

MONITORAGGIO o EARLY WARNING???

Il **Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA)** è operativo dal 14 gennaio 2017, data di entrata in vigore della Legge 28 giugno 2016, n.132 “Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale”.

Esso costituisce un vero e proprio Sistema a rete che fonde in una nuova identità quelle che erano le singole componenti del preesistente Sistema delle Agenzie Ambientali, che coinvolgeva le 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA), oltre a ISPRA.

Linee Guida per il monitoraggio delle frane

a cura del
Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

Linee Guida SNPA 32/2021



Quali sono i compiti di SNPA?

- 1) attività ispettive nell'ambito delle funzioni di controllo ambientale
- 2) monitoraggio dello stato dell'ambiente
- 3) controllo delle fonti e dei fattori di inquinamento
- 4) attività di ricerca finalizzata a sostegno delle proprie funzioni
- 5) supporto tecnico-scientifico alle attività degli enti statali, regionali e locali
- 6) raccolta, organizzazione e diffusione dei dati ambientali

FINALITÀ DELLE LINEE GUIDA

Le **Linee Guida** hanno l'obiettivo di armonizzare le procedure e fornire riferimenti e criteri per la progettazione, l'installazione, la gestione e la manutenzione delle reti di monitoraggio delle frane, nonché per la diffusione dei dati. Costituiscono uno strumento di lavoro per i soggetti che operano sul territorio con finalità di previsione, prevenzione, monitoraggio e controllo dei fenomeni franosi, quali Pubbliche Amministrazioni, gestori di reti infrastrutturali, liberi professionisti.

Tematiche trattate

valenza e limiti delle differenti tipologie di reti di monitoraggio, caratteristiche tecniche della strumentazione, modalità di installazione, acquisizione, trasmissione e archiviazione del dato, significatività e limiti delle soglie/scenari per la previsione dei fenomeni franosi.

l'Italia, con **oltre 620.000 frane** censite nell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia - IFFI, è il paese con più frane in Europa. Era necessario pertanto produrre delle linee guida per l'attività di monitoraggio in situ che armonizzassero le procedure e fornissero riferimenti e criteri per dare uniformità alle reti di monitoraggio e controllo delle frane su tutto il territorio nazionale.

2	LE RETI DI MONITORAGGIO FRANE: FINALITÀ E LIMITI	9
2.1	Rete con finalità conoscitiva	9
2.1.1	Utilizzo del monitoraggio conoscitivo per la scelta, dimensionamento e verifica dell'efficacia delle opere di mitigazione	11
2.2	Rete con finalità di allertamento	13
2.2.1	Il criterio di ridondanza.....	15
2.2.2	Reperibilità.....	16
2.2.3	Soglie e scenari	17
2.2.4	Modellazione dei dissesti e individuazione di soglie.....	18
3	ATTIVITÀ E FASI DELLA PROGETTAZIONE	23
3.1	Progetto di fattibilità.....	24
3.1.1	Documentazione progetto di fattibilità.....	25
3.2	Progetto definitivo ed esecutivo	25
3.2.1	Documentazione progetto definitivo	25
3.2.2	Documentazione progetto esecutivo	26

4	MISURE.....	27
4.1	Misure di superficie.....	27
4.1.1	Misure distometriche.....	27
4.1.2	Misure estensimetriche.....	28
4.1.3	Misure fessurimetriche.....	29
4.1.4	Misure inclinometriche a parete.....	30
4.1.5	Misure topografiche tradizionali.....	30
4.1.6	Misure GPS/GNSS.....	32
4.1.7	Misure Lidar.....	35
4.1.8	Misure interferometriche da terra.....	39
4.1.9	Misure interferometriche da satellite.....	41
4.1.10	Misure con radar doppler.....	45
4.1.11	Misure per mezzo di droni – UAV.....	47
4.1.12	Misure per mezzo di fotomonitoraggio.....	50
4.1.13	Misure per colate rapide.....	52
4.1.14	Misure con sensori a fibra ottica.....	54
4.2	Misure in foro.....	56
4.2.1	Misure inclinometriche.....	56
4.2.2	Misure multiparametriche.....	61
4.2.3	Misure TDR (<i>Time Domain Reflectometry</i>).....	64
4.2.4	Misure estensimetriche multibase.....	65
4.2.5	Misure assestimetriche.....	66
4.2.6	Misure piezometriche.....	68
4.2.7	Misure di suzione.....	70
4.3	Misure meteo-pluviometriche.....	72
4.3.1	Misure pluviometriche.....	72
4.3.2	Misure anemometriche.....	74

5. INSTALLAZIONE SISTEMI DI ACQUISIZIONE
6. ARCHIVIAZIONE, GESTIONE E FORMATO DATI
7. ATTIVITA' DI MANUTENZIONE
8. COMUNICAZIONE DELLE INFORMAZIONI

APPENDICE

- A. STRUMENTAZIONE: SPECIFICHE TECNICHE ED
INSTALLAZIONE
- B. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI
- C. CASI STUDIO

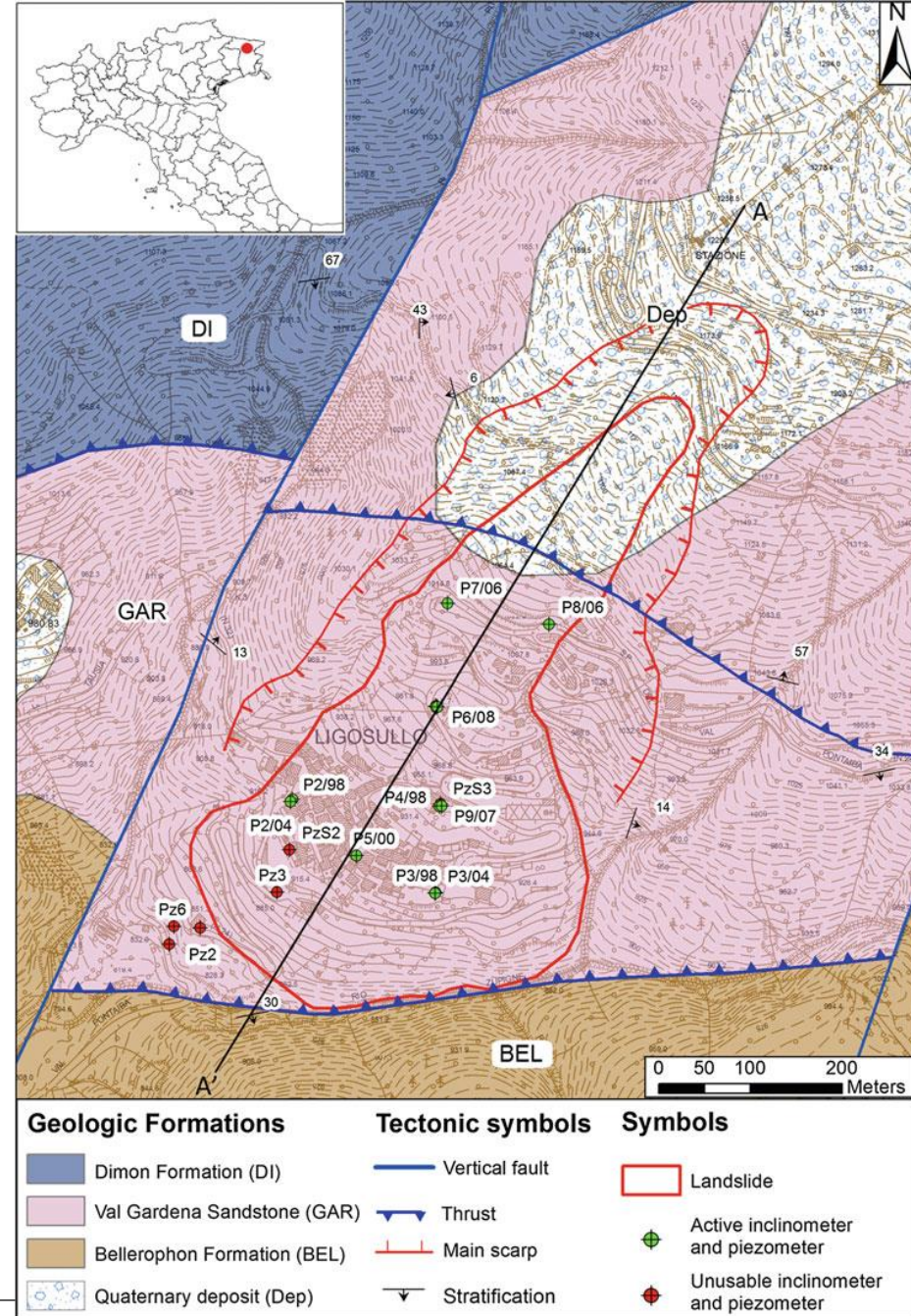
Riferimenti normativi nazionali

Le **Norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018)**, approvate con D.M. del 17 gennaio 2018, al capitolo 6 Progettazione Geotecnica indicano che la “programmazione delle attività di controllo e monitoraggio” costituisce uno degli aspetti essenziali in cui si articola il progetto delle opere e degli interventi, oltre alla “caratterizzazione e modellazione geologica del sito”, alla “scelta del tipo di opera o d'intervento e programmazione delle indagini geotecniche”, alla “caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce presenti nel volume significativo e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo, alla “definizione delle fasi e delle modalità costruttive”, e alle “verifiche della sicurezza e delle prestazioni” (cfr. art. 6.2. Articolazione del progetto). **Il monitoraggio costituisce lo strumento essenziale per ricorrere all'impiego del metodo osservazionale nella progettazione** (cfr. art. 6.2.5. Impiego del metodo osservazionale). Con riferimento allo studio delle condizioni di “stabilità dei pendii naturali”, viene indicato che **«il monitoraggio di un pendio o di una frana interessa le diverse fasi che vanno dallo studio al progetto, alla realizzazione e gestione delle opere di stabilizzazione e al controllo della loro funzionalità e durabilità»**.

MONITORAGGIO CON FINALITÀ CONOSCITIVA : FINALITÀ E LIMITI

Il monitoraggio con finalità conoscitiva viene generalmente avviato su fenomeni che possono essere definiti permanenti e che interferiscono, spesso, con insediamenti, infrastrutture ed attività antropiche. Permanenti sono tutte quelle frane la cui attività si sviluppa nel tempo e nello spazio in modo continuo, vale a dire si esplica alternativamente con cicli di attività e di inattività, dislocando tutta la massa o parte di questa con spostamenti a cinematica lenta. Queste frane sono sempre caratterizzate da una significativa instabilità residua connessa a possibili riattivazioni dell'intera frana o, più frequentemente, di parti di questa.

In genere permangono diversi fattori di innesco e la loro completa stabilizzazione con opere strutturali può risultare tecnicamente onerosa e/o complessa e difficilmente sostenibile in termini economici. In queste situazioni può risultare di estrema utilità l'installazione delle reti di monitoraggio a supporto di interventi di mitigazione.



LIGOSULLO (da Gandolfo et al., 2015)

LE RETI DI MONITORAGGIO FRANE: FINALITÀ E LIMITI

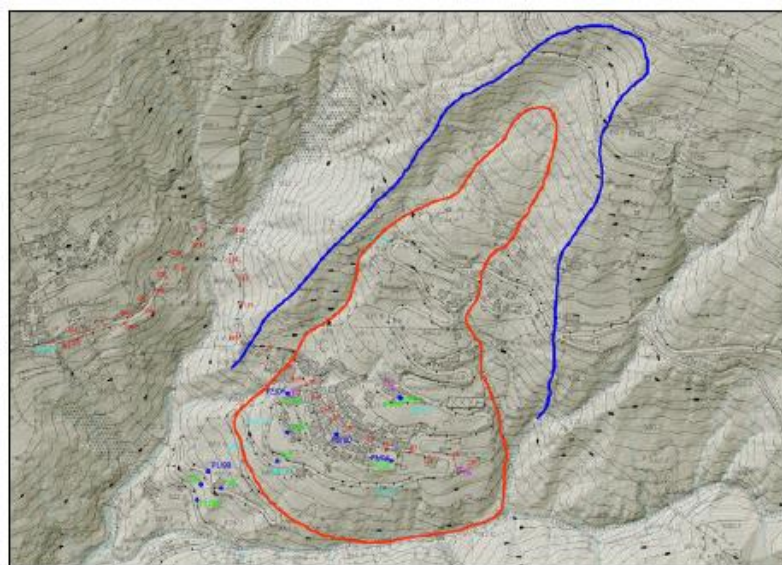
Nel caso di deformazioni lente e prolungate nel tempo **il controllo può proseguire per molti anni**. Il monitoraggio conoscitivo fornisce un valido supporto alla comprensione delle caratteristiche del fenomeno franoso, tra cui la geometria e i volumi coinvolti, i meccanismi di movimento, la pericolosità e la tendenza evolutiva. Esso si attua con l'impiego di strumentazioni appropriate e opportune modalità di misura da definire e precisare sulla base delle caratteristiche note dei movimenti franosi. Ogni sistema di misura ha prerogative e limiti propri; l'impiego di più tipologie strumentali sullo stesso sito può garantire un controllo più efficace.

Elementi caratterizzanti il monitoraggio conoscitivo:

- 1) la rete di monitoraggio deve avere un soggetto gestore**, responsabile dell'esecuzione delle misure, dell'analisi dei dati e della manutenzione della rete stessa;
- 2) le tempistiche di esecuzione delle misure, validazione e comunicazione del dato** nonché del ripristino a seguito di malfunzionamenti sono estremamente variabili (legate alla modalità e frequenza di acquisizione e alle finalità del monitoraggio) e non necessariamente immediate;
- 3) viene fatto ricorso a strumentazione, sia di profondità che di superficie**, a lettura manuale (SLM), in continuo (SLC) e/o con trasmissione da remoto (SLR);
- 4) la strumentazione installata non è necessariamente rappresentativa dell'intero dissesto**; ciò significa che può essere posta sotto controllo solo una porzione del fenomeno, compatibilmente con le conoscenze progressivamente acquisite, le finalità e il valore esposto considerati;
- 5) la durata e la frequenza delle misure dipendono principalmente dalle caratteristiche cinematiche della frana** e devono essere tali da consentire l'acquisizione di serie storiche rappresentative delle diverse misure condotte.

LE RETI DI MONITORAGGIO FRANE: FINALITÀ E LIMITI

Per le caratteristiche descritte, le frane che meglio si prestano ad essere monitorate **sono quelle ad evoluzione lenta**. Per le frane che sulla base degli elementi conoscitivi disponibili si ritiene siano caratterizzate da inneschi improvvisi, spesso assenza di segnali premonitori, alte velocità (anche superiori a 1 m/s) le reti di monitoraggio conoscitivo possono essere opportunamente configurate per acquisire misure (informazioni) relative ai fattori predisponenti l'innesco.



Nel monitoraggio conoscitivo i parametri misurabili sono associati alle seguenti categorie:

cinematica del corpo di frana: entità dello spostamento (in superficie, in profondità e nelle diverse componenti) e direzione di movimento, controllo delle discontinuità in roccia e/o di singole porzioni rocciose (monitoraggio geotecnico e topografico);

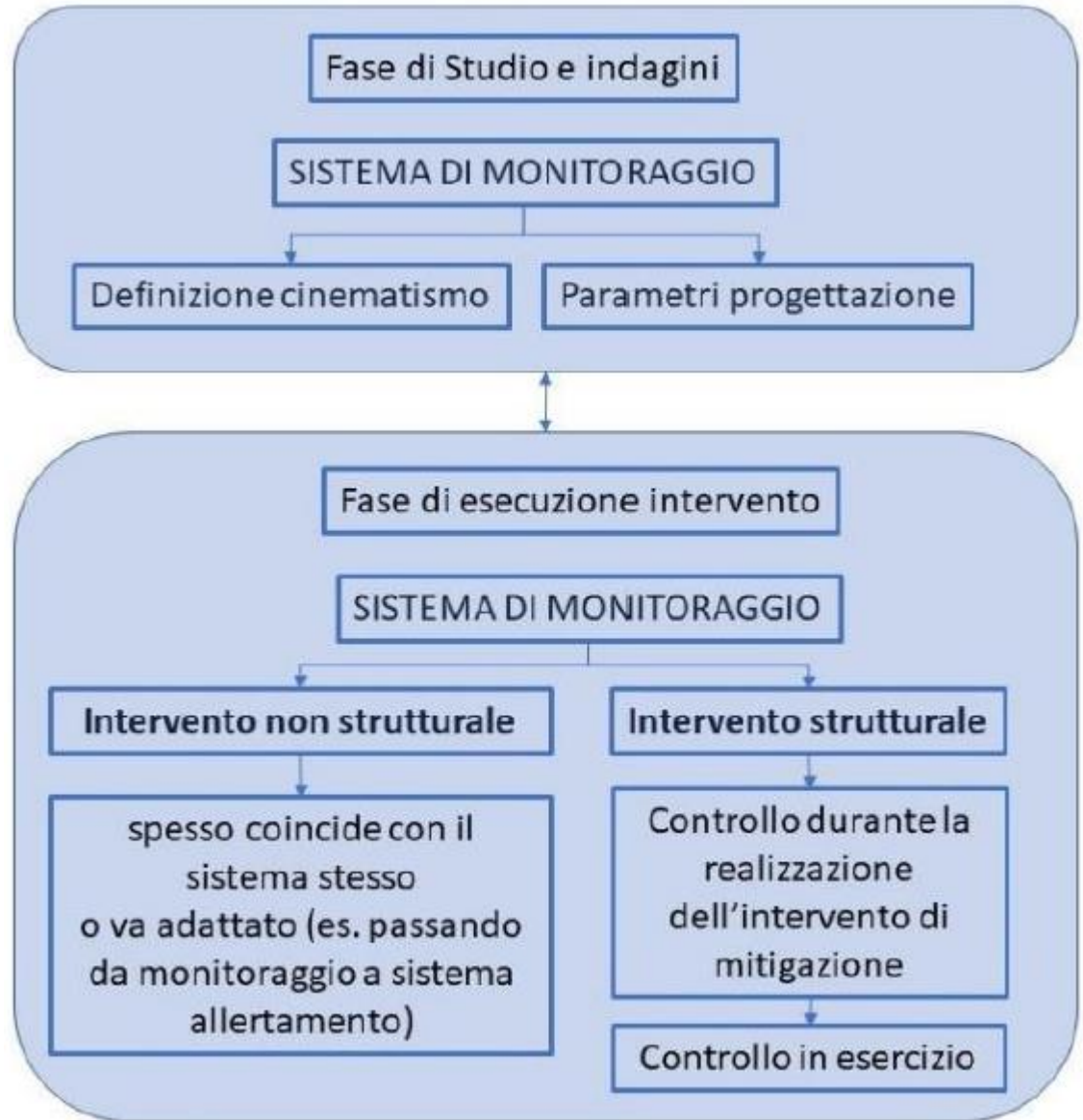
idrologia e idrogeologia del versante e regime delle pressioni interstiziali: dinamica e tipologia delle acque in superficie e in profondità, evoluzione temporale della falda con misura delle pressioni interstiziali e dei livelli piezometrici, portate, EC, T e chimismo di sorgenti o acque sotterranee;

meteorologia: precipitazioni, temperatura, ecc.;

geotecnica: controllo strutturale elementi antropici (monitoraggio statico di manufatti e infrastrutture, monitoraggio dinamico per definire stato di degrado, carichi e vibrazioni);

altri parametri (umidità del suolo, temperatura di roccia e sottosuolo per controllo stato permafrost, stati tensionali nei volumi in frana e/o alle interfacce con opere presenti o realizzate per la stabilizzazione, ecc.).

La progettazione, l'installazione e la gestione di un sistema di monitoraggio possono assolvere nel tempo a diverse funzioni quali ad esempio il supporto nella scelta, dimensionamento e verifica dell'efficacia delle opere di mitigazione del fenomeno franoso.



RETE CON FINALITÀ DI ALLERTAMENTO

Le reti di monitoraggio con finalità di *early warning* o allertamento sono tese ad identificare in tempo reale la variazione e la dinamica delle frane e richiedono una progettazione, realizzazione e, in particolare, una gestione più onerosa e complessa rispetto alle reti con finalità conoscitive. Queste peculiarità fanno sì che, ad oggi, in Italia le reti di monitoraggio con finalità di allertamento siano meno diffuse.

La finalità di allertamento rappresenta l'età adulta dei monitoraggi che devono disporre di un più o meno lungo periodo di gestione conoscitiva sia per valutare i **tassi di spostamento del fenomeno franoso** che per **confermare/modificare l'ubicazione della strumentazione stessa**, in modo tale che i dati raccolti siano significativi in relazione al movimento monitorato.

RETE CON FINALITÀ DI ALLERTAMENTO

Il passaggio da una fase con finalità conoscitiva ad una con finalità di allertamento è determinato dalla presenza di **tre** caratteristiche che devono contemporaneamente e necessariamente essere possedute dalla rete per far sì che la stessa possa avere finalità di **early warning**:

1) l'acquisizione dei dati deve avvenire in continuo e la trasmissione degli stessi deve essere almeno in near real time;

2) i dati devono essere analizzati e valutati alla luce di appositi studi sito-specifici che abbiano determinato una o più soglie di allertamento caratteristiche per ogni sensore/strumento;

3) la rete di monitoraggio deve avere un soggetto gestore, responsabile dell'analisi in continuo dei dati e della manutenzione preventiva e correttiva.

Detto soggetto gestore si attiva per porre rimedio tempestivamente ad eventuali malfunzionamenti strumentali o di trasmissione e, se lo ritiene, opera nella valutazione delle segnalazioni automatiche di fuori soglia, al fine di evitare l'emissione di segnalazioni di allertamento non rappresentative delle condizioni di stabilità del dissesto monitorato.

RETE CON FINALITÀ DI ALLERTAMENTO

La presenza di una rete di monitoraggio, con finalità di early warning, non garantisce di per sé l'attivazione di procedure tipiche della gestione del rischio (es. chiusura della viabilità, evacuazione di abitati, modifica di regimi idraulici ecc.).

Dette azioni sono regolate e gestite all'interno di piani o procedure di emergenza di protezione civile che per la gran parte delle volte coinvolgono soggetti differenti dal gestore della rete di monitoraggio.

RETE CON FINALITÀ DI ALLERTAMENTO

Laddove, per motivazioni tecniche o socio-economiche, non sia possibile una significativa riduzione della pericolosità di un fenomeno franoso (si pensi a movimenti di milioni di metri cubi o a movimenti di versante su cui sono ubicati interi centri abitati), l'installazione di una rete di monitoraggio con valenza di allertamento è condizione necessaria, ancorché come detto non sufficiente, per avviare azioni di riduzione del livello di rischio.

https://www.ecodibergamo.it/stories/premium/Cronaca/maltempo-la-frana-di-tavernola-sotto-osservazione-dellarpa_1405206_11/



EFFICACIA DI UN SISTEMA DI ALLERTAMENTO

Affinché una rete di monitoraggio possa contribuire alla mitigazione del rischio, è importante che la stessa possa dirsi efficace. In letteratura l'efficacia E di un sistema di monitoraggio, (che in estrema sintesi è determinata dal rapporto fra R inteso come rischio complessivo senza il sistema di allertamento e R_{ews} ossia rischio con il sistema di allertamento installato e funzionante), è espressa come strettamente legata sia alla capacità del sistema di monitoraggio di individuare tutti gli eventi sia a quella di minimizzare i falsi positivi.

EFFICACIA DI UN SISTEMA DI ALLERTAMENTO

Per il riconoscimento degli eventi è fondamentale che le reti di monitoraggio con valenza di early warning siano **progettate** avendo cura di identificare quei sensori, o meglio quelle combinazioni di differenti strumenti, che **permettano di individuare tutte le situazioni naturali che contribuiscono a determinare la pericolosità dell'area.**

La minimizzazione dei falsi allarmi può avvenire solo dalla combinazione di più aspetti che vedono coinvolti la progettazione della rete, l'individuazione delle soglie di allertamento e la gestione del sistema di monitoraggio.

IL CRITERIO DI RIDONDANZA

L'applicazione del criterio della ridondanza è di assoluta importanza per la realizzazione e gestione di una buona rete di monitoraggio ed è fondamentale se alla rete si intendono attribuire funzioni di allertamento.

Con il termine **ridondanza** si intende la caratteristica di una rete di monitoraggio in cui sono presenti due o più elementi capaci di svolgere la stessa funzione, così da aumentarne l'affidabilità.

Gli scopi:

- 1) **garantire la funzionalità** anche in caso di guasti occorsi ad uno dei componenti “primari” costituenti la rete (vantaggioso per una rete conoscitiva ma particolarmente utile per una con finalità di allertamento);
- 2) permettere di **identificare eventuali errori di misura** che potrebbero compromettere il buon funzionamento della rete.

IL CRITERIO DI RIDONDANZA: GARANTIRE LA FUNZIONALITA'

Significa un'applicazione estensiva del criterio di ridondanza applicandolo a tutti i componenti della rete:

- 1)** Evitare di progettare reti che non prevedano la ridondanza dei sensori di misura sia per numero (es. evitare di controllare il movimento superficiale di una frana con un solo estensimetro) che per tipologia (es. evitare di controllare i movimenti superficiali di una frana solo con una tipologia di sensore);
- 2)** ridondare il sistema di alimentazione (es. prevedere l'alimentazione da rete fissa assistita da un generatore di corrente attivabile in caso di guasto alla rete elettrica);
- 3)** ridondare il sistema di trasmissione dei dati (es. prevedere sistema di trasmissione via GPRS/GSM/UMTS assistito da un sistema ausiliario di trasmissione via UHF);
- 4)** dotarsi di un sistema di analisi ed archiviazione dei dati (es. prevedere server di acquisizione ridondati e soggetti a politiche di disaster recovery e business continuity).

IL CRITERIO DI RIDONDANZA: IDENTIFICAZIONE DEGLI ERRORI DI MISURA

Significa che il criterio della ridondanza si applica sia **nell'esecuzione della stessa misura** (es. ripetendo più volte la stessa misura distometrica o in caso di corrispondenza fra misura estensimetrica e linea distometrica confrontando i singoli incrementi nella stessa unità di tempo) **sia nella progettazione della rete**, dove è raccomandato l'utilizzo di più sensori nel controllo del medesimo dissesto.

La ridondanza circa l'utilizzo di più sensori di misura garantisce sia la prima finalità (funzionamento in caso di guasto) sia la seconda relativa alla qualità delle misure.

REPERIBILITA'

Con questo termine si intende l'obbligo del lavoratore di porsi in condizione di essere prontamente rintracciato, fuori dal proprio orario di lavoro, in vista di un'eventuale prestazione lavorativa e di raggiungere, in breve tempo, il luogo di lavoro per eseguire la prestazione richiesta.

Parlando di monitoraggio dei fenomeni franosi è immediatamente comprensibile come tale "pronta attivazione" dei tecnici responsabili della gestione/manutenzione della rete non sia strettamente necessaria in caso di rete avente finalità conoscitiva mentre sia indispensabile per una buona gestione di early warning.

SOGLIE E SCENARI

Indispensabile, affinché una rete di monitoraggio possa considerarsi avente finalità di allertamento, è che sulla stessa vengano definite soglie d'allertamento e scenari di evento sito-specifici.

La definizione di dette soglie e degli scenari di evento avviene avvalendosi di studi di modellazione geologica e/o geotecnica.

Le **soglie** sono valori numerici, determinati da una o più variabili, che evidenziano una variazione di comportamento del sistema frana monitorato, tale da causare un aumento di pericolosità.

Nel caso di soglia pluviometrica intendiamo la quantità di precipitazione registrata (in un dato intervallo di tempo) da uno o più pluviometri installati in un'area in frana (o nei suoi pressi), che indica per uno o più livelli di criticità la possibile riattivazione di un dissesto.

SOGLIE E SCENARI

Nel caso di **soglie per strumentazione superficiale**, in fori di sondaggio, topografica e radar si intendono quei valori, di spostamento (lineare od angolare), di velocità, o di accelerazione, registrati o calcolati sulla base dei dati acquisiti da uno strumento installato in un'area di frana, che indicano a vari livelli di criticità il probabile e teorico avvicinarsi al collasso di una frana.

Il lasso di tempo ΔT , che intercorre fra il raggiungimento, da parte di uno o più strumenti, del valore di soglia di criticità ed il possibile evento di collasso, deve essere connesso alle attività previste nella pianificazione di emergenza (es. se al raggiungimento della soglia è prevista l'evacuazione di un paese da effettuarsi in 48 ore non è possibile considerare una soglia che abbia un $\Delta T \leq$ di 48h) ed al margine precauzionale che il decisore (autorità comunale, provinciale o regionale di Protezione Civile), valutando e soppesando i rischi, vorrà assumersi.

SOGLIE E SCENARI

Con **scenari di evento** intendiamo quegli scenari utilizzati per rappresentare una o più situazioni di possibile evoluzione del dissesto.

Tali scenari sono predisposti, sulla base del modello geologico e/o geotecnico e delle conoscenze disponibili in quel momento, mediante l'utilizzo di specifici software di calcolo che consentono la simulazione della fase di espansione dei fenomeni franosi di interesse (crolli, scivolamenti espandimenti, ecc.).

Per facilitare le attività successive (es. redazione piani di emergenza) è necessario che lo scenario di evento venga rappresentato sia in termini descrittivi che su base cartografica in modo da rendere immediatamente comprensibile l'areale interessato dall'evento frana o dal concatenamento di eventi (esempio sbarramento di un torrente/fiume e successivo dam break con effetti di colata a valle) determinato dal dissesto.

SOGLIE E SCENARI:

Modellazione dei dissesti e individuazione di soglie

Nel caso di fenomeni con caratteristiche molto specifiche e/o di singoli fenomeni di instabilità, il funzionamento di un sistema di allertamento richiede la definizione di valori soglia che siano rappresentativi di tali specificità.

I valori soglia possono riguardare **fattori innescanti** (per esempio, precipitazioni e loro intensità, valore cumulato e durata; accelerazione sismica), **variabili interne legate alla risposta del sistema versante o instabilità** (per esempio, oscillazione del livello piezometrico o delle pressioni dell'acqua entro il versante, variazioni delle portate alle sorgenti), **o variabili rappresentative degli effetti registrati dal corpo di frana/versante in termini di manifestazioni di instabilità** (per esempio spostamenti e variabili derivate da questi; emissione di rumori di diversa tipologia e frequenza).

SOGLIE E SCENARI:

Modellazione dei dissesti e individuazione di soglie

Nel caso non si disponga, entro il periodo di monitoraggio, di una casistica di eventi (per esempio, eventi di riattivazione, accelerazione di un fenomeno di instabilità), tale da consentire una robusta analisi statistica a supporto dell'individuazione di valori soglia, è **possibile eseguire studi che consentano di riprodurre, attraverso opportuni strumenti di modellazione, il comportamento atteso del fenomeno analizzato.**

Lo scopo di una fase di modellazione consiste nella creazione di un modello che supporti l'individuazione dei valori soglia di un sistema di allertamento, rispetto le osservazioni fatte.

SOGLIE E SCENARI:

Modellazione dei dissesti e individuazione di soglie

Nel caso non si disponga, entro il periodo di monitoraggio, di una casistica di eventi (per esempio, eventi di riattivazione, accelerazione di un fenomeno di instabilità), tale da consentire una robusta analisi statistica a supporto dell'individuazione di valori soglia, è **possibile eseguire studi che consentano di riprodurre, attraverso opportuni strumenti di modellazione, il comportamento atteso del fenomeno analizzato.**

Lo scopo di una fase di modellazione consiste nella creazione di un modello che supporti l'individuazione dei valori soglia di un sistema di allertamento, rispetti le osservazioni fatte.

Sistemi di *deep learning* possono essere impiegati sia per frane distribuite che per fenomeni specifici e **possono consentire la definizione delle condizioni critiche che possono portare all'evoluzione di instabilità, per combinazioni critiche di valori di variabili monitorare.**

ATTIVITÀ E FASI DELLA PROGETTAZIONE

L'obiettivo base di una rete di monitoraggio è quello di una migliore, più approfondita e più precisa conoscenza di un fenomeno franoso. È altrettanto vero che la progettazione di un sistema di monitoraggio non può prescindere da una, spesso purtroppo solo preliminare, conoscenza del fenomeno stesso. Ne consegue che, in generale, la progettazione di una rete di monitoraggio prende avvio con un quadro conoscitivo che viene implementato proprio in virtù della realizzazione della rete.



PROGETTO DI FATTIBILITÀ

Il progetto di fattibilità dovrà anzitutto descrivere lo stato di conoscenza del fenomeno franoso esplicitando la finalità cui sarà preposta la rete di monitoraggio.

Documentazione progetto di fattibilità

- 1) relazione tecnica di progetto;
- 2) quadro economico della spesa;
- 3) cronoprogramma;
- 4) corografia di inquadramento a scala 1:25.000 oppure 1:50.000 e planimetria, in scala adeguata, dell'area interessata dalla rete di monitoraggio;
- 5) piano particellare dei mappali interessati dalle opere;
- 6) relazione contenente prime indicazioni relative agli aspetti di sicurezza dei luoghi di lavoro ed alle attività di misura/manutenzione.

PROGETTO DEFINITIVO

La progettazione definitiva ed esecutiva potrà essere intrapresa una volta stabiliti in via definitiva gli aspetti relativi alle scelte concernenti la rete, gli importi economici e l'accessibilità e occupazione delle aree di interesse.

Documentazione progetto definitivo

- relazione tecnica di progetto: in questa relazione saranno sviluppati i contenuti già anticipati nel livello di fattibilità ponendo particolare attenzione a:
 - definizione e motivazione delle scelte relative a tipologia, profondità, modalità di esecuzione dei sondaggi necessari per la realizzazione della rete di monitoraggio;
 - definizione e motivazione delle scelte relative ai sensori (numero, tipo di trasduttore, escursione, modalità di installazione e lettura);
 - definizione delle modalità di acquisizione e verifiche sulla modalità di trasmissione;
 - scelta e motivazione del sistema di alimentazione e dell'eventuale necessità di contratti di fornitura;
 - completa definizione dei vincoli che gravano sull'area interessata dalle installazioni ed acquisizione dei permessi necessari per la realizzazione dell'installazione e l'esecuzione delle misure;
- valutazione della necessità o meno di predisposizione del Piano Sicurezza e Coordinamento;
- illustrazione della necessità o meno di letture manuali e loro eventuale cadenza;
- definizione delle modalità di accesso alle aree.
- descrizione e specifiche tecniche per la manutenzione della rete;
- definizione analitica del quadro economico;
- corografia di inquadramento a scala 1:25.000 o 1:50.000;
- cartografia a scala di dettaglio (comunque mai inferiore a 1:2.000), relativa ai punti di installazione della strumentazione ed opere accessorie;
- tavole grafiche descrittive di eventuali opere edili (pilastrini, recinzioni, ricoveri, piste, piazzole, ecc.);
- elenco prezzi unitari;
- computo metrico estimativo;
- piano particellare delle aree interessate dalle opere.
- cronoprogramma esecutivo;
- schema di contratto;
- capitolato speciale d'appalto;
- specifiche tecniche di tutte le forniture, installazioni, lavori e servizi;
- corografia di inquadramento a scala 1:25.000 o 1:50.000;
- cartografia a scala di dettaglio (comunque mai inferiore a 1:2.000), relativa ai punti di installazione della strumentazione ed opere accessorie;
- tavole grafiche descrittive di eventuali opere edili (pilastrini, recinzioni, ripari, piste, piazzole, ecc.);
- elaborazione e rappresentazione degli schemi di impianto, dei cablaggi e delle specifiche di ogni componente;
- piano particellare di occupazione delle aree interessate dalla rete di monitoraggio;
- eventuale predisposizione di Piano di Sicurezza e Coordinamento ai sensi del D.Lgs. 81/2008 e ss.mm.ii.;
- eventuale Computo metrico relativo alla quantificazione degli oneri della sicurezza ai sensi del D.Lgs. 81/2008 e ss.mm.ii.

PROGETTO ESECUTIVO

Per il progetto esecutivo è da prevedere la precisazione e l'aggiornamento degli elaborati già prodotti per il progetto definitivo. In particolare, dovranno essere aggiornati gli atti progettuali sulla base di eventuali prescrizioni autorizzative che devono essere acquisite prima della conclusione di questo livello di progettazione.

In sintesi, gli elaborati da predisporre sono:

- 1) relazione tecnica di progetto;
- 2) piano di manutenzione con definizione delle attività previste per almeno due anni di funzionamento della rete (gli oneri dovranno essere presenti nel quadro economico);
- 3) elenco prezzi unitari;
- 4) computo metrico estimativo definitivo;

MISURE

Il monitoraggio dei movimenti franosi può essere effettuato attraverso strumenti differenti a seconda delle finalità per cui un sistema di controllo viene progettato; inoltre, possono essere posti sotto controllo parametri diversi, che correlati tra loro concorrono a costruire un quadro del fenomeno franoso via via più completo. In generale le principali modalità di effettuazione delle misure sono riconducibili a:

Misure manuali

Misure in continuo

MISURE DI SUPERFICIE

Misure distometriche



Misure estensimetriche, sono misure distometriche in continuo

MISURE DI SUPERFICIE

Misure fessurimetriche

I fessurimetri sono strumenti che vengono installati a cavallo di fratture di pareti o ammassi rocciosi e permettono di misurare le variazioni di spostamento, sia in apertura che in chiusura.

Misure inclinometriche a parete

Gli inclinometri da parete (o clinometri) sono utilizzati per misurare la variazione di inclinazione di pareti rocciose o di strutture in cui sono attesi spostamenti con componenti rotazionali.

Misure topografiche tradizionali

Le misure topografiche sono una metodologia che potremmo definire, a differenza delle restanti misure descritte nel presente capitolo, parzialmente da remoto (in quanto l'operatore le esegue da fuori frana ma necessitano della presenza di riflettori all'interno del corpo frana), utilizzata per analizzare gli spostamenti superficiali di un versante.

MISURE DI SUPERFICIE

Misure Lidar

I sistemi LiDAR (Light Detection and Ranging), e più in generale tutti quelli che sono in grado di acquisire modelli digitali del terreno, possono essere impiegati nel campo del monitoraggio delle frane per una valutazione delle variazioni morfologiche prodotte dall'evoluzione della frana.

Misure interferometriche da terra

questa tecnica consente di misurare lo spostamento di un bersaglio inviando verso di esso due segnali microonde in tempi diversi e registrandone coerentemente l'ampiezza e la fase del segnale retrodiffuso.

Misure GPS/GNSS

Il GPS, Global Positioning System, è un sistema di posizionamento globale messo a punto dal Dipartimento della Difesa statunitense alla fine degli anni '70, basato sull'utilizzo del sistema satellitare NAVSTAR. Nei decenni successivi si sono aggiunte altre costellazioni, tra le quali la russa GLONASS, l'europea Galileo e la cinese BeiDou. Per questo sempre più diffusamente, oggi, non si parla più di GPS ma di GNSS, Global Navigation Satellite System, intendendo con questo acronimo l'insieme dei diversi sistemi di posizionamento satellitari.

MISURE DI SUPERFICIE

Misure per mezzo di droni – UAV

I Sistemi Aerei a Pilotaggio Remoto (SAPR), anche chiamati Unmanned Aerial Vehicle (UAV) o, più comunemente, droni, sono dei sistemi in grado di volare senza un pilota a bordo ma controllati da remoto e di trasportare un carico (payload) che può essere composto da strumentazione dedicata anche allo studio ed al monitoraggio delle frane.

Misure per mezzo di fotomonitoraggio

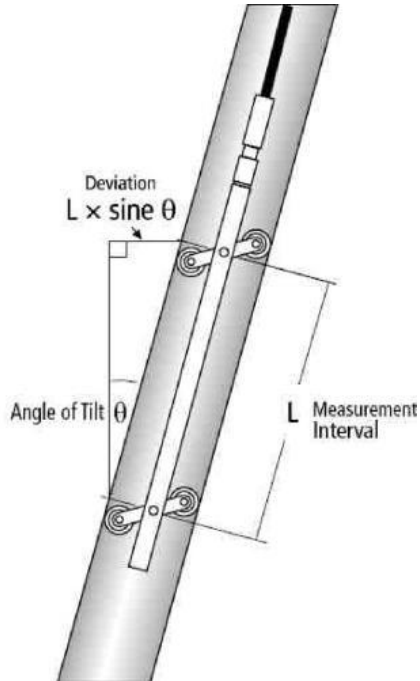
L'attuale patrimonio fotografico, derivante dall'ormai diffusissimo utilizzo di apparati fotografici di largo consumo, racchiude enormi potenzialità per l'analisi, il monitoraggio e il controllo dei fenomeni franosi.

Misure con radar doppler

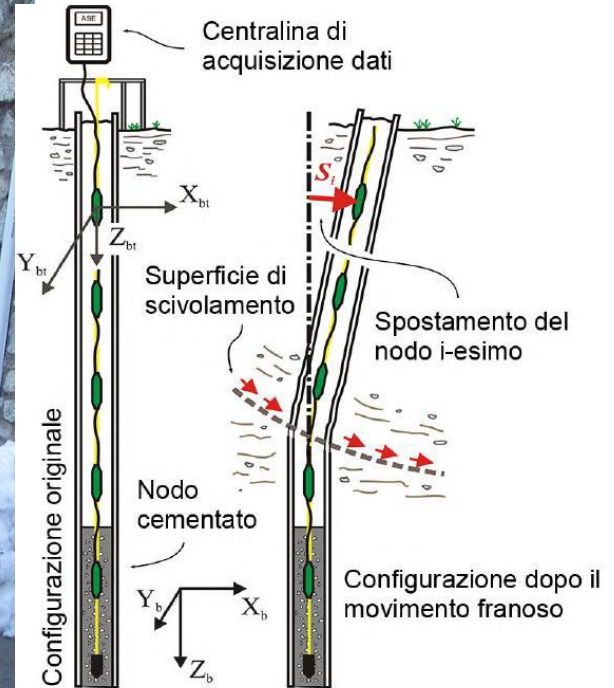
Alcune tipologie di dissesto idrogeologico a cinematica rapida sono molto spesso prive di precursori significativi. Le strategie di mitigazione del rischio non sono di norma incentrate sul monitoraggio preventivo di parametri misurabili prima dell'evento, ma bensì sulla progettazione di opere strutturali di difesa attiva o passiva. Sulla base di tale premessa sono stati recentemente sviluppati dei sofisticati sistemi radar che, sfruttando la tecnica "Doppler" atti ad esercitare un'effettiva attività di monitoraggio in tempo reale, vale a dire ad emettere una segnalazione di allarme durante l'accadimento dell'evento stesso.

MISURE IN FORO

Misure inclinometriche



Misure multiparametriche



MISURE IN FORO

Misure estensimetriche multibase

Si tratta di misure finalizzate al controllo degli spostamenti presenti a differenti profondità in un foro appositamente realizzato.

Misure TDR (Time Domain Reflectometry)

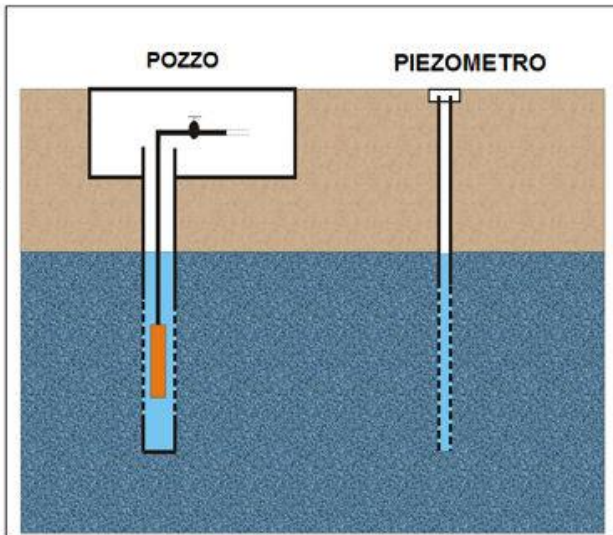
Sono misure qualitative eseguite su cavi coassiali posati per lo più in accoppiamento a tubi inclinometrici o, in casi particolari, a tubi piezometrici. La misura viene eseguita collegando il capo del cavo presente a bocca foro ad un ecometro mediante dei morsetti. Viene generato un impulso elettrico, con ampiezza di fase nota, che attraversando il cavo verrà riflesso in corrispondenza di una discontinuità (es. una curvatura determinata dal movimento della frana) dello stesso. La distanza di tale discontinuità dal misuratore è proporzionale al tempo impiegato nel percorso di andata e ritorno del segnale dopo che questo è stato riflesso: ciò permette di individuare la profondità della superficie di deformazione.

MISURE IN FORO

Misure piezometriche



- POZZI :
- approvvigionamento idrico
- grande diametro
- Pompa fissa



- PIEZOMETRI:
- monitoraggio
- Piccolo diametro
- Privi di pompa

<https://www.arpa.vda.it/it/acque-sotterranee/pozzi-e-piezometri/1027-acque-sotterranee/1452-pozzi-e-piezometri>

Misure assestometriche

Sono misure effettuate in fori dedicati alla misura di eventuali cedimenti in atto tra due o più punti lungo l'asse verticale comune. Le misure con sonda di misura magnetica sono eseguite in fori con anelli magnetici installati tra l'intercapedine del tubo e le pareti del sondaggio. La testa del foro, possibilmente, dovrà essere controllata periodicamente con rilievo topografico.



MISURE IN FORO

Misure di suzione

La pressione dell'acqua di porosità, con le sue oscillazioni, condiziona in maniera significativa il comportamento meccanico dei terreni. In condizioni di parziale saturazione essa è negativa (vale a dire minore della pressione atmosferica).

In effetti nella letteratura tecnica dedicata ai terreni parzialmente saturi si preferisce far riferimento alla suzione, cioè alla differenza fra pressione dell'aria e pressione dell'acqua di porosità. Per valutare le condizioni di sicurezza che caratterizzano questi terreni è necessario eseguire accurate misure di suzione.

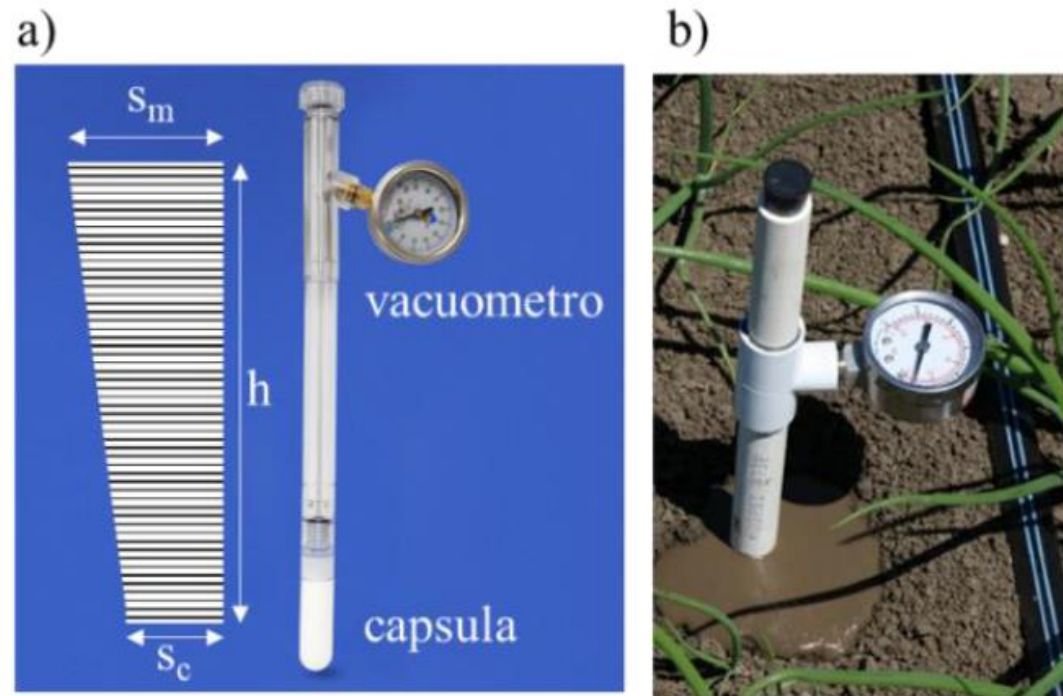


Figura 41 – Tensiometro: a) elementi costitutivi e profilo di suzione all'interno del tubo, b) installazione in sito

MISURE METEO-PLUVIOMETRICHE

Misure pluviometriche




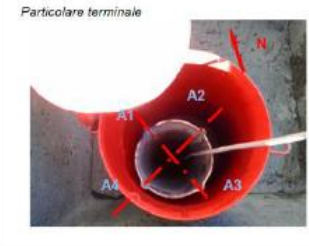
Le precipitazioni rappresentano un fattore fondamentale nel determinare condizioni di pericolosità idrogeologica.

Misure anemometriche

In una rete per il monitoraggio delle frane gli anemometri sono utilizzati per la stima dell'effetto meccanico del vento.

INSTALLAZIONE E SISTEMI DI ACQUISIZIONE

- 1) STRUMENTAZIONE DI MISURA
- 2) CABLAGGI E ACCESSORI PER L'INSTALLAZIONE
- 3) SISTEMI DI ALIMENTAZIONE
- 4) STRUMENTAZIONE PER L'ACQUISIZIONE DEI DATI
- 5) SISTEMI DI TRASMISSIONE DEI DATI
- 6) SERVER DI ACQUISIZIONE
- 7) MONOGRAFIE

REGIONE LIGURIA		REMOVED - Rete regionale di monitoraggio dei versanti instabili		ARPAL	
CATASTO STRUMENTAZIONE		MONOGRAFIA INCLINOMETRO		IP6	
Localizzazione					
Provincia	Savona	CTR n. 229031			
Comune	Varazze	Scala 1:5000	Coordinate (Gauss Boaga)	X 1463819	Y 4914973
Bacino	T. Teiro	Codice sito	Toponimo	Il Pero	Quota (m s/m)
Quota	151				
Data installazione	24/10/2018	Caratteristiche foro		Caratteristiche costruttive	
Diametro (mm)	101	Prof. (m)	40	Lungh. tubo (m)	39,5
Materiale		ABS (plastica)			
Dati amministrativi		Diam. tubo (mm)		76,2 (3")	
Ente attuatore		Proprietà		Privata	
ARPAL		Azimut guida		(A1) 330° N	
Tipo terminale		Capitello in elevazione		Chiusino carrabile	
Lucchetto con chiavi		Si		No	
Riferimento		ARPAL - Settore Geologia e Dissesto			
CTR			Foto		
					
Ortofoto			Particolare terminale		
					
Note: Lettura di zero il 24/10/2018					
Data compilazione: 26/10/2018				Redattore: Dott. Geol. Gianluca Beccaris	

ARCHIVIAZIONE, GESTIONE E FORMATO DATI

ATTIVITÀ DI MANUTENZIONE

Manutenzione PREVENTIVA
Manutenzione CORRETTIVA



COMUNICARE LE INFORMAZIONI

La condivisione e la diffusione dei dati di monitoraggio rappresentano il punto finale nell'attività di controllo dei fenomeni franosi. I dati infatti vengono raccolti e prodotti al fine di renderli disponibili a tutti i tecnici coinvolti. È pertanto necessario definire non solo una modalità di gestione dei dati raccolti ma anche una strategia di comunicazione dei risultati ottenuti. Schematicamente, possono essere distinti due approcci:

- i) la diffusione di dati non elaborati;
- ii) la diffusione di dati elaborati e commentati.

Giordan et alii 2019 modificata

