



**CRITERI E TECNICHE DI PROGETTAZIONE  
DELLE INFRASTRUTTURE VIARIE PER LA  
PREVENZIONE DEI DISSESTI E LA TUTELA  
DEL TERRITORIO.  
ALCUNE APPLICAZIONI ALLA RETE VIARIA  
DELLA SARDEGNA.**

**Francesca Maltinti**

Dipartimento di Ingegneria del Territorio - Università degli Studi di Cagliari  
p.za D'Armi 16, 09123 Cagliari  
Tel: +39 070 6755275 - Fax: +39 070 6755266  
E-mail: maltinti@unica.it

**Francesco Ruggieri**

ANAS - Compartimento della Viabilità per la Sardegna  
Via Biasi 09131 Cagliari  
tel: +39 070 5297340 - fax: +39 070 5297268  
e-mail: ruggieri\_fra@tin.it

**Francesco Annunziata**

Dipartimento di Ingegneria del Territorio - Università degli Studi di Cagliari  
p.za D'Armi 16, 09123 Cagliari  
Tel: +39 070 6755256 - Fax: +39 070 6755266  
E-mail: annunz@unica.it

# **CRITERI E TECNICHE DI PROGETTAZIONE DELLE INFRASTRUTTURE VIARIE PER LA PREVENZIONE DEI DISSESTI E LA TUTELA DEL TERRITORIO. ALCUNE APPLICAZIONI ALLA RETE VIARIA DELLA SARDEGNA.**

**FRANCESCA MALTINTI** - Dipartimento di Ingegneria del Territorio – Università di Cagliari  
**FRANCESCO RUGGIERI** – ANAS - Compartimento della Viabilità per la Sardegna  
**FRANCESCO ANNUNZIATA** -Dipartimento di Ingegneria del Territorio – Università di Cagliari

## **SOMMARIO**

La memoria nasce da attività di ricerca condotte dal dott. ing. F. Maltinti nell'ambito del Dottorato di Ricerca in Ingegneria del Territorio presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Cagliari. Essa si propone di riportare ed esaminare alcuni casi significativi relativi all'interazione fra infrastrutture viarie e dissesti idrogeologici verificatisi nella regione Sardegna. In seguito all'analisi delle cause che hanno determinato il collasso del corpo stradale o dell'infrastruttura, si sono individuati alcuni criteri e tecniche di progettazione atte alla difesa dell'opera e alla salvaguardia del territorio attraversato.

## **ABSTRACT**

This paper arises from research activities carried out by dott. ing. F. Maltinti in the course of the PhD in Land Engineering at the University of Studies of Cagliari. Its aim is to report and examine some significant cases of interaction between road infrastructures and floods and landslides which happened in Sardinia Region.

Then, after considering and analysing causes which have produced road body or infrastructure collapse, some design criteria and techniques are individualized to shield works and crossed territory.

## **1.INTRODUZIONE**

I dissesti idrogeologici sono in genere determinati da cause naturali, ma spesso, e la casistica italiana è ricca di esempi, vengono accelerati, se non addirittura provocati, da interventi errati dell'uomo sul territorio. La costruzione delle infrastrutture viarie rappresenta uno degli aspetti di maggior rilievo. Infatti, la costruzione di strade, piazzali, edifici, etc., riduce notevolmente i fenomeni di infiltrazione dell'acqua e dei tempi di corrivazione aumentando le portate da smaltire: il risultato è una maggiore probabilità di piene elevate ed improvvise. Le strade e le ferrovie, in particolare, che con i loro rilevati si estendono per lunghi tratti, costituiscono una vera e propria "lesione" della continuità della superficie originaria del suolo, esercitando un "effetto diga" sulle acque che scorrono in direzione perpendicolare ad esse e trasferendo quindi cospicue portate da un'area ad un'altra parallelamente ad esse [1].

In Italia l'attività scientifica e di studio sull'argomento è stata decisamente intensa. Tuttavia, essa non ha ancora prodotto un sistema di regole finalizzate alla salvaguardia del patrimonio viario dai rischi ai quali può essere esposto anche a causa di una progettazione non sempre attenta. Infatti l'attuale normativa tecnica risulta carente in tal

senso [2]. Le Istruzioni CNR e, in particolare, il B.U. n°77/1980 forniscono solo indicazioni generiche sul fatto che la progettazione deve considerare anche gli aspetti geotecnici, idraulici, di rischio sismico, etc. del territorio attraversato dall'infrastruttura. Ancora, gli interventi normativi più recenti [3] [4] (Legge n°109/1994 e successive modificazioni) ribadiscono con maggior precisione la necessità di considerare il dissesto del territorio e l'impatto ambientale all'interno di tutte le fasi progettuali. Infatti, tra gli elaborati esplicitamente richiesti dalla Legge suddetta, sono presenti: lo studio dei possibili effetti delle opere progettate, gli interventi di mitigazione dell'impatto ambientale, la giustificazione delle scelte operate, lo studio idrologico e idraulico. Tuttora non sono precisati gli strumenti operativi per la definizione di questi elementi progettuali.

I numerosi Decreti sugli Studi e sulle Valutazioni di Impatto Ambientale degli ultimi anni, hanno specificato in modo più puntuale i contenuti tecnici delle fasi progettuali senza pervenire, ancora, ad un riferimento tecnico-specialistico, chiaro e preciso, sulle metodologie che il progettista di un'infrastruttura viaria debba seguire per garantire la salvaguardia del patrimonio infrastrutturale dai rischi idrogeologici e la tutela dell'integrità del territorio attraversato.

La memoria si propone di analizzare i casi più significativi riguardanti la rete viaria della Regione Sardegna, dal momento che da un recente lavoro commissionato proprio dalla Regione Autonoma (legge n°267 del 3-08-1998) è emerso che il rischio di piena presente sull'intero territorio regionale è indotto da una scarsa attenzione ai corsi d'acqua e alle loro aree di pertinenza, ma soprattutto alla loro interazione con le infrastrutture viarie. Ancora, per quanto riguarda il rischio di frana, esso è legato sia alle caratteristiche geologiche e strutturali del territorio ma anche all'intervento antropico. Le condizioni di maggior rischio si riscontrano in corrispondenza delle reti principali di comunicazione: i versanti che presentano una naturale pericolosità sono stati o sono interessati dagli intagli per la realizzazione della sede stradale o ferroviaria instaurando condizioni di rischio che si protraggono e si aggravano nel tempo.

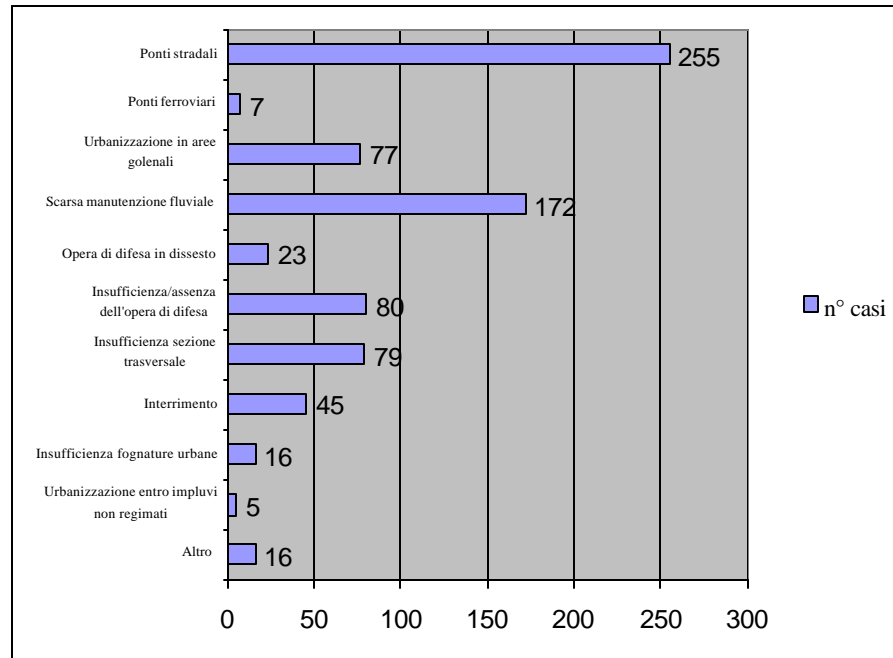
La stima dei costi complessivi per gli interventi di mitigazione nelle aree a rischio di frana e a rischio idraulico, nella Regione, si aggira attorno ai 1500 Miliardi di lire, il 25% dei quali viene destinato alla sistemazione di opere d'arte e solidi sia stradali che ferroviari [5].

Per ogni caso esaminato verranno infine fornite indicazioni progettuali atte alla salvaguardia dell'opera e del territorio iniziando quindi ad individuare criteri che possano essere assunti validi per qualunque progettazione stradale.

## **2. IL RISCHIO DI PIENA E DI FRANA NELLA REGIONE SARDEGNA.**

L'"Attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia" [5], svolta per incarico della Regione Autonoma della Sardegna ha studiato le cause di pericolosità che interessano il territorio regionale e ha reso una carta rappresentativa del tema "rischio" che fornisce il quadro del livello di rischio attuale, mentre la carta del tema "aree pericolose per fenomeni di piena o di frana" rappresenta il livello di pericolosità che insiste sul territorio anche se questo attualmente non è antropizzato. Quest'ultima rappresentazione è fondamentale per evitare un uso improprio del territorio come l'estensione di centri abitati, la costruzione di nuove infrastrutture etc.. Lo studio ha messo in evidenza che il rischio di piena presente sull'intero territorio regionale è da imputarsi ad una scarsa

attenzione ai corsi d'acqua e alle loro aree di pertinenza, in particolar modo quando queste interagiscono con infrastrutture di trasporto (ved. fig. 1).



**Figura 1 - Principali cause di insufficienza idraulica nella regione Sardegna**

Per quanto riguarda le aree a rischio di frana viene rilevata una situazione piuttosto diffusa di pericolosità dovuta in parte alle caratteristiche geologiche e strutturali del territorio ed in parte agli interventi antropici. Infatti i suoli sardi sono caratterizzati da una notevole variabilità tipologica, scarsità della massa, elevato grado di pietrosità e rocciosità, intensa erosione superficiale. Tali proprietà legate alle caratteristiche geologiche, morfologiche e climatiche della regione sono esaltate anche da un prolungato e imprevedibile uso del territorio.

Lo studio ha individuato e perimetrato le zone a rischio idraulico e di frana della Regione suddividendola in sette sub-bacini:

- Sulcis;
- Tirso;
- Coghinas-Mannu Temo;
- Liscia;
- Posada-Cedrina;
- Sud-Orientale;
- Flumendosa-Campidano-Cixerri

Le zone sono state contraddistinte da valori numerici che esprimono il rischio idraulico e il rischio di frana, espressi dalle seguenti relazioni:

$$R_i = H_i EV$$

in cui:

$R_i$  = rischio idraulico totale;

$H_i$  = pericolosità ovvero la probabilità di superamento della portata di colmo;

$E$  = elementi a rischio (persone e cose suscettibili di essere colpiti da eventi calamitosi);

$V$  = vulnerabilità, intesa come capacità a resistere alle sollecitazioni indotte dall'evento.

E, analogamente, il rischio di frana è definito come il prodotto fra la pericolosità  $H_g$  dei fenomeni di dissesto, la presenza sul territorio di elementi a rischio E e la loro vulnerabilità V.

$$R_g = H_g EV$$

Nelle tabelle che seguono sono descritte e quantificate le classi di rischio idraulico e di frana:

| Rischio idraulico |               |        | Descrizione degli effetti   |
|-------------------|---------------|--------|---|
| Classe            | Intensità     | Valore |   |
| R <sub>1</sub>    | Moderato      | 0.002  | Danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali.  |
| R <sub>2</sub>    | Medio         | 0.005  | Sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.  |
| R <sub>3</sub>    | Elevato       | 0.01   | Sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale. |
| R <sub>4</sub>    | Molto elevato | 0.02   | Sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio-economiche.   |

**Tabella 1 - Descrizione delle classi di rischio idraulico e loro quantificazione.**

E' necessario mettere in evidenza che i livelli che quantificano le classi di rischio (0.02, 0.01, 0.005, 0.002), previsti dal decreto del Consiglio dei Ministri del 29/09/98, corrispondono a periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni, mentre è noto che le opere d'arte vengono progettate con tempi di ritorno di 50 anni per gli attraversamenti minori e di 100 anni per i più importanti. Da ciò si deduce che spesso le opere risultano sottodimensionate rispetto alla pericolosità dell'evento.

| Rischio di frana |               |        | Descrizione degli effetti   |
|------------------|---------------|--------|---|
| Classe           | Intensità     | Valore |   |
| R <sub>g1</sub>  | Moderato      | 0.25   | Danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali.  |
| R <sub>g2</sub>  | Medio         | 0.50   | Sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.  |
| R <sub>g3</sub>  | Elevato       | 0.75   | Sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale. |
| R <sub>g4</sub>  | Molto elevato | 1.00   | Sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio-economiche.   |

**Tabella 2 - Descrizione delle classi di rischio di frana e loro quantificazione.**

Il lavoro ha portato alla individuazione delle principali cause di pericolosità idraulica e di frana. Dall'analisi dei singoli casi è emerso che le cause principali di esondazione sono da imputarsi all'interazione fra infrastrutture di trasporto e reticolo idrografico, unitamente alla scarsa manutenzione fluviale e alla urbanizzazione in aree golenali. Infatti, come si osserva dalla tabella 3, su 775 casi di pericolosità, oltre la metà delle cause è da ascrivere a insufficienza della luce libera sotto i ponti.

| Cause di pericolosità idraulica            | Casi | percentuale |
|--|------|-------------|
| Ponti stradali                             | 255  | 33%         |
| Ponti ferroviari                           | 7    | 1%          |
| Urbanizzazione in aree golenali            | 77   | 10%         |
| Scarsa manutenzione fluviale               | 172  | 22%         |
| Opera in difesa in dissesto                | 23   | 3%          |
| Insufficienza/assenza dell'opera di difesa | 80   | 10%         |

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| Insufficienza sezione trasversale         | 79  | 10% |
| Interrimento sezione alleata              | 45  | 6%  |
| Insufficienza fognature urbane            | 16  | 2%  |
| Urbanizzazione entro impluvi non regimati | 5   | 1%  |
| Altro                                     | 16  | 2%  |
| Totale                                    | 755 |     |

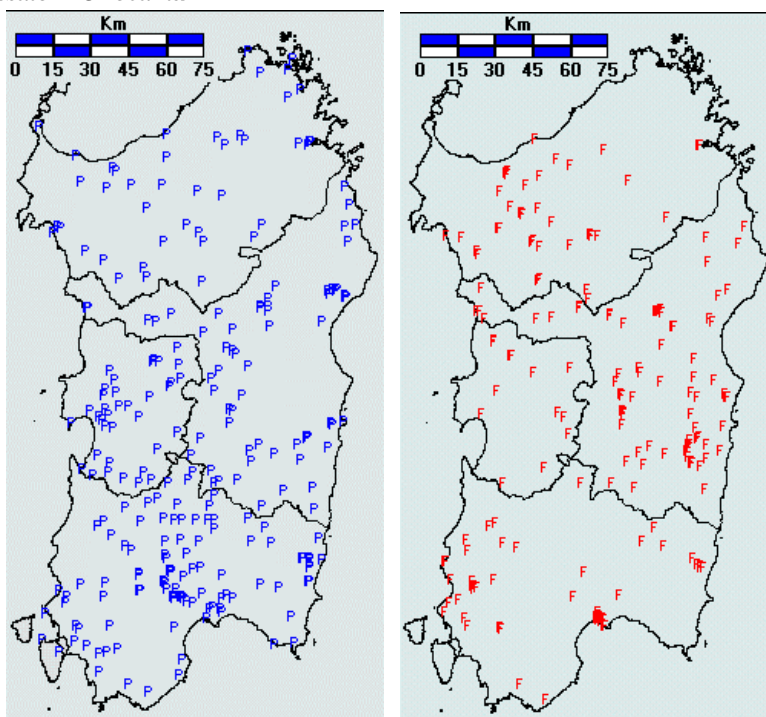
**Tabella 3 - Cause di pericolosità idraulica**

Per quanto riguarda le cause di pericolosità di frana esse sono da imputarsi innanzitutto alle condizioni fisico-strutturali del materiale in secondo luogo alle precipitazioni, ancora agli interventi antropici, agli incendi e infine alle erosioni al piede (ved. tabella 4).

| Causa di pericolosità geologica             | Casi | percentuale |
|---|------|-------------|
| Precipitazione                              | 160  | 29 %        |
| Erosione al piede                           | 11   | 2 %         |
| Condizioni fisico-strutturali del materiale | 249  | 45 %        |
| Azioni antropiche (scavi, vibrazioni, etc)  | 99   | 18 %        |
| Incendio                                    | 33   | 6 %         |
| Totale                                      | 552  |             |

**Tabella 4 - Cause di pericolosità geologica**

Nell'ambito del progetto AVI (Aree Vulnerate Italiane da frane ed inondazioni), il Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (G.N.D.C.I.) ha censito le piene e le alluvioni nell'arco di tempo dal 1918 al 1998 e ha redatto per ciascuna regione italiana una mappa rappresentativa delle zone interessate da eventi di frana e alluvioni (vedi fig. 2). Per quanto riguarda la Regione Sardegna sono stati rilevati 218 eventi di frana che hanno colpito 180 località, mentre gli eventi di piena sono stati 836 e hanno interessato 245 località.



**Figura 2 - Mappe delle località colpite dalle piene (P) e dalle frane (F).**

Oltre alle mappe riportate nelle due figure precedenti, sono messe a disposizione in rete, le schede relative agli eventi alluvionali e franosi che hanno colpito le diverse località dell'isola.

### **3. I DISSESTI IDROGEOLOGICI E LE INTERAZIONI CON LA RETE VIARIA DELLA SARDEGNA.**

Nella memoria si riportano gli eventi maggiormente significativi che hanno interessato le infrastrutture viarie con l'intenzione di rappresentare il dissesto, i danni e infine indicare le modalità di intervento, nell'ambito di una corretta progettazione, per limitare, ed anche annullare, i danni provocati.

Nella figura 3 sono rappresentate le località prese come esempi:

- comune di Ittiri, nella provincia di Sassari;
- comune di Gairo, Osini e di Escalaplano nella provincia di Nuoro;
- comune di San Vito e San Priamo, di Capoterra, e di Barrali nella provincia di Cagliari.



**Figura 3 - Località colpite da dissesti prese in esame**

#### **3.1 Ittiri**

Nel 1998, a seguito di una precipitazione notturna, peraltro neanche particolarmente intensa, si è verificato il collasso del corpo stradale della strada provinciale che collega l'abitato di Ittiri con Florinas.

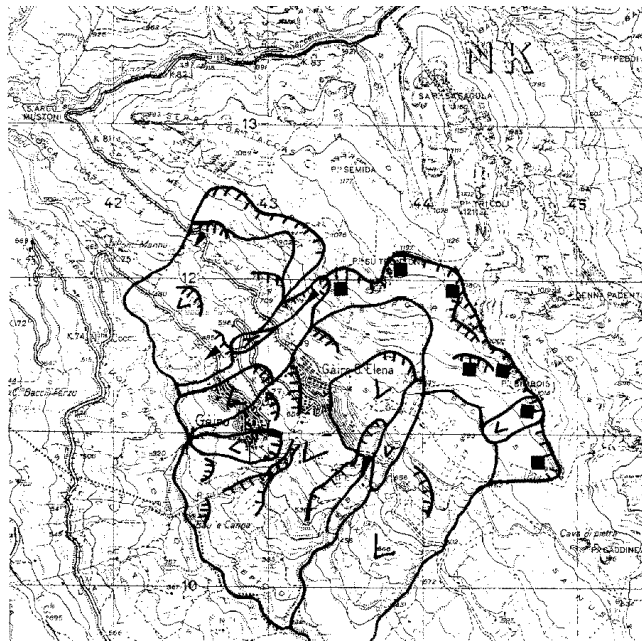
Le conseguenze dell'accaduto sono visibili nella figura 4. Dall'analisi sul luogo è emerso che la strada a mezzacosta è stata realizzata su un pendio particolarmente acclive e con materiali argillosi. Non si sono rilevati interventi di bonifica su tali terre scadenti e neanche la presenza di dreni di umidità. Ancora, si è notata la totale assenza di cunette a monte dell'infrastruttura. Alla luce di questi aspetti, si è pensato che in seguito alla precipitazione, l'acqua sia penetrata al di sotto della sovrastruttura e abbia interessato il terreno di fondazione dell'infrastruttura fluidificandolo e dando luogo al cedimento. La raccomandazione che viene suggerita da questo caso è ancora quella di evitare i terreni argillosi [6], [7], di provvedere eventualmente ad una loro bonifica e proteggerli dall'acqua con appropriati drenaggi e opere idrauliche a salvaguardia del solido stradale [8], [9].



**Figura 4 - Ittiri: Collasso della strada provinciale Ittiri-Florinas.**

### 3.2 Gairo

Il comune di Gairo è stato interessato da diversi fenomeni franosi che, in particolare, negli anni 1969, 1980, 1987 e 1991 hanno interessato la S.S. n°198 che collega il paese con il centro abitato di Lanusei. La figura 5 (ripresa dall'archivio storico AVI) rappresenta il fronte di frana.



**Figura 5 - Gairo: Fronte di frana.**



La causa principale che ha causato le frane è da ricercarsi nella geologia e morfologia della zona: essa è infatti costituita da un complesso di scisti arenacei e argilloscisti siluriani e la giacitura è a franapoggio con pendenza elevata. Talvolta, in affioramento, tali scisti sono ricoperti da livelli argillosi e da detriti di falda in ammassi caotici. La parte superficiale ed alterata degli scisti permette l'infiltrazione delle acque meteoriche e di ruscellamento superficiale negli strati più profondi, praticamente impermeabili, si da innescare fenomeni di argillificazione e lubrificazione, con conseguente scivolamento, lungo la superficie di contatto fra scisti superficiali e profondi.

Nella figura 6 è evidente la scarpata in frana e le misure di protezione alla infrastruttura costituite da muri di sostegno in calcestruzzo armato e reti di contenimento contro la caduta massi [10], [11].



**Figura 6 - S.S. n° 198 Gairo-Lanusei.**

### 3.3 Osini

Il comune è stato oggetto di diversi fenomeni franosi censiti a partire dal 1951. Nel 1953 risulta inagibile la strada che collega Osini con Gairo in seguito ad una frana che ha danneggiato gravemente l'infrastruttura. Negli anni 1951 e 1956 l'abitato risulta isolato da diverse frane che sono sopraggiunte nel territorio comunale in seguito a eventi meteorici eccezionali che hanno peraltro aumentato le portate delle falde sotterranee determinando il sollevamento delle superfici freatiche. L'evento si ripete nel 1967 a ridosso dell'abitato. Il fronte di frana, come è evidente dalla figura 7, è piuttosto esteso, a causa della idrogeologia della zona. Per far fronte a questa situazione ad alto rischio (esiste un decreto di trasferimento dell'abitato datato 1952) sono stati effettuati interventi di canalizzazione, gradonature, muri a gravità, gabbionate e un canale di guardia per le acque di corrivazione a monte dell'abitato. Evidentemente l'errore in questo caso sta a monte: nella assenza o non osservanza di un attento Piano Territoriale che avrebbe dovuto impedire, se non la realizzazione, ma almeno lo sviluppo di un centro abitato in una zona così instabile e problematica [12].



**Figura 7 - Osini: Fronte di frana e gabbionate sulla S.P. n°11**

### 3.4 Escalaplano.

Nel novembre 1984 la Strada Provinciale n°22 Ballao-lim. Ecalaplano è stata investita da un cedimento delle scarpate conseguente all'apertura del solido stradale in trincea (ved. fig. 8) il fatto ha comportato l'interruzione al traffico.

I fenomeni franosi, classificabili come fenomeni di scivolamento, hanno interessato la zona superficiale di affioramenti di argilloscisti e scisti. L'apertura della trincea ha evidentemente alterato i già delicati equilibri meccanici, incrementando gli sforzi alla base dell'ammasso terroso incoerente. Ne è derivato il collasso della scarpata che ha gradualmente coinvolto la soprastante copertura colluviale. Una componente importante del dissesto è rappresentata dalle sovrappressioni interstiziali, causate dalla presenza dell'acqua di infiltrazione [13].

L'evento, successivamente, si è ripetuto nel 1992, la cause sono ancora da ascrivere a processi erosivi, di filtrazione e saturazione, processi che si sono innescati grazie a fattori predisponenti quali alterazione, fatturazione e giacitura degli strati geologici.



**Figura 8 - Frana lungo la scarpata di trincea della S.P.n°22**

### 3.5 San Priamo

Le zone maggiormente interessate da fenomeni alluvionali sono da ricercarsi nel sud dell'isola. Un'area frequentemente colpita da questi eventi è l'area attraversata dalla S.S. n°125 che nell'inverno del 1993 ha subito gravi danni alla viabilità in conseguenza delle precipitazioni meteoriche di intensità eccezionale. Nella figura che segue mostra un tratto di scarpata in frana.



**Figura 9 - Frana lungo la scarpata della S.S.n°125**

Lungo l'intera zona si scorgono vari solchi aperti dallo scolo delle acque che minacciano di formare una serie di valloni anticipando lo scoscendimento dell'intera scarpata. Gli strati superficiali, per effetto dell'acqua dilavante colando allo strato plastico, hanno asportato in parte la vegetazione spontanea. Come è visibile dalle figure di seguito riportate l'azione impetuosa dell'acqua ha provocato ingenti danni alle infrastrutture viarie determinando lesioni importanti e crolli nei ponti.

La figura 11 mostra, inoltre, una gabbionata danneggiata dalla frana della scarpata; è evidente come è stata traslata e scalzata dalla posizione originaria adattandosi alle deformazioni del terreno in movimento.



**Figura 10 - S.S. n°125, Ponte crollato in seguito all'azione dirompente dell'acqua**



**Figura 11 - S.S. n°125 crollo della spalla laterale del ponte e gabbionate danneggiate dalla frana**

La stessa area nel Novembre 1999 è stata oggetto di un nuovo evento alluvionale che ha messo in evidenza la superficialità di analisi e progettazione degli interventi di recupero. Nella figura 12 sono evidenziati i danni causati dall'alluvione del 1999 nel tratto di strada in prossimità del ponte già riportato in figura 10. E' possibile notare come le gabbionate di protezione del piede del rilevato siano state completamente ribaltate a causa dello scalzamento indotto dalla vena fluida. E' importante osservare nella figura 12 b come sia manifesto l'insufficiente affondamento della prima fila di gabbioni, semplicemente posata sul piano di campagna.



**Figura 12 - S.S. n°125: ribaltamento ed errata realizzazione delle gabbionate**

Inoltre nella figura 13 si nota come alcuni interventi strutturali di rinforzo delle fondazioni dei ponti con zatteroni di rinfianco su paratie di micropali, anche se efficienti dal punto di vista prettamente strutturale, non sono stati sufficientemente studiati da un punto di vista idrologico e geotecnico. Infatti la soluzione adottata ha notevolmente ristretto la sezione idraulica dell'attraversamento, creando un vero e proprio tubo di Venturi che ha provocato un considerevole aumento della velocità dell'acqua e di conseguenza fenomeni erosivi e di scalzamento.



**Figura 13-S.S. n°125: problemi di scalzamento dovuti alla riduzione della sezione idraulica**

### 3.6 San Vito

L'ultima alluvione del novembre 1999 ha gravemente danneggiato la S.S. n°387 al Km 84+100 dando luogo a fenomeni franosi. Come mostrano le immagini riportate in figura 14, la frana ha interessato la scarpata a monte, e si è verificato lo scoscendimento del terreno fino ad invadere la piattaforma stradale e lesionando seriamente l'intero solido. L'intervento di sistemazione ha previsto la realizzazione di opere di contenimento per mezzo di gabbionate, facilmente adattabili e di facile ripristino in caso di perdita di funzionalità.



**Figura 14 - S.S. n°387: frana lungo la scarpata di monte e intervento con gabbionate.**

### 3.7 Capoterra

L'alluvione del novembre 1999 ha colpito principalmente la zona meridionale dell'isola. Diversi centri abitati sono stati interessati dell'evento: i comuni di Capoterra, di Assemini, Uta e Barrali hanno registrato ingenti danni.

La figura 15 mostra i rilievi che circondano il centro abitato di Capoterra: essi costituiscono un bacino imbrifero la cui linea di compluvio corrisponde con la strada comunale realizzata in prossimità del cimitero. Gli effetti di tale scelta sono visibili nell'immagine seguente: l'acqua proveniente dalle montagne si è convogliata sulla strada, seguendo il suo naturale percorso, ed è poi penetrata negli strati più profondi della sovrastruttura, probabilmente a causa della discontinuità rappresentata dal tombino e da un sistema di drenaggio inesistente. L'acqua incanalatasi nello strato di fondazione è entrata in sovrappressione determinando un rigonfiamento della infrastruttura e il suo successivo cedimento. Inoltre la pressione dell'acqua ha portato in superficie il materiale lapideo di diversa pezzatura dallo strato più profondo della fondazione determinando piccoli rilievi e rigonfiamenti.



**Figura 15 - Bacino imbrifero del Comune di Capoterra**



**Figura 16 - Strada comunale che conduce al cimitero di Capoterra.**

Ancora sulla strada che collega Capoterra con la località di Santa Lucia, si sono rilevati gravi dissesti dovuti alla assenza di adeguate opere idrauliche. La figura 17 denota il grave ammaloramento della infrastruttura: l'acqua ha eroso la scarpata di scavo,

l'assenza delle cunette ha determinato l'infiltrazione dell'acqua al di sotto della pavimentazione con le conseguenze visibili.



**Figura 17 - Strada comunale tra Capoterra e Santa Lucia**

Lungo la stessa strada una buona parte del rilevato è stata portata via dall'acqua. Il fenomeno si è verificato in prossimità di un tombino che evidentemente non è riuscito a smaltire la portata proveniente da monte. Al momento del sopralluogo il rilevato era appena stato ricostruito (ved.fig.18) ma le tracce dell'avvenuto passaggio dell'acqua sono evidenti nelle due immagini che seguono. In particolare nella seconda immagine si evince che l'acqua ha cercato di ripercorrere il suo cammino originario.



**Figura 18 - Rilevato ricostruito sulla strada Capoterra-Santa Lucia**

### **3.8 Barrali**

La figura 19 riprende un tratto della S.S. n°128 nelle vicinanze del comune di Barrali dopo le alluvioni del Novembre 1999. In seguito alla intensa precipitazione la zona è stata completamente allagata, l'infrastruttura è stata pesantemente danneggiata dall'acqua che, non trovando un passaggio sufficiente attraverso il tombino, ha scavalcato la strada percolando lungo il profilo della banchina e andando a scalzare il terreno di fondazione della stessa. Quest'ultima, realizzata in calcestruzzo, mancando l'appoggio sottostante, ha funzionato come una mensola, e, non essendo dimensionata come tale, ha collassato. La forza dell'acqua è stata di tale intensità da spostare di alcuni metri gli elementi in cui si è divisa la banchina.

Al di là dell'entità eccezionale dell'evento, si è potuto constatare che il tombino è stato realizzato con due tubi affiancati: esso perciò risulta maggiormente ostruibile

rispetto ad un tombino ad unica canna pur smaltendo la stessa portata. Inoltre si è notato che sull'opera d'arte gli interventi di manutenzione ordinaria sono stati completamente assenti: dalla stessa fotografia si può rilevare l'esatta posizione del tombino grazie alla presenza di robusti arbusti che sono stati lasciati crescere ad ostruire l'imboccatura dell'opera idraulica.



**Figura 19 - S.S.n°128 cedimento della banchina in prossimità di Barrali.**

E' inoltre da segnalare il non idoneo impiego di strutture rigide in cls per la realizzazione di opere marginali sul rilevato. A tal proposito si ritiene idoneo l'impiego di strutture flessibili in terra armata e non, o in gabbioni. Si segnala la grave assenza di opere di deflusso dell'acqua dalle cunette, quali embrici opportunamente diffusi, che possano convogliare l'acqua lontano dalla piattaforma stradale e dal solido stradale stesso.

#### **4. CONCLUSIONI.**

Da questa panoramica sui dissesti idrogeologici avvenuti nella Regione e sull'interazione con le infrastrutture viarie è possibile ricavare alcune importanti conclusioni e indicazioni progettuali rivolti alla difesa dell'opera e alla salvaguardia del territorio attraversato.

- Innanzitutto, ancora una volta, si ribadisce il concetto di evitare che l'infrastruttura attraversi terreni argillosi e limosi o particolarmente difficili da un punto di vista morfologico-idrogeologico-geotecnico.
- Qualora non sia accettabile un'alternativa di tracciato, e si debbano realizzare rilevati, forzatamente adagiati su terreni insicuri, con caratteristiche geotecniche incerte, è necessario cercare di ridurre il più possibile le altezze, e le inclinazioni delle scarpate devono essere lievi. In caso di alti rilevati si può intervenire con terrazzamenti larghi in modo tale che il carico sia ripartito su una superficie maggiore.
- Dallo studio idraulico e idrogeologico del progetto definitivo si dovrebbero individuare i bacini imbriferi e quindi le aree nelle quali le acque meteoriche vanno a raccogliersi: è intuibile che una strada realizzata lungo la linea di compluvio è da evitarsi; essa, per quanto possa essere ben realizzata, si ritroverebbe spesso allagata durante periodi di accentuata piovosità.
- Lo smaltimento delle acque superficiali o meteoriche dalla piattaforma stradale deve essere sollecito ed immediato. In tal modo si evitano ammaloramenti e si raggiungono rilevanti economie di manutenzione immediate e successive.
- Il prosciugamento del corpo stradale deve essere costante onde impedire che le acque meteoriche, non evaporate o stagnanti provenienti da trincee o scarpate e non evacuate dalle cunette, ammalorino o rammolliscano il sottofondo. E'

opportuno tenere sempre presente che la capacità portante di una sovrastruttura diminuisce col crescere dell'umidità contenuta.

- La capacità dimensionale delle cunette, dei tubolari fognanti, delle opere d'arte etc., deve essere in rapporto all'evento critico che si verifica nel bacino imbrifero in un dato tempo di ritorno.
- Per quanto riguarda le banchine è preferibile che, nei rilevati, esse non vengano realizzate in calcestruzzo ma in materiale che ne consenta l'adattamento ai cedimenti della scarpata.
- Nella costruzione dei tubi di scarico, a tergo dei muri di sostegno, è indispensabile la realizzazione di un letto di magrone tale da facilitare la raccolta e il rapido smaltimento delle acque intercettate dal dreno. In caso contrario, si potrebbe verificare un insufficiente smaltimento delle acque, con conseguente infiltrazione sotto il piano di fondazione del muro e plasticizzazione dei terreni a matrice limo-argillosa.
- E' opportuno che siano mantenute costantemente pulite le feritoie da terre, piante, foglie e da qualunque materiale estraneo. A tergo delle feritoie va installata sempre qualche pietra più grossa per evitare che la terra penetri fra gli interspazi più minuti e ne ostruisca la luce del foro che non deve mai essere inferiore a 15 cm.
- E' opportuno dimensionare con adeguato coefficiente di sicurezza, da valutarsi caso per caso, i fossi di guardia e di raccolta alla base dei rilevati, sulla sommità delle scarpate di trincea e sui banchettoni intermedi.
- L'ubicazione dei vari tombini deve seguire il regolare deflusso originale delle acque, onde evitare mutamenti di direzione, angoli irregolari, variazioni di velocità, ingorghi e conseguenti pressioni alle sponde e corrosioni alle basi.
- Per quanto possibile si devono evitare, in corrispondenza degli attraversamenti, bruschi cambiamenti della sezione idraulica, ad esempio passaggio repentino da sezione trapezia a sezione circolare.
- La quota di ubicazione della parte a monte del tombino deve essere più alta di quella di sbocco e tale da poter trasportare i materiali che dovessero depositarsi nella canna.
- E' preferibile impiegare tombini ad un'unica canna piuttosto che a canne affiancate in quanto queste ultime, pur smaltendo la stessa portata, sono facilmente ostruibili.
- La base del tombino (platea) deve essere sempre ad arco rovescio onde evitare depositi, insabbiamenti ai margini e raccogliere al centro qualsiasi materiale.
- Occorre ricordare che i drenaggi sono i regolatori della vita del terreno: l'azione del drenaggio abbassa il livello della falda e riduce la possibile risalita capillare che diventa maggiore nei terreni porosi, mentre diminuisce in quelli argillosi, in cui l'afflusso dell'acqua per gravità è molto rallentato;
- L'andamento planimetrico dei drenaggi deve circondare il movimento franoso. La rete principale di drenaggio deve essere indipendente e di corrispondente capacità per lo smaltimento delle acque di drenaggio.
- Qualunque opera drenante va posta sotto la quota della falda acquifera e deve essere fornita da elementi di ispezione di dimensione proporzionata;
- In terreni di elevata azione capillare la quota di base dei tubi deve essere approfondita maggiormente.



Un'ultima osservazione appare importante: alla luce del ripetersi, negli ultimi anni e con una certa frequenza, dei fenomeni di piena e dei conseguenti crolli delle opere d'arte stradali, probabilmente sarebbe opportuno rivedere i tempi di ritorno dell'evento normale sulla base del quale vengono dimensionati ponti, ponticelli e viadotti.

## BIBLIOGRAFIA

- [1]. M. Benedini, G. Gisotti, "Il dissesto idrogeologico: cause, effetti e interventi a difesa del suolo" La Nuova Italia Scientifica, Urbino 1987.
- [2]. "Istruzioni per la redazione dei progetti di strade" Bollettino Ufficiale del CNR n°77 del 5 maggio 1980
- [3]. "Legge Quadro" n°109 del 1994 e successive modificazioni: Merloni Bis n°216 del 1995 e Merloni ter n°415 del 1998;
- [4]. Regolamento di Attuazione D.P.R. n°554 del 21/12/1999.
- [5]. Relazione generale sull'"Attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia" a cura del gruppo di coordinamento: Dott. Geol. Daria Rovera, prof. ing. Marco Mancini, prof. ing. Marco Salis; Febbraio 2001;
- [6]. P. Ferrari, F. Giannini, "Corpo stradale e pavimentazioni" vol. II, ISEDI, Torino 1996.
- [7]. G. Tesoriere, "Strade Ferrovie Aeroporti – Opere in terra e soprastrutture" vol.II, UTET, Palermo 1984.
- [8]. F. Maltinti, S. Portas, F. Annunziata, "Soluzioni progettuali per il ripristino delle condizioni idrogeologiche preesistenti alla costruzione di un rilevato stradale" Atti X Convegno S.I.I.V., Catania 26-28 ottobre 2000;
- [9]. M. Coni, F. Maltinti, A. Saba, S. Portas, F. Annunziata,, "Analisi numerica sulle modificazioni idrogeologiche conseguenti alla realizzazione del corpo stradale" Atti convegno S.I.I.V., Milano 19-20 ottobre 1998.
- [10]. Eusebio, E. Rabbi, " Rischio geologico e protezione delle infrastrutture", Le Strade n°1345, Dicembre '98.
- [11]. A.Pellegrino, "Interventi di stabilizzazione dei pendii", CISM, Udine 1997.
- [12]. M. Panizza, "Geomorfologia applicata. Metodi di applicazione alla pianificazione territoriale e alla valutazione dell'impatto ambientale". Pitagora. Bologna 1995
- [13]. M.Coni, F.Maltinti, S.Mameli, "Infrastrutture Viarie e Dissesti del Territorio. Simulazione FEM della Stabilità del solido Stradale in Trincea", Convegno Nazionale "Ambiente e Infrastrutture" INFRAVIA, Verona, 9-12 maggio 2000.