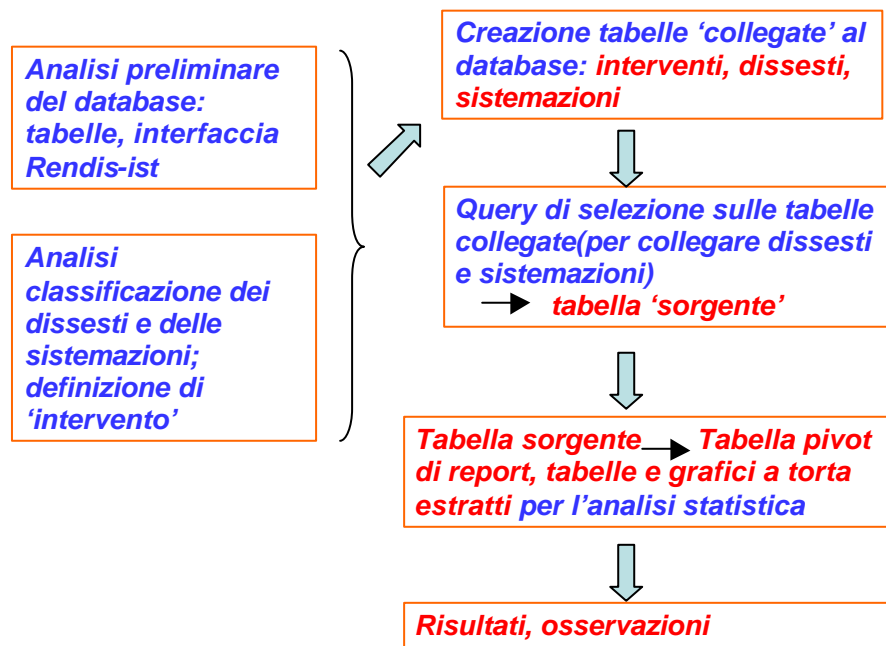


Fig. 2.7 Schema della metodologia adottata.

Le elaborazioni sono state eseguite seguendo la classificazione gerarchico - funzionale, adottata nell'ambito Rendis, di *classi, gruppi e tipologie di sistemazioni*: così ogni foglio Excel si riferisce ad una classe (es. sistemazione versanti) ed è diviso in cartelle che costituiscono i gruppi (es.: sostegno, drenaggio, etc.) all'interno delle quali vengono riportati tutti i risultati relativi alle varie tipologie di sistemazione appartenenti ad un gruppo.

E' stato così possibile analizzare preliminarmente:

- **l'incidenza percentuale delle classi di sistemazioni** nell'ambito del totale delle occorrenze,
- **l'incidenza percentuale dei gruppi di sistemazioni** in ogni classe.

Queste due incidenze hanno poi guidato nel considerare tipologie di sistemazione con numeri di occorrenze statisticamente significative.

2.2 Incidenza classi e gruppi di sistemazioni

Prima dell'analisi di dettaglio tipologie di sistemazione - dissesti è opportuno considerare i risultati statistici 'a grande scala', cioè quelli relativi alle classi ed ai gruppi di sistemazioni. Ciò per focalizzare gli ambiti statisticamente significativi su cui concentrare l'attenzione successivamente (nelle osservazioni di dettaglio relative alle tipologie di sistemazione).

2.2.1 Incidenza classi di sistemazioni

Raggruppando le occorrenze nelle classi di sistemazioni *costiere*, *versanti*, *idrauliche*, *incendi* e *valanghe* si arriva ai risultati illustrati in tabella 2.1 e figura 2.8.

Nell'ambito degli interventi Rendis si ha una prevalenza delle opere di sistemazioni dei versanti(con quasi il 60% delle occorrenze) ed idrauliche(35 %).

Solo per queste due classi sono state sviluppate le analisi relative ad i gruppi e poi successivamente alle tipologie di sistemazione. Si faranno considerazioni marginali per le sistemazioni costiere e incendi; non sono state considerate le sistemazioni di valanghe in quanto hanno un incidenza (0.4 %) molto bassa.

CLASSE	TOTALE OCCORRENZE DI CLASSE	% SU TOT RENDIS
VALANGHE	25	0,4%
INCENDI	239	4%
VERSANTI	3856	59%
IDRAULICHE	2255	35%
COSTIERE	132	2%
TOTALE	6507	100%

Tabella 2.1 Incidenza classi di sistemazioni: per ogni classe vengono riportate le occorrenze totalizzate con la relativa percentuale.

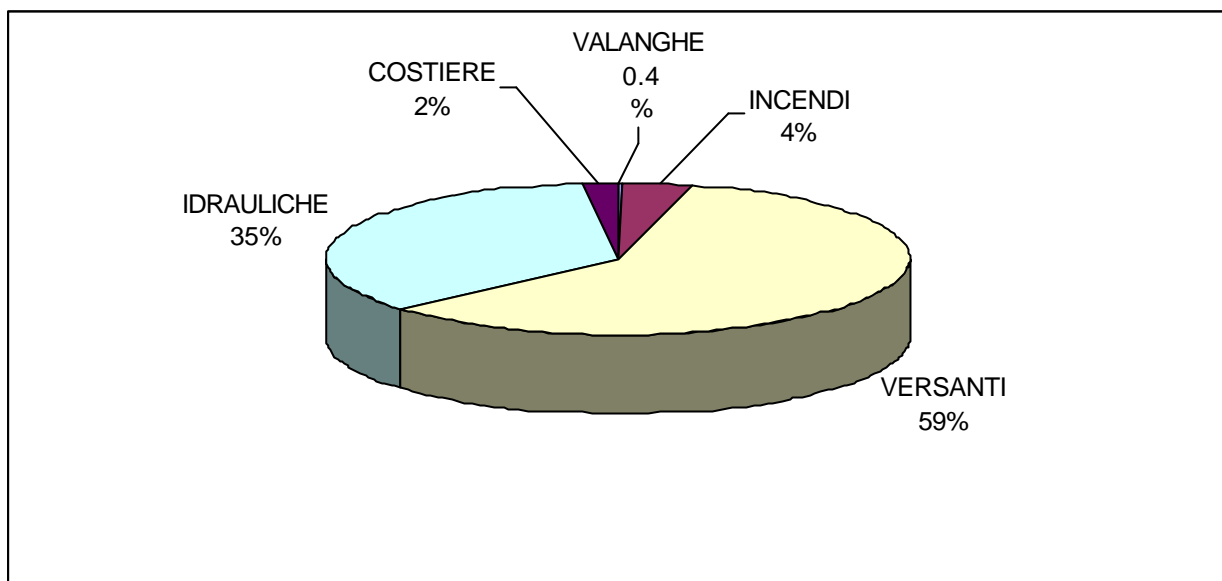


Figura 2.8 Incidenza classi di sistemazioni: grafico a torta relativo alla tabella 2.1. Prevalgono opere di sistemazione dei versanti ed idrauliche.

2.2.2 Incidenza gruppi di sistemazioni

Consideriamo le classi sistemazioni dei versanti ed idrauliche e le incidenze percentuali dei gruppi di sistemazioni (incidenze sul totale delle occorrenze di ogni classe).

? Classe: **sistemazione versanti**.

Nell'ambito di questa classe il gruppo maggioritario riguarda le *opere di sostegno* (27%); è anche il gruppo contenente il maggior numero di occorrenze in assoluto (1055).

Gli altri gruppi con incidenza percentuale rilevante sono:

- *opere complementari* (13%)
- *operazioni su pendio* (12%)
- *difesa massi e ancoraggi* (12%)
- *drenaggio* (12%)
- *controllo erosione superficiale* (11%)
- *stabilizzazione superficiale* (7%)

Questi gruppi maggioritari rappresentano le funzioni principali svolte nell'ambito della sistemazione dei versanti e verranno poi considerati nell'analisi per tipologia di sistemazione.

Da rilevare la scarsa presenza di interventi non strutturali (monitoraggio strumentale, sistemi di allarme,etc.) e la poca incidenza di *opere speciali* ed opere di *difesa dalle colate rapide*. Anche gli *studi e rilievi* preliminari al progetto hanno poca incidenza.

E' da notare sin d'ora come il gruppo di opere complementari (consolidamento edifici, ripristino viabilità,etc.) possa dare un *indicazione orientativa* sull'interazione tra fenomeni di dissesto e infrastrutture; in questo caso hanno un'incidenza importante (13%).

I risultati sono illustrati in tabella 2.2 e figura 2.9.

GRUPPO	N°OCCORRENZE	% SU TOT CLASSE
OPERAZIONI SU PENDIO	459	12%
CONTROLLO EROSIONE SUPERFICIALE	418	11%
STABILIZZAZIONE SUPERFICIALE	283	7%
SOSTEGNO	1055	27%
DRENAGGIO	457	12%
DIFESA MASSI E ANCORAGGI	457	12%
DIFESA COLATE RAPIDE	65	2%
OPERE SPECIALI	33	1%
STUDI E RILIEVI	109	3%
INTERVENTI NON STRUTTURALI	16	0,4%
OPERE COMPLEMENTARI	504	13%
TOTALE	3856	100%

Tabella 2.2 Incidenza gruppi di sistemazioni-classe sistemazione versanti:
per ogni gruppo vengono riportate le occorrenze totalizzate,
con la relativa percentuale di incidenza nell'ambito della
classe.

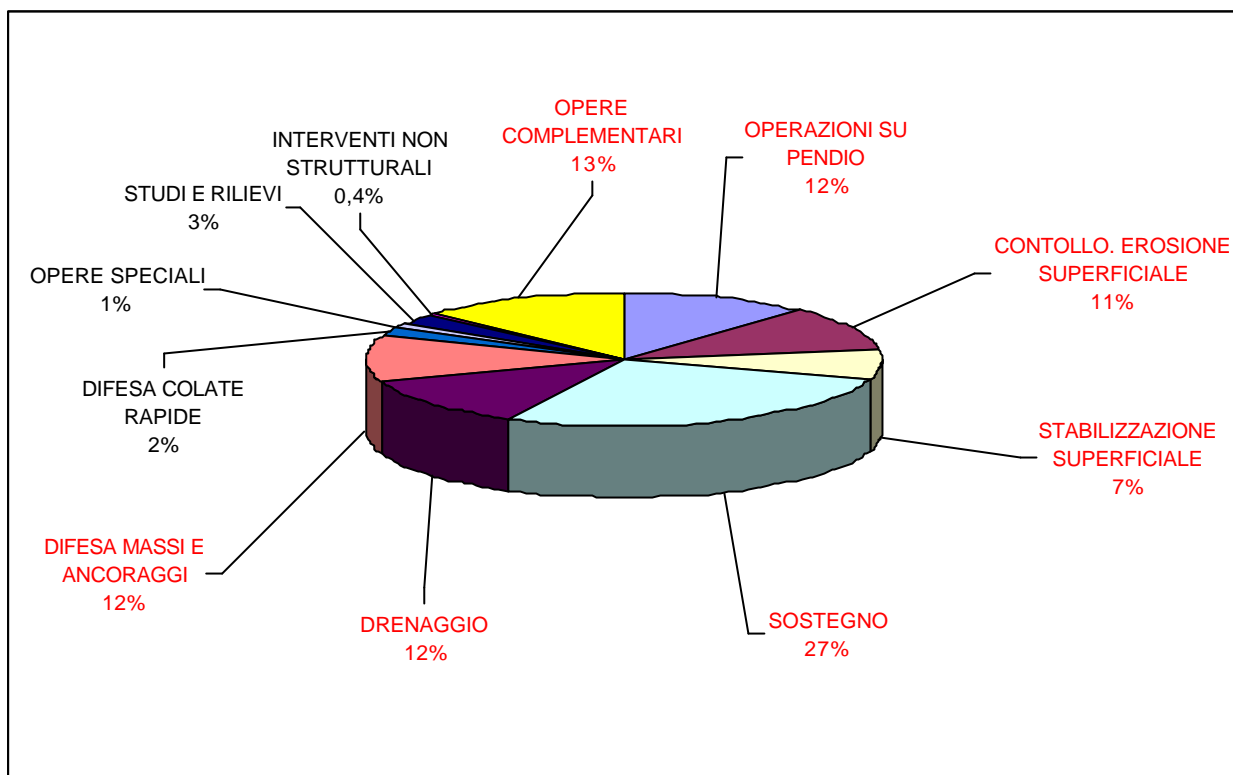


Fig. 2.9 Incidenza gruppi su classe sistemazione versante: grafico a torta relativo alla tabella 2.2 (in rosso nel grafico sono evidenziati i gruppi con maggior incidenza).

? Classe: **sistemazioni idrauliche.**

Anche in questo caso c'è la presenza di gruppi maggioritari che rappresentano tutto il ventaglio di funzioni principali assolve dalle sistemazioni fluviali.

I gruppi prevalenti sono:

- operazioni in alveo (32%)
- opere longitudinali (22%)
- opere trasversali (17%)
- difesa e laminazione piene (13%)
- opere complementari (8%)

Per questi gruppi saranno analizzati i dati relativi alle singole tipologia di sistemazione.

Come si vede le *operazioni in alveo* hanno l'incidenza maggiore, e le *opere complementari* hanno sempre una certa importanza.

I risultati sono illustrati in tabella 2.3 ed in figura 2.10.

GRUPPO	N° OCCORRENZE	% SU TOT CLASSE
DIFESA E LAMINAZIONE PIENE	284	13%
OPERE TRASVERSALI	377	17%
OPERE LONGITUDINALI	501	22%
OPERE RINVERDIMENTO E ANTIEROSIONE	101	4%
OPERAZIONI IN ALVEO	726	32%
STUDI E RILIEVI	83	4%
INTERVENTI NON STRUTTURALI	5	0,2%
OPERE COMPLEMENTARI	178	8%
TOTALE	2255	100%

Tabella 2.3 Incidenza gruppi di sistemazioni-classe sistemazioni idrauliche: per ogni gruppo vengono riportate le occorrenze totalizzate, con la relativa percentuale di incidenza nell'ambito della classe.

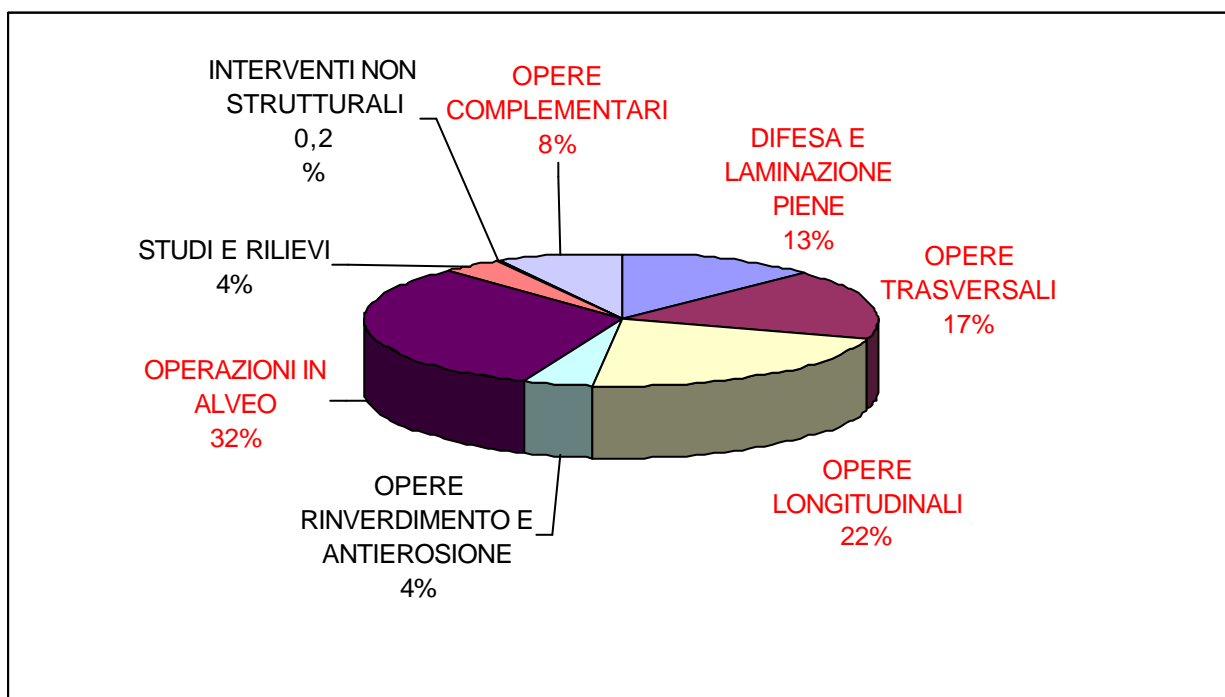


Fig. 2.10 Incidenza gruppi su classe sistemazioni idrauliche: grafico a torta relativo alla tabella 2.3 (in rosso nel grafico sono evidenziati i gruppi con maggior incidenza).

2.3 Analisi tipologie di sistemazione-dissesti: risultati e considerazioni.

Si condurrà questa analisi per i gruppi già specificati, per ogni classe.

Vengono presentati i dati relativi alle *tipologie di sistemazione prevalenti* ed i dati relativi alle *occorrenze dei dissesti* per ogni tipologia di sistemazione del gruppo in questione, corredati dalle **indicazioni/osservazioni** desunte; alla fine dell'analisi di ogni gruppo vengono riportate **considerazioni di sintesi**.

Per ogni tipologia di sistemazione si è indicata anche la sua incidenza percentuale sul totale delle occorrenze del suo gruppo (*incidenza relativa di gruppo*): ciò per avere un'idea dell'importanza relativa di ciascuna tecnica/opera nell'ambito funzionale del gruppo di appartenenza.

Per ogni tipologia di sistemazione sono riportate una tabella inerente la distribuzione sui dissesti ed il relativo grafico a torta.

Tabelle e grafici a torta sono riportati solo per tipologie di sistemazione con numero totale di occorrenze ≥ 50 in quanto valutate statisticamente significative per valutare la distribuzione delle occorrenze sui vari dissesti.

I dissesti con un numero di occorrenze molto basso (<5 o <10 a seconda della distribuzione numerica degli altri dissesti) sono stati accorpati nella voce '*altro*'.

Le tipologie di sistemazione sono identificate anche da un codice alfanumerico in cui la parte alfabetica indica la classe, come già detto in precedenza (SF sistemazione frane, SI sistemazioni idrauliche, SIN sistemazioni incendi, SC sistemazioni costiere).

Come già detto si presenteranno osservazioni marginali anche per le due classi di sistemazioni costiere ed incendi.

? **Classe: sistemazione versanti. Gruppo: opere di sostegno.**

? Tipologie prevalenti nel gruppo

Le tipologie prevalenti sono mostrate nella seguente tabella:

TIPOLOGIA DI SISTEMAZIONE	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO
Palificata doppia in legname con talee, idem fondata su micropali	7%
Gabbionata	21%
Muro in c.a., idem fondato su micropali	17%
Muro in c.a. rivestito in pietrame	7%
Palificata, palificata tirantata, paratia di micropali, pali, palancole, pannelli c.a.	33%

Tabella 2.4 Incidenze delle tipologie di sistemazioni prevalenti nel gruppo *opere di sostegno*.

Resoconto del gruppo:

TOTALE OCCORRENZE DI CLASSE:	3856
TOTALE OCCORRENZE DI GRUPPO:	1055
PESO' PERCENTUALE DI GRUPPO SU TOT CLASSE:	16%

Indicazioni/osservazioni: in questo, che è il gruppo prevalente in assoluto, emergono dati che confermano l'uso di tecniche ormai consolidate (come *muri in c.a.*, *palificate-paratie*, *gabbionate*) accanto allo svilupparsi di tecniche di Ingegneria Naturalistica, come la classica *palificata doppia in legname con talee* che ha una quota relativa del 7% ma anche, tra le tecniche minoritarie non riportate, le *gabbionate rinverdite* (4%) e le *terre rinforzate rinverdite* (3%).

Da rilevare anche la presenza di tecniche relativamente nuove come la *spritz-beton con rete metallica e tiranti* (2%).

? Distribuzione dissesti per le tipologie prevalenti

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SF-14 Palificata doppia in legname con talee, idem fondata su micropali	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	
		7%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Crollo	6
Complesso	7
Soliflusso, soil creep, scivolamento corticale, smottamenti	9
Colata "rapida" (velocità >m/giorno)	9
Scivolamento rotazionale	11
Aree soggette a frane superficiali diffuse	12
Scivolamento traslativo	12
Altro (num occ. <5)	11
TOTALE	77

Tabella 2.5 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-14 *Palificata doppia in legname con talee, idem fondata su micropali.*

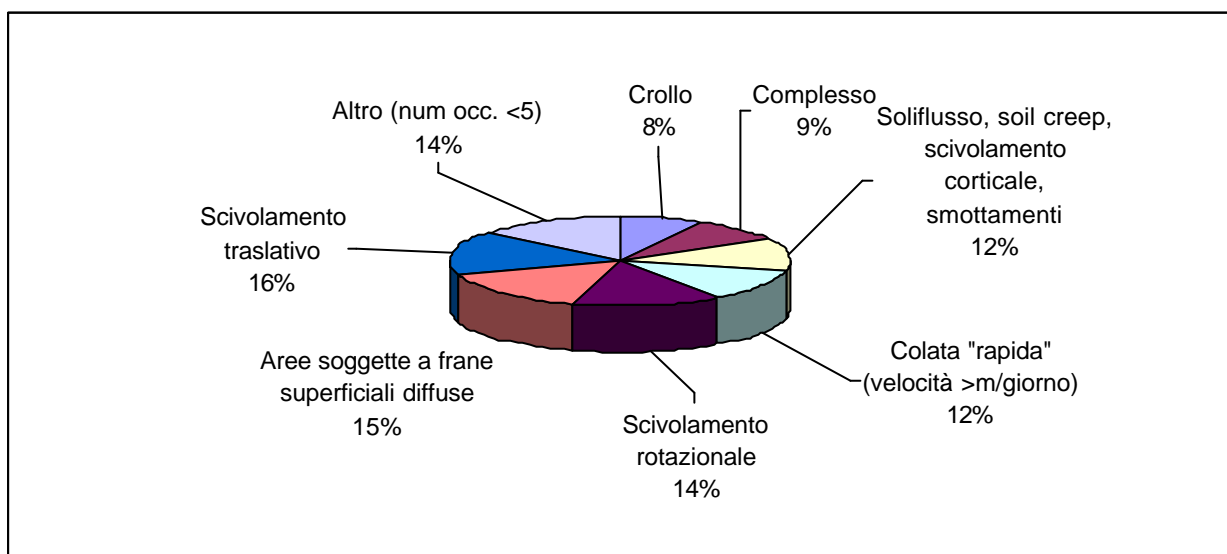


Figura 2.11 Grafico a torta relativo alla tabella 2.5 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: come si nota tale tecnica di Ingegneria Naturalistica è utilizzata per stabilizzare versanti e scarpate in dissesto (*scivolamenti, frane superficiali, colate rapide, soliflussi, crolli e dissesti complessi*); per le colate rapide le palificate doppie rappresentano interventi preventivi di stabilizzazione sui versanti.

Gli scivolamenti ed i dissesti complessi sembrerebbero soprattutto *superficiali*, anche se l'entità del dissesto non è sempre desumibile in Rendis.

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SF-15		
Gabbionata	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	
		21%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Colata "rapida" (velocità >m/giorno)	12
Manufatti in alveo, ostacoli al deflusso, fenomeni di rigurgito	12
Colata "lenta" (velocità compresa tra mm/anno - m/mese)	13
Crollo	14
Piene repentine	15
Erosioni di sponda e di fondo	16
Soliflusso, soil creep, scivolamento corticale, smottamenti	18
Scivolamento traslativo	21
Complesso	21
Scivolamento rotazionale	37
Altro (num occ. <10)	44
TOTALE	223

Tabella 2.6 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-15 *Gabbionata*

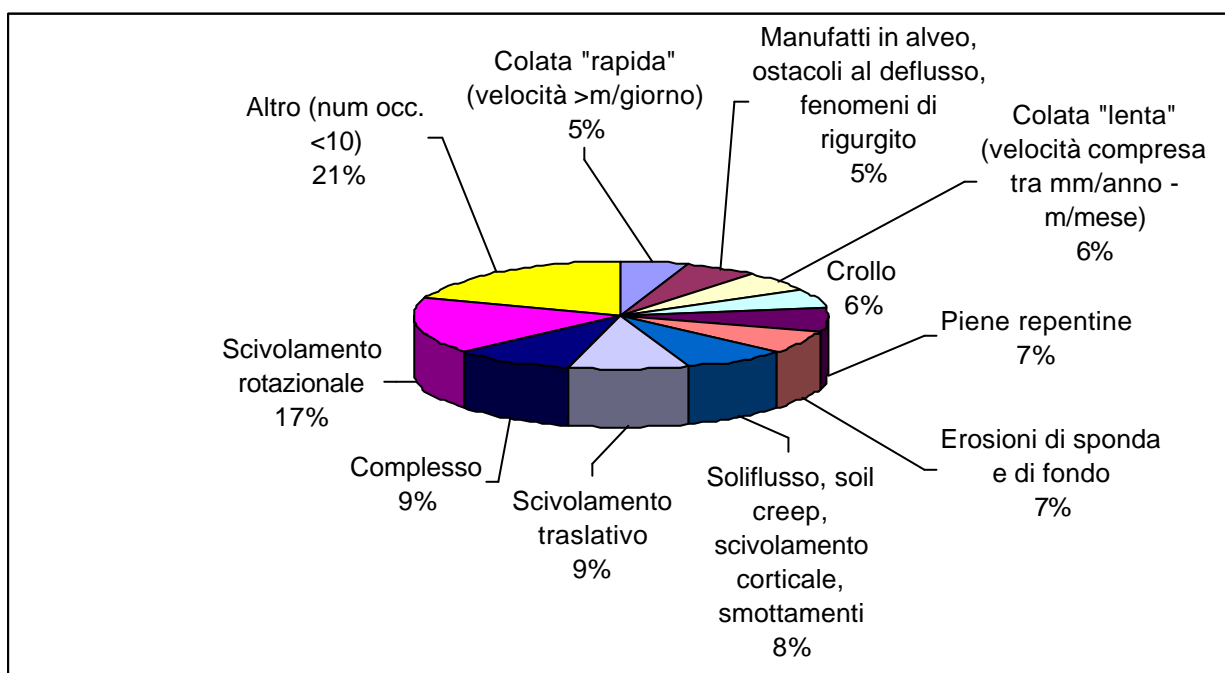


Figura 2.12 Grafico a torta relativo alla tabella 2.6 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: si nota subito una distribuzione molto frammentata delle occorrenze in molte tipologie di dissesto (la voce *altro* arriva al 21%), a testimonianza della versatilità e dell'ampia diffusione di questa tecnica utilizzata 223 volte nell'ambito degli interventi Rendis. La rapidità e la semplicità di realizzazione delle gabbionate sono

evidentemente un fattore importante per interventi che hanno il carattere dell'*urgenza*.

I dati mostrano come le gabbionate siano usate per:

- sistemazione e stabilizzazione di pendii soggetti a dissesti (*scivolamenti, soliflussi, colate lente e rapide, crolli, dissesti complessi*)
- protezione di aste fluviali dall'*erosione di sponda*, dalle *piene* e da *dissesti dovuti a manufatti in alveo*.

Va comunque notato che le occorrenze riguardanti dissesti di natura idraulica (piene repentine, erosioni di sponda e di fondo) andrebbero attribuite alla tipologia *SI-17 gabbionate* del gruppo opere longitudinali all'interno della classe sistemazioni idrauliche, diminuendo così la frammentazione qui evidenziata, anche se il dato in sè non denota un'anomalia riguardante l'applicazione delle gabbionate.

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SF-21		
Muro in c.a., idem fondato su micropali		INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO
		17%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Complesso	19
Soliflusso, soil creep, scivolamento corticale, smottamenti	26
Scivolamento traslativo	27
Crollo	31
Scivolamento rotazionale	43
Altro (num occ. <10)	34
TOTALE	180

Tabella 2.7 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-21 *Muro in c.a., idem fondato su micropali*.

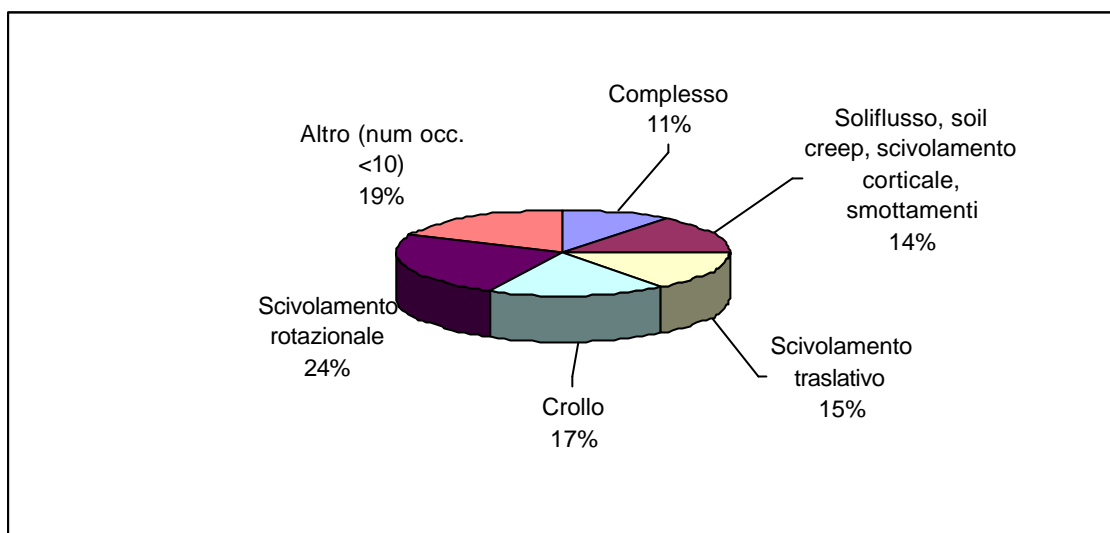


Figura 2.13 Grafico a torta relativo alla tabella 2.7 (incidenza percentuale dei dissesti).

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SF-22		
Muro in c.a. rivestito in pietrame	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	
		7%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Complesso	5
Aree soggette a frane superficiali diffuse	6
Soliflusso, soil creep, scivolamento corticale, smottamenti	9
Scivolamento traslativo	11
Scivolamento rotazionale	14
Crollo	18
Altro (num occ. <5)	13
TOTALE	76

Tabella 2.8 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-22 *Muro in c.a. rivestito in pietrame.*

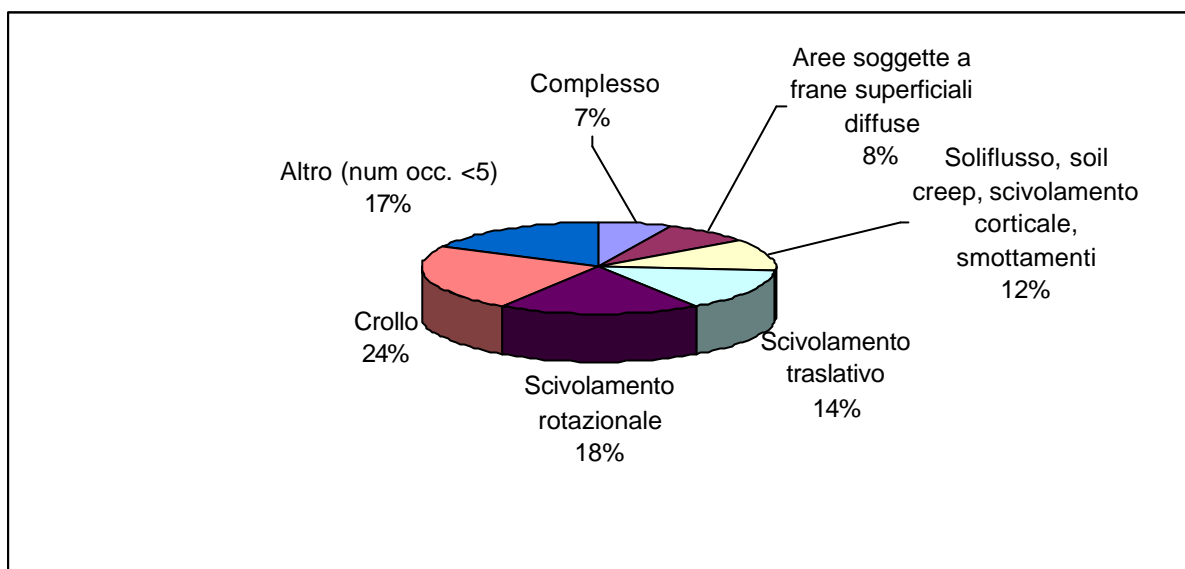


Figura 2.14 Grafico a torta relativo alla tabella 2.8 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: si considerano insieme le due tipologie SF-21 ed SF-22 poichè si possono comunque ricondurre a muri in c.a. e la distribuzione delle occorrenze dei dissesti è molto simile.

Il numero di occorrenze totali è pari a 256 (24% come incidenza relativa), dato che conferma l'ampia diffusione dell'opera per sostenere o contenere pendii in frana. La rapidità di realizzazione di quest'opera è importante per interventi che hanno il carattere dell'*urgenza*.

Le applicazioni principali riguardano gli *scivolamenti ed i crolli*, seguiti da *soliflussi e dissesti complessi*.

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SF-23

Palificata, palificata tirantata, paratia di micropali, pali, palancole, pannelli c.a.

INCIDENZA
RELATIVA DI
GRUPPO

33%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Aree soggette a frane superficiali diffuse	10
Colata "lenta" (velocità compresa tra mm/anno - m/mese)	28
Complesso	36
Soliflusso, soil creep, scivolamento corticale, smottamenti	44
Crollo	46
Scivolamento traslativo	66
Scivolamento rotazionale	86
Altro (num occ. <10)	36
TOTALE	352

Tabella 2.9 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-23 *Palificata, palificata tirantata, paratia di micropali, pali, palancole, pannelli c.a.*

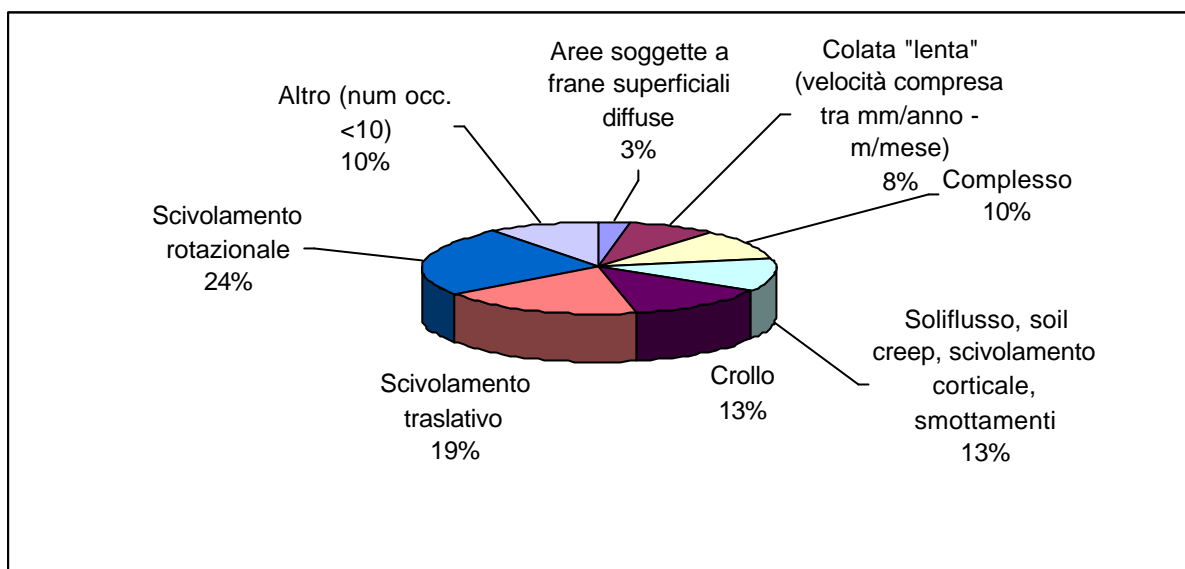


Figura 2.15 Grafico a torta relativo alla tabella 2.9 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: i dissesti interessati da queste tecniche mostrano una distribuzione simile ai muri in c.a., cioè con una prevalenza degli *scivolamenti*, dei *soliflussi* e dei *crolli*, seguiti dai dissesti *complessi* e dalle *colate lente*.

Il numero totale di occorrenze denota anche qui l'ampia diffusione di queste tecniche per la sistemazione di pendii in frana.

Considerazioni di sintesi:

- i dissesti di versante oggetto di opere di sostegno sono principalmente gli *scivolamenti* (*traslativi* e *rotazionali*), i *crolli*, i *soliflussi* – *soilcreep*, i *dissesti complessi*, come prevedibile;
- i dati evidenziano l'uso di *tecniche consolidate* di sostegno (come muri in c.a., palificate-paratie, gabbionate; i muri in c.a. essendo di rapida esecuzione sono importanti per opere urgenti di difesa del suolo) accanto allo svilupparsi di *tecniche di Ingegneria Naturalistica*, come la palificata doppia in legname con talee.

? **Classe:** **sistemazione versanti.** **Gruppo:** **opere complementari.**

? Tipologie prevalenti nel gruppo

Le tipologie prevalenti sono mostrate nella seguente tabella:

TIPOLOGIA DI SISTEMAZIONE	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO
Realizzazione/ripristino viabilità	28%
Ripristino/adeguamento condotte acque bianche e nere	34%
Altro	23%

Tabella 2.10 Incidenze delle tipologie di sistemazioni prevalenti nel gruppo *opere complementari*.

Resoconto del gruppo:

TOTALE OCCORRENZE DI CLASSE:	3856
TOTALE OCCORRENZE DI GRUPPO:	504
PESO' PERCENTUALE DI GRUPPO SU TOT CLASSE:	13%

Indicazioni/osservazioni: questo è un gruppo particolare in quanto contiene opere di complemento di interventi di difesa del suolo.

Si nota come i dissesti hanno interessato soprattutto i sistemi infrastrutturali: rete viaria e rete idrica in primis.

Tra i gruppi minoritari, non riportati, si evidenziano però anche la presenza di consolidamenti(7%) e demolizioni(4%) di edifici, per un totale di 57 casi.

Non si fanno considerazioni sulla tipologia 'altro', visto che non sono conosciuti gli interventi compresi.

? Distribuzione dissesti per le tipologie prevalenti

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SF-48		
Realizzazione/ripristino viabilità	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	28%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Crollo	15
Scivolamento traslativo	19
Complesso	19
Soliflusso, soil creep, scivolamento corticale, smottamenti	24
Scivolamento rotazionale	24
Altro (num occ. <10)	39
TOTALE	140

Tabella 2.11 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-48 *Realizzazione/ripristino viabilità*.

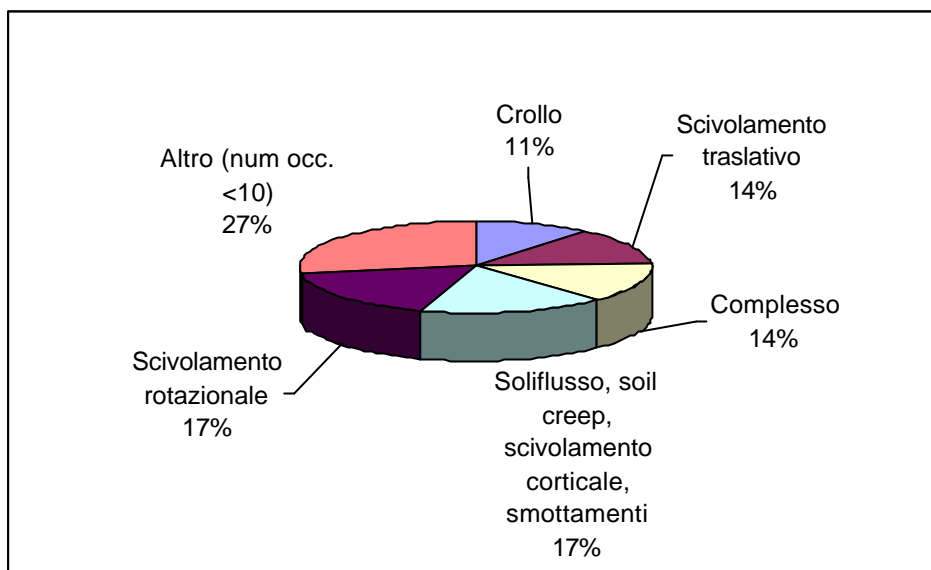


Figura 2.16 Grafico a torta relativo alla tabella 2.11 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: si osserva l'incidenza dei classici dissesti di versante sulla viabilità: principalmente *scivolamenti*, *soliflussi*, *dissesti complessi*, *crolli*. L'ampia percentuale della voce 'altro'(27%) indica anche una certa frammentazione delle occorrenze in altri dissesti.

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SF-52

**Ripristino/adeguamento
condotte acque bianche e nere**

**INCIDENZA
RELATIVA DI
GRUPPO**

34%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Colata "lenta" (velocità compresa tra mm/anno - m/mese)	11
Complesso	13
Crollo	24
Scivolamento traslativo	26
Soliflusso, soil creep, scivolamento corticale, smottamenti	27
Scivolamento rotazionale	34
Altro (num occ. <10)	36
TOTALE	171

Tabella 2.12 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-52 *Ripristino/adeguamento condotte acque bianche e nere*.

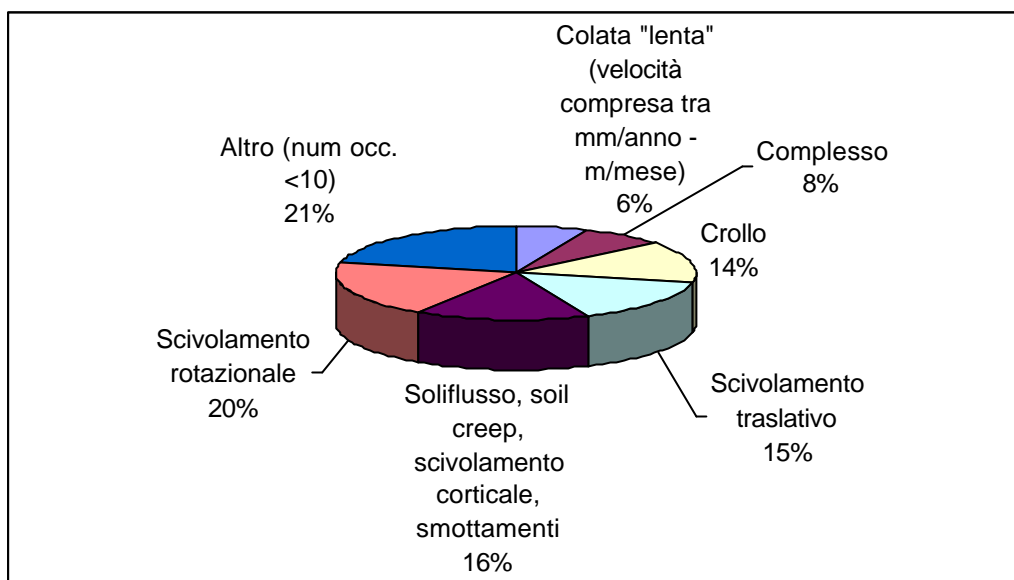


Figura 2.17 Grafico a torta relativo alla tabella 2.12 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: la distribuzione è simile alla precedente con l'aggiunta della *colata lenta* come dissesto con un'incidenza significativa.

Considerazioni di sintesi:

- dai dati sulle opere complementari si evince che i dissesti hanno interessato soprattutto i sistemi infrastrutturali: rete viaria e rete idrica (interferenza con infrastrutture); si evidenziano però anche la presenza di consolidamenti(7%) e demolizioni(4%) di edifici ;
- dissesti più frequenti associati sono scivolamenti (traslativi e rotazionali), i crolli, i soliflussi-soilcreep, i dissesti complessi.

? Classe: **sistemazione versanti**. Gruppo: **operazioni sul pendio**.

? Tipologie prevalenti nel gruppo

TIPOLOGIA DI SISTEMAZIONE	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO
Riprofilatura, gradonatura	45%
Disgaggio, scoronamento	34%
Taglio vegetazione, disboscamento selettivo	21%

Tabella 2.13 Incidenze delle tipologie di sistemazioni prevalenti nel gruppo *operazioni su pendio*.

Resoconto del gruppo:

TOTALE OCCORRENZE DI CLASSE:	3856
TOTALE OCCORRENZE DI GRUPPO:	459
PESO' PERCENTUALE DI GRUPPO SU TOT CLASSE:	12%

? Distribuzione dissesti per le tipologie prevalenti

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SF-1		
Riprofilatura, gradonatura	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	45%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Aree soggette a frane superficiali diffuse	10
Colata "rapida" (velocità >m/giorno)	10
Colata "lenta" (velocità compresa tra mm/anno - m/mese)	12
Complesso	23
Soliflusso, soil creep, scivolamento corticale, smottamenti	24
Crollo	30
Scivolamento traslativo	32
Scivolamento rotazionale	36
Altro (num occ. <10)	30
TOTALE	207

Tabella 2.14 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-1 *Riprofilatura, gradonatura*.

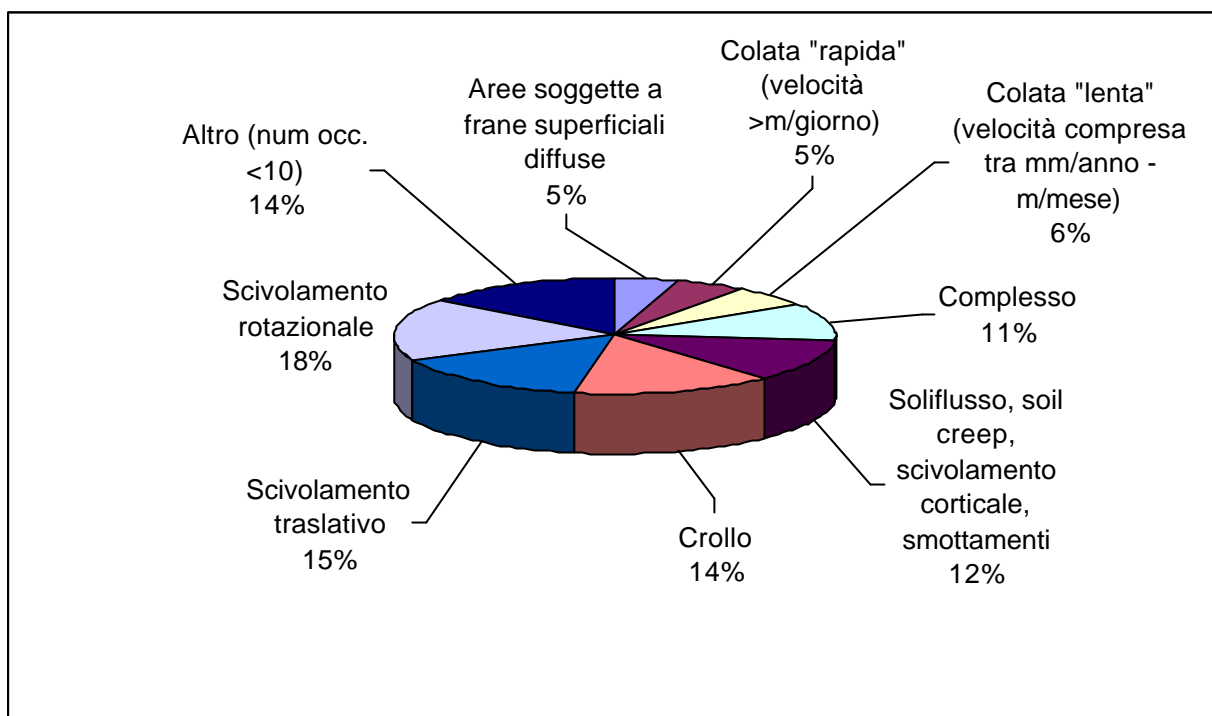


Figura 2.18 Grafico a torta relativo alla tabella 2.14 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: si osserva una lieve prevalenza di *scivolamenti*, *crolli*, *soliflussi* e *dissesti complessi* con presenza di un numero di occorrenze significative di *colate rapide* e *lente*, *frane superficiali diffuse*.

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SF-2	
Disgaggio, scoronamento	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO 34%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Ribaltamento	19
Crollo	100
Altro (num occ. <10)	35
TOTALE	154

Tabella 2.15 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-2 *Disgaggio, scoronamento*.

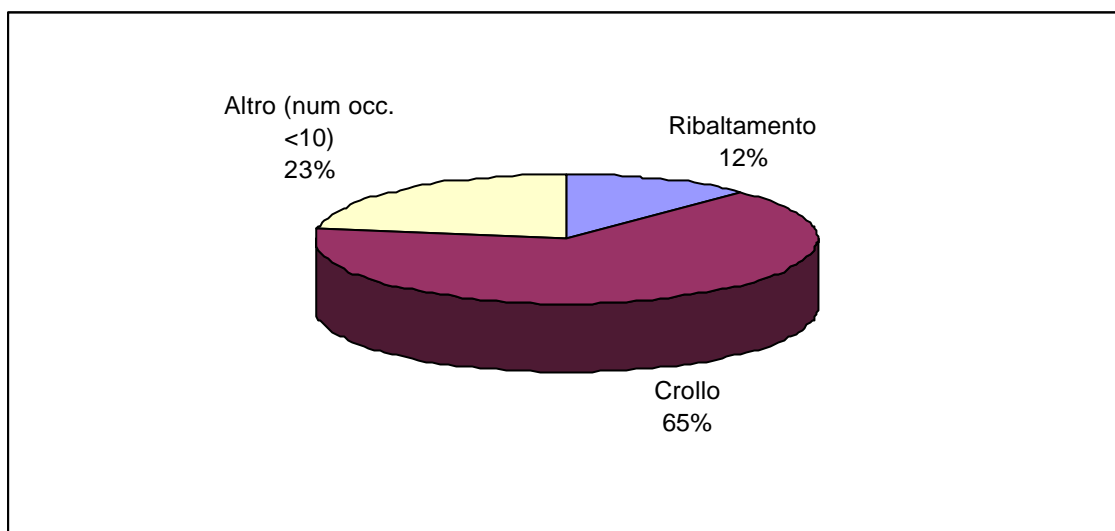


Figura 2.19 Grafico a torta relativo alla tabella 2.15 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: si evidenzia la netta prevalenza dei *crolli* (65%) seguita dai *ribaltamenti*(12%), come giusta rispondenza alla tipologia di sistemazione in esame (soprattutto il disaggio) che servono a togliere elementi rocciosi pericolanti ed a pulire il pendio, preliminarmente alla realizzazione dell'opera di difesa del suolo.

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SF-3 Taglio vegetazione, disboscamento selettivo		INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	21%
TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.		
Ribaltamento	7		
Scivolamento traslativo	8		
Soliflusso, soil creep, scivolamento corticale, smottamenti	12		
Crollo	43		
Altro (num occ. <7)	28		
TOTALE	98		

Tabella 2.16 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-3 *Taglio vegetazione, disboscamento selettivo*.

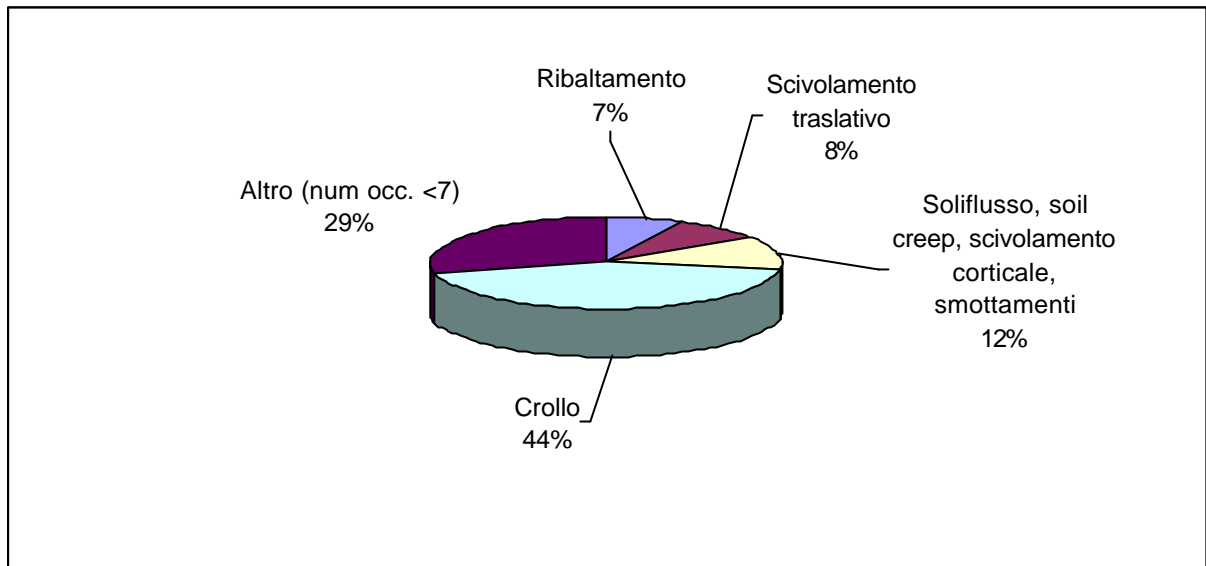


Figura 2.20 Grafico a torta relativo alla tabella 2.16 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: si evidenzia la netta prevalenza dei *crolli*(44%) seguiti da *scivolamenti traslativi*, *soliflussi* e *ribaltamenti* con una buona percentuale di occorrenze distribuite anche in altri dissesti (29%). Questa tecnica di ‘pulizia’ preventiva e selettiva del pendio abbraccia, come logico, più tipologie di dissesto.

Considerazioni di sintesi:

- la tipologia riprofilatura - gradonatura è la più frequente(peso relativo del 45%) applicata ad una varia tipologia di dissesti; le tipologie *disgaggio* e *taglio vegetazione* sono invece associate ai crolli e ribaltamenti, confermando i criteri di applicazione di tali tecniche.

? Tipologie prevalenti nel gruppo

TIPOLOGIA DI SISTEMAZIONE	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO
Rete metallica a doppia torsione, pannelli e rinforzi in fune d'acciaio	27%
Barriera paramassi	25%
Chiodi, bulloni, tiranti, placcaggi, ancoraggi	33%

Tabella 2.17 Incidenze delle tipologie di sistemazioni prevalenti nel gruppo *difesa massi e ancoraggi*.

Indicazioni/osservazioni: le occorrenze sono sostanzialmente equiripartite nelle tre tipologie.

Resoconto del gruppo:

TOTALE OCCORRENZE DI CLASSE:	3856
TOTALE OCCORRENZE DI GRUPPO:	457
PESO' PERCENTUALE DI GRUPPO SU TOT CLASSE:	12%

? Distribuzione dissesti per le tipologie prevalenti

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SF-30		
Rete metallica a doppia torsione, pannelli e rinforzi in fune d'acciaio	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	27%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Aree soggette a crolli / ribaltamenti diffusi	10
Crollo	76
Altro (num occ. <10)	39
TOTALE	125

Tabella 2.18 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-30 *Rete metallica a doppia torsione, pannelli e rinforzi in fune d'acciaio*.

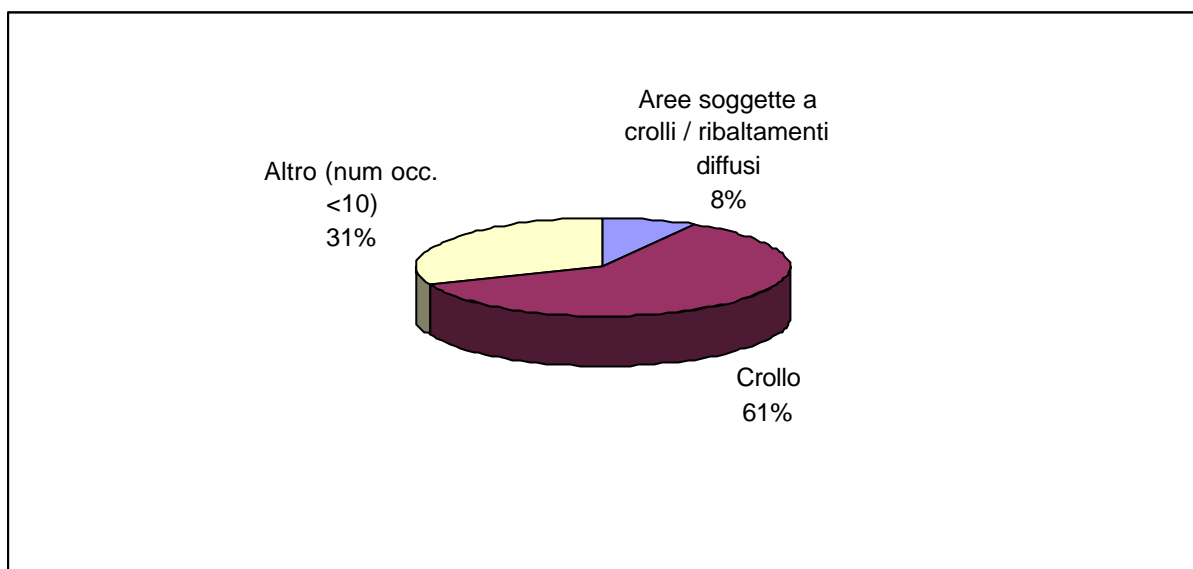


Figura 2.21 Grafico a torta relativo alla tabella 2.18 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: si evidenzia la netta prevalenza dei *crolli*(60%) seguiti da *crolli e ribaltamenti diffusi*(8%); l'indicazione è rispondente ai criteri generali di applicazione di questa tipologia di intervento.

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SF-31		
Barriera paramassi	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	
		25%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Ribaltamento	13
Crollo	70
Altro (num occ. <10)	31
TOTALE	114

Tabella 2.19 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-31 *Barriera paramassi*.

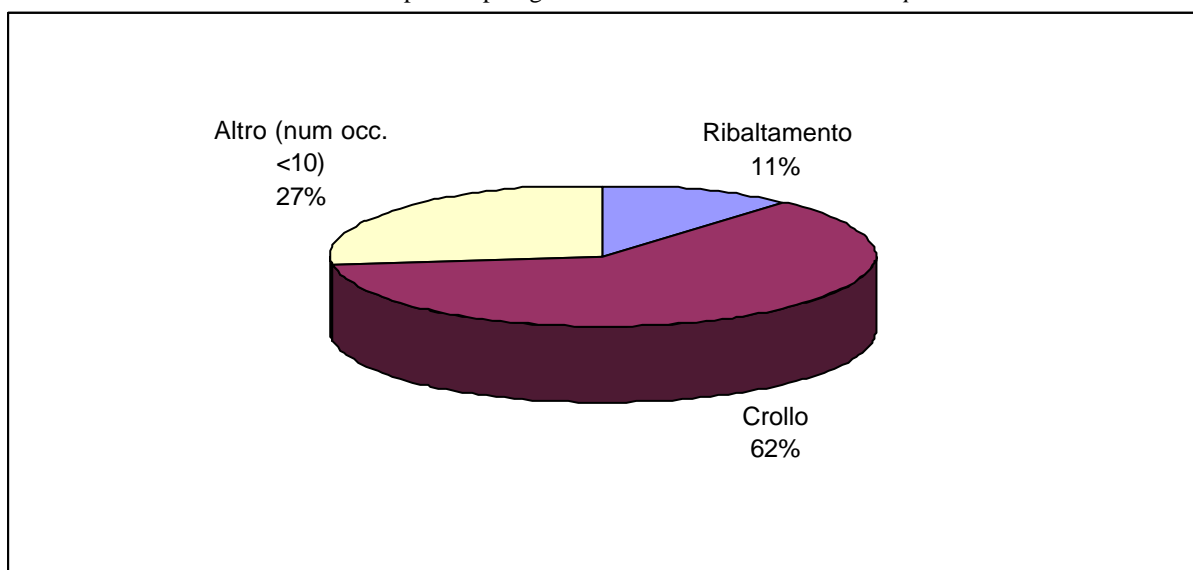


Figura 2.22 Grafico a torta relativo alla tabella 2.19 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: si evidenzia la netta prevalenza dei *crolli*(62%) seguiti da *ribaltamenti*(11%); l'indicazione è rispondente ai criteri generali di applicazione di questa tipologia di intervento.

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SF-32		
Chiodi, bulloni, tiranti, placcaggi, ancoraggi	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	
		33%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Scivolamento rotazionale	10
Scivolamento traslativo	13
Ribaltamento	15
Crollo	79
Altro (num occ. <10)	33
TOTALE	150

Tabella 2.20 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-32 *Chiodi, bulloni, tiranti, placcaggi, ancoraggi*.

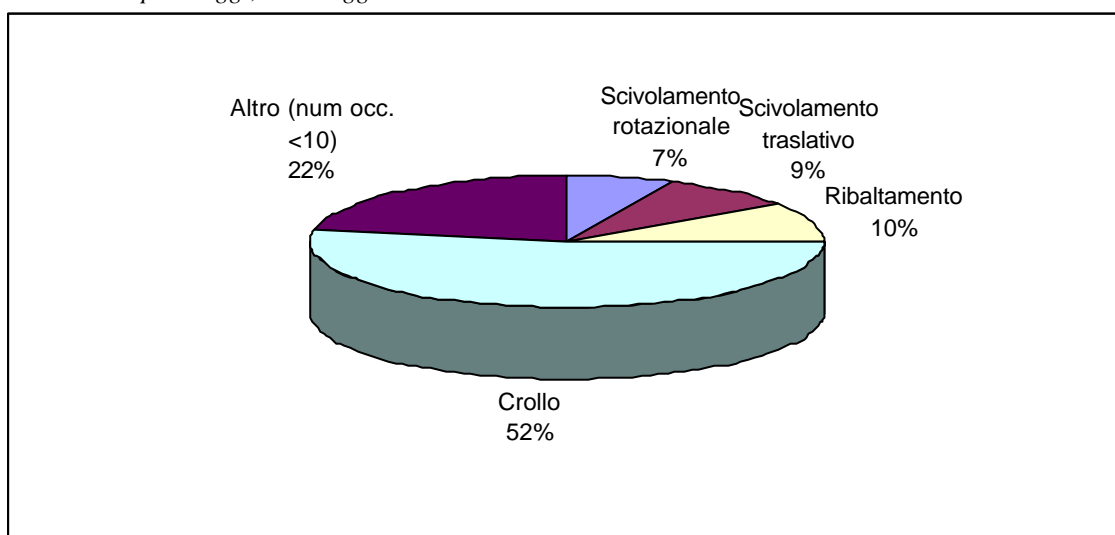


Figura 2.23 Grafico a torta relativo alla tabella 2.20 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: si evidenzia la netta prevalenza dei *crolli*(52%); in questo caso oltre ai *ribaltamenti*(10%) si presentano in percentuali significative anche *scivolamenti traslativi e rotazionali*; l'indicazione è rispondente ai criteri generali di applicazione di questa tecnica.

Vanno evidenziate anche le 43 occorrenze della tipologia *iniezione e sigillatura fratture* usata in maggior parte per prevenire crolli.

Considerazioni di sintesi:

- non c'è una tipologia di sistemazione nettamente prevalente;
- per tutte le tipologie (reti, barriere paramassi, chiodi- tiranti- ancoraggi) le applicazioni più frequenti sono nettamente i crolli e ribaltamenti, dissesti tipicamente affrontati con queste tipologie di intervento.

? Classe: **sistemazione versanti**. Gruppo: **drenaggio**.

? Tipologie prevalenti nel gruppo

TIPOLOGIA DI SISTEMAZIONE	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO
Trincea drenante	50%
Pozzo drenante	12%
Dreno suborizzontale	29%

Tabella 2.21 Incidenze delle tipologie di sistemazioni prevalenti nel gruppo *drenaggio*.

Indicazioni/osservazioni: come tecnica di drenaggio la *trincea drenante* è la più frequente negli interventi Rendis, confermando la sua diffusione nei consolidamenti dei versanti in frana.

Resoconto del gruppo:

TOTALE OCCORRENZE DI CLASSE:	3856
TOTALE OCCORRENZE DI GRUPPO:	457
PESO' PERCENTUALE DI GRUPPO SU TOT CLASSE:	12%

? Distribuzione dissesti per le tipologie prevalenti

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SF-26		
Trincea drenante		INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO
		50%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Crollo	14
Soliflusso, soil creep, scivolamento corticale, smottamenti	25
Colata "lenta" (velocità compresa tra mm/anno - m/mese)	26
Scivolamento traslativo	40
Scivolamento rotazionale	44
Complesso	45
Altro (num occ. <10)	35
TOTALE	229

Tabella 2.22 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-26 *Trincea drenante*.

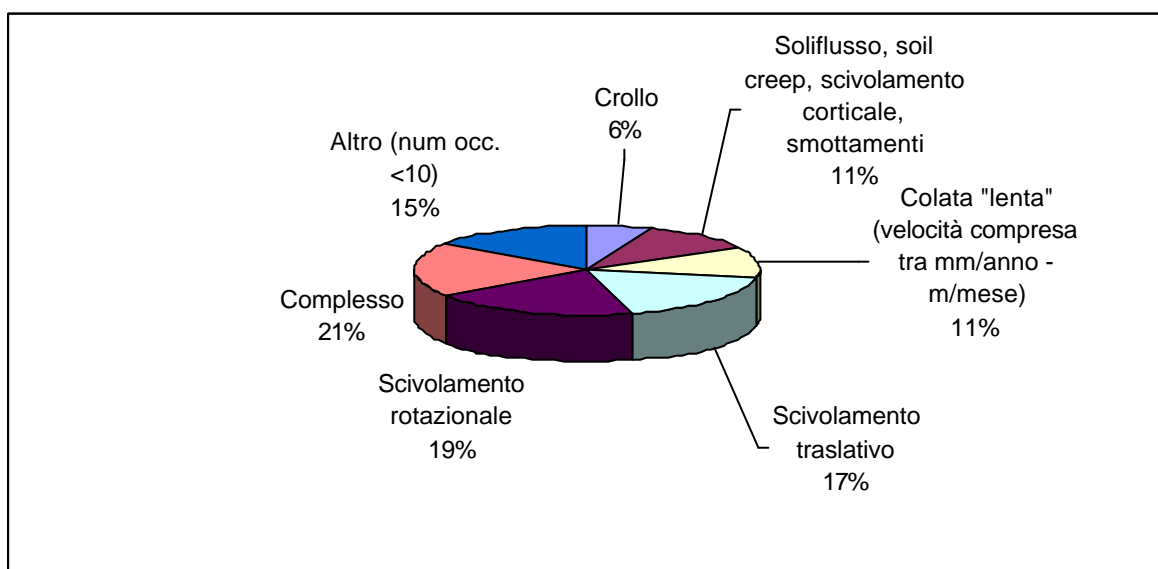


Figura 2.24 Grafico a torta relativo alla tabella 2.22 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: le trincee sono usate in prevalenza per *dissesti complessi* (21%), *scivolamenti rotazionali* (19%), *scivolamenti traslativi* (17%), *colamenti* (17%), *soliflussi* (11%) confermando sostanzialmente i criteri delle applicazioni più comuni (consolidamento e stabilizzazione di pendii in frana).

Minoritaria è la incidenza dei *crolli* (6%).

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SF-27

Pozzo drenante	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	12%
-----------------------	---	-----

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Soliflusso, soil creep, scivolamento corticale, smottamenti	6
Colata "lenta" (velocità compresa tra mm/anno - m/mese)	6
Scivolamento traslativo	11
Complesso	11
Scivolamento rotazionale	12
Altro (num occ. <5)	7
TOTALE	53

Tabella 2.23 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-27 *Pozzo drenante*.

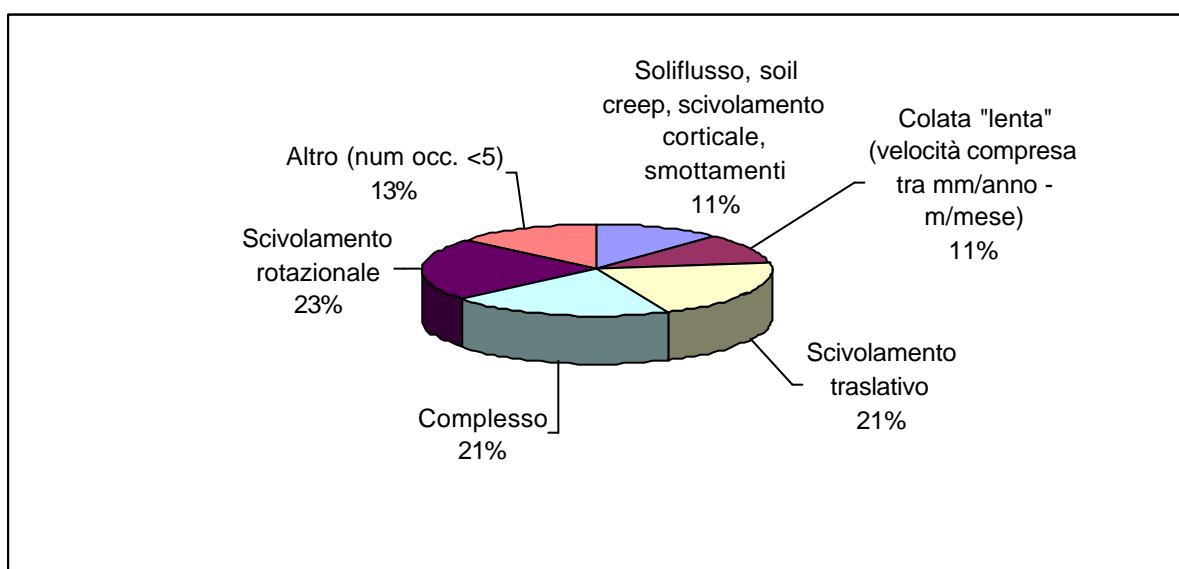


Figura 2.25 Grafico a torta relativo alla tabella 2.23 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: i pozzi drenanti sono usati in prevalenza per *dissesti complessi* (21%), *scivolamenti rotazionali* (23%), *scivolamenti traslativi* (21%), *colamenti* (17%), *soliflussi* (11%) confermando sostanzialmente i criteri delle applicazioni più comuni (consolidamento e stabilizzazione di pendii in frana).

Dreno suborizzontale	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	29%
-----------------------------	---	-----

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Soliflusso, soil creep, scivolamento corticale, smottamenti	12
Crollo	15
Complesso	16
Scivolamento traslativo	27
Scivolamento rotazionale	38
Altro (num occ. <10)	25
TOTALE	133

Tabella 2.24 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-28 *Dreno suborizzontale*.

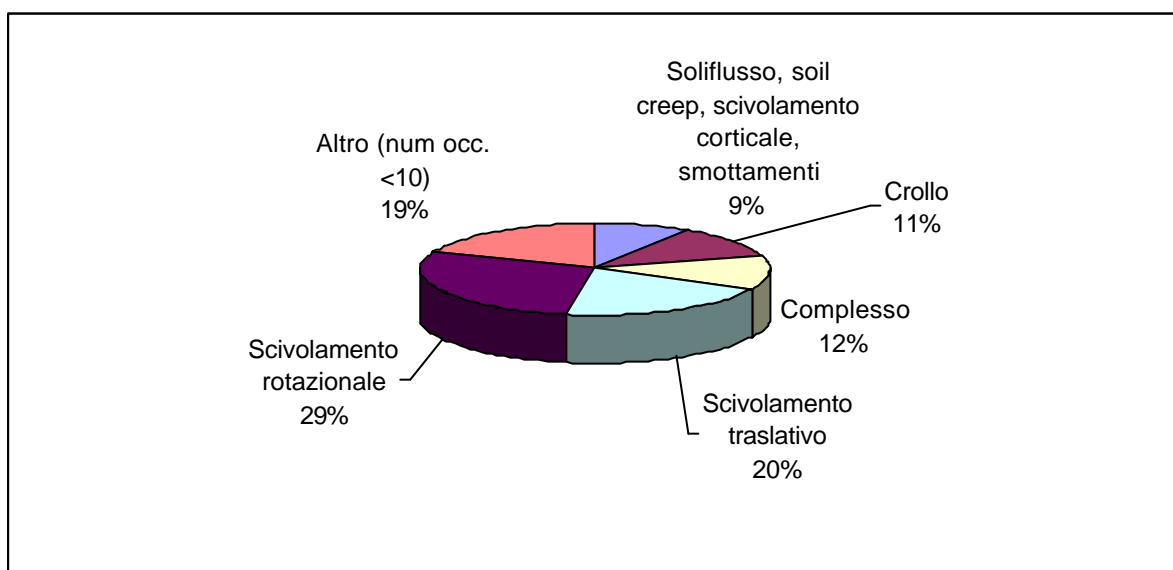


Figura 2.26 Grafico a torta relativo alla tabella 2.24 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: il dreno suborizzontale è usato in prevalenza per *scivolamenti rotazionali*(29%), *scivolamenti traslativi*(20%), seguiti da *dissesti complessi*(12%) *crolli* (11%), *soliflussi*(19%) confermando sostanzialmente i criteri delle applicazioni più comuni (consolidamento e stabilizzazione di pendii in frana, soprattutto con scorrimento rotazionale).

Considerazioni di sintesi:

- i dati sulle tecniche di drenaggio *confermano sostanzialmente i criteri delle applicazioni più comuni* (consolidamento e stabilizzazione di pendii in frana con una lieve prevalenza di scivolamenti)
- la tipologia di sistemazione prevalente è la trincea drenante (incidenza relativa 50%).

? Classe: **sistemazione versanti**. Gruppo: **controllo erosione superficiale**.

? Tipologie prevalenti nel gruppo

TIPOLOGIA DI SISTEMAZIONE	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO
Semina, idrosemina, idrosemina con paglia e bitume	14%
Biostuoia, biorete, biofeltro (biodegradabili)	22%
Canaletta in calcestruzzo, in lamiera, cunetta, condotta di smaltimento	34%
Canaletta in legname e pietrame, canaletta rinverdita	15%

Tabella 2.25 Incidenze delle tipologie di sistemazioni prevalenti nel gruppo *controllo erosione superficiale*.

Indicazioni/osservazioni: le occorrenze sono caratterizzate da una certa prevalenza di tecniche antierosive di Ingegneria Naturalistica (considerate però nel loro insieme) rispetto a tecniche tradizionali di drenaggio superficiali (canalette in calcestruzzo, in lamiera, etc). Tra le tipologie non riportate vanno citate le *geostuoie* (6%) e il *fosso di guardia* (9%).

Resoconto del gruppo:

TOTALE OCCORRENZE DI CLASSE:	3856
TOTALE OCCORRENZE DI GRUPPO:	418
PESO' PERCENTUALE DI GRUPPO SU TOT CLASSE:	11%

? Distribuzione dissesti per le tipologie prevalenti

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SF-4		
Semina, idrosemina, idrosemina con paglia e bitume		
INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO		14%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Soliflusso, soil creep, scivolamento corticale, smottamenti	5
Aree soggette a frane superficiali diffuse	6
Crollo	9
Scivolamento rotazionale	11
Scivolamento traslativo	14
Altro (num occ. <5)	14
TOTALE	59

Tabella 2.26 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-4 *Semina, idrosemina, idrosemina con paglia e bitume.*

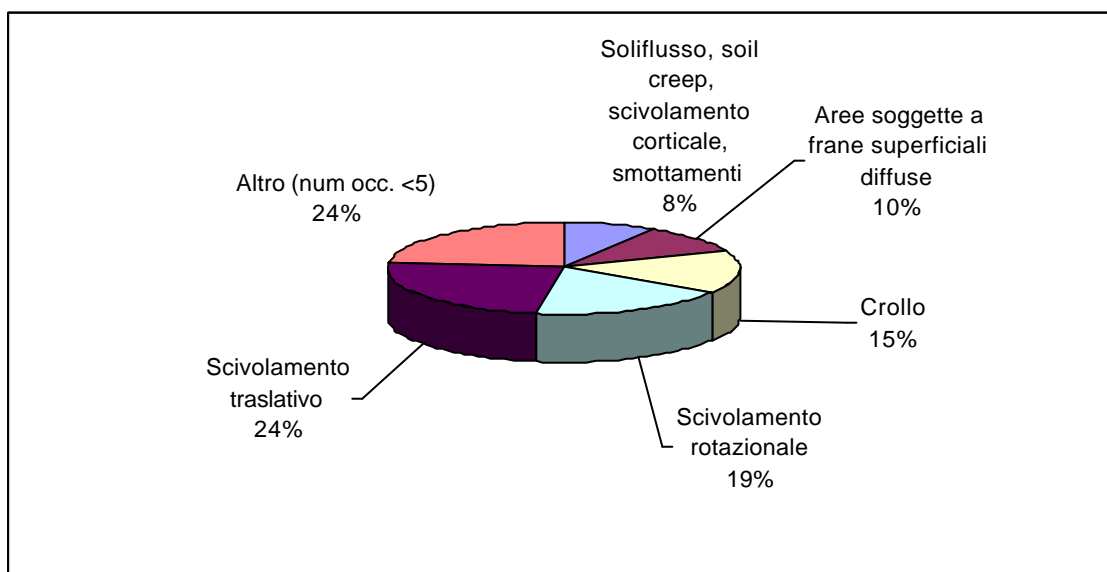


Figura 2.27 Grafico a torta relativo alla tabella 2.26 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: si osserva una prevalenza degli *scivolamenti* (sia *rotazionali* che *traslativi*) che insieme raggiungono il 43%, con il resto delle occorrenze distribuite su molte tipologie di dissesto (la voce 'altro', costituita da tipologie con un numero occorrenze <5, raggiunge il 24%). Queste tecniche di inerbimento, permettono una rapida copertura vegetale in situazioni critiche del degrado delle caratteristiche geologiche e idrauliche del versante, come appunto gli scivolamenti.

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SF-5		
Biostuoia, biorete, biofeltro (biodegradabili)	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	22%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Aree soggette a frane superficiali diffuse	10
Scivolamento rotazionale	10
Scivolamento traslativo	10
Crollo	14
Altro (num occ. <10)	47
TOTALE	91

Tabella 2.27 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-5 *Biostuoia, biorete, biofeltro*.

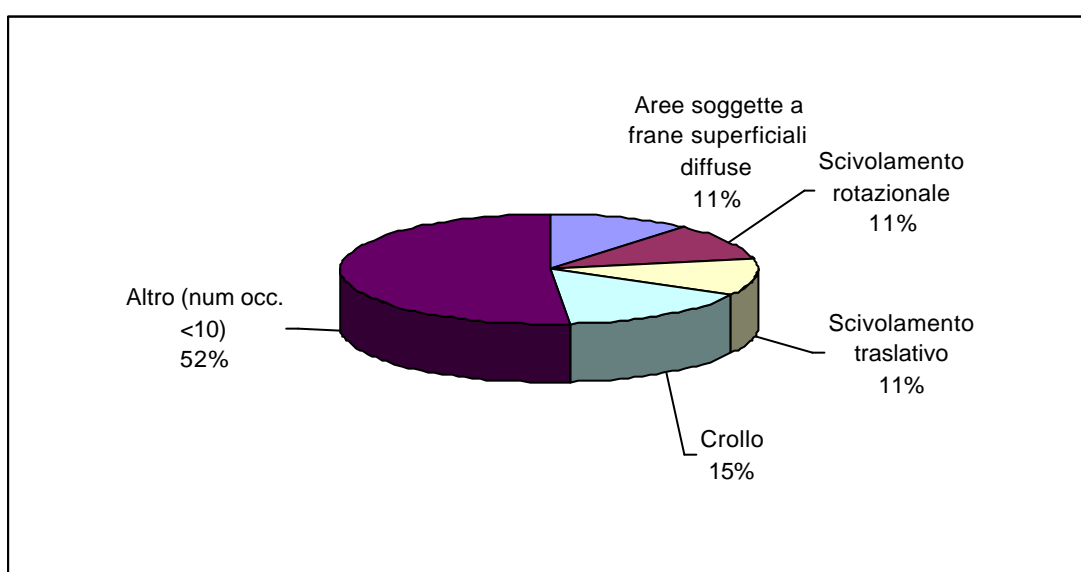


Figura 2.28 Grafico a torta relativo alla tabella 2.27 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: il carattere principale è la distribuzione molto frammentata delle occorrenze (la voce ‘altro’ è addirittura al 52%), con percentuali significative di *crolli*, *scivolamenti*(*traslativi e rotazionali*), e *frane superficiali diffuse*. Ciò denota la versatilità e diffusione dei rivestimenti antierosivi degradabili.

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SF-7 Canaletta in calcestruzzo, in lamiera, cunetta, condotta di smaltimento	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	
		34%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Colata "lenta" (velocità compresa tra mm/anno - m/mese)	10
Crollo	17
Soliflusso, soil creep, scivolamento corticale, smottamenti	19
Scivolamento traslativo	20
Complesso	21
Scivolamento rotazionale	28
Altro (num occ. <10)	26
TOTALE	141

Tabella 2.28 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-7 *Canaletta in calcestruzzo, in lamiera, cunetta, condotta di smaltimento.*

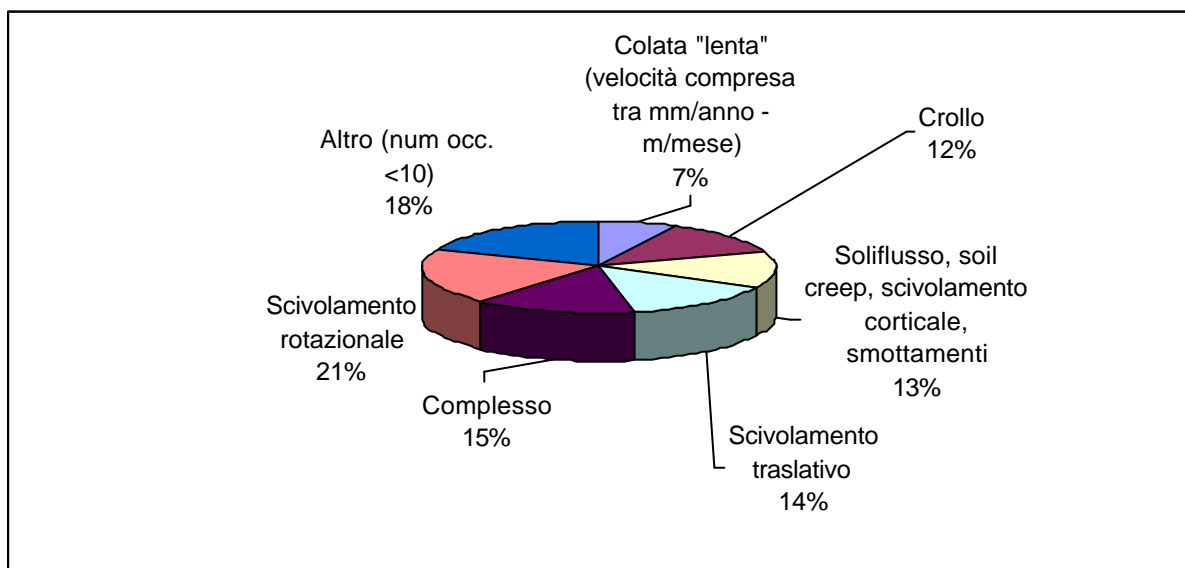


Figura 2.29 Grafico a torta relativo alla tabella 2.28 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: queste tecniche, tipicamente usate per la sistemazione idraulica superficiale del versante instabile subito dopo un evento franoso, sono quasi equamente distribuite tra i principali fenomeni di dissesto (*scivolamenti, crolli, soliflussi, movimenti complessi, colate*).

Considerazioni di sintesi:

- le tecniche di *Ingegneria Naturalistica* semina-idrosemina, biostuoia-biorete-biofiltro insieme raggiungono il 36%(incidenza relativa), confermando la tendenza alla *diffusione di queste tecniche per sistemazioni a carattere superficiale*; tale dato è confermato anche dalla presenza significativa di *canalette in legname-pietrame*, anche se quelle in calcestruzzo prevalgono;
- i dissesti associati sono caratterizzati da variabilità; per le tecniche di rivestimento ci sono percentuali significative di dissesti superficiali diffusi, crolli e scivolamenti.

? Classe: **sistemazione versanti**. Gruppo: **stabilizzazione superficiale**.

? Tipologie prevalenti nel gruppo

TIPOLOGIA DI SISTEMAZIONE	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO
Messa a dimora di talee, specie arbustive ed arboree	49%
Gradonata/cordonata viva, viminata/graticciata viva, palizzata viva	29%

Tabella 2.29 Incidenze delle tipologie di sistemazioni prevalenti nel gruppo *stabilizzazione superficiale*.

Resoconto del gruppo:

TOTALE OCCORRENZE DI CLASSE:	3856
TOTALE OCCORRENZE DI GRUPPO:	283
PESO' PERCENTUALE DI GRUPPO SU TOT CLASSE:	7%

Indicazioni/osservazioni: questo gruppo, come prevedibile in base a criteri di scelta progettuali ormai diffusi, le tipologie prevalenti sono riferibili a tecniche di *Ingegneria Naturalistica*, con prevalenza della *messa a dimora di talee, specie arbustive ed arboree*.

Tra le tecniche minoritarie ci sono le *grate vive*(10%)(tecnica di *Ingegneria Naturalistica* anch'esse) ed i *muretti a secco* (11%).

? Distribuzione dissesti per le tipologie prevalenti

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SF-10		
Messa a dimora di talee, specie arbustive ed arboree		
INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO		49%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Complesso	10
Crollo	14
Scivolamento traslativo	19
Scivolamento rotazionale	26
Altro (num occ. <10)	71
TOTALE	140

Tabella 2.30 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-10 *Messa a dimora di talee, specie arbustive ed arboree*.

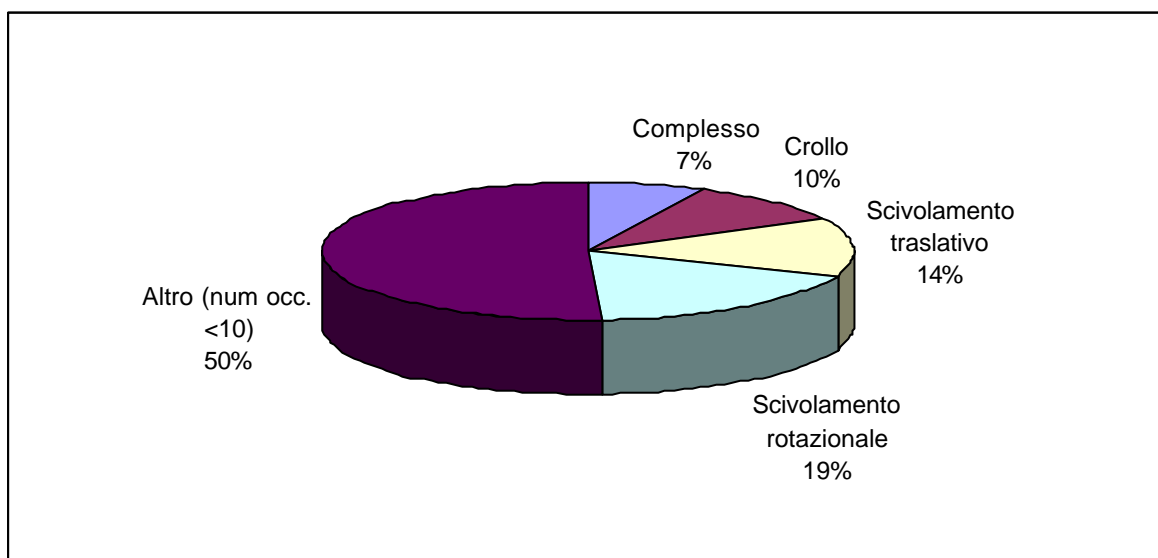


Figura 2.30 Grafico a torta relativo alla tabella 2.30 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: per queste tecniche di piantumazione si nota l'estrema varietà di dissesti, con frammentazione delle percentuali (la voce 'altro' è al 50%); in evidenza solo gli *scivolamenti*, come spesso ricorre per i dissesti franosi, seguiti da *crolli e movimenti complessi*.

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SF-11

Gradonata/cordonata viva, viminata/graticciata viva, palizzata viva	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	29%
--	---	-----

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Erosione areale per ruscellamento diffuso	5
Soliflusso, soil creep, scivolamento corticale, smottamenti	7
Complesso	8
Aree soggette a frane superficiali diffuse	9
Colata "rapida" (velocità >m/giorno)	9
Crollo	10
Scivolamento traslativo	10
Scivolamento rotazionale	12
Altro (num occ. <5)	13
TOTALE	83

Tabella 2.31 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SF-11 *Gradonata/cordonata viva, viminata/graticciata viva, palizzata viva*.

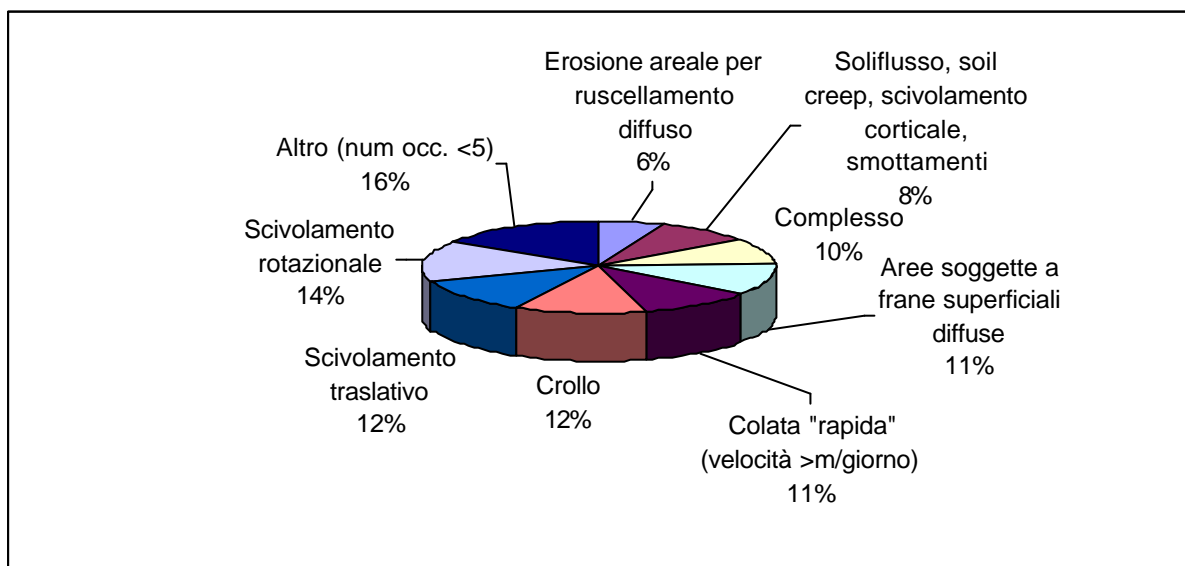


Figura 2.31 Grafico a torta relativo alla tabella 2.31 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: per queste tecniche, utilizzate per stabilizzare superficialmente versanti dissestati, si nota ancora la diversificazione dei tipi di dissesto, con una lieve preponderanza sempre degli *scivolamenti*. Da notare come siano presenti dissesti *diffusi* interessati da questa tipologia.

Considerazioni di sintesi:

- Prevalenza di *tecniche di Ingegneria Naturalistica* (anche se il gruppo incide poco nella sua classe): *la messa a dimora di talee, specie arbustive ed arboree* è la più frequente;
- Distribuzione frammentata sui dissesti, con lieve prevalenza degli scivolamenti e dissesti superficiali diffusi.

? **Classe: sistemazioni idrauliche. Gruppo: difesa e laminazione delle piene.**

? Tipologie prevalenti nel gruppo

Le tipologie prevalenti sono mostrate nella seguente tabella:

TIPOLOGIA DI SISTEMAZIONE	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO
Arginatura (ringrosso, sovrizzo, rivestimento, diaframma, difesa)	66%
Cassa di espansione²	17%

Tabella 2.32 Incidenze delle tipologie di sistemazioni prevalenti nel gruppo *difesa e laminazione delle piene*.

Indicazioni/osservazioni: si osserva una maggior incidenza degli interventi per l'aumento della portata convogliabile, le *arginature*, su interventi per la riduzione di portata come le *casce di espansione*. Da notare come siano presenti in minor misura interventi con *canali scolmatori*(12%) e *cunettoni*(5%). Quest'ultima tipologia attiene più al controllo del trasporto solido.

Resoconto del gruppo:

TOTALE OCCORRENZE DI CLASSE:	2255
TOTALE OCCORRENZE DI GRUPPO:	284
PESO' PERCENTUALE DI GRUPPO SU TOT CLASSE:	13%

? Distribuzione dissesti per le tipologie prevalenti

² E' stata inserita la cassa di espansione anche se non raggiunge le 50 occorrenze, perchè comunque significativa all'interno del gruppo; per essa non viene presentato comunque il relativo grafico a torta.

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SI-2		
Cassa di espansione	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	17%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Erosione del litorale	1
Scivolamento traslativo	1
Colata detritica	1
Soliflusso, soil creep, scivolamento corticale, smottamenti	2
Sfondamenti arginali, sfondamenti muri arginali	2
Erosioni e dissesti arginali, fontanazzi	2
Erosioni di sponda e di fondo	3
Manufatti in alveo, ostacoli al deflusso, fenomeni di rigurgito	5
Sormonti sponde non arginate	6
Piense repentine	12
Sormonti argini, sormonti muri arginali	14
TOTALE	49

Tabella 2.33 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SI-2 *Cassa di espansione*.

Indicazioni/osservazioni: tale tipologia ha avuto più applicazioni nei casi di *sormonto* e di *piene repentine*, con pochi casi attinenti a fenomeni di *erosione di sponda e fondo*, *sfondamenti arginali*; è stata anche utilizzata in *colate*, *soliflussi*.

Da notare 2 occorrenze anomale evidenziate in rosso nella tabella: *lo scivolamento traslativo potrebbe essere congruente solo se evoluto in colata*; *l'erosione di litorale è incongruente con la tipologia in esame*.

Arginatura(ringrosso, sovrizzo, rivestimento, diaframma, difesa)	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	66%
---	-------------------------------------	-----

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Erosioni di sponda e di fondo	13
Sormonti sponde non arginate	16
Sfondamenti arginali, sfondamenti muri arginali	16
Erosioni e dissesti arginali, fontanazzi	22
Manufatti in alveo, ostacoli al deflusso, fenomeni di rigurgito	25
Piene repentine	26
Sormonti argini, sormonti muri arginali	42
Altro(num occor. <10)	27
TOTALE	187

Tabella 2.34 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SI-4 Arginatura(ringrosso, sovrizzo, rivestimento, diaframma, difesa).

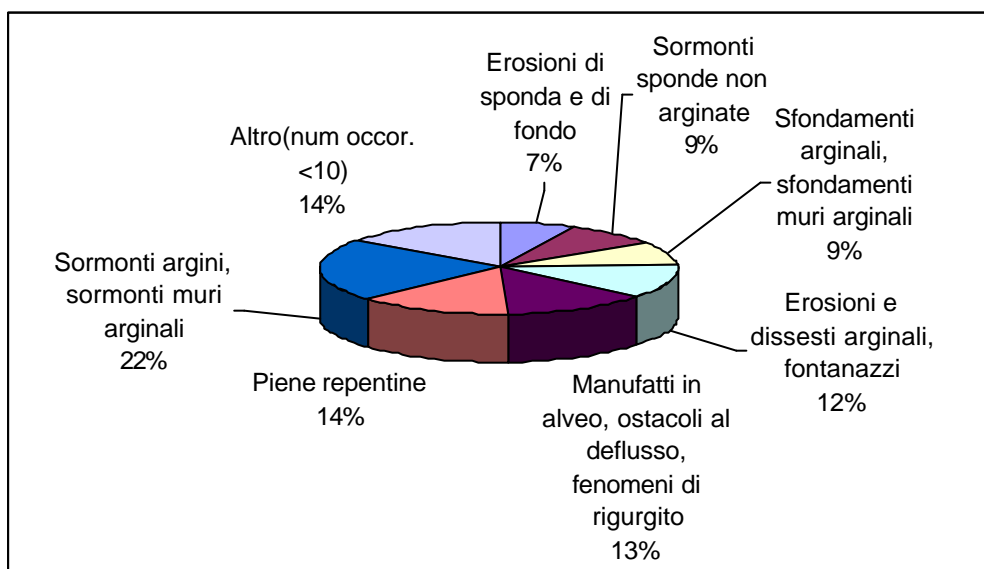


Figura 2.32 Grafico a torta relativo alla tabella 2.34 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: la distribuzione delle occorrenze di dissesto rispecchia le applicazioni di queste tecniche per la difesa dalle piene. Una lieve prevalenza si ha per i *sormonti di argini e muri arginali*(22%), seguiti dai classici dissesti dovuti a *piene repentine, ostacoli al deflusso, sfondamenti arginali ed erosioni*.

Considerazioni di sintesi:

- si osserva una maggior incidenza degli interventi per l'aumento della portata convogliabile, le *arginature*, su interventi per la riduzione di portata come le *casse di espansione*; le applicazioni più frequenti, sono *i dissesti arginali e per le piene repentine*, confermando una corretta corrispondenza tra dissesti e tipologie di sistemazioni.

? **Classe: sistemazioni idrauliche. Gruppo: operazioni in alveo.**

? Tipologie prevalenti nel gruppo

Le tipologie prevalenti sono mostrate nella seguente tabella:

TIPOLOGIA DI SISTEMAZIONE	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO
Taglio selettivo vegetazione	24%
Adeguamento sezione di deflusso alveo (ricalibratura sezione, rimozione depositi alluvionali, rinaturalizzazione, demolizioni)	52%
Adeguamento luce ponti, ripristino/consolidamento/adequamento ponti	14%
Manutenzione	9%

Tabella 2.35 Incidenze delle tipologie di sistemazioni prevalenti nel gruppo *operazioni in alveo*.

Indicazioni/osservazioni: in questo, che è il gruppo di sistemazioni fluviali prevalente, la tipologia più frequente è *l'adequamento di sezione di deflusso*(52%) come intervento principale; significativa è però la presenza del *taglio selettivo di vegetazione*(24%) e dell'*adequamento delle luci dei ponti*(14%). La tipologia *manutenzione*(9%) si può associare al taglio vegetazione.

Resoconto del gruppo:

TOTALE OCCORRENZE DI CLASSE:	2255
TOTALE OCCORRENZE DI GRUPPO:	726
PESO' PERCENTUALE DI GRUPPO SU TOT CLASSE:	32%

? Distribuzione dissesti per le tipologie prevalenti

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SI-32		
Taglio selettivo vegetazione	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	24%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Sormonti sponde non arginate	14
Sormonti argini, sormonti muri arginali	14
Manufatti in alveo, ostacoli al deflusso, fenomeni di rigurgito	15
Crollo	17
Erosioni di sponda e di fondo	30
Piene repentine	31
Altro(num occor. <10)	54
TOTALE	175

Tabella 2.36 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SI-32 *Taglio selettivo vegetazione*.

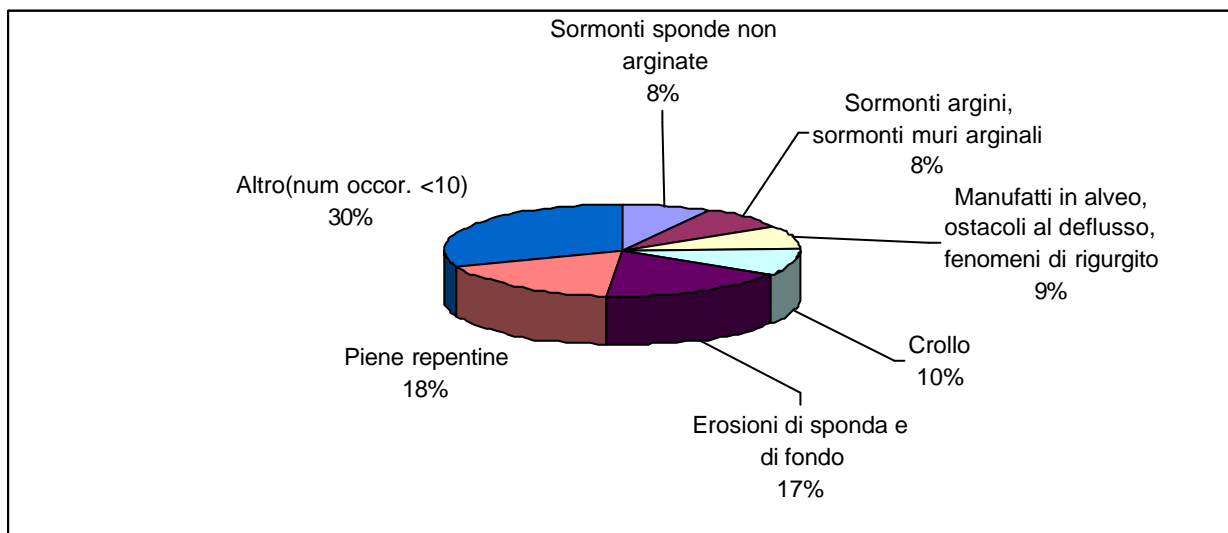


Figura 2.33 Grafico a torta relativo alla tabella 2.36 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: si nota la distribuzione frazionata sui dissesti (la voce 'altro' è al 30%) come era lecito aspettarsi, con percentuali maggiori per *piene repentine ed erosioni di sponda* seguite dai *sormonti*. I *crolli* presenti sono evidentemente avvenuti in sponda, innescati da scalzamenti al piede.

Da notare che le 17 occorrenze associate ai crolli, andrebbero aggiunte alla tipologia taglio

di vegetazione nel gruppo operazioni su pendio-classe sistemazione versanti, se in questi casi il crollo è avvenuto su un versante.

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SI-33

Adeguamento sezione di deflusso alveo(ricalibratura sezione, rimozione depositi alluvionali, rinaturalizzazione, demolizioni)

**INCIDENZA
RELATIVA DI
GRUPPO**

52%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Crollo	11
Scivolamento rotazionale	12
Colata detritica	13
Alluvioni in zona di conoide	15
Sfondamenti arginali, sfondamenti muri arginali	16
Erosioni e dissesti arginali, fontanazzi	21
Sormonti sponde non arginate	31
Sormonti argini, sormonti muri arginali	43
Manufatti in alveo, ostacoli al deflusso, fenomeni di rigurgito	49
Erosioni di sponda e di fondo	51
Piène repentine	58
Altro(num occor. <10)	60
TOTALE	380

Tabella 2.37 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SI-33 Adeguamento sezione di deflusso alveo(ricalibratura sezione, rimozione depositi alluvionali, rinaturalizzazione, demolizioni).

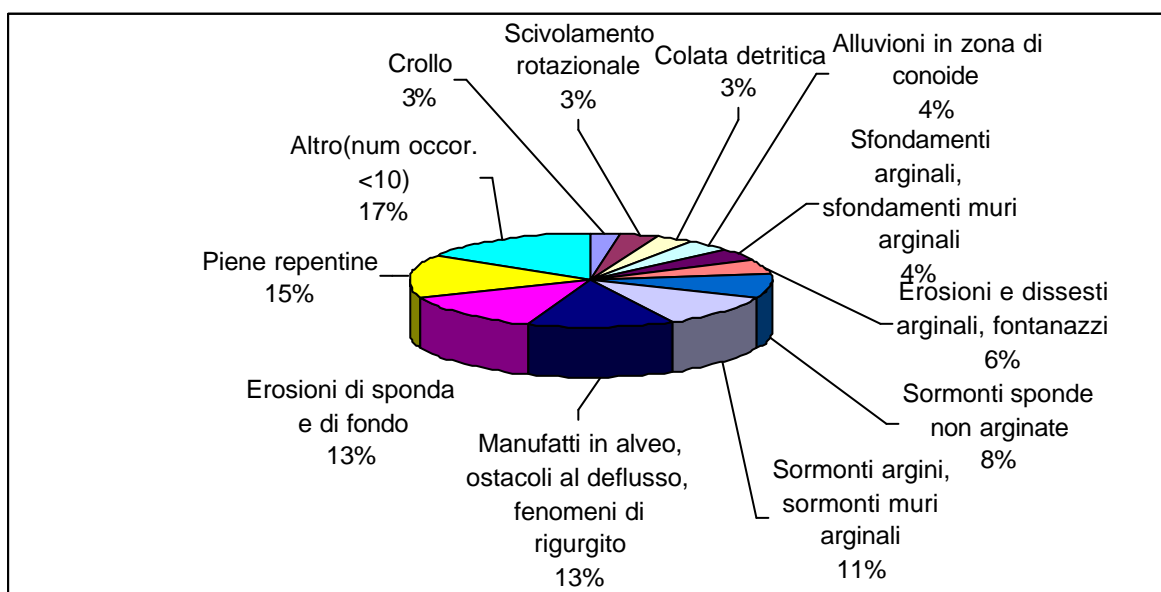


Figura 2.34 Grafico a torta relativo alla tabella 2.37 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: si nota una distribuzione ancora molto frazionata e con numero elevato di occorrenze totali (380); questo sia per l'accorpamento di vari interventi in un

unica tipologia (ricalibratura, rimozione depositi alluvionali, etc.) sia per la necessità che hanno questi interventi nei dissesti fluviali più diversi.

Comunque le tipologie di dissesto più frequenti risultano sempre *piene repentine ed erosioni di sponda e di fondo*, con dissesti dovuti a *manufatti in alveo*. I *crolli e gli scivolamenti rotazionali* presenti sono evidentemente avvenuti in sponda, innescati da scalzamenti al piede.

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SI-34 Adeguamento luce ponti, ripristino/consolidamento/adeguamento ponti	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	14%
---	-------------------------------------	-----

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Sormonti argini, sormonti muri arginali	10
Manufatti in alveo, ostacoli al deflusso, fenomeni di rigurgito	15
Erosioni di sponda e di fondo	19
Piene repentine	22
Altro(num occor. <10)	38
TOTALE	104

Tabella 2.38 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SI-34 *Adeguamento luce ponti, ripristino/consolidamento/adeguamento ponti*.

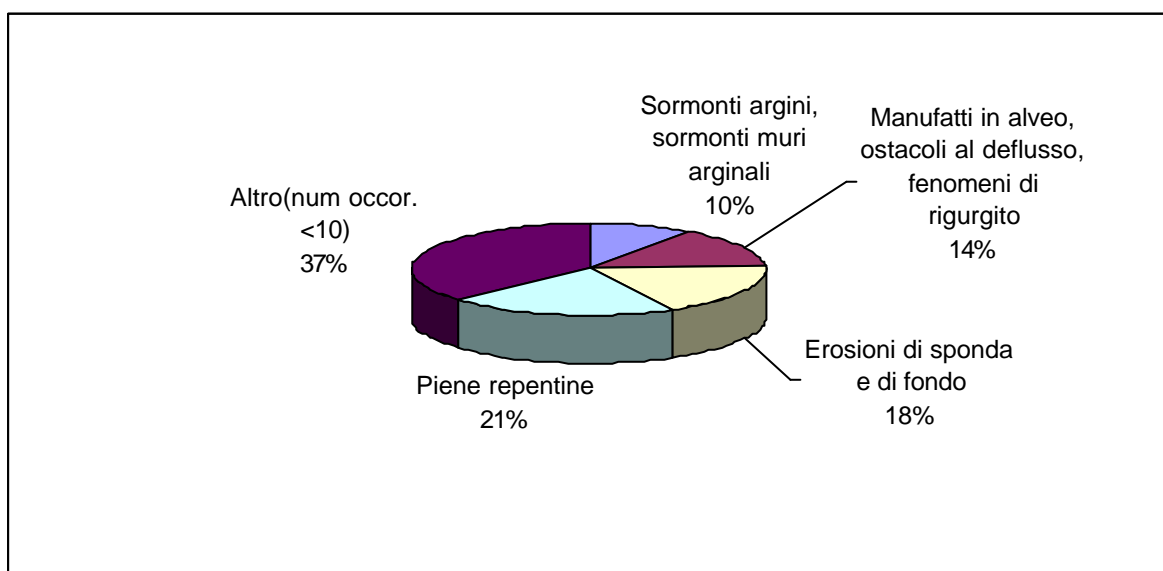


Figura 2.35 Grafico a torta relativo alla tabella 2.38 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: la distribuzione è più centrata sui dissesti tipici delle *piene repentine*, delle *erosioni di sponda e di fondo* e dei *manufatti in alveo* (tutti molto

pericolosi per la stabilità dei ponti fluviali); è presente comunque una ‘fetta’ significativa (37%) della voce ‘altro’, che denota anche diversificazione.

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SI-35		
Manutenzione		INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO
		9%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Erosioni di sponda e di fondo	6
Sormonti argini, sormonti muri arginali	9
Piense repentine	12
Manufatti in alveo, ostacoli al deflusso, fenomeni di rigurgito	12
Altro(num occor. <5)	28
TOTALE	67

Tabella 2.39 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SI-35 *Manutenzione*.

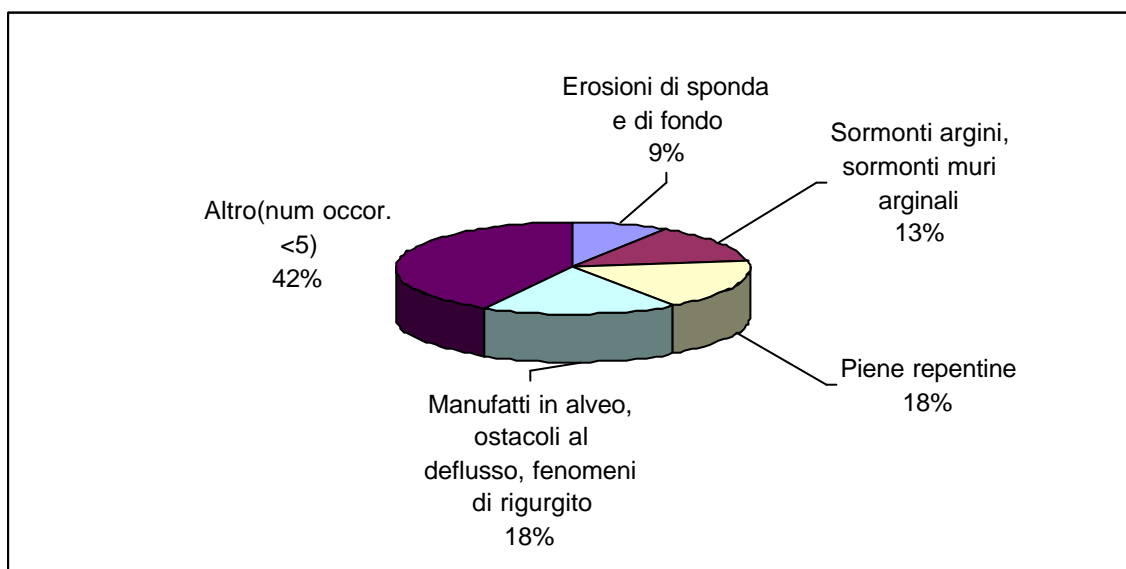


Figura 2.36 Grafico a torta relativo alla tabella 2.39 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: vista la genericità della tipologia in esame era prevedibile un frazionamento spiccato (la voce ‘altro’ con numero di occorrenze <5, raggiunge il 42%); leggermente più alta degli altri casi la percentuale relativa a *manufatti in alveo* (18%) che uguaglia le *piense repentine*; presenti anche *i sormonti e le erosioni di sponda e fondo*.

Considerazioni di sintesi:

- *l'adeguamento di sezione dell'alveo* è la sistemazione più frequente applicata ad un vasto

range di dissesti idraulici, come prevedibile;

- le altre tipologie di intervento sono usate per dissesti arginali, erosivi, e per le piene repentine confermando una logica rispondenza dissesti-tipologia di sistemazione.

? **Classe: sistemazioni idrauliche. Gruppo: opere longitudinali.**

? Tipologie prevalenti nel gruppo

Le tipologie prevalenti sono mostrate nella seguente tabella:

TIPOLOGIA DI SISTEMAZIONE	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO
Muro in c.a. , sottomurazioni	19%
Muro in c.a. rivestito in pietrame, muro in massi cementati	18%
Scogliera	25%
Scogliera rinverdita	10%

Tabella 2.40 Incidenze delle tipologie di sistemazioni prevalenti nel gruppo *opere longitudinali*.

Indicazioni/osservazioni: si deve sottolineare che, dal punto di vista funzionale, questo gruppo raggruppa tutte le opere di difesa dall'erosione di sponda e di sostegno spondale.

Queste andrebbero a loro volta distinte in opere antierosive pure e antierosive-di sostegno.

Le tipologie più frequenti sono *i muri in c.a.* (accorpendo sottomurazioni e muri in massi cementati sotto questa dicitura si arriva al 37%) e le *scogliere* (25%) seguite dalla *scogliera rinverdita* (ascritta alle tecniche di Ingegneria Naturalistica). Si conferma l'affiancamento di tecniche tradizionali con tecniche I.N. anche considerando le tipologie minoritarie non presenti nella tabella, cioè *materassi in rete metallica rinverditi*(3%) e *non* (6%), *gabbionate* (2%), *terre rinforzate di sponda rinverdite* (4%) e *non* (2%), *palificata viva spondale* e(7%), *fascinata-ribalta- viminata viva spondale e rullo spondale* (3%).

Per le gabbionate va comunque ricordato che mancano di una quantità di occorrenze ricordate già nel gruppo opere di sostegno della classe sistemazione dei versanti.

Resoconto del gruppo:

TOTALE OCCORRENZE DI CLASSE:	2255
TOTALE OCCORRENZE DI GRUPPO:	501

PESO' PERCENTUALE DI GRUPPO SU TOT CLASSE:	22%
---	-----

? Distribuzione dissesti per le tipologie prevalenti

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SI-15	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	
Muro in c.a. , sottomurazioni		19%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Sfondamenti arginali, sfondamenti muri arginali	6
Erosioni e dissesti arginali, fontanazzi	6
Sormonti argini, sormonti muri arginali	8
Manufatti in alveo, ostacoli al deflusso, fenomeni di rigurgito	9
Crollo	11
Piense repentine	14
Erosioni di sponda e di fondo	15
Altro(num occor. <5)	25
TOTALE	94

Tabella 2.41 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SI-15 *Muro in c.a. , sottomurazioni*.

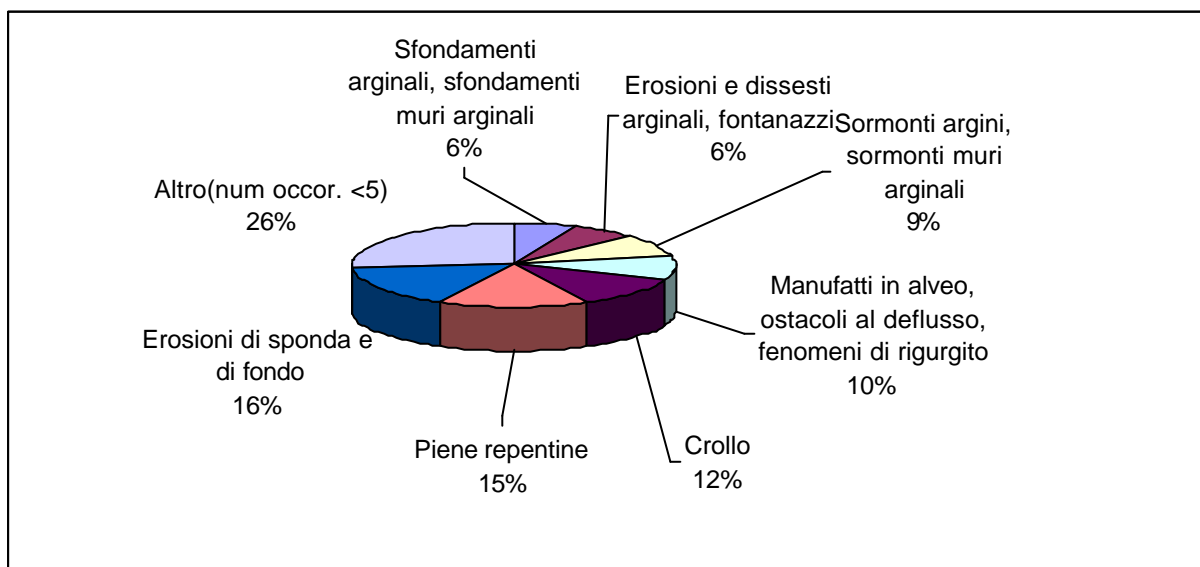


Figura 2.37 Grafico a torta relativo alla tabella 2.41 (incidenza percentuale dei dissesti).

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SI-16 Muro in c.a. rivestito in pietrame, muro in massi cementati		
	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	18%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Crollo	6
Sormonti argini, sormonti muri arginali	7
Manufatti in alveo, ostacoli al deflusso, fenomeni di rigurgito	10
Piène repentine	14
Erosioni di sponda e di fondo	14
Altro(num occor. <5)	40
TOTALE	91

Tabella 2.42 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SI-16 *Muro in c.a. rivestito in pietrame, muro in massi cementati*.

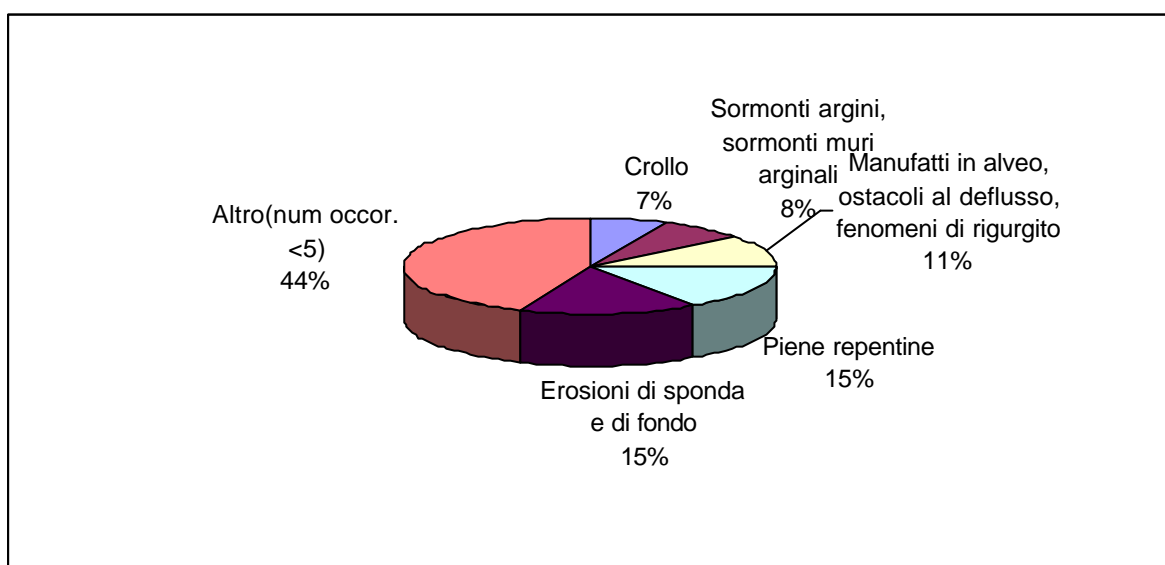


Figura 2.38 Grafico a torta relativo alla tabella 2.42 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: si analizzano le SI-15 e SI-16 insieme, visto che sostanzialmente presentano analoghe distribuzioni sui dissesti.

Le applicazioni più frequenti, come prevedibile, sono *erosioni di sponda e di fondo*, *piène repentine* seguiti da altri dissesti come *fenomeni di rigurgito*, *sormonti di argini*, *erosioni arginali-fontanazzi,etc.* che indicano invece solito una certa variabilità (come indicato dalle percentuali della voce ‘altro’).

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SI-19

Scogliera	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	25%
------------------	---	-----

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Piense repentine	19
Erosioni di sponda e di fondo	24
Manufatti in alveo, ostacoli al deflusso, fenomeni di rigurgito	11
Altro(num occor. <10)	72
TOTALE	126

Tabella 2.43 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SI-19 *Scogliera*.

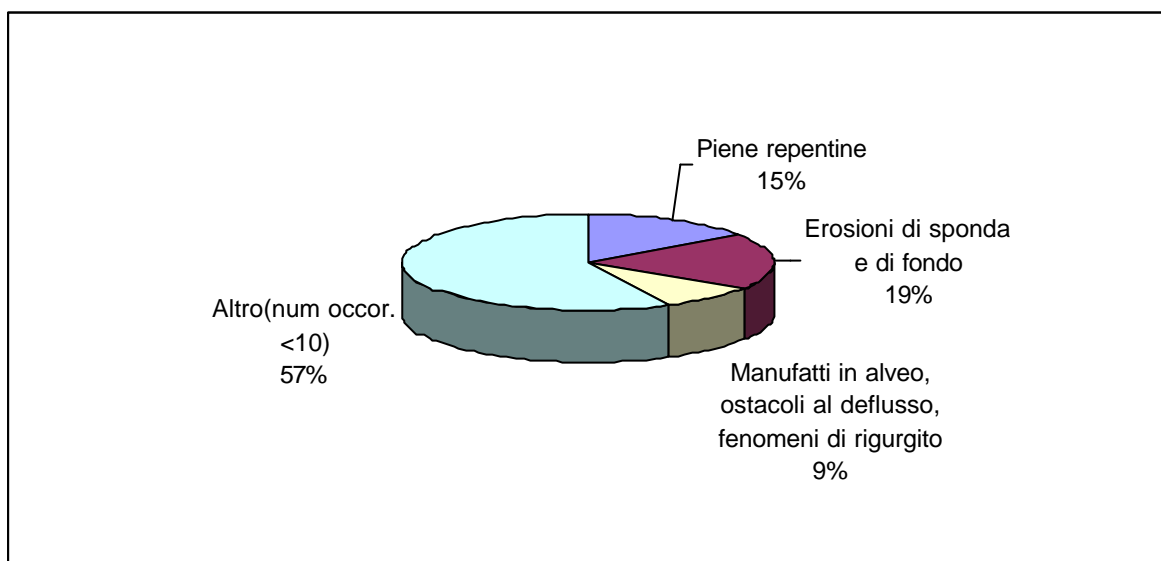


Figura 2.39 Grafico a torta relativo alla tabella 2.43 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: anche per le scogliere prevalgono *erosioni di sponda, piense repentine e manufatti in alveo-fenomeni di rigurgito*; da notare qui l'estrema versatilità nelle applicazioni testimoniata dalla voce 'altro' (con dissesti che hanno occorrenze <10) che arriva al 57%.

Scogliera rinverdita	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	10%
-----------------------------	---	-----

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Piense repentine	11
Erosioni di sponda e di fondo	13
Altro (num occor.<5)	25
TOTALE	49

Tabella 2.44 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SI-20 Scogliera rinverdita.

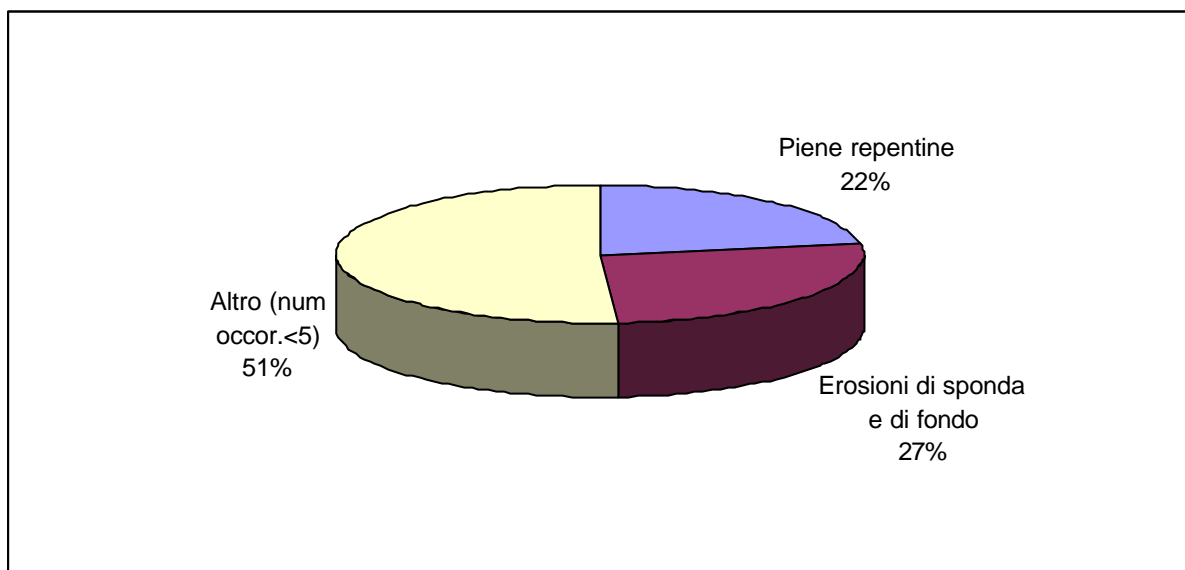


Figura 2.40 Grafico a torta relativo alla tabella 2.44 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: come prevedibile distribuzione simile a quella delle scogliere. Di nuovo prevalgono *erosioni di sponda e piense repentine*, con accentuata frammentazione delle occorrenze rimanenti tra numerose tipologie di dissesto.

Considerazioni di sintesi:

- le tipologie più frequenti sono quelle tradizionali di *muri in c.a e scogliere*, affiancate da *tecniche di Ingegneria Naturalistica* (come le scogliere rinverdite) che anche in questo caso emergono nella casistica;
- prevalgono, come logico, *dissesti erosivi di sponda e di fondo* seguiti da quelli arginali e dalle piene.

? Classe: **sistemazioni idrauliche.** Gruppo: **opere trasversali.**

? Tipologie prevalenti nel gruppo

Per questo gruppo si è preferito tralasciare questa analisi, in quanto all'interno delle opere trasversali ci sono opere che hanno funzioni diverse: tipicamente briglie di trattenuta (funzione di *controllo trasporto solido*) e briglie di consolidamento (funzione *antierosiva di fondo*).

Quindi si preferisce andare a presentare per ogni tipologia di sistemazione i dissesti interessati, evidenziando in questa sede le diverse funzioni.

Si riporta comunque il resoconto totale:

TOTALE OCCORRENZE DI CLASSE:	2255
TOTALE OCCORRENZE DI GRUPPO:	377
PESO' PERCENTUALE DI GRUPPO SU TOT CLASSE:	17%

? Distribuzione dissesti per le tipologie prevalenti

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SI-7		
	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	
Briglia in c.a.		20%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Sormonti argini, sormonti muri arginali	6
Complesso	7
Piène repentine	8
Colata detritica	9
Erosioni di sponda e di fondo	12
Altro(num occor. <5)	32
TOTALE	74

Tabella 2.45 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SI-7 *Briglia in c.a.*.

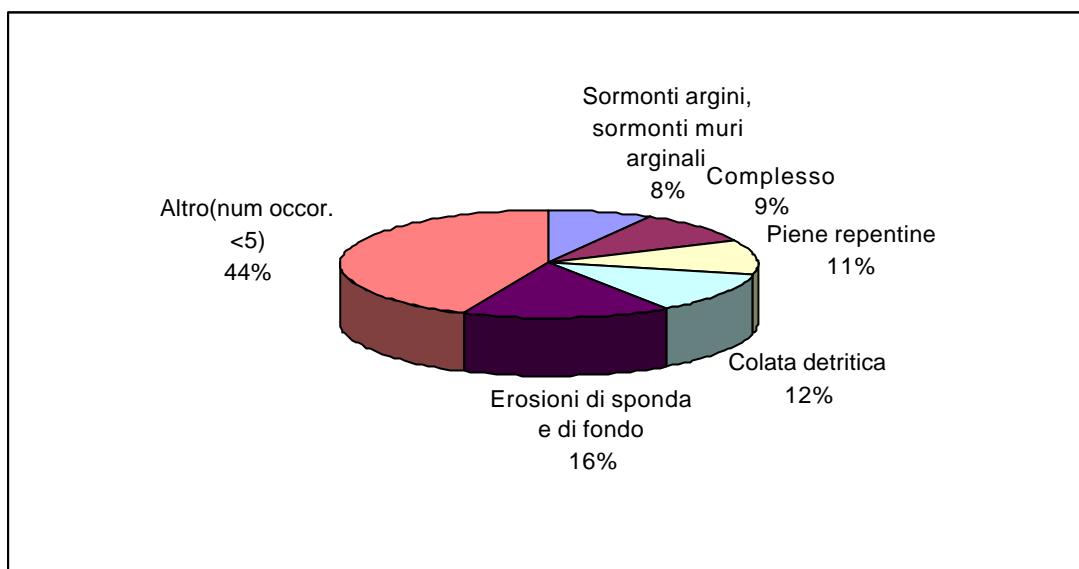


Figura 2.41 Grafico a torta relativo alla tabella 2.45 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: questo tipo di briglie di consolidamento hanno trovato utilizzazione soprattutto nelle sistemazioni fluviali a seguito di dissesti idraulici tipici come *erosioni di sponda e di fondo* (16%), *colate detritiche*, *piene repentine*, *sormonti*; sono presenti anche *dissesti complessi* (tipicamente frane che ostruiscono l'alveo). Il resto delle occorrenze si distribuisce in modo più frammentario su altri dissesti.

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SI-8		
Briglia in gabbioni	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	
		27%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Aree soggette a frane superficiali diffuse	5
Sormonti argini, sormonti muri arginali	5
Colata "lenta" (velocità compresa tra mm/anno - m/mese)	7
Soliflusso, soil creep, scivolamento corticale, smottamenti	8
Colata "rapida" (velocità >m/giorno)	8
Erosioni di sponda e di fondo	8
Pienu repentine	9
Scivolamento traslativo	10
Complesso	10
Scivolamento rotazionale	15
Altro(num occor. <5)	15
TOTALE	100

Tabella 2.46 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SI-8 *Briglia in gabbioni*.

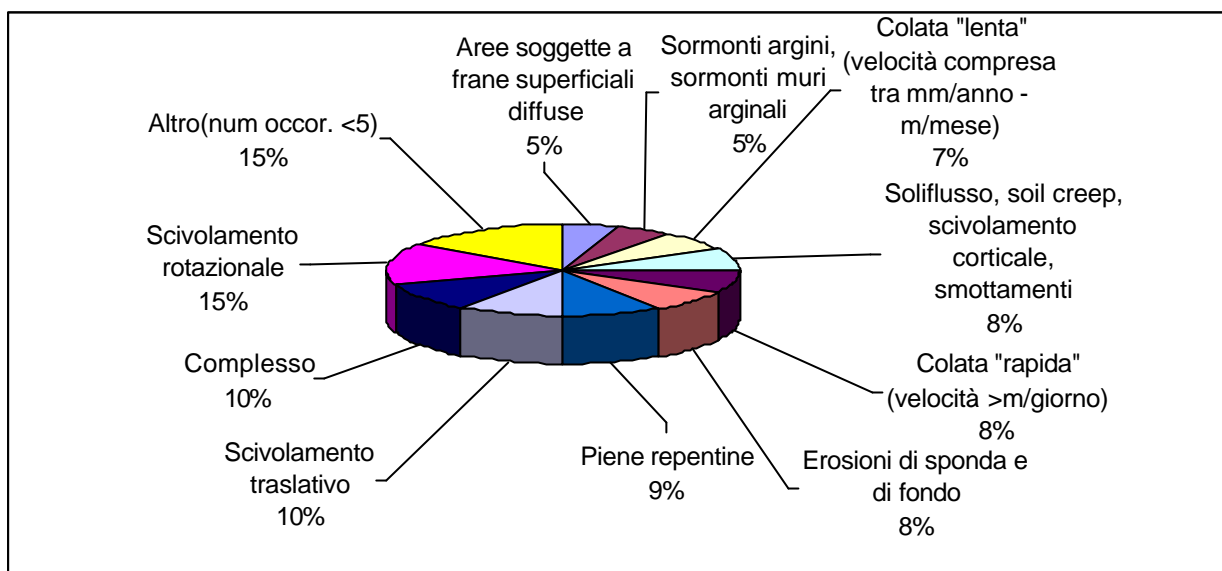


Figura 2.42 Grafico a torta relativo alla tabella 2.46 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: questo tipo di briglie di consolidamento hanno trovato impiego in molte tipologie di dissesti, come si nota, con un frazionamento elevato.

Accanto agli usuali fenomeni di natura idraulica, e' d'obbligo notare come il 63% delle occorrenze sia riferito a dissesti di versante che, evidentemente, sono stati innescati o hanno innescato fenomeni di dissesto idraulico.

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SI-10		
Briglia in pietrame e legname rinverdita	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	
		19%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Crollo	5
Soliflusso, soil creep, scivolamento corticale, smottamenti	5
Piene repentine	5
Aree soggette a frane superficiali diffuse	6
Scivolamento rotazionale	6
Complesso	6
Colata "rapida" (velocità >m/giorno)	7
Scivolamento traslativo	8
Altro(num occor. <5)	24
TOTALE	72

Tabella 2.47 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SI-10 *Briglia in pietrame e legname rinverdita*.

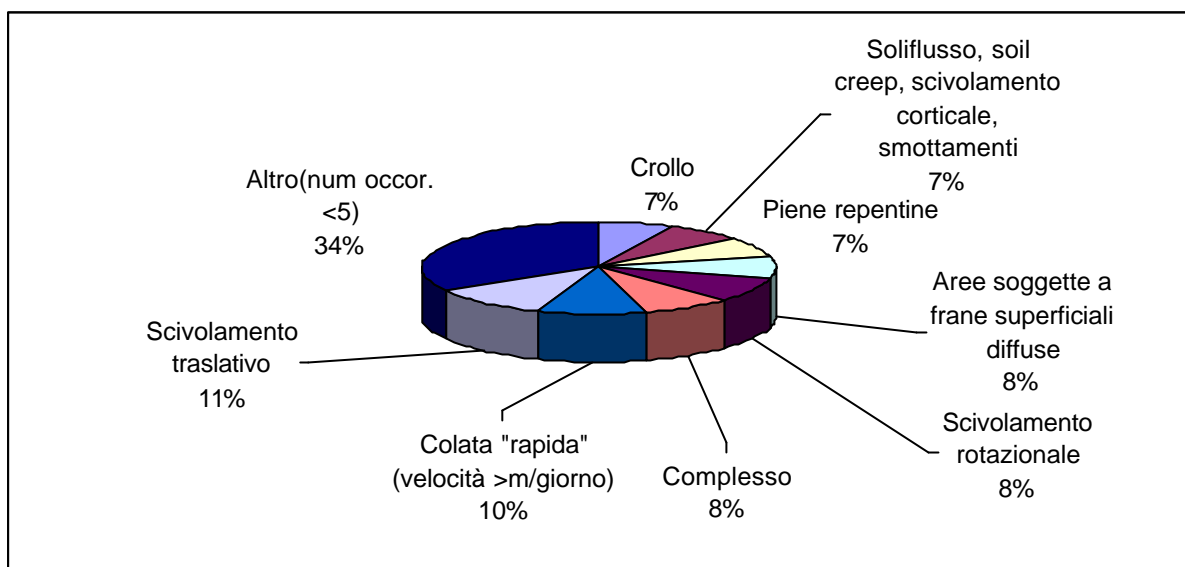


Figura 2.43 Grafico a torta relativo alla tabella 2.47 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: anche per questo tipo di briglie di consolidamento si nota come, accanto agli usuali fenomeni di natura idraulica (minoritari con *le piene repentine* al 7%), e' d'obbligo notare come la maggior parte delle occorrenze sia riferito a dissesti di versante che, evidentemente, sono stati innescati o hanno innescato fenomeni di dissesto idraulico. Gli eventuali fenomeni di natura idraulica compresi nella voce 'altro' hanno comunque un'incidenza bassa (numero di occorrenze <5). Tra le tipologie di dissesto maggiori non si ritrova l'erosione di fondo alveo.

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SI-11		
Soglia di fondo	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	
		20%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Erosioni e dissesti arginali, fontanazzi	5
Colata detritica	6
Alluvioni in zona di conoide	7
Sormonti argini, sormonti muri arginali	11
Piense repentine	14
Erosioni di sponda e di fondo	14
Altro(num occor. <5)	20
TOTALE	77

Tabella 2.48 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SI-11 *Soglia di fondo*.

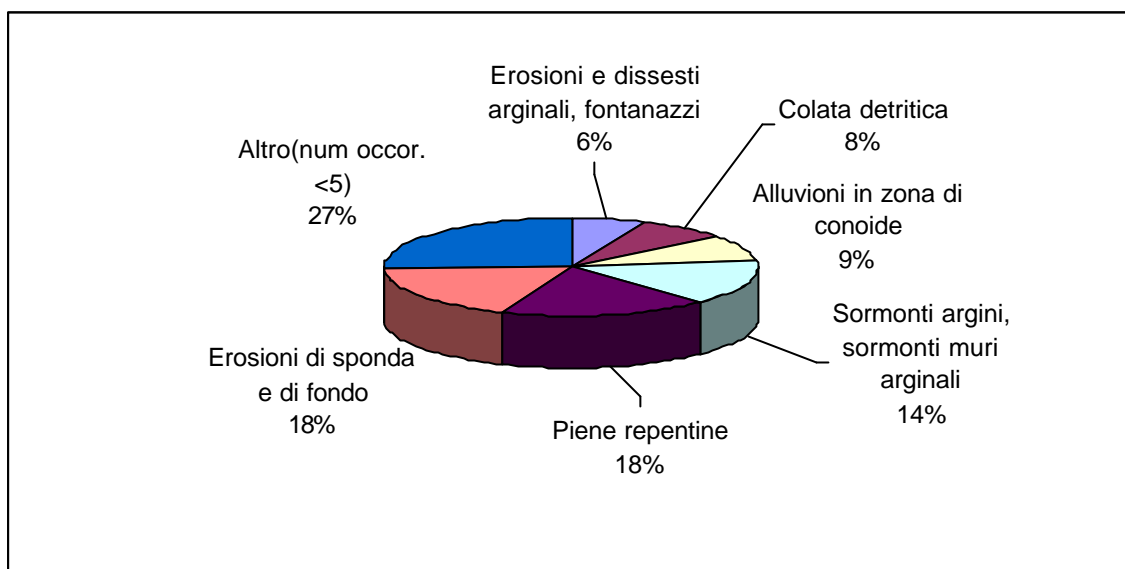


Figura 2.44 Grafico a torta relativo alla tabella 2.48 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: le soglie, che fissano la quota naturale dell'alveo, hanno trovato maggior impiego, rispondendo appieno alla sua funzione, in *erosione di sponda e di fondo* (18%), *piene repentine* (18%) e *sormonti* (14%) seguiti da *alluvioni in zona conoide* e *colate detritiche* (le soglie trovano applicazione anche in ambiente montano).

Tra le tipologie non menzionate va citata la *briglia selettiva*, che ha funzione di trattenuta del trasporto solido, che ha un'incidenza del 10% tra le opere trasversali.

Considerazioni di sintesi:

- per le *briglie di consolidamento* oltre ad applicazioni in casi di *dissesti correlati direttamente* (erosione d'alveo, piene, dissesti arginali) c'è una significativa presenza di dissesti gravitativi di versante evidentemente innescati o che hanno innescato fenomeni idraulici; le *soglie di fondo* sono associate, come da criteri progettuali di base, per erosioni di fondo;
- anche in questo caso emerge una casistica associata a *tecniche di Ingegneria Naturalistica*.

? **Classe: sistemazioni idrauliche. Gruppo: opere complementari.**

? Tipologie prevalenti nel gruppo

Le tipologie prevalenti sono mostrate nella seguente tabella:

TIPOLOGIA DI SISTEMAZIONE	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO
Realizzazione/ripristino/adeguamento viabilità	54%
Altre opere complementari	44%

Tabella 2.49 Incidenze delle tipologie di sistemazioni prevalenti nel gruppo *opere complementari*.

Indicazioni/osservazioni: l'incidenza maggiore è delle opere inerenti la *viabilità*; si analizzerà solo questa tipologia.

Le 178 occorrenze di questo gruppo testimoniano *l'importante interferenza con gli insediamenti dei fenomeni idraulici*.

Resoconto del gruppo:

TOTALE OCCORRENZE DI CLASSE:	2255
TOTALE OCCORRENZE DI GRUPPO:	178
PESO' PERCENTUALE DI GRUPPO SU TOT CLASSE:	8%

? Distribuzione dissesti per le tipologie prevalenti

TIPOLOGIA SISTEMAZIONE : SI-42		
Realizzazione/ripristino/adeguamento viabilità	INCIDENZA RELATIVA DI GRUPPO	54%

TIPOLOGIA DISSESTO	NUM OCCORR.
Crollo	5
Erosioni e dissesti arginali, fontanazzi	5
Sormonti argini, sormonti muri arginali	6
Scivolamento rotazionale	7
Scivolamento traslativo	8
Erosioni di sponda e di fondo	9
Piène repentine	13
Manufatti in alveo, ostacoli al deflusso, fenomeni di rigurgito	14
Altro(num occor. <5)	30
TOTALE	97

Tabella 2.50 Distribuzione dei dissesti per la tipologia di sistemazione SI-42 *Realizzazione/ripristino/adeguamento viabilità*

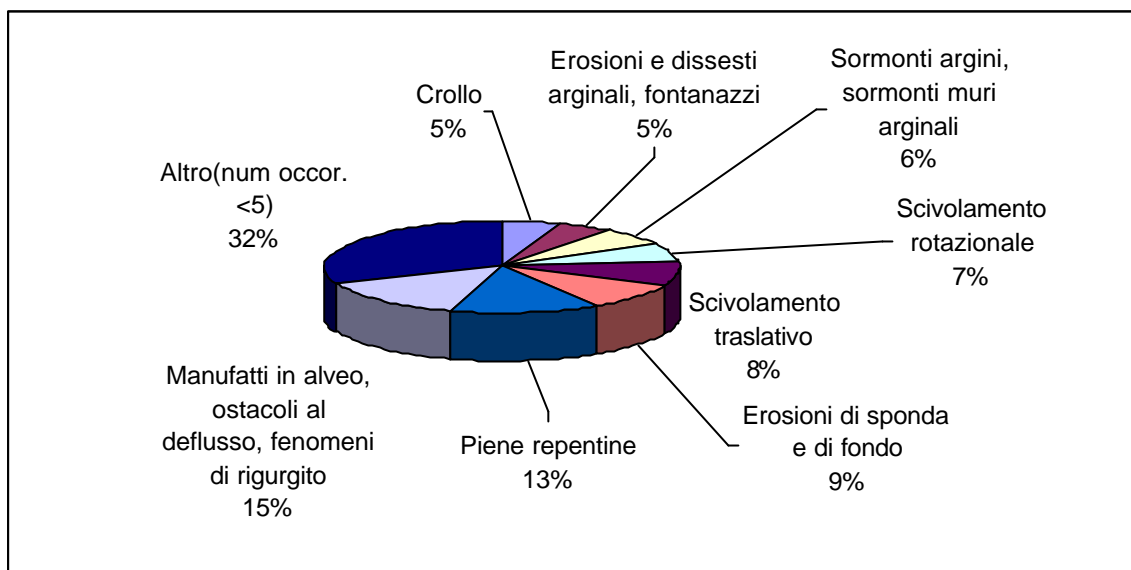


Figura 2.45 Grafico a torta relativo alla tabella 2.50 (incidenza percentuale dei dissesti).

Indicazioni/osservazioni: i dissesti che hanno inciso maggiormente sulla viabilità sono dovuti a *manufatti in alveo* (15%), *piene repentine* (13%) *erosioni di sponda e fondo* (9%). Da notare ancora la presenza di dissesti di versante (per lo più *scivolamenti*).

Considerazioni di sintesi:

- l'incidenza maggiore è delle opere inerenti la viabilità ;
- i dissesti che hanno inciso maggiormente sono dovuti a presenza di manufatti in alveo (15%), piene repentine (13%) erosioni di sponda e fondo (9%); con presenza di dissesti di versante(per lo più scivolamenti).

? Classe: sistemazioni incendi.

In questa classe le tipologie di sistemazione principali sono: *taglio specie arboree bruciate* (25%), *il decespugliamento selettivo* (21%), *rimboschimento* (28%), *realizzazione ripristino strade forestali*(21%). Sono utilizzate soprattutto per dissesti di natura erosiva (dovuta al denudamento del versante) sia localizzati che diffusi.

? Classe: sistemazioni costiere.

L'unica nota significativa è relativa ad una anomalia: la tipologia SC-11 *monitoraggio strumentale* ha attribuite delle occorrenze relative a dissesti che sono del tutto incongruenti. Sono stati interpretati come errati inserimenti dell'operatore da correggere.

Cap. 3 ANALISI SPAZIALE: CONFRONTO CON ALTRE BANCHE DATI.

Gli interventi contenuti nell'archivio ReNDiS sono fondamentalmente riferiti alla legge 180/98 dalla difesa di *aree a rischio geologico-idraulico* individuate dalle Autorità di Bacino competenti territorialmente.

Così si è scelto di confrontare geograficamente gli interventi con le aree di rischio idrogeologico (contenute nel PAI) del Bacino del Tevere (area campione) e con le aree urbanizzate ricavate dal Corine Land Cover 2000(a scala nazionale).

Il sistema di riferimento geografico adottato per le due analisi, condotte in ArcGis, è stato sempre ED50 UTM fuso 32.

3.1 Analisi di prossimità ReNDiS - PAI Tevere

3.1.1 Cosa è il PAI

Il decreto-legge n. 180/1998, così come convertito e modificato dalla legge n. 287 del 1998, prevede tra l'altro quale urgente ed indifferibile priorità, la definizione del *Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico(PAI)*, definendo il settore del rischio idrogeologico come settore con priorità massima.

Il PAI, in quanto premessa alle scelte di pianificazione territoriale, individua i meccanismi di azione, l'intensità, la localizzazione dei fenomeni estremi e la loro interazione con il territorio classificati in livelli di pericolosità e di rischio.

Le Autorità di Bacino sono gli Enti preposti **all'individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico-geologico** nei Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

Il PAI adottato dall'*Autorità di Bacino del Tevere* è stato definitivamente approvato con DPCM de 10.11.2006.

L'Autorità di Bacino del Tevere mette a disposizione i files vettoriali degli strati informativi originali del Piano di Assetto Idrogeologico.

Gli strati informativi, in formato shapefile "SHP" (ESRI.Inc) nativo del software ArcView, sono utilizzabili da molti sistemi GIS e CAD.

3.1.2 Metodologia

Dopo aver esportato in un file di progetto ArcGis gli shapefile degli interventi Rendis e delle aree a rischio frane e alluvioni (questi ultimi scaricati dal sito web dell'Autorità di Bacino del Tevere), si è proceduto a selezionare gli interventi Rendis che ricadono nel territorio dell'Autorità di Bacino del Tevere (113 interventi).

Dato che gli interventi ReNDiS non sono tutti ubicati 'esattamente' ma alcuni sono rappresentati dai 'centroidi' dei comuni si è fatto un ulteriore screening (query di selezione sul campo 'ubicazione'=1), eliminando questi ultimi in modo da condurre un'analisi geografica solo degli interventi la cui localizzazione è esatta.

Dei 113 interventi ReNDiS, 70 sono risultati ubicati precisamente. Da questi 70 sono stati scartati 3 'multipunti', relativi allo *stesso intervento* ma in aree diverse.

Rimangono 66 punti Rendis su cui si è svolta l'analisi (pertanto circa il 50 % degli interventi viene 'tagliato' e ciò deve essere preso in debito conto in sede di analisi dei risultati).

L'ulteriore passo è stato quello di dividere gli interventi in *frane, alluvioni, misti* (interventi non definiti o di prevenzione generica del rischio idrogeologico) sempre con query di selezione e poi di applicare dei *buffer* (cerchi centrati sugli interventi con dato raggio) con raggio crescente da 50 a 500m.

Il parametro che si è considerato per l'analisi di prossimità è *il numero di buffer Rendis che interseca le i poligoni delle aree PAI-Tevere*, valutando pari a 500 m la massima distanza entro cui valutare un intervento Rendis 'prossimo' alle aree di rischio.

Tale numero è stato ricavato mediante un comando di ArcGis che seleziona oggetti di un layer mediante la sua localizzazione relativa ad altri oggetti (intersezione, comprensione, etc.).

La metodologia è schematizzata nel diagramma di flusso in figura 3.1.

In figura 3.2 e 3.3 sono mostrati dei stralci della view in ArcGis che è stata creata per confrontare buffer di interventi ReNDiS con poligoni del PAI-Tevere.

METODOLOGIA

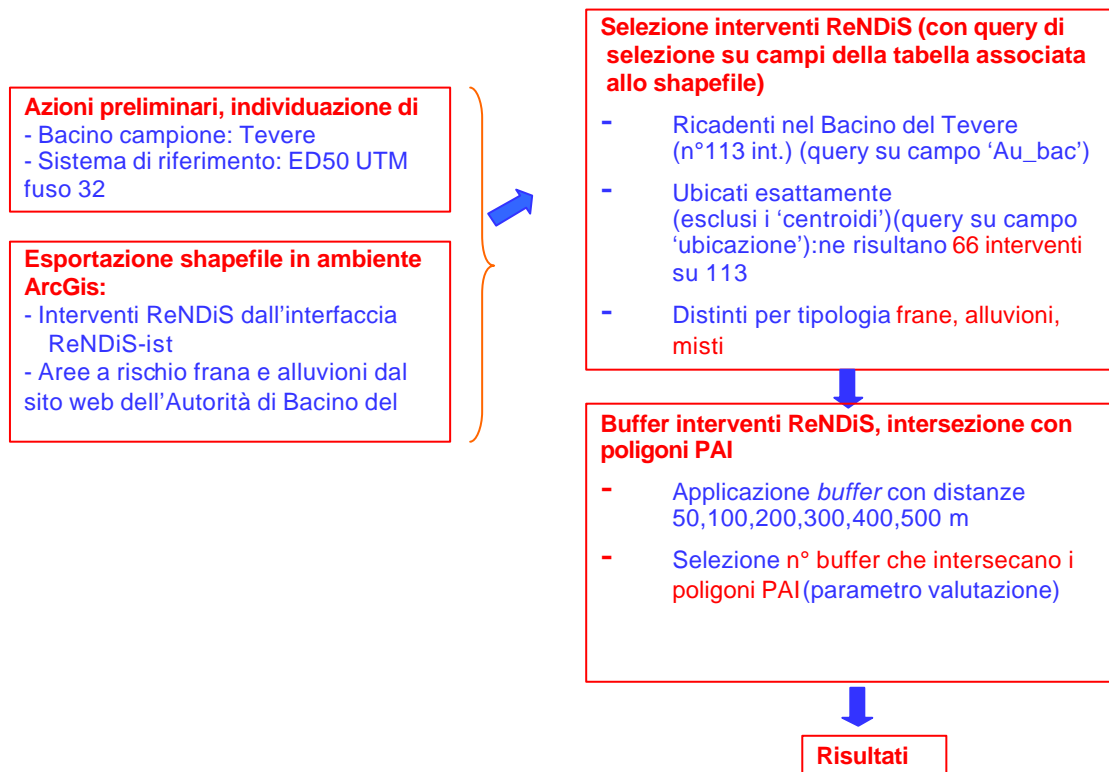


Figura 3.1 Metodologia adottata per il confronto spaziale ReNDiS – PAI.

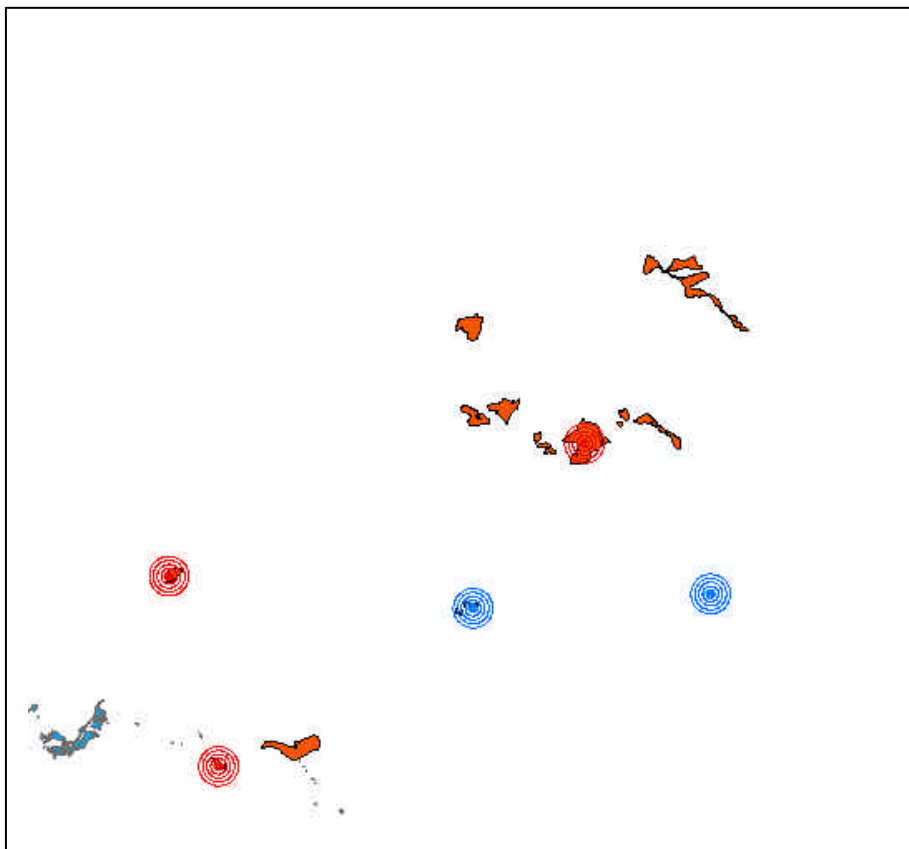


Fig 3.2 Stralcio della view in ArcGis in cui si notano i poligoni delle aree di rischio del PAI Tevere (in celeste rischio idraulico, in rosso rischio frane) ed i cerchi concentrici dei buffer ReNDiS.

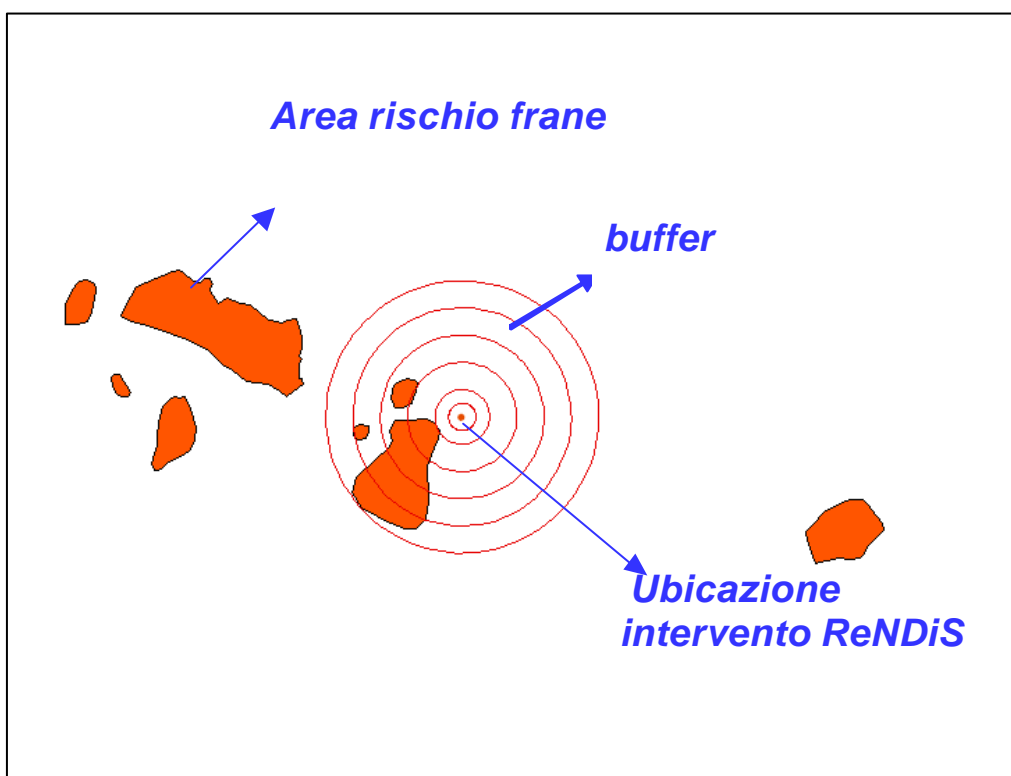


Fig 3.3 Dettaglio ravvicinato della view di fig 3.2 con evidenziati le aree a rischio frane, l'ubicazione dell'intervento ReNDiS ed i buffer concentrici che progressivamente aumentano il loro raggio d'azione.

3.1.3 Risultati

I risultati sono illustrati nelle tabelle 3.1, 3.2 e 3.3.

In tali tabelle vengono riportate i valori di distanza (raggi in questo caso) di buffer scelti progressivamente ed, in corrispondenza, il *numero di buffer intersecanti* le aree a rischio: risultano quattro casi di intersezione in base al tipo di intervento ReNDiS e di area a rischio.

DISTANZA BUFFER	N° BUFFER RENDIS FRANE INTERSECANTI POLIGONI PAI RISCHIO FRANE	N° BUFFER RENDIS FRANE INTERSECANTI POLIGONI PAI RISCHIO IDRAULICO
50 m	27	0
100 m	32	0
200 m	35	0
300 m	37	0
400 m	37	1
500 m	38	1

Tot Rendis frane:44

Tabella 3.1 Numero dei buffer di interventi ReNDiS - frane che intersecano le aree di rischio PAI.

DISTANZA BUFFER	N° BUFFER RENDIS ALLUVIONI INTERSECANTI POLIGONI PAI RISCHIO IDRAULICO	N° BUFFER RENDIS ALLUVIONI INTERSECANTI POLIGONI PAI RISCHIO FRANE
50 m	1	2
100 m	2	2
200 m	2	2
300 m	2	2
400 m	2	3
500 m	2	3

Tot Rendis alluvioni:17

Tabella 3.2 Numero dei buffer di interventi ReNDiS – alluvioni che intersecano le aree di rischio PAI.

DISTANZA BUFFER	N° BUFFER RENDIS MISTO INTERSECANTI POLIGONI PAI RISCHIO FRANE E IDRAULICO
50 m	1
100 m	1
200 m	0
300 m	2
400 m	2
500 m	2

Tot Rendis misto:5

Tabella 3.3 Numero dei buffer di interventi ReNDiS – misti che intersecano le aree di rischio PAI.

Per ogni tabella sono di seguito riportati(in figure 3.4, 3.5, 3.6, 3.7) i grafici associati ai vari casi di intersezioni esaminati incrociando le varie tipologie.

In tali grafici si evidenziano gli andamenti che indicano quanto sono prossimi gli interventi(di versante od idraulici) alle aree a rischio (rischio frane od idraulico).

Non sono presi in considerazione gli interventi di tipo *misto* in quanto nel database associato allo shapefile di ReNDiS non sono ben definiti e comunque di scarsa rilevanza numerica.

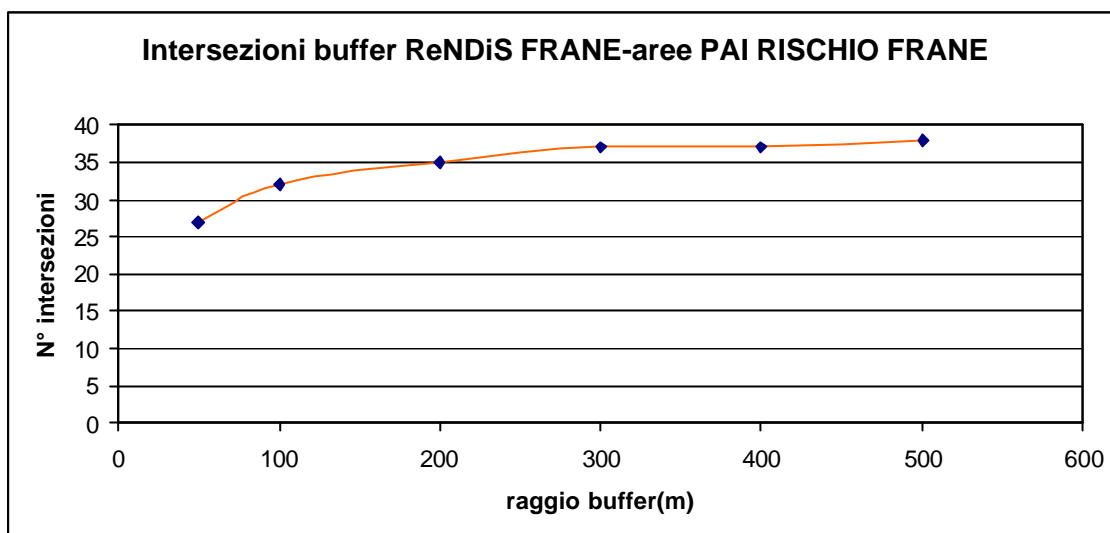


Fig. 3.4 Grafico che illustra l'analisi di prossimità degli interventi ReNDiS Frane alle aree PAI Rischio Frane – Bacino del Tevere: il numero di intersezioni dei buffer parte da un numero significativo per aumentare gradualmente con l'incremento del raggio buffer.

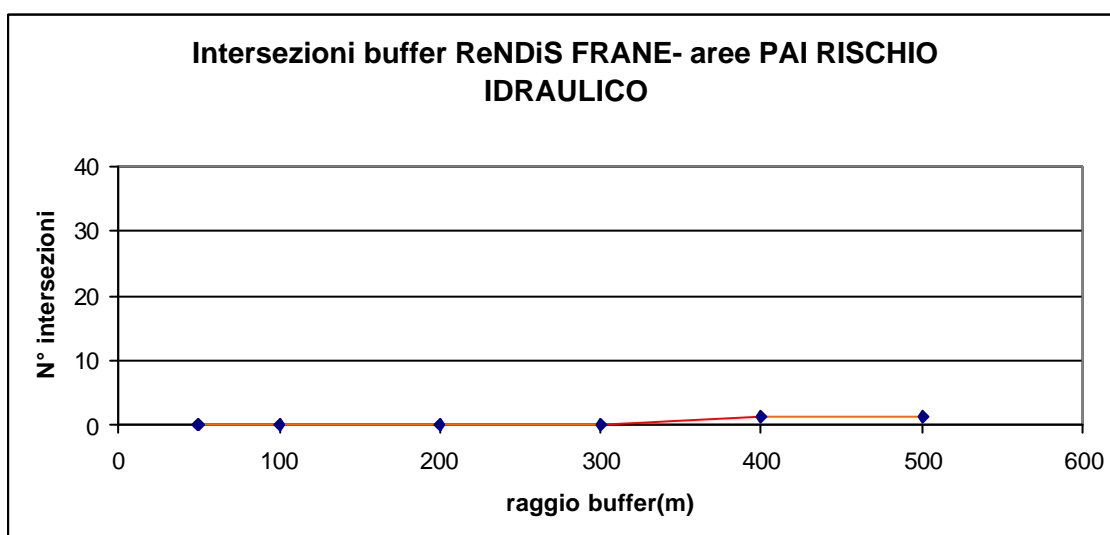


Fig. 3.5 Grafico che illustra l'analisi di prossimità degli interventi ReNDiS Frane alle aree PAI Rischio Idraulico – Bacino del Tevere: all'aumentare del raggio buffer il numero di intersezioni dei buffer rimane nullo o trascurabile.

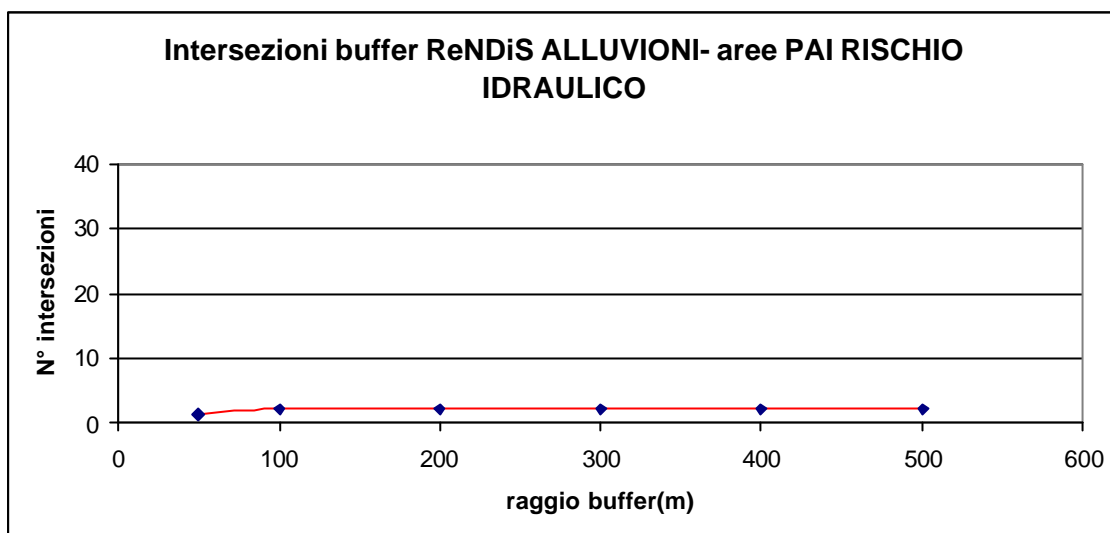


Fig. 3.6 Grafico che illustra l'analisi di prossimità degli interventi ReNDiS Alluvioni alle aree PAI Rischio Idraulico – Bacino del Tevere: all'aumentare del raggio buffer il numero di intersezioni dei buffer rimane sempre molto basso.

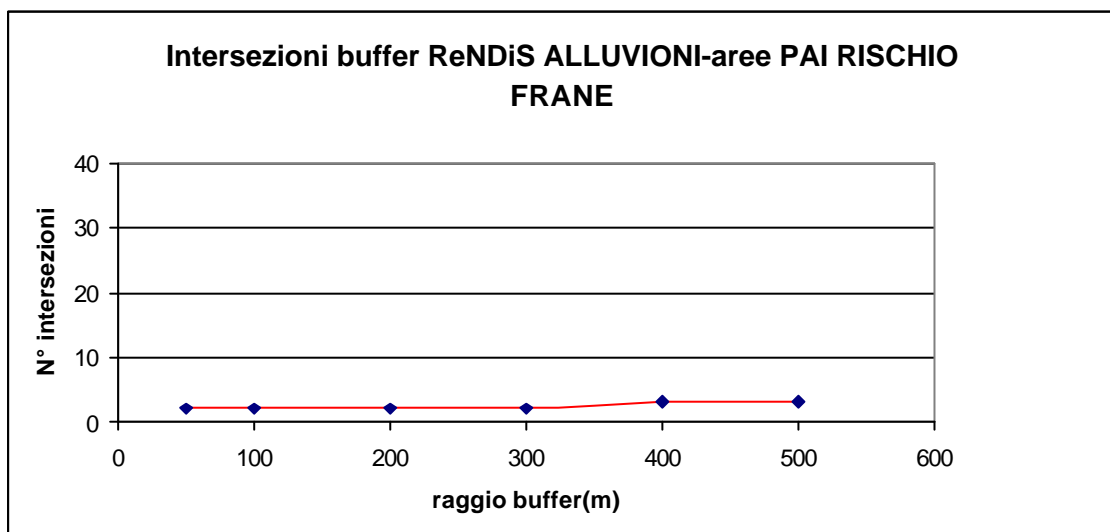


Fig. 3.7 Grafico che illustra l'analisi di prossimità degli interventi ReNDiS Alluvioni alle aree PAI Rischio Frane – Bacino del Tevere: all'aumentare del raggio buffer il numero di intersezioni dei buffer rimane sempre molto basso.

Le **osservazioni e considerazioni** principali che si possono trarre sono

1. Interventi **ReNDiS - frane** (interventi su versanti):

- il numero di buffer che interseca i poligoni PAI frane crescono gradualmente fino ad un numero significativamente alto (38 su 44 interventi totali nel bacino del Tevere); invece le intersezioni con poligoni PAI rischio idraulico sono quasi nulle;
- questo testimonia la *corretta* 'prossimità' di interventi di versante alle aree di rischio pertinenti (rischio frane) e la lontananza da aree a rischio idraulico;
- anche per le sistemazioni versanti comunque può accadere, in casi particolari, che sia

stato necessario ubicare l'intervento a grande distanza dalle aree a rischio e ciò può spiegare (anche se non completamente) i casi di interventi posti a distanza maggiore di 500m.

2. Interventi **ReNDiS - alluvioni** (opere di sistemazioni fluviali):

sono piuttosto *lontani* dalle aree di rischio pertinenti (rischio idraulico) e non (rischio frane) mostrando poche intersezioni dei buffer con poligoni PAI (qualche unità su 17 interventi presenti nel bacino del Tevere); ciò rispecchia il carattere delle sistemazioni idrauliche, che tipicamente si realizzano lungo l'asta fluviale e quindi spesso a grande distanza dagli insediamenti a rischio, nell'ottica di prevenzione e di difesa dai dissesti a scala di bacino.

Pur essendoci una limitazione dovuta all'uso del 'centroide', come detto nel par. 3.1.2, si nota comunque una buona caratterizzazione spaziale degli interventi censiti.

3.2 Analisi di prossimità ReNDiS – CORINE Land Cover 2000.

3.2.1 Cosa è CORINE Land Cover.

Nel 1985 la Commissione Europea ha avviato il Programma CORINE (Coordination of Information on the Environment) con lo scopo principale di ottenere informazioni ambientali armonizzate e coordinate a livello europeo. Il Programma CORINE, oltre a raccogliere i dati geografici di base in forma armonizzata (coste, limiti amministrativi nazionali, industrie, reti di trasporto ecc.), prevede l'analisi dei più importanti parametri ambientali quali la copertura del suolo (**CORINE Land cover**), emissioni in atmosfera (Corineair), la definizione e l'estensione degli ambienti naturali (CORINE Biotopes), la mappatura dei rischi d'erosione dei suoli (CORINE Erosion).

Il programma ha realizzato un riferimento cartografico comune (*Land Cover Map*) basato sull'interpretazione di immagini da satellite Landsat validato da opportuni punti di controllo a terra.

Il progetto **Corine Land Cover 2000** viene realizzato mediante il coordinamento e

l'integrazione di progetti nazionali. L'Agenzia per la Protezione per l'Ambiente e i Servizi Tecnici (APAT) rappresenta la National Authority, ovvero il soggetto realizzatore e responsabile della diffusione dei prodotti sul territorio nazionale.

Il criterio gerarchico che caratterizza il *sistema di nomenclatura CLC2000* è quello più utilizzato nella classificazione dei tipi di copertura e d'uso del suolo: esso consente infatti di dettagliare progressivamente le categorie sfruttando il diverso grado di risoluzione a terra delle fonti d'informazione. Ai fini del presente lavoro si è avuto bisogno solo del dettaglio di 1° livello per la classe 1 SUPERFICI ARTIFICIALI, classe 2 SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE, classe 3 TERRITORI BOSCATI ED AMBIENTI NATURALI.

In figura 3.8 è mostrato uno stralcio della nomenclatura relativo alla classe 1.

L'unità spaziale minima corrisponde ad un'area di copertura omogenea del suolo (foreste, campi coltivati, acque..) oppure ad un'aggregazione di piccole aree omogenee articolate in una struttura di copertura/uso del suolo; alla scala 1:100000 la minima unità cartografica è ampia 25 ha.

I dati Corine sono forniti in formato shapefile.

Legenda del CORINE Land Cover 2000	
1. SUPERFICI ARTIFICIALI	
1.1. Zone urbanizzate di tipo residenziale	
1.1.1. Zone residenziali a tessuto continuo	
1.1.2. Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	
1.2. Zone industriali, commerciali ed infrastrutturali	
1.2.1. Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati	
1.2.2. Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche	
1.2.3. Aree portuali	
1.2.4. Aeroporti	
1.3. Zone estrattive, cantieri, discariche e terreni artefatti e abbandonati	
1.3.1. Aree estrattive	
1.3.2. Discariche	
1.3.3. Cantieri	
1.4. Zone verdi artificiali non agricole	
1.4.1. Aree verdi urbane	
1.4.2. Aree ricreative e sportive	

Fig 3.8 Stralcio della nomenclatura CORINE Land Cover 2000, relativo alla classe 1 con dettaglio di 3° livello.

3.2.2 Metodologia

Questa analisi è stata fatta su scala nazionale considerando tutti gli interventi ReNDiS ‘ubicati’ (codice 1 nel campo ‘ubicazione’); ne sono risultati 1519 su 2632 (compresi i multipunto che in questo caso non è stato possibile eliminare).

Questa limitazione va presa in debito conto nelle considerazioni finali, visto che si ‘tagliano’ quasi il 50% degli interventi archiviati in ReNDiS.

In questo caso non è stato necessario distinguere frane e alluvioni negli interventi ReNDiS, visto che è stata valutata la *vicinanza ad insediamenti urbani, non ad aree di rischio idro-geologico.*

Dopo aver introdotto lo shapefile di Corine Land Cover 2000 si è operata una selezione sulla classe 1 (Superfici Artificiali) creando un layer a parte.

Sono stati creati layer di buffer degli interventi ReNDiS da 50 a 500m e si è proceduto alla selezione di buffer – ReNDiS che intersecano i poligoni di classe 1 di CLC 2000, analogamente a come operato nel confronto con i poligoni PAI.

Il parametro preso in considerazione è il numero di intersezioni dei vari buffer-ReNDiS con i poligoni di classe 1.

La metodologia è illustrata nel diagramma di flusso di fig. 3.10.

In figura 3.9 sono mostrati dei stralci della view di ArcGis che è stata creata per confrontare buffer di interventi ReNDiS con poligoni di CORINE Land Cover 2000.

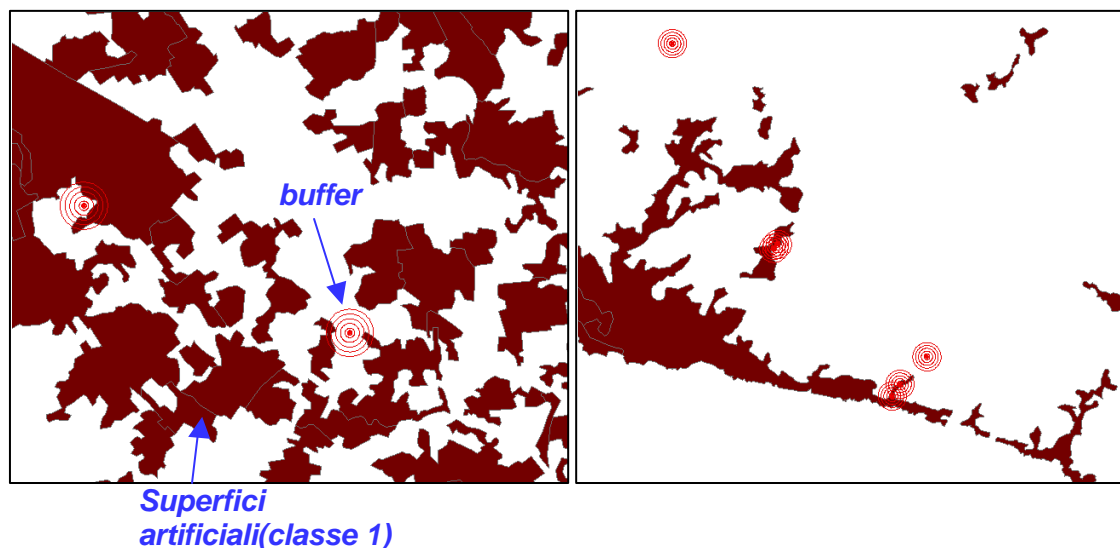


Fig 3.9 Stralcio della view in ArcGis in cui si notano i poligoni della classe 1 Superfici artificiali di CORINE Land Cover(in marrone scuro) ed i cerchi concentrici (in rosso) dei buffer degli interventi ReNDiS.

METODOLOGIA

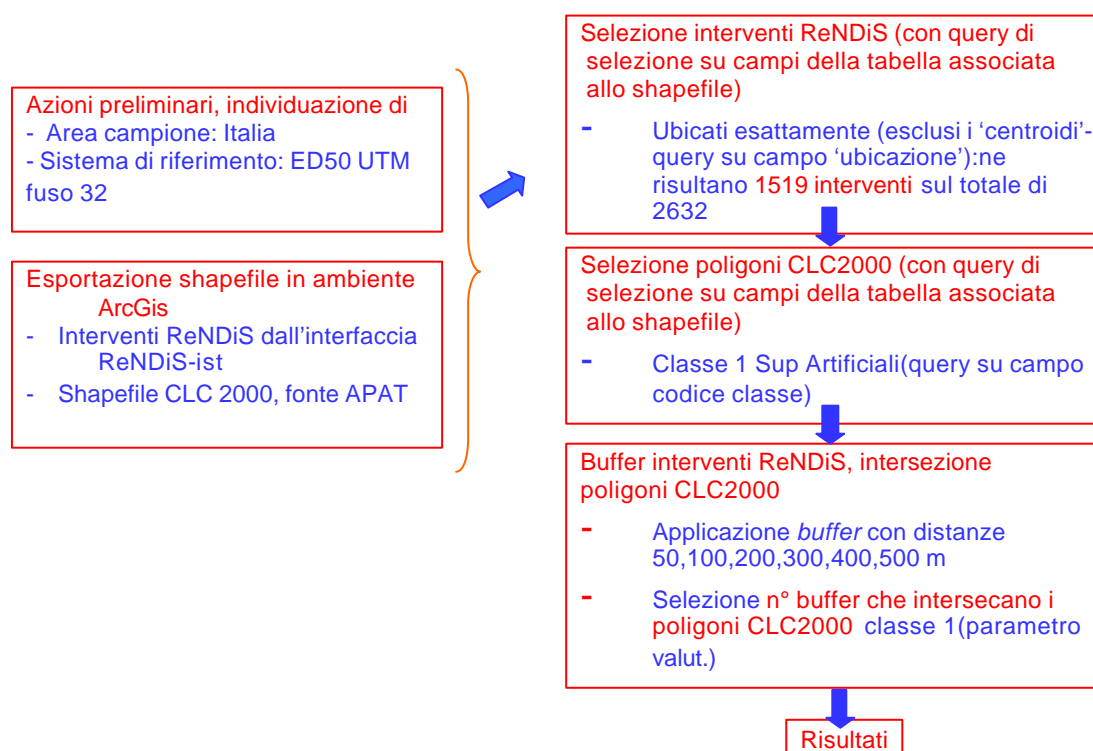


Fig 3.10 Metodologia per l'analisi spaziale di confronto tra gli interventi ReNDiS e CORINE Land Cover.

3.2.3 Risultati

I risultati sono presentati in tab. 3.4 e nel relativo grafico di fig. 3.11.

DISTANZA BUFFER	N° BUFFER RENDIS UBICATI INTERSECANTI POLIGONI CORINE CLASSE 1 (SUP.ARTIFICIALI)
50 m	431
100 m	513
200 m	650
300 m	725
400 m	786
500 m	826
	Tot interventi Rendis ubicati:1519

Tabella 3.4 Numero dei buffer di interventi ReNDiS che intersecano i poligoni CORINE Land Cover-classe 1 (Superfici artificiali).

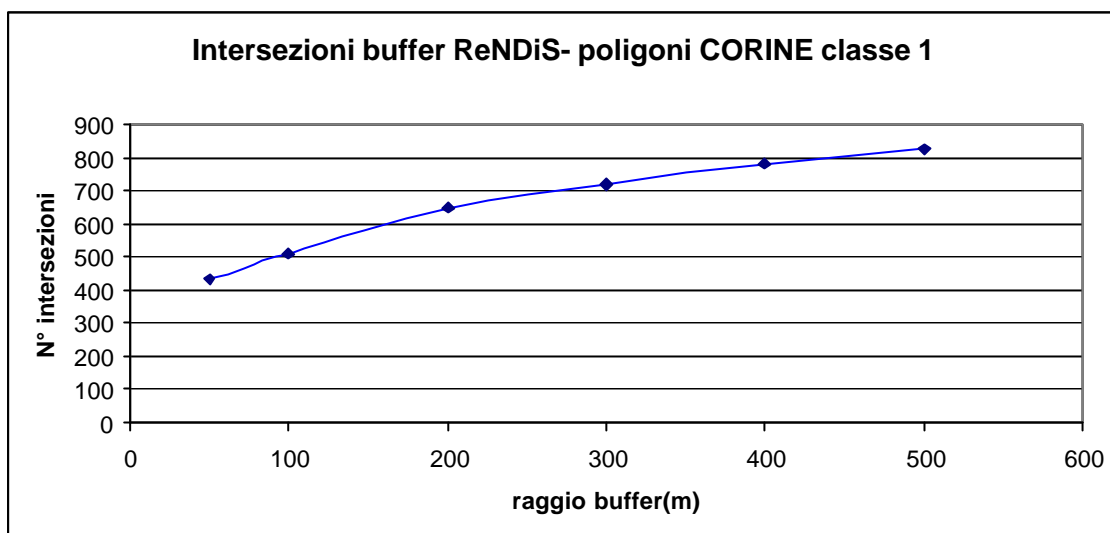


Fig 3.11 Grafico che illustra l'analisi di prossimità degli interventi ReNDiS Frane ai poligoni CORINE Classe1: il numero di intersezioni dei buffer parte da un numero significativo per aumentare gradualmente con l'incremento del raggio buffer.

Si nota un numero crescente di intersezioni dei buffer con i poligoni CORINE delle superfici artificiali, fino ad arrivare ad un massimo di 826 su 1519: circa il 50% degli interventi esaminati è 'prossimo' alle aree urbanizzate (tessuti urbani, insediamenti produttivi, etc.).

Per tale risultato valgono le seguenti considerazioni:

- *non tutte le aree urbanizzate sono a rischio*
- *una buona parte dei nostri insediamenti sono interessati da problematiche di sistemazione di dissesti idro-geologici*
- *gli interventi 'lontani' dalle aree urbanizzate (a distanza >500m) ricadono nella logica di prevenzione e mitigazione del rischio a scala di bacino o comunque ubicati a grande distanza per ragioni di contingenza locale.*

A completamento si è voluto riportare il numero degli interventi Rendis compresi all'interno di poligoni CORINE di Classe 2 e 3 (tabella 3.5).

Si osserva un numero relativamente elevato (670 e 501 rispettivamente) di interventi soprattutto per aree come quelle agricole che dovrebbero essere connotate da un certo controllo del degrado dei caratteri geologico-idraulici; la classe 3 comprende anche aree con vegetazione rada o assente e quindi la precedente considerazione può esser valida in minor misura (si ricordi inoltre che non sempre copertura vegetale vuol dire stabilità del versante).

*Ovviamente tali deduzioni sono fatte **in prima analisi** e andrebbero approfondite e sviluppate con altri studi o incrociando Rendis con altri database pertinenti (ad esempio IFFI- Inventario dei Fenomeni Franosì in Italia).*

	N° ' PUNTI ' RENDIS <u>CONTENUTI</u>
CLASSE 2 (SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE)	670
CLASSE 3 (TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMINATURALI)	501

Tabella 3.5 Numero degli interventi ReNDiS che sono contenuti in poligoni CORINE Land Cover- classe 2(superfici agricole) e 3(territori boscati e ambienti seminaturali).

Cap. 4 CONCLUSIONI.

Da un punto di vista generale l'analisi sopra condotta porta alle seguenti conclusioni:

- 1) ***Rapporto tipologie di sistemazione-dissesti: i dati sono consistenti e congruenti***,
cioè si è sostanzialmente riscontrata una corretta corrispondenza tra tipologie di sistemazioni e dissesti valutata in base alla natura dei dissesti ed alle linee guida edite dall'APAT in materia;
- 2) ***Le 'anomalie'*** riscontrate nel valutare le tipologie di dissesti associate ad una tipologia di sistemazione sono confinate alle opere di difesa costiera, da attribuire ad errori nell'inserimento dati;
- 3) ***Tecniche di Ingegneria Naturalistica***: i dati indicano che sono ormai abbastanza diffuse negli interventi di difesa del suolo;
- 4) ***Si è riscontrata spesso una variegata distribuzione di tipologie di dissesti per una stessa tipologia di sistemazione, il che riconduce alla complessità insita nell'affrontare dissesti di natura geologico-idraulica***;
- 5) ***Gli interventi ReNDiS sono 'abbastanza' prossimi alle aree a rischio; gli interventi più lontani sono soprattutto quelli relativi alle sistemazioni idrauliche per le quali è stato necessario un posizionamento lungo l'asta fluviale e quindi anche a grande distanza dai centri abitati a rischio (prevenzione a scala di bacino); per le sistemazioni versanti può accadere, in casi particolari, che sia stato necessario ubicare l'intervento a grande distanze; comunque non si può escludere che qualche intervento non sia relazionabile ad un dissesto in area a rischio***;
- 6) ***Gli interventi ReNDiS sono 'abbastanza' prossimi ad aree urbanizzate; gli interventi più lontani ricadono nella logica di cui al punto precedente***;
- 7) ***ReNDiS si presta bene ad un confronto con altre banche dati pertinenti, necessitando tuttavia di colmare la lacuna dell'ubicazione geografica non esattamente definita per molti interventi.***

Bibliografia.

-Volumi:

AA.VV. : *“Atlante delle opere di sistemazione dei versanti”* a cura di Leonello Serva e Domenico Ligato. APAT(Agenzia per la protezione dell’Ambiente e per i Servizi Tecnici). Manuali e Linee Guida n. 10/2002.

AA.VV. : *“Atlante delle opere di sistemazione fluviale”* a cura di Leonello Serva e Domenico Ligato. APAT(Agenzia per la protezione dell’Ambiente e per i Servizi Tecnici). Manuali e Linee Guida n. 27/2003.

AA.VV. : *“Fenomeni di dissesto geologico - idraulico sui versanti. Classificazione e simbologia”* a cura di Leonello Serva, Claudio Campobasso e Stefania Silvestri. (Agenzia per la protezione dell’Ambiente e per i Servizi Tecnici). Manuali e Linee Guida n. 39/2006.

AA.VV. : *“Atlante delle opere di sistemazione costiera”* a cura di Domenico Ligato, Eutizio Vittori e Stefano Corsini. APAT(Agenzia per la protezione dell’Ambiente e per i Servizi Tecnici). Manuali e Linee Guida n. 44/2007.

- Riferimenti normativi:

Decreto Legge 11 giugno 1998, n° 180: *“Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania”*

- Report APAT(non editi):

APAT Dipartimento Difesa del Suolo*“Il progetto ReNDiS- Repertorio Nazionale degli Interventi per la Difesa del Suolo”*, novembre 2006.

APAT Dipartimento Difesa del Suolo-Servizio Geologico d’Italia: *“Stato d’attuazione degli interventi urgenti per la difesa del suolo nelle aree a rischio idrogeologico di cui al D.L. 180/98”*, dicembre 2006.

- Siti internet:

www.sinanet.apat.it , giugno 2007

www.adbtevere.it, maggio 2007