

COMUNE DI NURRI

Provincia di Cagliari

**PROCEDURA DI VARIANTE E AGGIORNAMENTO DEL PIANO  
STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)  
DELLA REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

*RIPERIMETRAZIONE DELLE AREE A RISCHIO FRANA  
NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI NURRI*

**RELAZIONE**

MAGGIO 2008

*I PROFESSIONISTI ASSOCIATI*

**Dr. Ing. MAURIZIO LECCA**

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cagliari n. 4698  
08035 – NURRI – Via Casula,13 - Tel. 3494964051

**Dr. Geol. Gian Luca PIRAS**

Geologi Regione Sardegna n. 266  
09030 - ELMAS (CA) - Via Asfodelo, 10 - tel. 070-215140

*I COLLABORATORI*

**Dr. Geol. Cataldo CANNILLO**

Ordine dei Geologi Regione Sardegna n. 209  
09134 - CAGLIARI - Via Dei Grilli, 3 - tel. 070-506982

## INDICE

<i>ELENCO DEGLI ELABORATI GRAFICI</i>	pag. 3
<i>NOTE SUL SUPPORTO INFORMATICO</i>	pag. 3
1 - PREMESSA	pag. 4
1.1 - IL QUADRO NORMATIVO	pag. 5
2 - RIPERIMETRAZIONE DELLE AREE SOGGETTE A PERICOLOSITÀ FRANOSA E A RISCHIO DI FRANA	pag. 7
2.1 - LO STATO DEL DISSESTO FRANOSO SECONDO LA PERIMETRAZIONE DEL PAI (REVISIONE 2004 - AGGIORNAMENTO CARTOGRAFIA 2002)	pag. 7
2.1.1 - LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI DELLA ZONA	pag. 8
2.1.2 - DISSESTI IN ATTO E POTENZIALI E LORO TENDENZA EVOLUTIVA	pag. 9
2.2 - RICLASSIFICAZIONE DEL DISSESTO FRANOSO PRESSO L'ABITATO DI NURRI	pag. 11
2.2.1 - MOTIVI DELLA RIPERIMETRAZIONE DEL DISSESTO FRANOSO	pag. 11
2.2.2 - LA METODOLOGIA ADOTTATA	pag. 12
2.2.3 - LA CARTA GEOLITOLOGICA	pag. 15
2.2.3.1 - CARATTERI GEOLOGICI GENERALI DEL SETTORE	pag. 15
2.2.3.2 - LITOLOGIA E STRATIGRAFIA DELL'AREA INTERESSATA DAL DISSESTO FRANOSO	pag. 18
2.2.3.3 - TETTONICA	pag. 19
2.2.3.4 - SCHEMA DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERFICIALE E SOTTERRANEA	pag. 20
2.2.4 - LA CARTA DELLE ACCLIVITÀ	pag. 21
2.2.5 - LA CARTA DELL'USO DEL SUOLO	pag. 22
2.2.6 - LA CARTA DELL'ESPOSIZIONE DEI VERSANTI	pag. 23
2.2.7 - LA CARTA DEI FENOMENI FRANOSI E DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE DEI VERSANTI	pag. 24
2.2.8 - ATTRIBUZIONE DEI PESI SECONDO LE LINEE GUIDA DEL PAI	pag. 25
2.3 - PERICOLOSITÀ PER FRANA E PERIMETRAZIONE DELLE AREE A RISCHIO NEL CENTRO ABITATO DI NURRI	pag. 28
2.3.1 - LA CARTA DEGLI ELEMENTI A RISCHIO ALLA SCALA DEL PAI (VULNERABILITÀ DA FRANA)	pag. 28
2.3.2 - LA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ PER FRANA ALLA SCALA DEL PAI	pag. 30
2.3.3 - LA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ PER FRANA ALLA SCALA DEL PIANO URBANISTICO COMUNALE	pag. 32
2.3.4 - LA CARTA DEL RISCHIO DI FRANA ALLA SCALA DEL PAI	pag. 33
2.3.5 - LA CARTA DEL RISCHIO DI FRANA ALLA SCALA DEL PIANO URBANISTICO COMUNALE	pag. 34
2.4 - OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO FRANOSO	pag. 35
2.4.1 - CARATTERISTICHE GEOLOGICO-TECNICHE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI FRANOSI	pag. 35
2.4.2 - PROPOSTE DI INTERVENTO	pag. 36
3 - CONCLUSIONI	pag. 38
<i>BIBLIOGRAFIA</i>	pag. 39
<i>ALLEGATI</i>	pag. 40

ELENCO DEGLI ELABORATI GRAFICI

	<b>TAVOLA</b>	<b>RIFERIMENTO</b>	<b>SCALA</b>
TAV. 01	CARTA GEOLITOLOGICA	AREA VASTA ABITATO DI NURRI	1 : 10.000
TAV. 02	CARTA DELLE ACCLIVITÀ	AREA VASTA ABITATO DI NURRI	1 : 10.000
TAV. 03	CARTA DELL'USO DEL SUOLO	AREA VASTA ABITATO DI NURRI	1 : 10.000
TAV. 04	CARTA DELL'ESPOSIZIONE DEI VERSANTI	AREA VASTA ABITATO DI NURRI	1 : 10.000
TAV. 05	CARTA DEI FENOMENI FRANOSI E DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE DEI VERSANTI	AREA VASTA ABITATO DI NURRI	1 : 10.000
TAV. 06	CARTA DEGLI ELEMENTI A RISCHIO ALLA SCALA DEL PAI (VULNERABILITÀ DA FRANA)	AREA VASTA ABITATO DI NURRI	1 : 10.000
TAV. 07	CARTA DELLA PERICOLOSITÀ PER FRANA ALLA SCALA DEL PAI	AREA VASTA ABITATO DI NURRI	1 : 10.000
TAV. 08	CARTA DELLA PERICOLOSITÀ PER FRANA ALLA SCALA DEL PIANO URBANISTICO COMUNALE	ABITATO DI NURRI	1 : 2.000
TAV. 09	CARTA DEL RISCHIO DI FRANA ALLA SCALA DEL PAI	AREA VASTA ABITATO DI NURRI	1 : 10.000
TAV. 10	CARTA DEL RISCHIO DI FRANA ALLA SCALA DEL PIANO URBANISTICO COMUNALE	ABITATO DI NURRI	1 : 2.000

NOTE SUL SUPPORTO INFORMATICO

Il CD allegato contiene i files di elaborazione cartografica in formato .mxd, ciascuno dei quali fa riferimento a shape, files CAD, files raster, contenuti rispettivamente nelle sotto-directories denominate "SHP", "DWG", "Raster".

Inoltre, viene fornito per ciascuno shape il relativo layer contenente gli stessi attributi grafici utilizzati nella cartografia.

Tutta la cartografia realizzata è fornita anche in formato .pdf.

1 - PREMESSA

Il Comune di Nurri è stato inserito nell'elenco dei comuni soggetti alla perimetrazione del PAI regionale, essendo interessato da condizioni di pericolosità e rischio di frana relativamente a diverse aree del territorio comunale e parte dell'abitato.

**Il presente studio ha due finalità, perseguite in maniera contestuale:**

**1) la definizione delle perimetrazioni del P.A.I. e delle relative opere di mitigazione del rischio, in ambito urbano ed alla scala dello strumento urbanistico, ai sensi dell'Art. 4 comma 5 delle Norme di Attuazione del PAI e della Delib. n. 62/20 del 27-12-2005, R.A.S;**

**2) la procedura di variante e aggiornamento del PAI, ai sensi dell'Art. 37 delle Norme di Attuazione, rendendosi necessaria la modifica di alcuni perimetri e classi di pericolosità e rischio di frana di singole aree, essendo intervenute alcune modificazioni, sia del rischio sia della pericolosità, e sussistendo condizioni di fatto che danno titolo ad una istanza di variante da parte dell'Amministrazione comunale di Nurri.**

Lo studio eseguito, dal punto di vista metodologico, è stato uniformato alle "Linee Guida" del PAI (REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA, 2000) nonché al Disciplinare Tecnico allegato alla Determinazione Servizio Difesa del Suolo n. 1859 del 30-12-2005. Sono stati inoltre utilizzati dati ed elaborati tecnici derivati da altri studi di dettaglio e indagini geologiche, precedentemente eseguiti dagli stessi relatori del presente lavoro nel territorio di Nurri, per conto dell'Amministrazione comunale.

Dal punto di vista geologico, la regione è cartografata nel F° 218 "Isili" in scala 1:100.000 della Carta Geologica d'Italia.

Nella cartografia topografica I.G.M.I in scala 1:25.000 l'area di interesse ricade nel Foglio 540 "Mandas" sezione I Nurri.

Nella cartografia tecnica regionale numerica (CTRN) l'area di interesse ricade nelle sezioni 540070, 54080, 540110, 540120. La base topografica utilizzata per gli elaborati cartografici (Tavv. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9) è lo stesso 1:10.000 numerico regionale (CTRN), con alcuni dettagli in scala 1:2.000 su base aerofotogrammetrica di proprietà del Comune di Nurri (Tavv. 8, 10).

Nelle Carte è stato scelto un contorno cartografico di inquadramento più ampio di quello utilizzato nella prima stesura del PAI.

Le Carte riportate alla scala del Piano Urbanistico Comunale, in scala 1:2.000, sono sovrapposte alla versione del PUC approvata dal Comune di Nurri (2001). Una volta ultimata la procedura di variante del PAI sarà cura dell'Amministrazione comunale procedere ad un'eventuale modifica delle perimetrazioni del Piano Urbanistico Comunale che dovesse rendersi necessaria per l'adeguamento al PAI.

## 1.1 - IL QUADRO NORMATIVO

La Regione Autonoma della Sardegna, con Delibera della Giunta Regionale n° 54/33 del 30-12-2004, ha adottato il “Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.). Detta delibera è stata resa esecutiva con D. A. LL.PP. n° 3 del 21-02-2005, pubblicato sul BURAS n° 8 del 11-03-2005. Pertanto da tale data il PAI, come sopra approvato, opera sul territorio offrendo una prima analisi del dissesto idrogeologico in Sardegna, individuando in linea generale le opere di mitigazione del rischio da realizzare ed attuando una azione di prevenzione finalizzata ad evitare il formarsi di nuove situazioni di rischio.

La Giunta Regionale, in qualità di Comitato Istituzionale, ha approvato il “Piano” limitatamente alle perimetrazioni delle aree pericolose (H4,H3,H2) e a rischio (R4,R3,R2), agli interventi volti alla mitigazione del rischio e della pericolosità ed agli articoli 4 (commi da 2 a 15), 23, 24, 25, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 37 delle relative “Norme di Attuazione” (Giugno, 2003), che costituiscono *norme di salvaguardia* nelle aree a pericolosità molto elevata, elevata e media. Dette Norme di Attuazione sono state modificate ed integrate con nuovi articoli ed “errata corrige” dalla recente Delibera n. 17/14 del 26-04-2006.

Il PAI, in relazione alle sue stesse caratteristiche di “piano-processo”, necessita di un continuo aggiornamento del quadro dei dissesti, non solo per le continue mutazioni che avvengono nell’ambito dei processi evolutivi naturali posti alla base dei dissesti medesimi, ma anche in adeguamento alla realizzazione di interventi specifici di sistemazione volti al superamento di situazioni di rischio idrogeologico che gli Enti Territoriali (Comuni, Province, ecc.) attuano in tutto il territorio regionale. Gli stessi Enti territoriali interessati dalle perimetrazioni del PAI, già chiamati ad esprimere il proprio parere sul Piano in sede di Conferenze programmatiche preliminari alla prima adozione, sono dunque coinvolti direttamente anche nell’aggiornamento continuo del quadro dei dissesti e della loro mappatura.

In particolare, le norme di attuazione del PAI, all’art. 4 comma 5, dispongono che, dalla data di pubblicazione sul BURAS del sopraccitato decreto di esecutività D. A. LL.PP. n° 3 del 21-02-2005, i comuni e le Amministrazioni interessate provvedano a riportare prioritariamente i perimetri delle aree a rischio R4, R3, R2 e delle aree pericolose H4, H3, H2 alla scala grafica dello strumento urbanistico vigente e ad adeguarne contestualmente le relative norme di attuazione.

Con la Deliberazione n. 62/20 del 27-12-2005 la Regione Autonoma della Sardegna, su proposta dell’Assessorato dei lavori pubblici, ha provveduto alla ripartizione di contributi finanziari, destinati ai comuni, per la predisposizione di studi necessari per la definizione delle

Procedura di variante del P.A.I. - Riperimetrazione delle aree a rischio frana nel territorio del Comune di Nurri (CA)  
perimetrazioni del P.A.I. e delle relative opere di mitigazione del rischio, in ambito urbano ed alla scala dello strumento urbanistico.

Nello specifico, in considerazione delle Norme di Attuazione entrate in vigore, i contributi di cui alla suddetta Delib. n. 62/20 2005 sono destinati alla realizzazione di studi di maggiore dettaglio principalmente finalizzati a:

- *riportare, alla scala grafica dello strumento urbanistico, le perimetrazioni P.A.I. (art. 4 comma 5 delle Norme di Attuazione);*
- *definire, con maggiore precisione, gli interventi necessari alla mitigazione del rischio;*
- *aggiornare le perimetrazioni in conseguenza di eventuali interventi di mitigazione già realizzati e non considerati al momento della stesura del PAI;*
- *indagare le aree a pericolosità di cui all'art. 26 delle Norme di Attuazione del P.A.I..*

## 2 - RIPERIMETRAZIONE DELLE AREE SOGGETTE A PERICOLOSITÀ FRANOSA E A RISCHIO DI FRANA.

### 2.1 - LO STATO DEL DISSESTO FRANOSO SECONDO LA PERIMETRAZIONE DEL PAI (REVISIONE 2004 - AGGIORNAMENTO CARTOGRAFIA 2002).

Con la Delibera G. R. n° 54/33 del 30-12-2004 di adozione del PAI, una parte del territorio comunale di Nurri è stata perimetrata in quanto interessata da pericolosità e rischio di frana. I rilevamenti e la cartografia tematica del Piano sono aggiornati al 2002 e riportano i seguenti codici di identificazione:

- *Scheda di intervento frane:* (B7FR047, B7FR049, B7FR050, B7FR051, B7FR052, B7FR071)
- *Carta degli elementi a rischio Eg:* (B7eg002\_69, , B7eg021\_69, B7eg022\_69, B7eg023\_69 )
- *Carta della pericolosità per frana Hg:* (B7hg002\_69, B7hg021\_69, B7hg022\_69, B7hg023\_69)
- *Carta delle aree a rischio di frana Rg:* (B7rg002\_69, B7rg021\_69, B7rg022\_69, B7rg023\_69)

L'area indicata nel PAI come interessata dal dissesto franoso, per la quale si rende necessaria una riperimetrazione, interessa parte del centro abitato di Nurri, con particolare riferimento al settore meridionale dello stesso.

Nella scheda di intervento (B7FR049), di cui si riporta di seguito la sintesi, il dissesto franoso (tipologia: *crolli e rotolamento*) è riferito al bordo della colata basaltica e alle aree limitrofe, nelle quali la possibile caduta di massi minaccia direttamente la Strada Provinciale n. 10 Nurri-Oroli ed alcune abitazioni.

La *priorità dell'intervento di sistemazione* è indicata come "media" e "alta" con rischio di tipo R3 ed R4.

La *pericolosità* è definita da "segni di attivazione o riattivazione imminente".

L'*intensità presunta del fenomeno rispetto alle conseguenze economiche* è definita "bassa", sia per il crollo che per il rotolamento.

Le *cause di innesco del fenomeno franoso* sono rappresentate da: precipitazioni, erosione al piede, condizioni fisiche del materiale, condizioni strutturali del materiale, azioni antropiche. Sono escluse le scosse sismiche.

La *vulnerabilità ed esposizione* è riferita alla presenza del centro abitato e di linee di comunicazioni principali, ovvero alla già citata strada provinciale. Il danno ipotizzato è relativo agli edifici posti al disopra o al disotto delle scarpate strutturali basaltiche e delle strade poste nelle medesime condizioni. Le persone potenzialmente coinvolte e soggette a rischio diretto sono solo indicate nel numero di 10 più quelle in transito. Non sono indicate persone soggette a rischio indiretto né soggette a rischio di perdita dell'abitazione.

Gli interventi proposti sono mirati alla riduzione della pericolosità nel breve e medio termine e nella salvaguardia a lungo termine. Gli unici interventi indicati consistono nell'allontanamento delle acque superficiali "onde evitare che eccessive infiltrazioni rendano più mobili massa lapidee e detritiche a rischio di mobilitazione".

### 2.1.1 - LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI DELLA ZONA

Il settore in esame è caratterizzato dal contrasto tra morfologie prevalentemente sub-pianeggianti, (espandimento basaltico pliocenico di Pranu 'e Muru e rocce carbonatiche giuresi del Tacco di Nurri), accostate a forme nettamente più aspre tipiche delle litologie paleozoiche, che appaiono profondamente incise dalle acque superficiali (valle del Flumendosa). Morfologie intermedie si riscontrano nelle litologie mioceniche (marne e conglomerati).

La copertura basaltica di Pranu 'e Muru mostra generalmente una debole pendenza verso E; in tale direzione aumenta anche il suo spessore che, da un valore di circa 30 m sul lato occidentale, passa ad un valore di oltre 100 metri sul bordo orientale. Tale variazione di spessore è riconducibile all'espansione della colata lavica ancora fluida su una preesistente morfologia acclive. Fa eccezione il monte Pizziogu, centro di emissione delle lave, che con la forma di un piccolo cono, tipicamente vulcanico, si eleva sul circostante paesaggio suborizzontale raggiungendo quota 761 m, che rappresenta la parte più alta dell'area in esame.

Tutto l'espandimento basaltico costituisce una superficie strutturale in lava, che conserva lungo i suoi margini ripide scarpate di struttura litologica interessate da processi di degradamento di versante (crollo e scoscendimento), a causa dell'erosione dei più friabili terreni sottostanti.

I residui dello smantellamento sono visibili ai piedi dei versanti che degradano dalle colate basaltiche verso la valle del Flumendosa (zona Funtana Pauli) e sul versante opposto (zona Nuraghe Salonis), ove si ritrovano notevoli spessori di detriti di falda costituiti da blocchi a spigoli vivi provenienti dal disfacimento delle litologie circostanti (basalti, dolomie, conglomerati, scisti), di dimensioni anche notevoli. In tali settori, specialmente lungo la strada da Taccu a Molimentu, sono presenti fenomeni franosi di rilievo, sia quiescenti che in atto, che hanno come fattori predisponenti sia l'acclività dei versanti che la presenza, alla base delle altre litologie, di livelli argillosi giuresi e di scisti intensamente fogliettati e argillificati, altamente instabili.

Le rocce carbonatiche giuresi costituiscono un'altra superficie a debole inclinazione attribuibile, a grandi linee, a una superficie strutturale (Tacco di Nurri), in cui le superfici di discontinuità, rappresentate dai piani di stratificazione, sono state messe in evidenza dalla erosione e dalla dissoluzione chimica, dando luogo localmente anche a fenomeni carsici (Grutta Sutta Scrocca).

In corrispondenza dei sedimenti terziari cenozoici a stratificazione suborizzontale, compare generalmente un paesaggio dalle forme dolci o mammellonari, con pendenze

modeste e talora superfici pressoché pianeggianti. Localmente, in corrispondenza delle bancate arenacee più resistenti all'erosione, si sono formate delle terrazzette con bordi netti ed altezza dell'ordine del metro, talvolta rimodellate con lavori di sistemazione agraria.

Le morfologie più aspre e incise si riscontrano nei terreni paleozoici, e laddove l'erosione di questi ultimi ha permesso il parziale smantellamento delle superfici rocciose tabulari dando origine a bordi a pareti verticali. I residui dello smantellamento sono visibili ai piedi dei versanti, dove si sono accumulati dei detriti di falda, con blocchi squadrati di varie dimensioni. I corsi d'acqua presenti sono generalmente impostati in corrispondenza delle lineazioni tettoniche, sia per quanto riguarda il corso d'acqua principale (Flumendosa), sia per quanto riguarda i piccoli affluenti.

La valle in cui scorre il fiume principale, profondamente incisa, è presumibilmente impostata su una importante faglia e presenta versanti per lo più asimmetrici a causa della differente litologia che li costituisce.

Gli interventi antropici aventi rilevanza geomorfologica sono limitati. Oltre alle aree urbanizzate e al lago artificiale del Flumendosa, sono presenti alcune superfici di riporto in corrispondenza della rete viaria principale e modeste tracce di degrado ed erosione accelerata degli strati di suolo più superficiali, dovute al sovrapascolamento su versanti acclivi e all'incendio del manto vegetale. Effetti più evidenti della attività umana si riscontrano nei siti di cava della zona del Tacco di Nurri, qui infatti l'estrazione delle argille al piede del Tacco e delle dolomie ha localmente accentuato le pendenze dei versanti lasciando dei vuoti di notevoli dimensioni.

#### 2.1.2 - DISSESTI IN ATTO E POTENZIALI E LORO TENDENZA EVOLUTIVA

L'ammasso roccioso soggetto a franamento è costituito da vulcaniti basaltiche plio-quadernarie, che hanno ricoperto, in colate successive, le marne e i conglomerati miocenici che, al momento dell'emissione lavica, costituivano il piano di campagna. I bordi esterni delle colate basaltiche, arretrando a causa della degradazione gravitativa e meteorica del versante, hanno dato origine a pareti sub-verticali alte fino a 8-10 metri (parte sommitale), mentre sui sedimenti miocenici la pendenza è mediamente di 30°/40° (parte inferiore).

La facile erodibilità della base, costituita dai sedimenti miocenici, e dagli stessi materiali scoriacei e pomicei inglobati nei basalti, hanno progressivamente dato luogo ad uno scalzamento al piede delle vulcaniti, favorendo il franamento di blocchi e la formazione della parete verticale in arretramento.

Diversi tratti del versante sono caratterizzati dalla presenza di un terrazzamento naturale, successivamente modellato ad opera dell'uomo per un utilizzo agricolo. Talvolta i gradoni sono sostenuti da muri a secco in blocchi regolari costituiti dalle stesse vulcaniti.

Dal punto di vista della tipologia franosa presente, nell'area in oggetto è stata individuata una instabilità relativa ad una fenomenologia complessa del tipo “per crollo”, “per scoscendimento” e “per ribaltamento”.

## 2.2 - RICLASSIFICAZIONE DEL DISSESTO FRANOSO PRESSO L'ABITATO DI NURRI.

### 2.2.1 - MOTIVI DELLA RIPERIMETRAZIONE DEL DISSESTO FRANOSO.

Preliminarmente alla perimetrazione del P.A.I. e delle relative opere di mitigazione del rischio, in ambito urbano ed alla scala dello strumento urbanistico, è emersa la necessità di procedere ad una nuova mappatura del dissesto franoso e delle relative classi di pericolosità e di rischio. Tale necessità è dettata essenzialmente dalle motivazioni di seguito illustrate, con richiamo alla normativa.

1) Ai sensi dell'Art. 4 comma 5 delle Norme di Attuazione del PAI, il quale recita:

*"Qualora in sede di traslazione delle indicazioni del PAI sugli strumenti urbanistici esistenti vengano evidenziati, attraverso analisi di maggiore dettaglio ovvero accertamenti tecnici condotti in sede locale, situazioni indefinite o per le quali si renda necessaria una definizione di scala non presente negli elaborati del PAI, i Comuni acquisiscono apposito parere da parte dell'Autorità idraulica competente per provincia che, nel rendere il parere valuterà se la richiesta si configuri una variante al PAI per la quale si procederà ai sensi dell'art. 37 delle presenti norme".*

Nella fattispecie, sulla base di un'analisi di maggiore dettaglio e di accertamenti tecnici illustrati in questa sede, e già evidenziati da studi precedenti, si rileva la **presenza di nuovi elementi a rischio nei settori di espansione abitativa**, e di contro, **si è a conoscenza di condizioni di pericolosità e di rischio di frana meno estese di quelle indicate dalla prima stesura de PAI regionale. In particolare, risulta meno esposta al rischio di frana una parte del centro abitato di Nurri.**

3) Ai sensi dell'Art. 37 comma 3 delle Norme di Attuazione del PAI:

*"Sono tra gli altri motivi di eventuali varianti del PAI:*

*a. diminuzioni o aumenti significativi delle condizioni di rischio derivanti dalla realizzazione di interventi debitamente collaudati o muniti di certificato di regolare esecuzione ovvero da fatti che producono incrementi di danno potenziale;*

*b. studi a scala di maggior dettaglio eseguiti da enti territoriali ed enti locali;*

Nel tratto di versante sovrastante la strada sono stati eseguiti e collaudati alcuni interventi di stabilizzazione del fronte roccioso (**Anno 2003, Allegato a fine testo**)<sup>1</sup> che hanno ridotto le condizioni di pericolosità, **con conseguente riduzione del livello di rischio di frana nella parte del centro abitato di Nurri interessata. Altri interventi di rimessa in sicurezza e consolidamento sono in fase di realizzazione dal 2006, ma non ancora conclusi.**

**Per quanto ai precedenti punti l'Amministrazione comunale di Nurri produce istanza di variante e aggiornamento del PAI, ai sensi dell'Art. 37 delle Norme di Attuazione, avvalendosi dei risultati degli studi di dettaglio illustrati in questa sede.**

---

1

Allegato A - "Lavori di consolidamento pareti rocciose nell'abitato" (2003);

### 2.2.2 - LA METODOLOGIA ADOTTATA

La nuova mappatura del dissesto franoso è stata realizzata in maniera tale da poter rappresentare con un dettaglio adeguato le aree esposte a vari livelli di pericolosità e conseguente rischio. Data la tipologia di franosità nonché la presenza di elementi a rischio diretto, quali singole abitazioni e una linea di comunicazione principale (S.P. n. 10), con possibilità di danni alle persone, emerge la necessità di perimetrare, con elevato livello di discriminazione:

- a) le aree interessate da frane attive;
- b) le aree interessate da frane quiescenti o potenziali, comprese le aree attualmente stabili ma suscettibili di innesco di frane per degrado o distruzione del manto vegetale;
- c) le aree di distacco dei massi franosi;
- d) gli accumuli di detriti franati;
- e) i singoli elementi a rischio esposti agli eventi franosi.

Si ritiene che la perimetrazione di sintesi relativa al rischio e alla pericolosità franosa debba essere in ogni momento riconducibile all'analisi puntuale del dissesto e dei singoli elementi a rischio presenti, all'occorrenza anche ripercorrendo a ritroso il percorso logico-metodologico utilizzato. Ciò consente non solo di perseguire lo scopo, dichiarato dalla Norme di Attuazione, di "definire con maggiore precisione gli interventi necessari alla mitigazione del rischio", intesi letteralmente come opere e misure di sistemazione, ma anche di sostenere scientificamente e giustificare la stessa norma vincolistica e di salvaguardia, rendendola più comprensibile anche al di fuori di un contesto strettamente tecnico.

**La metodologia adottata in questa sede per la nuova mappatura del dissesto franoso è riconducibile integralmente alle "Linee guida per l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia" (DL. 180 e L. 267 del 03-08-1998) (REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA, 2000).** Si tratta essenzialmente di una procedura di *overlay mapping*, ovvero sovrapposizione e incrocio di diversi elaborati cartografici tematici (di base, di integrazione e di discriminazione) che conducono alla mappatura delle Carte di sintesi della pericolosità (Hg), degli elementi a rischio (Eg) e del rischio (Rg).

*Definizioni* - Secondo le Linee guida il *rischio di frana*  $R_g$ , o rischio geologico sensu lato, è definito come il prodotto tra la pericolosità  $H_g$  dei fenomeni di dissesto, la presenza sul territorio di elementi a rischio  $E$  e la loro vulnerabilità  $V$ , secondo la relazione

$$R_g = H_g \times E \times V$$

Il prodotto e i fattori sono così definiti:

$R_g$  = Rischio geologico totale;

$H_g$  = Pericolosità geologica (*natural hazard*), intesa come *probabilità* di accadimento di un evento franoso;

$E$  = Elementi a rischio presenti sul territorio, costituiti da persone e/o cose suscettibili di essere colpiti e danneggiati da eventi franosi;

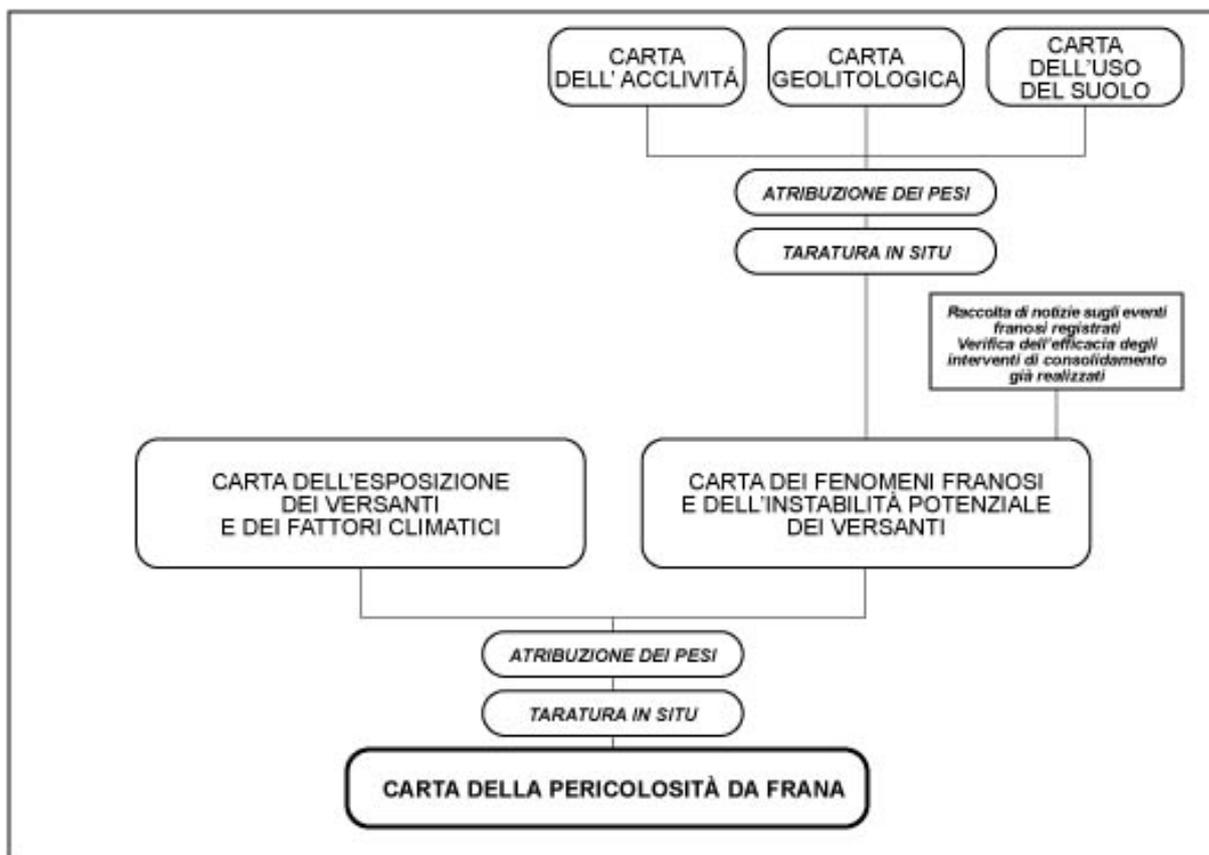
$V$  = Vulnerabilità, intesa come capacità di resistere alle sollecitazioni indotte dall'evento (franso) e quindi dal grado di vulnerabilità degli elementi a rischio  $E$  nel caso del manifestarsi del fenomeno stesso. Si assume per convenzione che ogni qualvolta si ritenga a rischio la vita umana, ovvero per gli elementi di tipo  $E_4$ ,  $E_3$  e parte di  $E_2$ , la vulnerabilità è intesa pari all'unità

Lo schema metodologico seguito è illustrato nei diagrammi di flusso delle Figg. 1 e 2 seguenti, rispettivamente per quanto riguarda la derivazione della *Carta della Pericolosità per frana* e della *Carta del Rischio di Frana*.

Il principio su cui si basa la metodologia è la definizione, ovvero la perimetrazione, delle aree caratterizzate da diversa propensione al dissesto franoso, effettuata attraverso l'analisi delle frane, l'individuazione delle condizioni in cui si verificano e la valutazione dell'influenza che tali condizioni rivestono nella manifestazione dei fenomeni franosi. Sono esaminati innanzitutto i fattori principali che hanno influenza diretta o indiretta sulle condizioni di instabilità, mediante la predisposizione di Carte tematiche che rappresentano i fenomeni geomorfologici esistenti sul territorio e i singoli fattori predisponenti alla franosità (pendenze, litologia, uso del suolo, frane in atto e potenziali). In aggiunta sono considerati anche altri tematismi di verifica, quali l'esposizione dei versanti e le caratteristiche climatiche dell'area di indagine, i quali completano il quadro della pericolosità del territorio esaminato dal punto di vista della stabilità dei versanti. Come sarà meglio illustrato nel Cap. 2.2.8 ("Attribuzione dei pesi secondo le linee guida del PAI"), attraverso il raggruppamento in classi dei singoli tematismi e l'attribuzione di "pesi" convenzionali a ciascuna classe, si giunge alla Carta di sintesi della pericolosità per frana (Fig. 1). L'incrocio della *Carta della pericolosità* con la *Carta degli elementi a rischio* presenti sul territorio conduce alla *Carta del Rischio di Frana* (Fig. 2), elaborato di sintesi che descrive quali elementi sono vulnerabili, rispetto alle aree in cui ricorrono i fenomeni di dissesto franoso, e con quale livello di danno.

La riperimetrazione è stata costantemente riferita al rilevamento diretto di campagna, sia nella fase di raccolta dei dati che nella fase di "taratura" degli stessi (cioè di verifica in situ della rispondenza delle perimetrazioni con le condizioni reali), operazione quest'ultima sempre effettuata prima della redazione degli elaborati cartografici definitivi. Si è fatto largo uso anche della fotointerpretazione di riprese aeree georeferenziate, confrontate direttamente a monitor in fase di elaborazione delle Carte.

Fig. 1 e 2 Schema metodologico diagrammi di flusso



**Fig. 1** - Schema metodologico per la redazione della Carta della Pericolosità da frana (dalle "Linee Guida" del PAI, DL. 180 e L. 267 del 03-08-1998, Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato Lavori Pubblici - Cagliari, Agosto 2000 - Ridisegnato e modificato).



**Fig. 2** - Derivazione della Carta del Rischio di frana (Rg) dall'incrocio tra la Carta della Pericolosità (Hg) e la Carta degli Elementi a rischio (Eg)

### 2.2.3 - LA CARTA GEOLITOLOGICA

Scala 1:10.000 **TAV. 1**

Le caratteristiche genetiche, giacaturali e fisico-meccaniche dei diversi litotipi rivestono un ruolo basilare nell'attitudine al dissesto franoso dei versanti (termini litologici più o meno resistenti, compatti, alterati, oppure fragili, fratturati, sciolti, ecc.)

La *Carta geolitologica* costituisce l'elaborato di base che descrive la natura dei litotipi, la loro distribuzione spaziale, i limiti litologici planimetrici degli affioramenti e l'assetto tettonico-strutturale. Essa è stata realizzata essenzialmente sulla base del rilevamento diretto di campagna e della consultazione delle fonti bibliografiche e cartografiche.

Nella legenda la descrizione dei litotipi è riportata in ordine crono-stratigrafico, dalle unità più recenti alle più antiche. Le lineazioni tettoniche (faglie certe e faglie presunte) sono state tracciate in base al rilevamento diretto e alla fotointerpretazione.

#### 2.2.3.1 - CARATTERI GEOLOGICI GENERALI DEL SETTORE

I terreni affioranti nel settore esaminato sono cronologicamente riconducibili ad un intervallo compreso tra il Paleozoico ed il Quaternario.

Le unità geo-litologiche fondamentali ed i più importanti litotipi ad esse associati possono essere distinte come di seguito riportato, dalle più antiche:

*Paleozoico:* metarenarie, filladi e metavulcaniti "porfiroidi";

*Mesozoico:* dolomie e calcari dolomitici, conglomerati, arenarie e argille refrattarie;

*Cenozoico:* conglomerati, arenarie, marne, calcari ed effusioni basaltiche;

*Quaternario:* detriti di falda, depositi alluvionali e suoli.

L'assetto generale è dato da un'alternanza delle litologie sedimentarie mesozoiche e cenozoiche, poggianti sul basamento paleozoico scistoso e ricoperte a loro volta da espandimenti basaltici pliocenici e da depositi superficiali quaternari. Si darà di seguito una descrizione delle unità geo-litologiche presenti.

*Paleozoico* - I litotipi paleozoici, datati Cambriano medio-Ordoviciano inferiore, affiorano sul versante destro del Fiume Flumendosa. Essi formano il basamento sul quale, successivamente, si sono deposte le unità geologiche dei periodi successivi. Il complesso litologico è ascrivibile alla formazione delle "Arenarie di S. Vito" Auct., rappresentato da scisti argilloso-arenacei di colore grigio-verde (metarenarie micacee e quarziti alternate a metapeliti e rari metaconglomerati, SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, 1996), con locali intercalazioni di metavulcaniti basiche datate Ordoviciano medio ("porfiroidi" Auct), sovrastanti argilloscisti chiari con intercalati livelli carboniosi di 1-2 cm di spessore. Le

metavulcaniti (“porfiroidi”), che in facies tipica hanno colore da verde a grigio chiaro, con occhi quarzoso feldspatici, affiorano a Nord di Nurri nei pressi del Rio Muronia. Dal punto di vista petrografico si tratta di paleo-vulcaniti calco-alcaline di tipo riolitico-riodacitico, la scistosità non sempre è ben evidente.

*Mesozoico* - Il Mesozoico è rappresentato da formazioni di ambiente prevalentemente marino di età triassica e giurese.

Il Trias affiora nei pressi di Orroli, in località Bruncu su Para, Bruncu Geroni e Su Pitzu. E' rappresentato da dolomie e calcari dolomitici più o meno cariati.

La serie Giurese, affiora estesamente in corrispondenza del “Tacco di Nurri” ed è messo in luce in vari punti lungo il tracciato stradale oggetto di studio.

In successione, dal basso verso l'alto, si ritrovano i conglomerati a ciottoli di quarzo bianco, le argille refrattarie con spessore fino a una decina di metri, le arenarie quarzose a volte finemente stratificate con intercalazioni di livelli di argille e le dolomie microcristalline stratificate.

Il livello argilloso, arenaceo e conglomeratico, dal punto di vista stratigrafico-giaciturale, si ritrova a diretto contatto con il basamento paleozoico e generalmente lungo tutto il Tacco di Nurri.

Le dolomie grigie microcristalline del Tacco sono il prodotto della ricristallizzazione dei calcari. Nel settore meridionale dell'affioramento esse presentano giacitura suborizzontale, mentre nel settore settentrionale l'angolo di inclinazione è compreso tra 0° e 30°, con immersione verso S e SW.

*Cenozoico*- Lungo una fascia congiungente gli abitati di Nurri ed Orroli, in direzione NW-SE, affiora estesamente una serie sedimentaria marina terziaria, riferibile al Miocene. Tale serie è costituita da differenti litologie, una prevalentemente conglomeratica in facies fluvio-deltizia e litorale, una seconda costituita da marne ad intercalazioni arenacee e/o calcaree in facies marina. La facies conglomeratica è nota in letteratura come “conglomerato di Villanovatulo”. Gli individui ciottolosi hanno dimensioni molto variabili, da millimetriche a decimetriche, immersi in un'abbondante matrice marnoso-calcareo.

I livelli fluvio-deltizi, affioranti ad E di Pranu 'e Muru, hanno uno spessore variabile da una decina di metri sino ad un centinaio di metri; si tratta presumibilmente del riempimento di una preesistente depressione valliva impostata sul basamento paleozoico. Sul versante occidentale della valle del Flumendosa i livelli conglomeratici si ritrovano in lenti a cemento carbonatico, intercalati in una litologia marnoso-arenacea di colore variabile dal bianco al rosso.

La seconda litologia, costituita da marne con intercalati banchi di calcare organogeno o arenaria, costituisce il basamento su cui poggia la parte occidentale dell'espandimento basaltico di Pranu 'e Muru. Le marne si presentano generalmente ben cementate, di colore variabile dal grigio al giallastro, ricche di microfaune planctoniche. Queste ultime litologie sono estesamente visibili nel settore a S dell'abitato di Nurri, ma si spingono lungo una sottile striscia ad W dello stesso abitato fino a scomparire sotto le falde detritiche, tra Campu Maiori e Canali, al piede delle vulcaniti. Tutti i livelli marnosi appaiono generalmente ben stratificati.

La serie cenozoica del settore è sormontata dagli espandimenti lavici di Pranu 'e Muru.

Si tratta di lave riferibili al ciclo vulcanico plio-quadernario della Sardegna (Ciclo alcalino), legate a fenomeni di tipo distensivo (vulcanismo fissurale di intraplacca).

Le lave, distinguibili in diverse colate, hanno uno spessore variabile da pochi metri, nel settore occidentale, a un centinaio di metri nel settore orientale, spesso inglobanti dei livelli di scorie. La composizione petrografica varia dai basalti debolmente alcalini ai basalti subalcalini e transizionali. La datazione radiometrica eseguita da alcuni Autori con metodi radiometrici K/Ar pone i basalti s.l. in un età compresa tra 3.54 e 2.08 M.a (ASSORGIA A. et al., 1983).

Sono individuabili i centri di emissione di Pizziogu e di Corona Arrubia, ove è conservato un lembo di cinta craterica. Le rocce basaltiche sovrastano, stratigraficamente, tutte litologie di età più antica, poggiandosi sugli scisti paleozoici, le dolomie, i conglomerati giuresi e le marne mioceniche.

*Quaternario* - Il quaternario è essenzialmente riconducibile ai suoli derivati dall'alterazione delle litologie sottostanti, ai depositi alluvionali e ai detriti di falda.

In tutta l'area lo spessore dei suoli è generalmente esiguo e solo in alcuni tratti tale da mascherare la roccia in posto. Tutto il settore calcareo-dolomitico mesozoico a W dell'abitato di Nurri (Tacco di Nurri, Canali de Pira, Pranu Murtas) è caratterizzato da suoli poco profondi a tessitura argillosa che, a tratti, danno luogo ad accumuli di "Terre rosse" limitate alle anfrattuosità della roccia.

A S dell'abitato di Nurri, in corrispondenza delle litologie calcareo-marnose del Miocene sono presenti dei suoli bruni mediamente profondi a tessitura limoso-argillosa.

Sugli estesi espandimenti basaltici della zona, un suolo bruno di esiguo spessore, occupa piccole depressioni superficiali circondate dalla roccia nuda (Campu Maiori, Pranu e' Muru).

Suoli a tessitura limosa o limo-sabbiosa, derivati da alluvioni recenti, sono rinvenibili lungo le sponde meno acclivi del lago artificiale del Flumendosa.

Scarse sono invece le alluvioni sabbiose e ciottolose, limitate all'alveo dei maggiori corsi d'acqua.

Al piede dei ripidi versanti che degradano dalle colate basaltiche verso la valle del Flumendosa (località Funtana Pauli) e sul versante opposto (località Nuraghe Salonis), si ritrovano notevoli spessori di detriti di falda costituiti da blocchi a spigoli vivi di natura poligenetica (basalti, dolomie, conglomerati, scisti), di dimensioni anche notevoli, inglobati in una matrice sabbioso-argillosa.

#### 2.2.3.2 - LITOLOGIA E STRATIGRAFIA DELL'AREA INTERESSATA DAL DISSESTO FRANOSO

L'area interessata dallo studio è costituita da una buona parte del centro abitato di Nurri, ed è impostata sul versante del rilievo di Pizziogu. Si è pertanto proceduto ad un rilevamento geo-litologico di superficie su grande scala, principalmente allo scopo di definire i limiti degli affioramenti delle diverse unità litologiche che caratterizzano la zona oggetto di indagine. Il rilevamento di campagna è stato esteso anche alle aree circostanti, in modo tale da avere un quadro più chiaro e completo delle conoscenze. Talvolta l'esatta ubicazione dei limiti degli affioramenti è risultato di difficile localizzazione a causa dell'intensa urbanizzazione che ha totalmente celato le litologie in posto.

Nell'area in esame, alla base della successione si ritrovano le *marne mioceniche* (TAV. 1, Carta geolitologica), nelle quali si rinviene la presenza di banchi arenacei compatti di spessore variabile, (generalmente da 20 a circa 50 cm). Queste litologie sono visibili chiaramente solo lungo i tagli stradali e in ristrette aree del versante in oggetto, infatti generalmente sono ricoperte da uno strato più o meno spesso di *suolo argilloso* dal colore bruno, che deriva dall'alterazione dello stesso substrato.

Le *vulcaniti basaltiche* plio-quadernarie, hanno ricoperto in colate successive le rocce mioceniche, per una potenza media di circa 10 metri nella parte più esterna, per poi aumentare in direzione del centro di emissione lavico di M.te Pizziogu.

I bordi esterni delle colate basaltiche, arretrando a causa dell'erosione, hanno dato origine a pareti verticali alte fino a 8-10 metri.

In alcuni tratti alla base delle vulcaniti sono presenti delle sacche di materiale incoerente scoriaceo e pomiceo, in cui si sono create delle cavità naturali successivamente ampliate ad opera dell'uomo. Queste ultime, in concomitanza con la fratturazione delle stesse vulcaniti contribuiscono all'instabilità dell'ammasso roccioso.

L'accumulo a varie quote di materiale proveniente dalla degradazione subaerea dei basalti sommitali ha dato origine ad una coltre superficiale di *detriti di versante*, talora

pedogenizzata, costituita da blocchi eterogenei a spigoli vivi di dimensioni molto variabili, da centrimetriche sino a metriche ed oltre.

### 2.2.3.3 - TETTONICA

Ai fini della precisa individuazione di eventuali faglie, fratture ed elementi strutturali, è stata dapprima effettuata una ricerca bibliografica e cartografica, con particolare riguardo ad eventuali episodi di neotettonica. A ciò è seguito un rilevamento morfo-strutturale diretto, integrato da analisi stereoscopica di foto aeree e loro interpretazione.

Le principali faglie presenti nell'area di rilevamento sono di età terziaria e ricadono tutte al di fuori dell'area di stretto interesse, pertanto non sono rappresentate nella TAV. 1. Si tratta generalmente di faglie dirette, che sbloccano a gradinata l'intera area, con orientamento generale parallelo alle direttrici campidanesi, compreso tra le due direzioni preferenziali NW-SE e NE-SW, con piano di scorrimento per lo più subverticale. Il rigetto varia da pochi metri a diverse decine di metri.

Gli elementi tettonici più significativi per l'area indagata sono costituiti da faglie ortogonali disposte in reticolo con direzione prevalente compresa tra NNW-SSE e NNE-SSW, a N del centro abitato (località Crabarida, Canali, Tueni). Localmente le lineazioni sono mascherate dalle coperture basaltiche o detritiche, mentre sono seguibili con continuità in corrispondenza delle unità litologiche, sedimentarie.

Gli altri elementi tettonici di rilievo presenti a nord del settore esaminato, sono per lo più riconducibili a faglie presunte e fratture (Villa Felicita, Pizzu Tuvudu).

La marcata influenza della tettonica sul reticolo idrografico rivela la presenza di un'area intensamente fratturata nei pressi del Riu Perda Oleada (tra Scala Codis e Tueni), con deviazione dei corsi d'acqua ad angolo retto.

#### 2.2.3.4 - SCHEMA DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERFICIALE E SOTTERRANEA

Nel settore in esame il reticolo idrico superficiale è stato quasi totalmente sostituito dalle opere di drenaggio antropiche, costituite da canalette superficiali o condotte interrato che convogliano le acque a valle dell'abitato. Limitatamente a poche aree non urbanizzate si riscontra uno scorrimento superficiale in parte selvaggio e incontrollato laddove le opere di terrazzamento esistenti sono state abbandonate e hanno perso la loro azione di controllo sulle acque.

I caratteri idrogeologici sono stati determinati dall'esame della circolazione idrica superficiale e profonda, e dal censimento delle manifestazioni sorgentizie presenti. Alcune venute d'acqua, in forma di piccole sorgenti, sono presenti al contatto tra le vulcaniti e i sottostanti sedimenti miocenici, che agiscono da strato impermeabile. Nelle vulcaniti la circolazione idrica, relativamente abbondante, è legata direttamente alla fessurazione della roccia, mentre nei sedimenti miocenici, la circolazione è estremamente limitata per il contenuto in argilla delle stesse.

Il corpo idrico, presente nei basalti, è alimentato dagli apporti meteorici e dall'emergenza a monte di altre sorgenti, impostate sempre nelle vulcaniti. Inoltre sono di non trascurabile entità gli apporti idrici dovuti a varie perdite delle condotte di acque potabili e di scarico dell'area urbanizzata sovrastante.

I detriti di versante che drenano le manifestazioni sorgive alla base delle vulcaniti possono essere considerati "permeabili".

In conclusione, si distinguono due corpi a permeabilità differente, quello sovrastante "mediamente permeabile" dei basalti e quello basale da "scarsamente permeabile ad impermeabile" delle marne argillose e conglomerati arrotondati del Miocene.

## 2.2.4 - LA CARTA DELLE ACCLIVITÀ

Scala 1:10.000

TAV. 2

Un ruolo fondamentale sulla franosità dei versanti è giocato dall'*acclività*, in quanto maggiore è l'inclinazione di un pendio, maggiore è la tendenza al dissesto per azione della forza di gravità e dell'azione degli agenti esogeni, venendo meno la protezione della vegetazione che non riesce ad insediarsi proprio a causa dell'eccessiva pendenza. Per determinare la variazione spaziale dell'*acclività* dei versanti, è stata effettuata una zonizzazione dettagliata del settore mediante l'elaborazione di una *Carta delle Pendenze* (TAV. 2). Il documento cartografico è stato costruito mediante l'utilizzo di uno specifico software di G. I. S. (ArcMap 9.1) il quale ha consentito l'individuazione delle classi di *acclività* attraverso la redazione informatica del modello tridimensionale del terreno (TIN), a partire dalle curve di livello della C. T. R. e l'ottenimento di uno shape denominato "acclività"

Sono state individuate cinque classi di *acclività* per il settore considerato, per pendenze comprese in un intervallo tra 0% e > 50% distinte graficamente in cinque tonalità differenti di colore.

La carta evidenzia che nell'area esaminata le pendenze aumentano rapidamente procedendo dai piedi dei versanti verso la parte alta, ove ricorrono zone a forte pendenza e pareti rocciose. Questi terreni, riportati nella carta come classe di *acclività* 5, hanno pendenze superiori al 50%.

Localmente si rilevano anche pendenze maggiori, sino a subverticali, non cartografabili alla scala 1:10.000 (cornicioni basaltici, a Sud dei rilievi Pizziogu e Corona Arrubia e presso Funtana Pauli).

## 2.2.5 - LA CARTA DELL'USO DEL SUOLO

Scala 1:10.000

TAV. 3

Questo documento cartografico è finalizzato alla rappresentazione delle condizioni di utilizzazione reale del suolo alla data del rilevamento. L'intervento antropico sul territorio può modificare direttamente o indirettamente le condizioni di stabilità geomorfologica di intere aree, sia incrementandola che riducendola, con particolare riguardo alla realizzazione di strutture e infrastrutture, alle pratiche agricole attuate, alla conservazione o modificazione della copertura vegetale naturale. La Carta consente, in pratica, di verificare come e in che misura l'uomo abbia trasformato il territorio in questione, nonché di stimare quanto e in quali aree tali trasformazioni aumentino o diminuiscano la probabilità di eventi franosi.

Si definisce *impedenza* l'attitudine del suolo ad esercitare un impedimento o contrasto nei confronti del dissesto idrogeologico. Ad esempio, un bosco ad alto fusto esercita la massima impedenza nei confronti dell'erosione del suolo e dell'instabilità dei versanti, viceversa un terreno agricolo arato secondo le linee di massima pendenza ("rittochino") favorisce il ruscellamento e l'erosione, con un'impedenza minima o nulla.

Le tecniche di realizzazione della Carta dell'uso del suolo sono basate sulla fotointerpretazione, sugli elementi tratti dalla cartografia tecnica regionale CTRN e dalle carte IGM, e utilizzo degli shapes relativi alla cartografia Land Cover 2000 del Programma CORINE (Coordination of Information on the Environment) - (EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY, 2002), nonché sulle verifiche di campagna.

La legenda CORINE Land Cover è quella raccomandata a livello Comunitario per la redazione della cartografia tematica relativa all'uso del suolo. Anche i valori di impedenza delle diverse classi di uso del suolo, utilizzati in fase di attribuzione dei "pesi" per la determinazione dell'instabilità potenziale, fanno riferimento alla stessa legenda CORINE (si veda il Cap.2.2.8).

Le classi di uso del suolo sono state raggruppate in sedici grandi categorie e nella carta sono state riportate anche le principali arterie stradali e ferroviarie.

Le diverse tipologie di copertura vegetale sono state valutate tenendo conto del loro fattore di impedenza nei confronti delle frane, da impedenza maggiore (es: bosco) ad impedenza minore (es: superfici urbanizzate, roccia nuda).

## 2.2.6 - LA CARTA DELL'ESPOSIZIONE DEI VERSANTI

Scala 1:10.000 **TAV. 4**

L'*esposizione* dei versanti (e i fattori climatici) rientrano tra i tematismi di ulteriore verifica per la determinazione della propensione al franamento. Si tratta di fattori predisponenti meno importanti rispetto a litologia o acclività, ma comunque significativi.

Il fattore esposizione influisce sui processi di trasformazione dei versanti, in quanto i versanti esposti a nord sono quelli più freddi e umidi (con cicli sia giornalieri che stagionali), mentre quelli esposti a sud hanno condizioni più miti.

Analogamente, le variazioni climatiche, intese come effetti della temperatura combinata con le precipitazioni, determinano il degrado e il disfacimento meteorico delle rocce e la conseguente produzione di detriti sciolti e instabili. Esiste pertanto una correlazione diretta tra piovosità media annua e propensione al dissesto franoso.

La *Carta dell'esposizione dei versanti*, mediante una serie di simbologie grafiche, rappresenta sia l'orientazione dei versanti rispetto ai punti cardinali, sia il rapporto esistente tra precipitazioni e radiazione solare incidenti sui versanti stessi. Sono state istituite nove classi di orientazione (aree pianeggianti, N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) suddividendo tutto il territorio indagato in piccole aree iso-orientate. Per ciascuna classe, e quindi per ciascuna area iso-orientata, è possibile determinare la correlazione esistente tra quantità di precipitazioni e quantità di radiazione solare incidente. Si passa da "umidità bassa" e "temperatura elevata" per i versanti esposti a sud, a "umidità elevata" ed "temperatura bassa" per i versanti esposti a nord, con tutte le variazioni intermedie per le altre orientazioni.

La Carta è stata costruita mediante l'utilizzo del software di G. I. S. ArcMap 9.1, mediante la triangolazione tridimensionale del modello del terreno e attribuzione degli intervalli angolari di esposizione di ciascun triangolo.

Da un esame della Carta appare una esposizione dei versanti distribuita in maniera relativamente eterogenea rispetto alle varie orientazioni.

2.2.7 - LA CARTA DEI FENOMENI FRANOSI E DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE DEI VERSANTI

Scala 1:10.000 **TAV. 5**

Nello stesso documento cartografico è rappresentata sia la distribuzione spaziale dei fenomeni franosi rilevati nel territorio esaminato, sia la distribuzione dell'instabilità potenziale dei versanti che scaturisce dall'analisi incrociata dei tematismi precedentemente descritti.

Nella legenda sono indicati i fenomeni franosi rilevati, che per l'area studiata sono riferibili alle *frane di crollo e ribaltamento*. Essi sono suddivisi secondo criteri geomorfologici in:

- *Forme di denudazione* - Aree di distacco e rotolamento di blocchi (aree interessate da fratturazione dell'ammasso roccioso, elevata acclività e bassa impedenza vegetazionale; Aree di potenziale distacco e rotolamento di blocchi in seguito a degrado o distruzione del manto vegetale, o deterioramento delle opere di sostegno e consolidamento (aree interessate da fratturazione dell'ammasso roccioso, elevata acclività e forte impedenza vegetazionale o presenza di opere di sostegno e consolidamento)
- *Forme di accumulo* - Aree di accumulo di blocchi franati (detrito di versante a blocchi spigolosi eterometrici, generalmente colonizzato dalla vegetazione); Aree raggiungibili da blocchi franati (aree potenzialmente raggiungibili da blocchi franati in caso di degrado o distruzione del manto vegetale sul versante a monte).

Per tutte le forme franose è indicato lo *stato di attività* (fenomeno attivo, quiescente o inattivo). Nello specifico, alcuni fenomeni rilevati sono risultati di tipo attivo e altri di tipo quiescente, ovvero riattivabile nel sistema morfoclimatico attuale sia spontaneamente che per intervento antropico (esempio: disboscamenti, sovraccarichi, deterioramento delle opere di sostegno, ecc).

Un settore della legenda indica infine le cinque *classi di instabilità potenziale* in cui è stato suddiviso il territorio esaminato, secondo le Linee Guida (1 - Situazione potenzialmente stabile; 2 - Instabilità potenziale limitata; 3 - Instabilità potenziale media; 4 - Instabilità potenziale forte; 5 - Instabilità potenziale massima).

Le classi di instabilità attribuite derivano dal processo di overlay mapping e di attribuzione dei pesi già descritto, realizzato sempre in ambiente G.I.S., previa opportuna taratura in situ delle reali condizioni di instabilità franosa che ha preceduto la redazione della versione definitiva della Carta.

## 2.2.8 - ATTRIBUZIONE DEI PESI SECONDO LE LINEE GUIDA DEL PAI

Il processo di analisi mediante overlay mapping prevede l'incrocio dei dati raccolti in merito ad *acclività dei versanti o pendenza, litologia, uso del suolo, esposizione dei versanti e fattori climatici*.

Dapprima gli elementi dei singoli tematismi sono raggruppati in *classi*, per ottenere una rappresentazione aggregata del territorio; a ciascuna classe viene quindi attribuito un valore convenzionale o *peso* in funzione del ruolo esercitato nella produzione del dissesto. Nelle successive operazioni di sovrapposizione si effettua la combinazione (somma algebrica) dei valori assegnati, sino ad ottenere un punteggio finale che rappresenta l'influenza complessiva che i fattori considerati hanno sulla stabilità dei versanti. Questo valore ricade in un intervallo definito cui corrisponde una classe di instabilità potenziale. La rappresentazione cartografica delle classi di instabilità potenziale, unita alla mappatura delle frane rilevate confluisce successivamente nella *Carta dei fenomeni franosi e dell'instabilità potenziale dei versanti*.

Nella Tabella 1 è riportato lo schema di attribuzione dei pesi secondo le Linee Guida del PAI, con alcune opportune rivalutazioni dei valori numerici in funzione delle caratteristiche specifiche e reali dell'area studiata.

Le Tabelle 2, 3 e 4 sono riferite ai pesi che le Linee Guida indicano per le Carte della Pericolosità e del Rischio di frana. Trattandosi di carte di sintesi finale i pesi assegnati dalle Linee Guida sono puramente empirici e convenzionali, finalizzati alla rappresentazione omogenea del dissesto idrogeologico su tutto il territorio regionale, e pertanto non necessitano di particolari commenti in questa sede.

TABELLA 1 - ATTRIBUZIONE PESI

<b>ATTRIBUZIONE DEI PESI</b> secondo le "Linee Guida" del PAI (DL. 180 e L. 267 del 03-08-1998), Regione Autonoma della Sardegna Assessorato Lavori Pubblici - Cagliari, Agosto 2000		
<b>Tematismo: Acclività dei versanti</b>		
<i>Classe di acclività</i>	<i>Pendenza percentuale</i>	<i>Peso</i>
1	0 - 10 %	+2
2	11 - 20 %	+1
3	21 - 35 %	0
4	36- 50 %	-1
5	> 50 %	-2
<b>Tematismo: Litologia</b>		
<i>Litotipo</i>	<i>Peso</i>	
Basalti lapidei	8	
Basalti fratturati dei bordi delle colate	1	
Marne calcaree e calcari marnosi	7	
Detriti di falda	1	
Conglomerati	4	
Dolomie	8	
Paleozoico	7	
<b>Tematismo: Uso del suolo</b> (defin. CORINE Land Cover, modif.)		
<i>Classe di uso</i>	<i>Impedenza</i>	<i>Peso</i>
Bosco fitto, bosco ceduo e rimboscimento <small>(codici CORINE: 3111-31121-31122-3121)</small>	Massima	+2
Bosco rado, pascolo alberato, gruppi e filari di alberi <small>(codici CORINE: 244)</small>	Buona	+1
Macchia mediterranea, aree a ricolonizzazione naturale <small>(codici CORINE: 3231-3232-3241)</small>	Buona	+1
Pascolo cespugliato, macchia degradata, aree a ricolonizzazione artificiale <small>(codici CORINE: 3242-333)</small>	Buona	+1
Area urbanizzata principale, aree industriali <small>(codici CORINE: 1111-1112-1121-1211-1212-131-133-1421-143)</small>	Mediocre	0
Case sparse e altre opere edili minori <small>(codici CORINE: 1122)</small>	Mediocre	0
Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori <small>(codici CORINE: 122)</small>	Minima	-1
Pascolo nudo naturale e incolto, localmente con roccia affiorante <small>(codici CORINE: 321)</small>	Minima	-1
Seminativo e ambiente culturale generico, localmente alternati a pascolo <small>(codici CORINE: 2111-2112-2121-221-223-231-2411-2412-2413-242-243)</small>	Nulla	-2
<b>Tematismo di verifica: Esposizione dei versanti e fattori climatici</b>		
<i>Classe di orientazione</i>	<i>Franosità</i>	
N	Sicura	
NW	Probabile	
NE	Probabile	
W	Media	
E	Media	
SW	Rara	
SE	Rara	
S	Assente	
<b>Tematismo: Instabilità potenziale</b>		
<i>Classe di instabilità</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Peso</i>
1	Situazione potenzialmente stabile	10 ÷ 12
2	Instabilità potenziale limitata	7 ÷ 9
3	Instabilità potenziale media	4 ÷ 6
4	Instabilità potenziale forte	1 ÷ 3
5	Instabilità potenziale massima	-3 ÷ 0

Tabella 1 - Quadro riepilogativo dei pesi attribuiti alle diverse classi dei tematismi che concorrono alla determinazione dell'instabilità potenziale dei versanti

TABELLE 2, 3, 4 - ATTRIBUZIONE PESI

<b>PERICOLOSITÀ DA FRANA</b>		
<i>CLASSE</i>	<i>INTENSITÀ</i>	<i>PESO</i>
Hg1	Moderata	0,25
Hg2	Media	0,50
Hg3	Elevata	0,75
Hg4	Molto elevata	1,00

**Tabella 2** - Definizione dei livelli di pericolosità da frana del territorio.

(dalle "Linee Guida" del PAI, DL. 180 e L. 267 del 03-08-1998, Regione Autonoma della Sardegna Assessorato Lavori Pubblici - Cagliari, Agosto 2000 - Ridisegnato).

<b>RISCHIO DI FRANA</b>		
<i>CLASSE</i>	<i>INTENSITÀ</i>	<i>VALORE</i>
Rg1	Moderato	$Rg1 \leq 0,25$
Rg2	Medio	$0,25 < Rg2 \leq 0,50$
Rg3	Elevato	$0,50 < Rg3 \leq 0,75$
Rg4	Molto elevato	$0,75 < Rg4 \leq 1,00$

**Tabella 3** - Definizione delle classi di rischio di frana.

(dalle "Linee Guida" del PAI, DL. 180 e L. 267 del 03-08-1998, Regione Autonoma della Sardegna Assessorato Lavori Pubblici - Cagliari, Agosto 2000 - Ridisegnato).

<b>RISCHIO DI FRANA</b>				
	Hg1	Hg2	Hg3	Hg4
E1	Rg1	Rg1	Rg1	Rg1
E2	Rg1	Rg1	Rg2	Rg2
E3	Rg1	Rg2	Rg3	Rg3
E4	Rg1	Rg2	Rg3	Rg4

**Tabella 4** - Matrice di valutazione del rischio di frana.

(dalle "Linee Guida" del PAI, DL. 180 e L. 267 del 03-08-1998, Regione Autonoma della Sardegna Assessorato Lavori Pubblici - Cagliari, Agosto 2000 - Ridisegnato).

## 2.3 - PERICOLOSITÀ PER FRANA E PERIMETRAZIONE DELLE AREE A RISCHIO NEL CENTRO

### ABITATO DI NURRI

#### 2.3.1 - LA CARTA DEGLI ELEMENTI A RISCHIO ALLA SCALA DEL PAI (VULNERABILITÀ DA FRANA)

TAV. 6

**Scala 1:10.000**

La presenza di attività antropiche o di beni di interesse antropico sul territorio, siano esse tipologie di coltivazioni agrarie, terreni incolti, pascoli, boschi, infrastrutture viarie, edifici e così via, non solo costituisce una modificazione delle condizioni di equilibrio del versante franoso in oggetto nei confronti delle frane, ma rappresenta, nel contempo, un aumento del grado di esposizione del versante stesso ai danni che tali attività antropiche o beni possono subire nel caso di eventi franosi.

La *Carta degli elementi a rischio* (alla scala del PAI) costituisce un documento cartografico derivato direttamente dalla Carta dell'uso del suolo, con l'ausilio di verifiche in campo. Essa descrive la *vulnerabilità territoriale*, cioè fornisce indicazioni sul grado di esposizione del territorio studiato ai danni che le attività antropiche o beni di interesse antropico (naturali e non) ivi presenti possono subire nel caso di eventi franosi e più in generale calamitosi.

Il documento è stato ricavato suddividendo le classi di uso del suolo derivate dalla TAV. n. 3 in gruppi omogenei in relazione al valore socio-economico che rivestono ovvero al grado di danno che subirebbero. Sono state in tal modo ottenute le seguenti quattro *classi di elementi a rischio*, secondo le Linee Guida, in ordine di vulnerabilità o danno crescente: E1, E2, E3, E4.

Dalla lettura della carta, è dunque possibile evincere immediatamente quali siano le aree e gli elementi del territorio indagato maggiormente vulnerabili, in relazione al valore che essi rappresentano per l'uomo.

Agli estremi opposti della scala di vulnerabilità si ritrovano, ad esempio, le aree libere da insediamenti ed aree produttive, come i pascoli e gli incolti (E1) e, rispettivamente, l'area urbanizzata, le case sparse, le reti viarie principali (E4).

La carta tematica rappresenta il territorio suddiviso, a grandi linee, in:

- un vasto settore a est del paese con elementi a rischio minimo E1 ed E2 (boschi, incolti, aree disabitate, ecc.);
- un settore a sud ed ovest del paese caratterizzato da elementi a rischio E3 (scarsa presenza abitativa ma presenza di colture di pregio quali vigneti, seminativi, ecc.);

- area urbanizzata principale di Nurri, con la più alta concentrazione di elementi a rischio massimo E4;

Sparsi sul territorio si trovano sia elementi a rischio E3, quali strade e infrastrutture secondarie, sia altri elementi a rischio E4 come abitazioni sparse.

Confrontando la TAV. 6 Carta degli elementi a rischio con l'omologa Carta della prima versione del PAI (identificativo B7\_EG\_021\_69), si osserva che sono state perimetrate come aree E4 anche le nuove superfici di recente espansione urbanistica dell'abitato di Nurri (settore N-E e S). Tuttavia, come si vedrà più avanti, tali aree di nuova urbanizzazione non risultano comunque interessate da fenomeni franosi.

### 2.3.2 - LA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ PER FRANA ALLA SCALA DEL PAI

TAV. 7

Scala 1:10.000

La *Carta della pericolosità per frana*, costituisce una carta tematica di sintesi settoriale costruita secondo lo schema già descritto nella Fig. 1 e nel Cap. 2.2.2, derivata dall'incrocio dei dati ricavati dalle precedenti Carte geolitologica (TAV. 1), delle pendenze (TAV. 2), dell'uso del suolo (TAV. 3), dell'esposizione dei versanti e dei fattori climatici (TAV. 4), dei fenomeni franosi e dell'instabilità potenziale dei versanti (TAV. 5). La redazione della versione definitiva della Carta è stata preceduta da opportuna taratura in situ delle reali condizioni di instabilità franosa, per la verifica della congruenza delle scelte fatte nell'ambito del processo analitico di definizione e di incrocio di tutti i tematismi considerati.

Sulla base delle informazioni ottenute e dei pesi assegnati secondo le Linee Guida (Tabella 2), il territorio di indagine è stato suddiviso in aree o classi omogenee in relazione al grado di pericolosità franosa. Sono state istituite quattro classi di pericolosità come di seguito denominate, in ordine di pericolosità crescente: Hg1 = moderata; Hg2 = media; Hg3 = elevata; Hg4 = molto elevata.

Dall'esame della Carta si può quindi ricavare quali siano le aree in cui è maggiore la *probabilità* che si verifichino eventi franosi e con quale intensità. Appare subito evidente che le fenomenologie franose sono concentrate in una fascia che coincide con il bordo della colata basaltica e con i versanti sottostanti, a fronte della maggior parte dell'area indagata non soggetta a pericolosità franosa (aree lasciate in bianco). Nell'ambito della fascia critica, la pericolosità franosa risulta inferiore (Hg2 = media) in corrispondenza delle aree con una buona copertura vegetale (bosco e macchia d'alto fusto) che assicura una buona impedenza nei confronti dei fenomeni franosi. In tali aree le frane sono stabilizzate ma riattivabili in seguito ad interventi antropici; si tratta in pratica di aree suscettibili di acquisire una maggiore pericolosità franosa in caso di degrado o distruzione del manto vegetale, come nell'eventualità di incendi.

Le aree a pericolosità media sono contermini ad altre aree a pericolosità Hg3 = elevata (frane quiescenti con tempi di ritorno pluriennali o pluridecennali). Si tratta in larga parte dalle aree attraversate dalle traiettorie di rotolamento massi in seguito a frane di crollo e delle zone di distacco dei blocchi stessi.

Le aree classificate come Hg4 a pericolosità molto elevata sono limitate ai fronti esposti e con fenomeni franosi attivi.

Confrontando la TAV. 7 Carta della pericolosità per frana con l'omologa Carta della prima versione del PAI (identificativo B7\_HG\_021\_69), si osserva che **le aree pericolose delimitate dalla nuova perimetrazione differiscono localmente dalle precedenti in maniera evidente, specie nel centro abitato di Nurri.**

In particolare, gran parte dell'abitato non è risultato di fatto soggetto a franosità, come invece indicato dalla prima versione del PAI.

Nel settore a ovest del paese e in quello meridionale è stata rilevata solo una generica predisposizione teorica alla franosità, legata alla concomitanza di acclività, litologia ed uso del suolo.

Nel settore meridionale, solo un piccolo lembo di abitato presso quota 585.3 è stato classificato come Hg3 per la presenza di alcuni massi non fissati (nell'ambito di una generale sistemazione efficace delle aree circostanti), ma che tuttavia non hanno sinora dato alcun segno di franamento.

Inoltre, sempre nel settore meridionale del paese e all'uscita dello stesso (strada provinciale per Orroli, settori del costone Sa Corona Manna) dove prima ricorrevano fenomeni franosi di crollo attivi e rilevabili, sono stati recentemente realizzati alcuni interventi di consolidamento e messa in sicurezza dei versanti, regolarmente eseguiti e muniti di certificazione di collaudo (**Anno 2003, Allegato A a fine testo**). Nelle aree interessate dagli interventi la pericolosità franosa è quindi passata da Hg4 ad una generica predisposizione Hg2, mentre la pericolosità massima Hg4 è rimasta soltanto al di fuori dell'abitato, lungo la parte alta del versante dell'altopiano di Sa Corona Manna che sovrasta la strada.

Spostandosi verso la parte bassa dello stesso versante, lungo la stessa strada provinciale, è stato possibile perimetrare tre fasce adiacenti a pericolosità decrescente, rispettivamente Hg3, Hg2 e Hg1. Tale perimetrazione deriva dalla taratura in situ delle aree di instabilità potenziale (Tav. 5) e dalla verifica delle reali traiettorie possibili in rapporto alla effettiva presenza di massi pericolanti, alle loro dimensioni, al profilo del terreno e alla presenza di eventuali ostacoli. In particolare, nella dinamica reale del rotolamento un ruolo fondamentale è svolto dalla stessa strada provinciale (asfaltata) e dall'altra strada sterrata a questa parallela, posta ad una quota di alcune decine di metri più in alto. Si è potuto rilevare che le strade fungono da "gradoni" che spezzano il profilo del pendio e arrestano in parte i massi rotolanti. L'impatto con la sede stradale smorza gran parte dell'energia cinetica, frantumando i massi in elementi di minori dimensioni, prevalentemente decimetriche, e fermandoli. Gran parte dei pochi massi suscettibili di distacco si accumulano lungo le cunette della strada sterrata, mentre solo raramente alcuni proseguono più a valle superando la strada sterrata e raggiungendo quella asfaltata. Ancora inferiore è la probabilità che alcuni massi possano superare anche la strada asfaltata. Da quanto sopra discende la perimetrazione di tre fasce adiacenti a pericolosità decrescente Hg3, Hg2 e Hg1.

Secondo la legenda della pericolosità prescritta dal PAI, resta inteso che le classi di pericolosità utilizzate "fotografano" la situazione del dissesto rilevata allo stato attuale, ma trattandosi di processi geomorfologici in evoluzione (frane di crollo) deve essere prevista una verifica periodica con cadenza pluriennale, dal momento che potrebbero verificarsi frane di neoformazione oppure la possibile espansione areale di frane attualmente attive o quiescenti, con passaggio da una classe di pericolosità più bassa ad una più elevata.

2.3.3 - LA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ PER FRANA ALLA SCALA DEL PIANO URBANISTICO  
COMUNALE

**TAV. 8**

**Scala 1:2.000**

Questa tavola ha il solo scopo di riportare alla scala di dettaglio del PUC le risultanze della riperimetrazione della pericolosità franosa. Tenendo conto che già la TAV. 7 in scala 1:10.000 è stata in realtà redatta anche sulla base di rilievi aventi un dettaglio topografico e aerofotografico alla scala 1:2.000, si rimanda integralmente al Cap. 2.3.2 precedente per la descrizione dei contenuti della Carta.

#### 2.3.4 - LA CARTA DEL RISCHIO DI FRANA ALLA SCALA DEL PAI

Scala 1:10.000

TAV. 9

La *Carta del rischio di frana*, costituisce una carta tematica di sintesi settoriale che descrive quali elementi sono vulnerabili, rispetto alle aree in cui ricorrono i fenomeni di dissesto franoso, e con quale livello di danno. E' costruita secondo lo schema già descritto nella Fig. 2 e nel Cap. 2.2.2, derivata dall'incrocio dei dati ricavati dalle precedenti Carte della *pericolosità per frana* (TAV. 7) e degli *elementi a rischio* (TAV. 6). La redazione della versione definitiva della Carta è stata preceduta da opportuna taratura in situ delle reali condizioni di rischio franoso, per la verifica della congruenza delle scelte fatte nell'ambito del processo analitico di definizione e di incrocio di tutti i tematismi considerati.

Sulla base delle informazioni ottenute e dei pesi assegnati secondo le Linee Guida (Tabella 3 e Tabella 4), il territorio di indagine è stato suddiviso in aree o classi omogenee in relazione al grado di rischio franoso. Sono state istituite quattro classi di rischio come di seguito denominate, in ordine di rischio crescente: Rg1 = moderato; Rg2 = medio; Rg3 = elevato; Rg4 = molto elevato.

Dall'esame della Carta appare evidente che la perimetrazione delle aree a rischio di frana ricalca esattamente le aree pericolose, mettendo però in evidenza quali elementi a rischio sono minacciati dalle frane e con quale livello di danno presumibile.

Confrontando la TAV. 9 Carta del rischio di frana con l'omologa Carta della prima versione del PAI (identificativo B7\_RG\_021\_69), si osserva che **le aree a rischio delimitate dalla nuova perimetrazione differiscono delle precedenti, specie nel centro abitato di Nurri.**

2.3.5 - LA CARTA DEL RISCHIO DI FRANA ALLA SCALA DEL PIANO URBANISTICO  
COMUNALE

**TAV. 10**

**Scala 1:2.000**

Questa tavola ha il solo scopo di riportare alla scala di dettaglio del PUC le risultanze della riperimetrazione del rischio franoso. Tenendo conto che già la TAV. 9 in scala 1:10.000 è stata in realtà redatta anche sulla base di rilievi aventi un dettaglio topografico e aerofotografico alla scala 1:2.000, si rimanda integralmente al Cap. 2.3.4 precedente per la descrizione dei contenuti della Carta.

## 2.4 - OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO FRANOSO

### 2.4.1 - CARATTERISTICHE GEOLOGICO-TECNICHE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI FRANOSI

Le caratteristiche dei processi franosi (frane di crollo) sono state in parte già illustrate nei Cap. 2.1.2 e 2.2.7. Dal punto di vista della tipologia franosa presente, nell'area in oggetto è stata individuata una elevata instabilità relativa ad una fenomenologia complessa del tipo "per crollo ", e localmente anche "per scoscendimento" e "per ribaltamento"

Dal punto di vista geologico-tecnico, l'ammasso roccioso coinvolto è costituito da vulcaniti basaltiche plio-quadernarie, che hanno ricoperto, in colate successive, le marne e i conglomerati miocenici che, al momento dell'emissione lavica, costituivano il piano di campagna. I bordi esterni delle colate basaltiche, arretrando a causa della degradazione gravitativa e meteorica del versante, hanno dato origine a pareti sub-verticali alte fino a 8-10 metri (parte sommitale), mentre sui sedimenti miocenici la pendenza è mediamente di 30°/40° (parte inferiore).

La facile erodibilità della base, costituita dai sedimenti miocenici, e dagli stessi materiali scoriacei e pomicei inglobati nei basalti, hanno progressivamente dato luogo ad uno scalzamento al piede delle vulcaniti, favorendo il franamento di blocchi e la formazione della parete verticale in arretramento.

Diversi tratti del versante sono caratterizzati dalla presenza di un terrazzamento naturale, successivamente modellato ad opera dell'uomo per un utilizzo agricolo. Talvolta i gradoni sono sostenuti da muri a secco in blocchi regolari costituiti dalle stesse vulcaniti.

#### 2.4.2 - PROPOSTE DI INTERVENTO

Come già segnalato in precedenza, per la sistemazione del dissesto franoso lungo il costone del rilievo Sa Corona Manna è stato messo in atto un recente intervento di consolidamento e messa in sicurezza (*Allegato A a fine testo - “Lavori di consolidamento pareti rocciose nell’abitato”, 2003*), il quale si è sino ad oggi dimostrato efficace ed idoneo allo scopo, tanto da produrre una sostanziale mitigazione del rischio franoso e consentire la nuova perimetrazione delle aree PAI illustrata nei capitoli precedenti. Altri due interventi analoghi in aree adiacenti sono stati progettati e finanziati, e allo stato attuale sono uno in fase di realizzazione ed uno in fase di appalto (“Lavori di completamento del consolidamento del costone Sa Corona Manna”, 2006). Pertanto si ritiene logico proporre lo stesso tipo di interventi ove si ritenesse eventualmente necessario estendere la messa in sicurezza del costone franoso anche ai tratti extraurbani.

L’intervento di cui sopra, relativo a sistemazione e consolidamento, che fu studiato e verificato nell’ambito del relativo progetto, è di seguito descritto. Per l’esatta ubicazione si rimanda integralmente alle tavole di progetto ed allo studio geologico-geotecnico di grande dettaglio riferito al relativo progetto, corredato da tavole fotografiche e tabelle di sintesi

Si è optato esclusivamente per *opere di protezione attiva*. Questo tipo di opere hanno la funzione di prevenire, impedire o limitare in modo sostanziale il distacco ed il movimento di porzioni rocciose.

- *Chiodature con barre Dywidag in acciaio tipo 835/1030 N/mm<sup>2</sup> dei singoli ammassi rocciosi alla parete stabile del versante.*

Si tratta di interventi che modificano, ovvero migliorano, la resistenza meccanica dell’ammasso roccioso nel suo complesso. Le chiodature saranno applicate a:

1) blocchi rocciosi basaltici parzialmente disconnessi dall’ammasso roccioso di provenienza ma ad esso ancora attaccati ed in equilibrio precario; 2) blocchi rocciosi basaltici già crollati in tempi anteriori dalle porzioni superiori e adagiati a varia quota sul versante, anch’essi in equilibrio precario e suscettibili di rimobilizzazione.

- *Pannelli in rete.*

Sono interventi che limitano la degradazione superficiale dell’ammasso roccioso.

L’adozione di pannelli in rete addossati alla parete franosa si rivela utile per contenere e consolidare alcune porzioni rocciose fratturate in maniera disomogenea e in blocchi di dimensioni troppo piccole per consentirne la chiodatura.

- *Contenimento dei blocchi mediante funi in trefoli ancorate alla parete stabile mediante barre Dywidag in acciaio tipo 835/1030 N/mm<sup>2</sup>;*

Anche in questo caso si tratta di interventi che limitano la degradazione superficiale dell'ammasso roccioso e saranno applicate a blocchi o insiemi di blocchi per i quali il posizionamento di reti e le chiodature possono rivelarsi di difficile esecuzione

- *Disgaggio delle masse rocciose per le quali non è possibile provvedere agli interventi precedenti.*

Si tratta di interventi che modificano la geometria del versante. La realizzazione di un angolo di pendio ottimale, in rapporto alle caratteristiche geotecniche dell'ammasso roccioso, assicura idonee caratteristiche di autosostentamento nei confronti dell'azione della forza di gravità. Il disgaggio è stato adottato per alcuni massi eccessivamente fratturati e problematici o anche nei casi in cui esso risulti più semplice ed economico rispetto ad altri interventi, anche in un'ottica di riutilizzo dei massi rimossi per il riempimento di vuoti alla base o per la riprofilatura del versante, quest'ultima prevista solo in aree limitate per non alterare eccessivamente i tratti del rilievo.

- *Ripristino dei muretti a secco di contenimento esistenti, posti al piede dei gradoni che occupano alcuni tratti del versante.*

La gradonatura del versante, realizzata in epoca storica, si è rivelata per lungo tempo utile per il contenimento del dissesto franoso, almeno sino a quando fu assicurata una manutenzione costante. Nuovi muretti di contenimento saranno realizzati al piede delle masse rocciose fratturate più estese linearmente I muretti sono e saranno realizzati in pietra locale e quindi ben integrati nel paesaggio.

### 3 - CONCLUSIONI

E' stata effettuata la riperimetrazione del P.A.I. e delle relative opere di mitigazione del rischio, in ambito urbano ed alla scala dello strumento urbanistico.

Contestualmente è stata intrapresa una procedura di variante e aggiornamento del PAI, conseguente all'analisi eseguita alla scala di maggiore dettaglio, mediante la modifica di alcuni perimetri e classi di pericolosità e rischio geologico di singole aree.

Lo studio eseguito, dal punto di vista metodologico, è stato uniformato alle "Linee Guida" del PAI (REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA, 2000) nonché al Disciplinare Tecnico allegato alla Determinazione Servizio Difesa del Suolo n. 1859 del 30-12-2005.

#### *Per quanto riguarda la pericolosità franosa presso nel centro abitato di Nurri*

- È stata rielaborata la *Carta degli elementi a rischio*. Gli elementi a rischio individuati e le aree omogenee che li rappresentano sono stati perimetrati con maggiore dettaglio e con un criterio di più elevata discriminazione tra diversi tipi di elementi, secondo quanto indicato dalla stessa legenda cartografica del PAI. Sono state inserite anche le nuove superfici di recente espansione urbanistica dell'abitato.
- È stata rielaborata la *Carta della pericolosità per frana*. Le aree pericolose delimitate dalla nuova perimetrazione differiscono da quelle precedentemente indicate dal PAI e tengono conto sia della reale franosità rilevata e potenziale a seguito dello studio effettuato, sia degli effetti di contenimento e prevenzione delle frane conseguenti agli interventi di sistemazione realizzati dal Comune di Nurri. Come risultato dell'analisi di dettaglio condotta, le aree di nuova perimetrazione sono suddivise in quattro classi di pericolosità Hg4, Hg3, Hg2 e Hg1, mentre nella prima versione del PAI erano state delimitate solamente le due classi Hg1 e Hg4.
- È stata rielaborata la *Carta del rischio di frana*. Anche in questo caso, le aree a rischio delimitate dalla nuova perimetrazione differiscono dalle precedenti e tengono conto della reale esposizione al rischio degli elementi presenti sul territorio, in rapporto sia alla reale franosità rilevata e potenziale, sia agli effetti di contenimento e prevenzione conseguenti agli interventi di sistemazione realizzati.
- Quali opere di mitigazione del rischio franoso sono state illustrate alcune proposte tecniche di intervento.

15 Maggio 2008

#### *I professionisti incaricati*

Dr. Ing. Maurizio LECCA

Dr. Geol. Gian Luca PIRAS

#### *I collaboratori*

Dr. Geol. Cataldo CANNILLO

BIBLIOGRAFIA

- ASSORGIA A. MACCIONI L. MACCIOTTA G., SAVELLI C. (1983) - *Carta geopetrografica del vulcanismo pliocenico della Sardegna centro-meridionale*, scala 1:50.000, Selca, Firenze
- BENEDINI M., GISOTTI G. (1985) - *Il dissesto idrogeologico: cause, effetti e interventi a difesa del suolo*, Ed. NIS, Roma.
- DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 29 SETTEMBRE 1998 - *Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n.180.*
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2002) - *European Topic Center-Terrestrial Environment. CORINE land cover update. I&CLC2000 project. Technical Guidelines.* - European Environmental Agency; 2002.
- LANCELLOTTA R. (1993) - *Geotecnica* - Zanichelli, Milano.
- PANIZZA M. (1988) - *Geomorfologia applicata*, Editrice NIS, Roma.
- POMESANO CHERCHI A. (1967) - *Studio biostratigrafico del Miocene della Sardegna centro-meridionale (Campidano-Marmilla orientale-Sarcidano)*, *Giornale di Geologia* (2) XXV, fasc. III, pp. 255-276, figs. 1-3, pls. XIII-XV Bologna 1968.
- PROGRAM GEO (2007) - *Software di geologia tecnica* – Via XX Settembre, 89 D - 25013 Carpenedolo (BS).
- REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA (1998) - *Nuovo studio dell'idrologia superficiale della Sardegna (Versione Preliminare)* - Assessorato della Programmazione, Bilancio ed Assetto del Territorio - Centro Regionale di Programmazione, Ente Autonomo del Flumendosa
- REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA (2000) - *Linee guida per l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia (DL. 180 e L. 267 del 03-08-1998)* - Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato Lavori Pubblici, Cagliari, Agosto 2000.
- REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA (2005) - *Allegato alla Determinazione SDS n. 1859 del 30/12/2005 - Legge n. 388/2000 (L.F. 2001) art. 142. Assegnazione risorse finanziarie per il finanziamento dei Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Ripartizione di contributi per la predisposizione di studi necessari per la definizione della perimetrazione del P.A.I. e delle relative opere di mitigazione del rischio, in ambito urbano ed alla scala dello strumento urbanistico. UPB S08.064 capitolo 08262 esercizio 2004/R* - Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato Lavori Pubblici, Servizio Difesa del Suolo, Cagliari.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1959) - *Foglio geologico 218 "Isili", scala 1:100.000.*
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1996) - *Carta geologica della Sardegna, scala 1:200.000*, Litografia Artistica Cartografica, Firenze.