

Brandis, Pasquale (1972) *Studio e distribuzione geografica delle frane in Sardegna: 1. nota: la frana di Bessude nel Logudoro*. Bollettino della Società sarda di scienze naturali, Vol. 6 (11), p. 3-20. ISSN 0392-6710.

<http://eprints.uniss.it/11010/>

PASQUALE BRANDIS

Studio e distribuzione geografica delle frane in Sardegna
(1^a nota: La frana di Bessude nel Logudoro)

Estratto da *Bollettino della Società Sarda di Scienze Naturali*

Anno VI - Vol. XI - 1972

Seminario di Geografia della Facoltà di Magistero
dell'Università di Sassari

Studio e distribuzione geografica delle frane in Sardegna
(1ª nota: La frana di Bessude nel Logudoro)

PASQUALE BRANDIS

Finalità dello studio

L'esigenza di un rapido ed organico riassetto dell'ecologia italiana pone innanzi tutto il problema della conoscenza della reale situazione del paesaggio geografico in tutto il paese.

E' necessario disporre di un esame diagnostico delle ferite che il paesaggio naturale ha subito per opera degli agenti fisici e per mano dell'uomo.

I danni al paesaggio in generale si manifestano attraverso rotture, di varia genesi ed entità, che attengono indistintamente agli equilibri del mondo animale, vegetale e minerale.

Gli interventi che l'uomo, attraverso lo Stato, vuole operare nel suo ambiente non possono prescindere pertanto dalla individuazione e dallo studio dei fenomeni che tendono a depauperare il suo vitale patrimonio naturale.

Il nostro lavoro ha come finalità principale quello di dare un contributo per quanto possibile oggettivo e valido, ad un aspetto particolare e regionale di tale problema.

Lo studio e la distribuzione geografica delle frane in Sardegna vuole essere appunto un contributo allo sforzo che il Paese intende compiere partendo dalla « conoscenza di se stesso ».

La geografia intesa come disciplina di sintesi e soprattutto come scienza umana, da una consapevole presa di coscienza dei fenomeni locali e particolari

può trarre per l'Uomo e, in definitiva, per la Società, le conclusioni più valide per una oggettiva ed opportuna organizzazione degli spazi terrestri (localmente, ovvero per unità geografiche, meglio definibile come pianificazione territoriale).

In particolare il presente lavoro si articolerà in alcune parti (note) riguardanti le diverse aree dell'Isola soggette a fenomeni di franosità o di instabilità, sottolineando ovviamente i loro riflessi sulle attività umane.

LA FRANA DI BESSÚDE NEL LOGUDORO

Premessa e cenni storici.

L'agro del Comune di Bessude in provincia di Sassari, fa parte di quella regione storico-geografica del « Logudoro » che gli abitanti della zona frequentemente sogliono distinguere come « Meilogu » (dal latino parlato *Mediu Locu*) e si estende in prevalenza ad Ovest dell'Altopiano di Pèlao dal quale il centro abitato dista circa 500 m.

Il paese di Bessude è distribuito, come Siligo, a mezza costa del pendio occidentale del M. Pèlao, rilievo che presenta la direttrice spartiacque orientata Nord-Sud (fig. 1).

A Sud-Est, e cioè a monte dell'abitato, si ripetono con periodicità variabile fenomeni di franamento connessi con le condizioni geologiche del rilievo e con le condizioni climatiche locali.

La zona in cui si verificano detti fenomeni è chiamata dagli abitanti « Sa rena » (cioè « la sabbia ») ed è compresa sotto il nome di « Binza Ezza » nella tavoletta « Thiesi », Foglio 193 - Bonorva - dell'I.G.M. per quanto riguarda il rilevamento topografico; geologicamente l'area in esame è cartografata nel Foglio 193 - Bonorva - del Servizio Geologico d'Italia (Scala 1:100.000).

I fenomeni di franamento a monte di Bessude non sono un fatto recente perchè in passato, almeno a memoria d'uomo e secondo quanto segnalato da alcuni amministratori locali, si sono verificati periodicamente e particolarmente in concomitanza con annate molto piovose.

Tuttavia negli ultimi tempi si è dovuta registrare una progressiva accentuazione del fenomeno, ricollegabile essenzialmente a due cause:

- 1) Lo sfruttamento in passato della sabbia della località « Sa rena »;
- 2) La riduzione progressiva del manto vegetale agrario a causa della ridotta attività agricola negli ultimi decenni.



Fig. 1 - Versante occidentale di M. Pèlao: a metà costa l'abitato di Bessude, in alto i dirupi basaltici dell'altopiano.



Fig. 2 - Arenarie a grana fine debolmente cementate osservabili lungo la mulattiera che porta a M. Pèlao.

La prima causa viene addotta dai più anziani abitanti di Bessude che conobbero lo sfruttamento delle sabbie site proprio immediatamente a monte della zona franosa. Nell'inverno 1971-72 la sabbia cavata a fine estate veniva adagiata in prossimità del vicino impluvio e si attendeva che le acque torrenziali dell'autunno la portassero a valle.

Si potrebbe parlare di una sorta di fluitazione nel senso che la forza delle acque veniva utilizzata non per il trasporto del legname ma della sabbia. Lo spostamento del materiale era assicurato dalla forte pendenza dell'impluvio e dall'abbondanza delle acque nella stagione delle piogge.

La seconda causa che ha contribuito a modificare l'equilibrio dei pendii in modo brusco negli ultimi tempi può ricercarsi anche nella riduzione del manto vegetale agrario.

I movimenti franosi di cui si possiedono dati precisi sono avvenuti nel 1966-67 e nel 1971-72. Sui primi la documentazione agli atti del Comune di Bessude ci informa che i terreni interessati furono quelli in prossimità del paese, ad una cinquantina di metri dall'abitato. Gli ultimi si sono verificati recentemente ed hanno riguardato invece la zona a monte tra quota 500 e quota 600 circa.

Dal maggio scorso gli ultimi franamenti sono tenuti sotto controllo mediante opportuni allineamenti di paletti-spia che segnalano ulteriori movimenti del terreno.

LINEAMENTI GEOLOGICI

Nella zona in studio sono presenti diversi tipi di formazioni geologiche, riconducibili essenzialmente a quattro tipi fondamentali che, stratigraficamente, dall'alto verso il basso, sono:

- detrito di falda;
- basalti di espandimento;
- formazione marina miocenica;
- vulcaniti oligoceniche.

Detrito di falda

Il detrito di falda ricopre la fascia, di spessore variabile, sottostante ai dirupi rocciosi del M. Pelao.

Gli elementi, sempre a spigoli vivi, sono di forma e di dimensioni variabili mentre la loro natura è basaltica, conseguenza della provenienza dalle soprastanti lave di espandimento. Gli accumuli sono recenti (Pleistocene).

Basalti di espandimento

La zona in esame è interessata, come si è detto, da un espandimento basaltico la cui superficie può essere valutata intorno ai 5 Km². La potenza è variabile e nel versante che guarda verso Bessude quella massima si aggira intorno ai 25 m.

Gli espandimenti hanno svolto un importante ruolo di conservazione delle rocce sottostanti, condizionando il paesaggio naturale attuale. Infatti i rilievi più elevati della zona (M. Pelao, M. Santo, M. Cuccuruddu) sono tali poichè ricoperti da placche basaltiche, sia pure di debole spessore.

I basalti di espandimento vengono attribuiti comunemente al Quaternario antico.

Formazione marina miocenica

Sotto le lave di cui si è parlato si immergono le sabbie a cemento marnoso, facies litologica a tetto della ben nota formazione marina che interessa gran parte del Meilogu.

Secondo la campionatura di un attraversamento dal Riu Banzos al M. Pelao passante per l'abitato e corrispondente alla sezione A-B raffigurata, la ripartizione per potenza dei singoli tipi litologici, dall'alto verso il basso, è in linea di massima la seguente:

| | |
|--|--------|
| — sabbie a cemento marnoso | 28 m; |
| — marne argillose | 50 m; |
| — calcari organogeni intermedi | 15 m; |
| — arenarie a grana fine debolmente cementate | 85 m; |
| — calcari organogeni e detritici di base | 22 m; |
| per complessivi: | 200 m. |

Il complesso arenaceo (fig. 2) presenta le tipiche strutture gradate in corrispondenza di orizzonti più resistenti e compatti. Un gradone netto è rappresentato dallo strato calcareo che si intercala tra le marne e le sottostanti arenarie in corrispondenza di quota 550 (fig. 3).

Questo strato è visibile lungo le pendici del M. Pelao, tra Bessude e Siligo in corrispondenza dei displuvi, mentre lungo gli impluvi è ricoperto da prodotti provenienti dalle testate degli strati sovrastanti.

La formazione di base del complesso è costituita da rocce calcaree organogene. Il contatto con le sottostanti vulcaniti è sovente rappresentato da calcari detritici, talvolta sfumanti verso un vero e proprio brecciamme a cemento calcareo.

L'età di tutta la formazione marina è attribuita al Miocene medio.

Vulcaniti oligoceniche

Le rocce più antiche della zona sono le vulcaniti tufacee oligoceniche che ad Ovest interessano una superficie piuttosto vasta, estendendosi per decine di chilometri nell'entroterra tra Alghero e Bosa.

I tipi litologici sono assai diversi per genesi e chimismo, tuttavia gli affioramenti a valle di Bessude, riportati a giorno dall'intensa azione erosiva delle acque, sono essenzialmente tufacei. La natura è trachi-liparitica.



Fig. 3 - In primo piano sulla destra in basso è osservabile una parte del fronte di frana che ha ostruito la mulattiera per M. Pèlao; più in alto si nota il gradone calcareo di quota 550 ed infine sullo sfondo in alto i numerosi massi ematici che per rotolamento scendono verso l'abitato.

CENNI SULLA GEOMORFOLOGIA DELLA ZONA

Dal punto di vista morfologico, i rilievi collinari della zona si sono originati in seguito all'azione erosiva del reticolato idrografico dell'alto Rio Mannu di Porto Torres.

I contrasti dei rilievi sono accentuati dalla presenza di affioramenti resistenti, compatti, come gli accennati basalti di espansione ed i calcari in genere, che possono conservare più a lungo le originarie strutture geologiche.

Gli affluenti dell'alto Riu Mannu di Porto Torres scorrono prevalentemente incassati in valli abbastanza profonde, i cui versanti si presentano talvolta a pareti molto ripide, quasi verticali, quando attraversano la formazione marina ed in particolare i calcari.

La giacitura di tali rocce è suborizzontale per cui i versanti possono mantenersi dopo l'approfondamento quasi verticali, assumendo, come si è accennato anche per i basalti, un profilo a gradoni.

Nella sezione allegata si può notare come tale tipo di struttura sia particolarmente evidente al piede del movimento franoso, in corrispondenza di Riu Banzos e lungo la cresta dell'altopiano di Pelao.

NOTIZIE SUL CLIMA (*)

Le piogge medie annue che cadono nella zona raggiungono i 716,3 mm di cui ben 491,1 nel semestre autunno-inverno. I mesi di novembre e dicembre sono i più piovosi con 101,7 e 119,8 mm rispettivamente.

Nella stagione estiva invece cadono in media appena 29,5 mm d'acqua di cui ai mesi di giugno, luglio e agosto ne spettano appena 13,4; 6,3 e 9,8 mm. La media dei giorni piovosi in questi mesi è di 2,0, 0,9 e 0,9.

La temperatura media annua è di 15°C con una escursione di 17°,1. I mesi più caldi sono luglio ed agosto con una media mensile di 24°,5. In giugno e settembre si registrano i valori medi mensili rispettivamente di 21°,5 e 22°,5.

Nel quadrimestre giugno-luglio-agosto-settembre, l'evaporazione delle superfici d'acqua esposte direttamente ai raggi solari è piuttosto elevata.

MORFOLOGIA DEL MOVIMENTO FRANOSO

Come si è detto, la frana di Bessude interessa il versante settentrionale dell'altipiano di Pelao a monte dell'abitato.

La superficie interessata direttamente o indirettamente dai movimenti franosi si aggira intorno ai 10 ettari.

(*) Per la stesura delle presenti notizie ci si è riferiti ai dati ufficiali del Min. dei LL.PP., registrati nella stazione pluviometrica di Mores (quota n 366 s.l.m.), nonché ai valori elaborati da M. Pinna nella pubblicazione « Il clima della Sardegna » citata in bibliografia.

TABELLA A

| STAZIONE TERMO-PLUVIOMETRICA DI MORES (336 m. s.l.m.) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| Precipitazioni medie mensili, stagionali ed annue e giorni piovosi | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | F | M | A | M | G | L | A | S | O | N | D | Aut. | Inv. | Prim. | Est. | Anno |
| 90,0 | 60,7 | 80,5 | 64,8 | 50,4 | 13,4 | 6,3 | 9,8 | 46,7 | 65,9 | 101,7 | 119,8 | 214,3 | 276,8 | 195,7 | 29,5 | 716,3 |
| 9,7 | 6,7 | 7,4 | 6,5 | 4,8 | 2,0 | 0,9 | 0,9 | 3,5 | 5,7 | 9,6 | 10,4 | 18,8 | 26,8 | 18,7 | 3,8 | 68,1 |
| Temperature medie mensili, stagionali ed annue | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | F | M | A | M | G | L | A | S | O | N | D | Aut. | Inv. | Prim. | Est. | Anno |
| 7,4 | 7,4 | 10,3 | 12,9 | 16,0 | 21,4 | 24,5 | 24,5 | 22,5 | 16,0 | 12,7 | 9,4 | 16,7 | 8,0 | 13,1 | 23,5 | 15,3 |

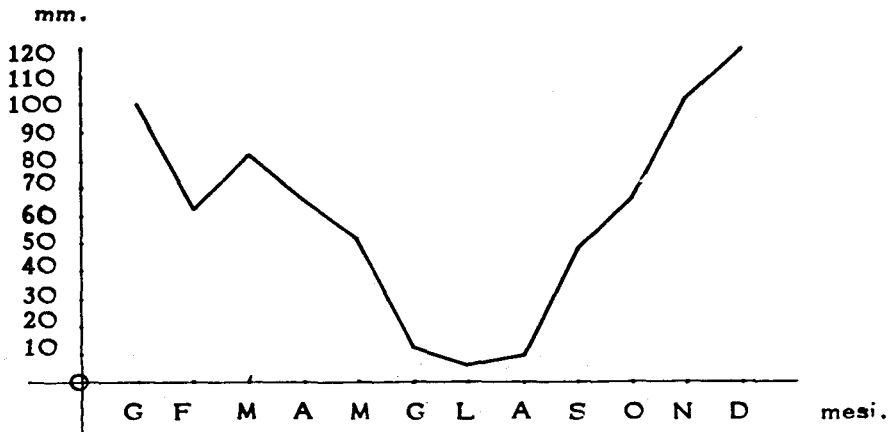


Grafico dell'andamento delle precipitazioni medie mensili.

Il movimento franoso verificatosi nell'autunno-inverno 1971-72 si è sviluppato prevalentemente lungo l'impluvio che si estende dalla località « Sa rena » all'abitato.

Longitudinalmente, l'ultimo movimento franoso ha un'ampiezza di circa 250 m mentre la larghezza massima è di circa 90 m.

Il materiale spostatosi ha interamente ricoperto di fanghiglia la mulattiera che porta a M. Pelao (fig. 3), mentre nella parte centrale della frana si sono registrati abbassamenti dell'originario piano di campagna di m 2,50.

I ceppi di un vigneto sono stati in parte conglobati nella massa terrosa fluidificata così come diversi alberi hanno subito delle inclinazioni diverse da quelle originali o sono stati addirittura travolti (fig. 4).

La maggior parte delle fenditure si sviluppano secondo piani perpendicolari all'asse della valle; tuttavia lateralmente alcune sono disposte anche in senso parallelo all'impluvio.

Non dappertutto è possibile individuare la superficie di scorrimento poichè la lizza è ricoperta di materiale franato. Tuttavia è chiaro che in corrispondenza della mulattiera, la superficie di scorrimento è data dal basamento delle arenarie e, qualche metro a monte, dallo sperone dei calcari organogeni (che non hanno subito spostamenti).

La massa franosa si origina a spese dello strato marnoso-argilloso che in presenza di acqua tende a fluidificare.

E' ovvio che nel suo movimento il corpo della frana congloba tutti i materiali depositisi a tetto ed in modo particolare il detrito di falda e le sabbie marnose che ricoprono stratigraficamente le marne argillose.

A valle dell'intersezione tra la mulattiera e l'impluvio, lungo il quale si muove la frana, è stato possibile rilevare la presenza di un ricoprimento, sulle arenarie a grana fine, di materiali argillosi che si estendono fino all'abitato in prossimità del caseggiato scolastico.



Fig. 4 - Un albero di ciliegio è stato quasi completamente ricoperto dai materiali dell'ultima frana.

Tenuto conto che, come documentato dalle relazioni dei tecnici del Genio Civile di Sassari, in possesso del Comune di Bessude, nel 1966 un franamento ha interessato la periferia dell'abitato in prossimità del caseggiato scolastico, è necessario ammettere che in passato fenomeni franosi abbiano interessato tutta la vallata dalla località « Sa rena » a Bessude.

Mediante alcuni calcoli di cubaggio eseguiti seguendo tutto l'impluvio lungo il quale si manifestano i franamenti, tenuto conto della probabile superficie di scorrimento, si è potuto stimare che il totale delle masse interessate dai movimenti antichi e recenti ammonta nel suo complesso ad un valore di 3.000.000 di metri cubi.

Le masse originatesi dai movimenti antichi si estendono soprattutto a valle della cresta dei calcari organogeni, mentre quelli recenti occupano la parte superiore dell'area soggetta a franosità.

Come si è già accennato il movimento più recente ha conglobato nel corpo di frana gran parte della vegetazione. Tuttavia gli effetti del fenomeno non si sono limitati solo a queste conseguenze, poichè è stato modificato l'assetto naturale delle acque superficiali e sotterranee, talchè da una vecchia sorgente non sgorga più acqua, mentre si sono riscontrate nuove manifestazioni sorgentizie.

Bisogna notare che i cedimenti del terreno sono favoriti anche dalla pendenza dell'impluvio lungo il quale si sviluppano i movimenti franosi. Infatti la pendenza media calcolata tra la base del dirupo di Pelao e l'abitato di Bessude, in corrispondenza della S.P. Thiesi-Siligo, è del 15%.

CAUSE E MECCANISMO DELLA FRANA

Il movimento franoso di Bessude si sviluppa essenzialmente come un colamento di terreni argillosi, conglobanti anche altre rocce, lungo l'impluvio Pelao-Bessude.

Il colamento avviene in seguito ad ammolimento delle marne argillose sulle quali poggiano sedimenti psammitici (sabbie) e, superficialmente, rocce effusive fessurate.

Le acque penetrano nel terreno attraverso i basalti diaclasati dell'altopiano e successivamente nei sottostanti strati sabbiosi che funzionano così da elemento di ammolimento e di fluidificazione delle sottostanti marne argillose.

Il peso delle coltri giacenti su queste ultime determina, tra l'altro, una sorta di spremitura per compressione tra espansione lavico e strato calcareo sottostante, entrambi complessi litoidi a comportamento rigido.

La posizione e la giacitura probabili del movimento recente sono stati schematicamente ricostruiti nella sezione geologica allegata.

Le varie parti delle masse franate si sono mosse in genere con movi-

mento di traslazione che ha mantenuto un certo parallelismo delle superfici topografiche originarie.

In altri casi si sono verificati dei parziali movimenti di rotazione di queste ultime o addirittura dei rovesciamenti di tutta la massa che hanno ridotto il terreno franato ad un accumulo caotico dei diversi materiali litoidi.

Le principali cause che hanno determinato i fenomeni di franamento descritti sono le seguenti:

- 1) La natura della formazione che alimenta direttamente il movimento franoso;
- 2) La presenza, al di sopra del materiale franato, di rocce permeabili, cioè acquifere;
- 3) Le condizioni climatiche locali;
- 4) Il regime delle acque sotterranee;
- 5) L'elevata inclinazione dei pendii;
- 6) La giacitura delle testate degli strati a franapoggio.

Una delle cause fondamentali che determinano i movimenti franosi a monte di Bessude è certamente rappresentata dalla natura argillosa dello strato compreso tra i calcari organogeni e la sabbia della località « Sa rena ».

Le argille, com'è noto, hanno la proprietà di assorbire quantitativi variabili di acqua (fino a 7-8 volte il proprio volume nel caso di argille bentonitiche) e di tendere oltre un certo limite all'ammollimento e ad una vera e propria fluidificazione.

Il complesso delle sabbie e dei basalti, le prime permeabili per porosità, i secondi per fessurazione, funge da serbatoio di alimentazione che consente alle acque selvagge di penetrare fino ai materiali argillosi e di rimanere a lungo a contatto negli strati a tetto di questi ultimi.

Si può dire che sabbie e basalti funzionano quindi come una sorta di cuscinetto fluidificante.

Un ruolo notevole tra i fattori che determinano il movimento franoso è svolto dalle condizioni climatiche locali. Nel Meilogu, come in gran parte della Sardegna, si verificano tipiche condizioni climatiche mediterranee, con piogge concentrate almeno al 50% nella stagione invernale e forti temperature estive (temperature medie mensili intorno ai 23°C). Ciò determina una presenza quasi costante delle acque selvagge sul terreno durante tutta la stagione invernale, per cui i terreni argillosi subiscono oltre ad un notevole ammolimento, anche elevati aumenti di volume per rigonfiamento. D'altra parte durante l'estate, essendo le piogge quasi nulle, si verificano notevoli fe-

nomeni di essiccamento del terreno dove a fine estate si possono osservare numerose crepe dovute alla contrazione dei materiali argillosi.

Questo fenomeno è evidenziato maggiormente dal regime stagionale delle acque sotterranee che alimentano le sorgenti di contatto distribuite lungo il limite tra sabbie e marne.

Durante la stagione delle piogge e fino alla primavera inoltrata (aprile-maggio), le acque sorgive che vengono a convogliarsi lungo l'impluvio Pelao-Bessude hanno una portata di diverse decine di litri al secondo mentre durante l'estate questa si riduce a qualche litro al secondo.

Si può dire che i fattori fin qui elencati contribuiscono a rendere i materiali argillosi idonei al fenomeno del colamento, il quale tuttavia è determinato più direttamente dall'inclinazione del pendio che mediamente è di circa il 17% ma che in alcuni tratti raggiunge anche il 40%.

Infine si deve registrare tra le cause del franamento una certa tendenza alla giacitura e franapoggio per cedimento delle testate degli strati.

SISTEMAZIONE IDROLOGICA E MORFOLOGICA DEL PENDIO INSTABILE

Posto che i pericoli più gravi non vengono tanto dal movimento franoso in sé e per sé, quanto dall'azione di scalzamento che si è verificata alla base dei dirupi basaltici di Pelao proprio a causa della fluidificazione dello strato argilloso sottostante, si pone in termini urgenti il problema di dare una sistemazione idrologica e morfologica alla zona franosa.

Dopo un preliminare e indispensabile controllo dei massi instabili gli interventi più urgenti attengono a:

1) *La sistemazione idrologica*, con inalveamento delle acque superficiali, a monte della frana, lungo il contatto tra terreni permeabili e terreni impermeabili, drenaggio delle acque sotterranee con la realizzazione di opportune canalizzazioni nel substrato impermeabile e con la costruzione di opere atte ad assicurare un rapido deflusso delle acque dalle superfici direttamente interessate dai movimenti franosi. Le acque sorgive dovranno essere captate con idonei bottini che assicurino la totale raccolta delle acque stesse.

2) *La sistemazione morfologica*, con eliminazione dei pendii continui troppo ripidi mediante la eventuale scomposizione in gradoni con scarpate sostenute da adeguate opere murarie. Tra l'altro vi si potranno ancorare non solo fondazioni di muri ma anche, se necessario, pali trivellati. La messa a dimora di piante a radici lunghe sarà necessaria per il consolidamento sia

dei terreni resi incoerenti dai recenti movimenti, sia di quelli circostanti. Si consiglia inoltre, tenuto conto della natura del terreno, di prevedere un programma di rimboschimento da attuarsi solo dopo qualche anno dalla realizzazione delle opere di consolidamento prima indicate.

RIASSUNTO

L'autore, nel quadro dei problemi attinenti all'equilibrio ecologico del Paese, intende portare con « Lo studio e la distribuzione delle frane in Sardegna » un contributo sia pure limitato come campo di indagine e territorialmente, per quanto possibile oggettivo e valido, al risanamento del nostro patrimonio naturale.

Nella presente nota egli espone i risultati degli studi di carattere geografico e soprattutto geomorfologico compiuti sui movimenti franosi che hanno interessato la zona a monte dell'abitato di Bessude in provincia di Sassari.

La prima parte della nota comprende un inquadramento dell'area in esame dal punto di vista geografico, cui fa seguito una rassegna degli eventi storici più recenti riguardanti la frana. Successivamente vengono tracciati i lineamenti generali della geologia della zona per poi passare ad un più approfondito esame dei caratteri geomorfologici e climatici dell'area soggetta a franamento, con particolare riferimento all'evoluzione del bacino idrografico dell'alto Riu Mannu di Porto Torres. Infine sono elencate le cause che hanno determinato il movimento franoso e vengono richiamate le opere principali che si rendono necessarie per la sistemazione idrologica e morfologica del pendio a monte di Bessude.

SUMMARY

In the framework of the problems concerning the ecological equilibrium of the country, the Author, with this study of the distribution of landslides in Sardinia, intends to give a valid and objective contribution, though territorially limited, to the reclamation of our national patrimony.

In this work he relates the results of the geographical and geomorphological studies made on the movements of the landslides that have taken place in the mountainous zone surrounding Bessude in the province of Sassari.

The first part of the work includes the framing of the area from a geographical point of view, followed by the description of the more recent events regarding the landslide. The Author has then examined the general traits of the geological, geomorphological and climatic characteristics of the area subject to the landslides, with a particular reference to the evolution of the hydrographical basin of the Riu Mannu in Porto Torres. In the last part the

Author has studied the causes that have determined the movements and has proposed the main works necessary to the hydrological and morphological settlement of the area.

BIBLIOGRAFIA

- ALMAGIA' R. (1907) - Studi geografici sulle frane in Italia. Parte generale. L'appennino settentrionale ed il pre-appennino tosco-emiliano. *Mem. Soc. Geogr. It.*
- AVENA G. C. & GIULIANO G. (1967) - Considerazioni teorico-pratiche sull'applicazione dell'analisi geomorfica quantitativa ai reticoli fluviali. *L'Universo*, a 47, (2), 341-359.
- BALDACCI O. - La Sardegna. « *Al ponte* », VII, Firenze, 1951.
- BIASUTTI R. - Il paesaggio terrestre. Torino U.T.E.T., 1947.
- BRANDIS P., DETTORI B., PIETRACAPRINA A. - Studio geo-idrologico della Sardegna Sett. Memoria 1° Estr. da « *Studi Saresesi* », Sez. III ann. della Fac. di Agraria dell'Università di Sassari - vol. 15, Fasc. 2, 1967.
- CAPEDER G. - Sulla esistenza di antiche linee di spiaggia sulle rocce mioceniche dell'interno della Sardegna settentrionale. *Boll. Soc. Geolog.* - vol. 25, Roma 1906.
- CLAVAL P. - Régions, nations, grandes espaces, Paris, Génin, 1968, pp. 837.
- COMASCHI CARIA I. - Il Miocene in Sardegna. (Nota preliminare ad una monografia) *Estr. Boll. Soc. Geol. Italiana*, Vol. 76, 1959 Roma.
- COMASCHI CARIA I. - Il Miocene di Bonorva e dintorni (Sard. Nord-Occ.) Estr. dal Fasc. 3-4, Vol. 24, 1954.
- COULON C. - L'intrusion basaltique de Santu Bainzu (Sardaigne Septentrionale) *Boll. Soc. Geol. It.*, Vol. 88, 1969, Fasc. 3 pag. 517.
- CRINO' S. - Le frane della Sardegna. « *L'ingegnere* », Vol. IV, 1930.
- D'ACHIARDI C. - Le andesiti augito-oliviniche di Torralba (Sard.) *Boll. Soc. Geol. It.* Vol. 8, 1897.
- GEORGE P. - L'organizzazione sociale ed economica degli spazi terrestri. Franco Angeli Editore. Milano, 1971.
- GREGOR H. F. - Environment and economic Life; an economical and Geography, Toronto, London and New York, Van Nostrand.
- HORTON R. I. (1945) - Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bull. Soc. Amer.*, 56, 275-370.
- JACOBACCI A. - Osservazioni geologiche del IV Quadrante del F. 193 « *Bonorva* » (Isola di Sardegna). *Estr. Boll. Serv. Geol. Ital.*, Vol. 75, Roma 1953.
- LABASSE J. - L'organisation de l'espace, Paris, Hermann, 1966, pp. 600.
- MAXIA C., PECORINI G. - La zona di Castelsardo: la meno incompleta serie miocenica della Sardegna. Estr. da Atti del X Congresso Int. di Studi Sardi (Simp. sul Quat. della Sardegna).
- MINISTERO LL. PP. - Consiglio Superiore - Servizio Idrografico. - *Le sorgenti italiane, elenco e descrizione*. Pubbl. 14 del Servizio, Vol. IV, Sardegna. Ist. Pol. dello Stato, Roma, 1934.
- MINISTERO LL. PP. - Consiglio Superiore - Servizio Idrografico. Precipitazioni medie mensili ed annue e numero dei giorni piovosi per il trentennio 1921-1950. *Bacini con foce al litorale della Sardegna*. Pubbl. 24 del Servizio, Fasc. IX. Ist. Pol. dello Stato, Roma, 1958.

- MONTALDO P. - Frane. Viscosità delle masse frananti. Modelli delle frane. « *Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari* » Vol. XVI, 1946.
- MORETTI A. - Sui movimenti franosi degli abitati di Osini e di Gairo. « *Boll. Com. Geol. d'Italia* » LXXV (1953), Roma.
- PECORINI G. - Sulla morfologia di alcune manifestazioni vulcaniche « olioceniche » nel Logudoro (Sardegna sett.) Univ. Studi Cagliari.
- PELLETIER J. - *Le relief de la Sardaigne. Studio morfotettonico e caratteristiche tecniche.* Cagliari, S.E.I., 1962.
- PENTA F. - Frane e movimenti franosi. Appunti delle lezioni di geologia tecnica. Siderea, Roma.
- PENTA F. - Frane e cedimenti dovuti a plasticità e fluidità del sottosuolo. *Geotecnica*, (6).
- PENTA F. - Sulla classifica dei movimenti franosi. *Geotecnica*, (3).
- PIETRACAPRINA A. - Erosione e tettonica nel paesaggio della Sardegna settentrionale. Estr. « *Archivio Bot. Biogr. Italiano* », Vol. 40 (1964) 4ª Serie - Vol. II, Fasc. IV.
- PIETRACAPRINA A. - La geologia delle valli del Rio Mascari e Rio Mannu. « *Studi Sassaresi* ». *Ann. Fac. Agr. Univ. Ist. Geol. Miner. Sassari* - Vol. 10, 1962.
- PIETRACAPRINA A. - Sintesi geologica della Sardegna e considerazioni Paleogeografiche. Estr. « *Archivio Botanico Biogeografico Italiano* - Vol. XL (1964) 4ª Serie Vol. 9, Fasc. IV.
- PIETRACAPRINA A. - Studio geo-idrologico del Rio Mannu di Porto Torres (Sassari). Estr. *Studi Sassaresi*, Sez. III, *Ann. Fac. Agr. Univ. Sassari - Ist. Miner. Geol.* Vol. 12, 1964.
- PINNA M. - Il clima della Sardegna. Pubblicazione dell'Istituto di Geografia dell'Univ. di Pisa, 1954.
- TRABUCCO G. - Sulla classificazione e sull'origine delle frane. *Riv. Geogr. It.*, 20, (5-6).
- VARDABASSO S. - Origine ed evoluzione del rilievo del Massiccio Sardo-Corso. « *Atti Congr. Geogr. Ital.* » Cagliari, 1934.
- VARDABASSO S. - Visioni geomorfologiche della Sardegna. Cagliari, S.E.I., 1934.
- VARDABASSO S. - Qualche osservazione sull'erosione del suolo in Sardegna « *Atti XVIII Congr. Geogr. Ital.*, Trieste, 1961.
- VARDABASSO S. - Carta geologica della Sardegna scala 1:750.000, in *Soc. Elettr. Sarda*. Il gruppo elettrico sardo e gli impianti del Flumendosa, Roma, 1949.

