



## Amministrazione Provinciale di Pesaro e Urbino

Servizio 4.1 Urbanistica - Pianificazione Territoriale - VIA - VAS - Aree Protette



### RISERVA NATURALE STATALE "GOLA DEL FURLO"

## PROGETTO DEFINITIVO

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI RETI DI PROTEZIONE ED ALTRE OPERE E ATTIVITA' COMPLEMENTARI SULLE PARETI ROCCIOSE SOGGETTE A CROLLO SOVRASTANTI LA VIA FLAMINIA, NEL TRATTO COMPRESO TRA LA GALLERIA ROMANA E LA LOCALITA' FURLO. Comuni di Acqualagna e Fermignano**

### OGGETTO

**Relazione geologica con allegati  
(Quadro economico)**

**PROVINCIA DI PESARO E URBINO**  
Presidente  
Matteo Ricci

#### Gruppo di lavoro

**Responsabile Unico del Procedimento - RUP**  
Geom. Luciano Lombardi

**Collaboratore del RUP**  
Sig.ra Marta Giacchella (procedure e funzioni amministrative)

**Progettazione**  
Geom. Tiziana Diambra (progettazione generale e coordinamento)  
Dott. Leonardo Gubellini (aspetti botanico - vegetazionali)  
Dott. Geol. Massimo Del Prete (aspetti geologici - geotecnici)  
Ing. Mario Primavera (consulenza ingegneristica e calcoli strutturali)  
Dis. Simone Ridolfi (grafica e disegno)

**Direzione lavori**  
Ing. Mario Primavera (responsabile)

**Collaboratori della D.L.:**  
Dott. Geol. Massimo Del Prete (aspetti geologici - geotecnici)  
Geom. Luciano Lombardi (contabilità)

**Elaborato**

**P.9**

**Elaborazione**  
Luglio 2011

**Aggiornamento**  
Maggio 2012

**COMUNI DI ACQUALAGNA-FERMIGNANO  
(Provincia di Pesaro-Urbino)**

*INDAGINE GEOLOGICA*

**Committente: Provincia di Pesaro-Urbino**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

**1. INTRODUZIONE:**

E' stata eseguita un'indagine geologica nell'area interessata dall'intervento di riduzione del rischio della parete rocciosa sovrastante la via Flaminia, tra la galleria Romana e la località Furlo, ricadente nei Comuni di Acqualagna e Fermignano.

Tale indagine ha lo scopo di individuare le misure tecniche necessarie volte a ridurre le situazioni di rischio idrogeologico, mediante la determinazione di interventi volti alla mitigazione dei fenomeni legati al crollo lungo la parete rocciosa sovrastante la via Flaminia nel rispetto ambientale.

L'indagine è mirata alla caratterizzazione e/o modellazione geologica del sito di intervento, pertanto il presente studio si propone di:

- ricostruire la stratigrafia dell'area d'intervento;
- individuare le caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area;
- determinare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni investigati;
- indicare la compatibilità dal punto di vista geomorfologico dell'intervento proposto;
- fornire i criteri costruttivi generali per la realizzazione dei manufatti previsti in progetto, che andranno verificati ai sensi delle NTC 2008;
- valutare la stabilità globale dell'area.

Inoltre, ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto, si individua la categoria di sottosuolo ai sensi dell'art. 3.2.2 delle NTC (DM 14.01.2008), mediante la definizione della velocità equivalente  $V_{s30}$  di propagazione delle onde di taglio.

Considerate le caratteristiche delle opere in progetto e tenuto conto delle indicazioni progettuali, le strutture previste possono essere classificate di Tipo 2 (Tab. 2.4.I NTC 2008), in Classe d'Uso II ai sensi del DM sopracitato art. 2.4.2 con un periodo di riferimento per l'azione sismica pari a  $V_r = V_n \times C_u = 50 \times 1.0 = 50$  anni.

In relazione a quanto sopra premesso, tenendo conto delle condizioni generali del sito, già ampiamente conosciute dallo scrivente in seguito a diversi studi eseguiti su aree limitrofe e considerate le caratteristiche delle opere in progetto, si sono eseguite le seguenti indagini:

- rilievo diretto di campagna;
- rilievo geo-strutturale dell'ammasso roccioso;
- classificazione dell'ammasso roccioso;
- analisi e correlazione con altri sondaggi e prove reperite in bibliografia eseguite su terreni limitrofi,

A fine relazione sono riportati:

#### ALLEGATO 1

- *dati di input e output delle verifiche condotte sulle traiettorie di blocchi in caduta lungo la scarpata con verifica dell'energia prodotta e dissipata (stato attuale - metodo CRSP).*
- *dati di input e output delle verifiche condotte sulle traiettorie di blocchi in caduta lungo la scarpata con verifica dell'energia prodotta e dissipata (stato progetto - metodo CRSP).*
- *dati di input e output delle verifiche condotte sulle traiettorie di blocchi in caduta lungo la scarpata con verifica dell'energia prodotta e dissipata (stato attuale - metodo LUMPED MASS).*
- *dati di input e output delle verifiche condotte sulle traiettorie di blocchi in caduta lungo la scarpata con verifica dell'energia prodotta e dissipata (stato progetto - metodo LUMPED MASS).*

#### ALLEGATO 2

- *Rilievo geo-strutturale.*

#### ALLEGATO 3

- *Classificazione dell'ammasso roccioso secondo il metodo di barton (sistema Q).*

### **1.1. Normativa e raccomandazioni di riferimento:**

**D.M. LL.PP. del 11/03/1988**

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

**D.M. LL.PP. del 14/02/1992**

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

**D.M. 9 Gennaio 1996**

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

**D.M. 16 Gennaio 1996**

Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.

**D.M. 16 Gennaio 1996**

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

**Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.**

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.

**Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.**

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

**Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003**

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

**D.C.R. n.116, 21.01.04**

«Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI)».

**Norme tecniche per le Costruzioni 2008**

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.

**Eurocodice 7**

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

**Eurocodice 8**

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

## **2. CARATTERIZZAZIONE-MODELLAZIONE GEOLOGICA:**

### **2.1. Ubicazione:**

La zona di indagine è ubicata in Provincia di Pesaro Urbino, tra la galleria Romana e la frazione Furlo (vedi all. A.1-A.2).

Nella carta tecnica regionale, gli interventi sono inquadrabili al Foglio 280 di Fossombrone tra la sezione 280090 (Canavaccio) e la sezione 280130 (Acqualagna) (vedi Fig. 4).

### **2.2. Aspetti geologici della Gola del Furlo:**

Come illustrato nell'allegata Carta geologica e geomorfologica (vedi all. A3 – Fig. 2) rilevata ai fini dell'approntamento del Piano di Gestione della Riserva Naturale Statale della “Gola del Furlo”, l'ambito interessato dall'intervento è caratterizzato da un'ampia struttura anticlinale con nucleo di terreni giurassici affioranti sui lati della gola percorsa dal Fiume Candigliano, che divide i Monti Paganuccio e Pietralata.

Recentemente il Servizio Geologico Nazionale, riprendendo l'attività di rilevamento iniziata nel periodo 1980-1983, ha inserito il Foglio 280 di Fossombrone nel progetto di cartografia geologica alla scala 1:50.000 (progetto CARG). Questo lavoro viene pertanto considerato come base conoscitiva aggiornata dell'area in esame. Per completare il lavoro e per la descrizione della geologia del Furlo che di seguito andremo ad illustrare, peraltro oggetto di numerosi e spesso dettagliati studi fin dalla fine dell'800, ci si è avvalsi delle analisi e della carta geologica-geomorfologica redatta dall'Università di Urbino (Prof. Paolo Colantoni, Prof. Marco Menichetti, Prof. Daniele Savelli e Prof. Mario Tramontana).

### **2.3. Stratigrafia:**

La successione delle unità litostratigrafiche cartografate (vedi Fig.1), a partire dai termini più antichi è la seguente:

- 1) Calcare Massiccio (Hettangiano p.p.-Sinemuriano inferiore). Si tratta di una tipica formazione costituita da sedimenti neritici bioclastici di piattaforma carbonatica (calcarei e calcari dolomitici) affioranti nel fianco sinistro della Gola del Furlo, dalla Grotta del Grano alla galleria di Vespasiano e quindi anche nell'area d'intervento che si presenta a tratti variamente fratturata. Le fratture

sono presenti sia a monte che in corrispondenza dell'area d'intervento presentando, a tratti, una notevole estensione con direzione anche sub-verticale. Il colore è bianco o grigiastro e la stratificazione poco evidente. Lo spessore affiorante dell'ordine di 250-300 metri.

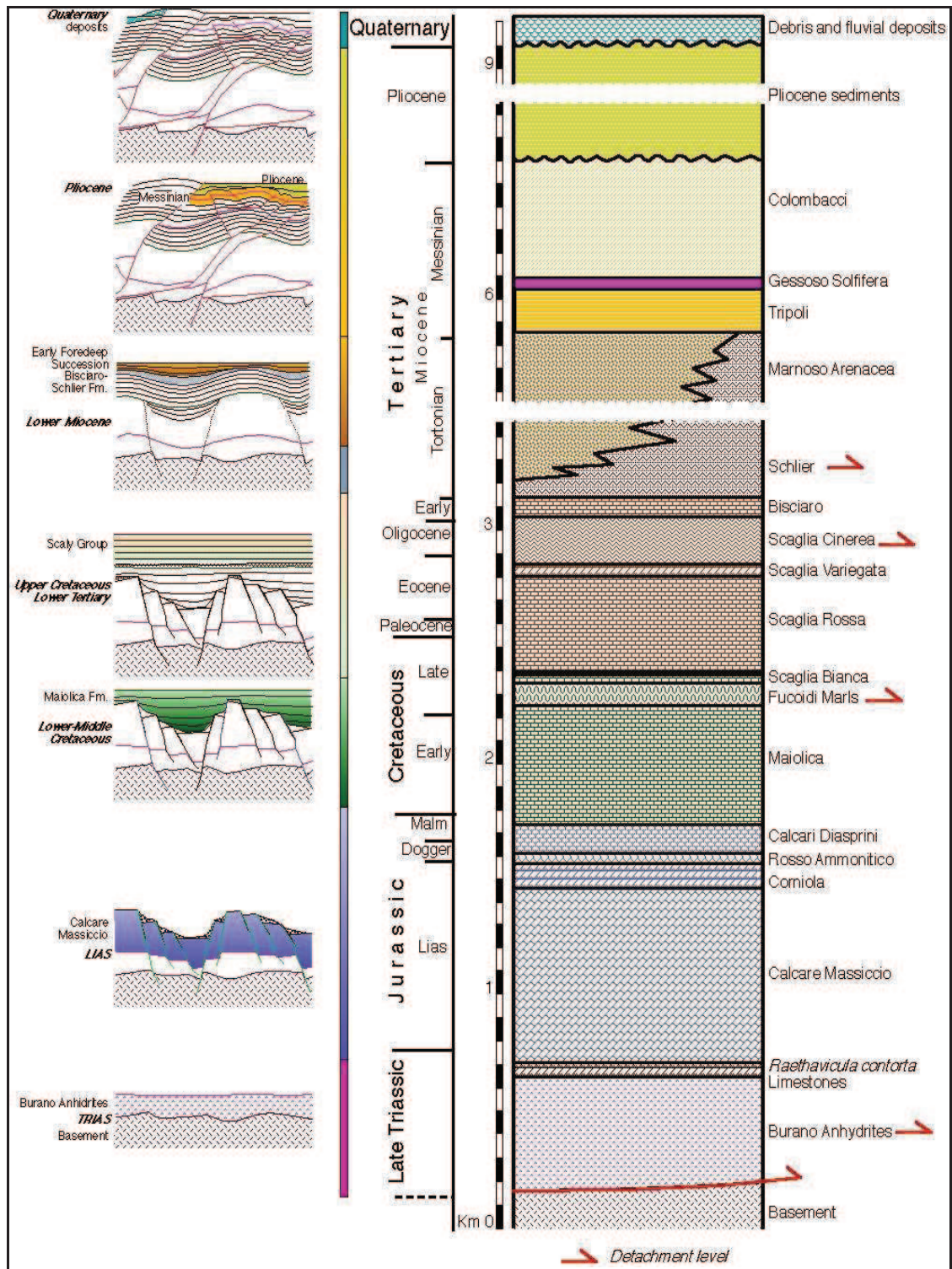
- 2) Corniola (Pliensbanchiano inf. p.p.-Toarciano inf. p.p.). E' costituita da calcari micritici grigi e nocciola, ben stratificati, con radiolari, spicole di spugna e noduli di selce. Presenta localmente interstrati argillosi, calcareniti risedimentate e slumping che indicano che l'ambiente di deposito doveva essere un bacino o un pendio di raccordo con la piattaforma carbonatica. Affiora nella parte orientale della struttura M.Paganoccio-M. Pietralata e in particolare a Est dell'allineamento Rifugio del Furlo-S.Ubaldo. La facies eteropica, definita Corniola massiccia (Sinemuriano p.p.-Toarciano inf. p.p.) affiora per una potenza di 50 metri alla cava inferiore del Furlo. E' costituita da sedimenti prevalentemente micritici biancastri, talora nocciola o rosati, in strati dello spessore fino a circa 1 metro.
- 3) Rosso Ammonitico (Toarciano inf. p.p.-Toarciano sup. p.p.). E' rappresentata da una intercalazione di calcari nodulari, in matrice calcareo-marnosa, e livelli marnosi di colore rosso vinaccia e verdastro. Tale formazione è rinvenibile nella cava di S. Anna, mentre altrove affiora in modo discontinuo o coperta da detrito e vegetazione.
- 4) Formazione del Bugarone. Affiora in modo continuo solo nella parte inferiore (Bugarone inf. – Toarciano sup. p.p. Bajociano inf.) mentre in quella superiore risulta discontinua e solo in certi casi cartografabile (Bugarone sup. – Kimmeridgiano p.p. Titanico inf.). Tale formazione è costituita da calcari a grana fine, più o meno marnosi, da colore nocciola a verdastro e talora con interstrati di marne argillose verdastre.
- 5) Calcari Diasprigni e Calcari e Marne a Posidonia (Toarciano sup. p.p. – Kimmeridgiano inf. p.p.). Sono costituiti da sedimenti prevalentemente silicei a Radiolari di colore da nocciola a grigiastro, con frequenti livelli di selce e da

calcari marnosi e marne. Affiorano, per poterle cartografare, solo in alcune aree e in particolare in sinistra del fiume Candigliano.

- 6) Calcari a Saccoma ed Aptici (Kimmeridgiano p.p. – Titanico inf.). Sono caratterizzati da un'alternanza di calcari a grana fine in strati sottili bianchi e verdognoli e banchi, spessi con pebbly mudstone e torbiditici bioclastiche.
- 7) Maiolica (Titanico sup. – Appiano inf. p.p.). Affiora diffusamente in tutta l'area della Riserva, ma con spessori variabili che raggiungono al massimo gli 80 metri nella S.S. Flaminia. E' rappresentata da calcari bianchi a grana fine, con liste e noduli di selce grigia e nerastra. La stratificazione è ben evidente e presenta, nella parte superiore, interstrati marnoso-argillosi verdastri e livelli argillitici nerastrati.
- 8) Marne a Furoidi (Appiano inf. p.p.-Albiano sup. p.p.). Questa formazione affiora estesamente nell'area del Furlo ed è costituita da marne e calcari marnosi ben stratificati, di colore da grigio-verde a rossastro, con livelli di argille nere.
- 9) Scaglia Bianca (Albiano sup. p.p. – Cenomaniano sup. p.p.). Questa formazione è costituita da calcari a foraminiferi planctonici biancastri ben stratificati, con lenti di selce da nocciola a rosa a nerastra. L'inizio della formazione è posta in corrispondenza della ricomparsa di selce diffusa, nella successione stratigrafica, mentre il limite superiore è messo in corrispondenza del livello Bonarelli.
- 10) Scaglia Rossa (Cenomaniano sup. p.p. – Eocene medio p.p.). E' la formazione che affiora più estesamente in tutta l'area del Furlo ed è rappresentata da calcari marnosi e marne a foraminiferi planctonici, sottilmente stratificati.
- 11) Scaglia Variegata (Eocene Medio p.p. – Eocene sup. p.p.). L'inizio di questa formazione è segnato dalla prima comparsa di marne rosate grigio-verdi, cui seguono calcari marnosi con interstrati di marne argillose verde oliva.
- 12) Scaglia Cinerea (Eocene sup. p.p. – Oligocene). E' costituita da marne e argille marnose di colore grigiastro in strati fini facilmente degradabili, tanto che la formazione si presenta spesso sfatta e coperta di vegetazione.

- 13) Bisciario (Aquitaniense e Burdigaliano p.p.). E' caratterizzato da calcari ben stratificati di colore biancastro e nocciola, con livelli di selce nera alla base e diffusi livelli vulcanoclastici più o meno alterati.
- 14) Schlier (Burdigaliano sup. p.p. – Tortonianense p.p.). Affiora solo in un limitato settore dell'area interessata dalla Riserva. E' rappresentata da calcari marnosi, marne e marne argillose di colore biancastro e grigio con frequenti bioturbazioni.





**Fig. 1: Serie stratigrafica nell'area della Gola del Furlo**





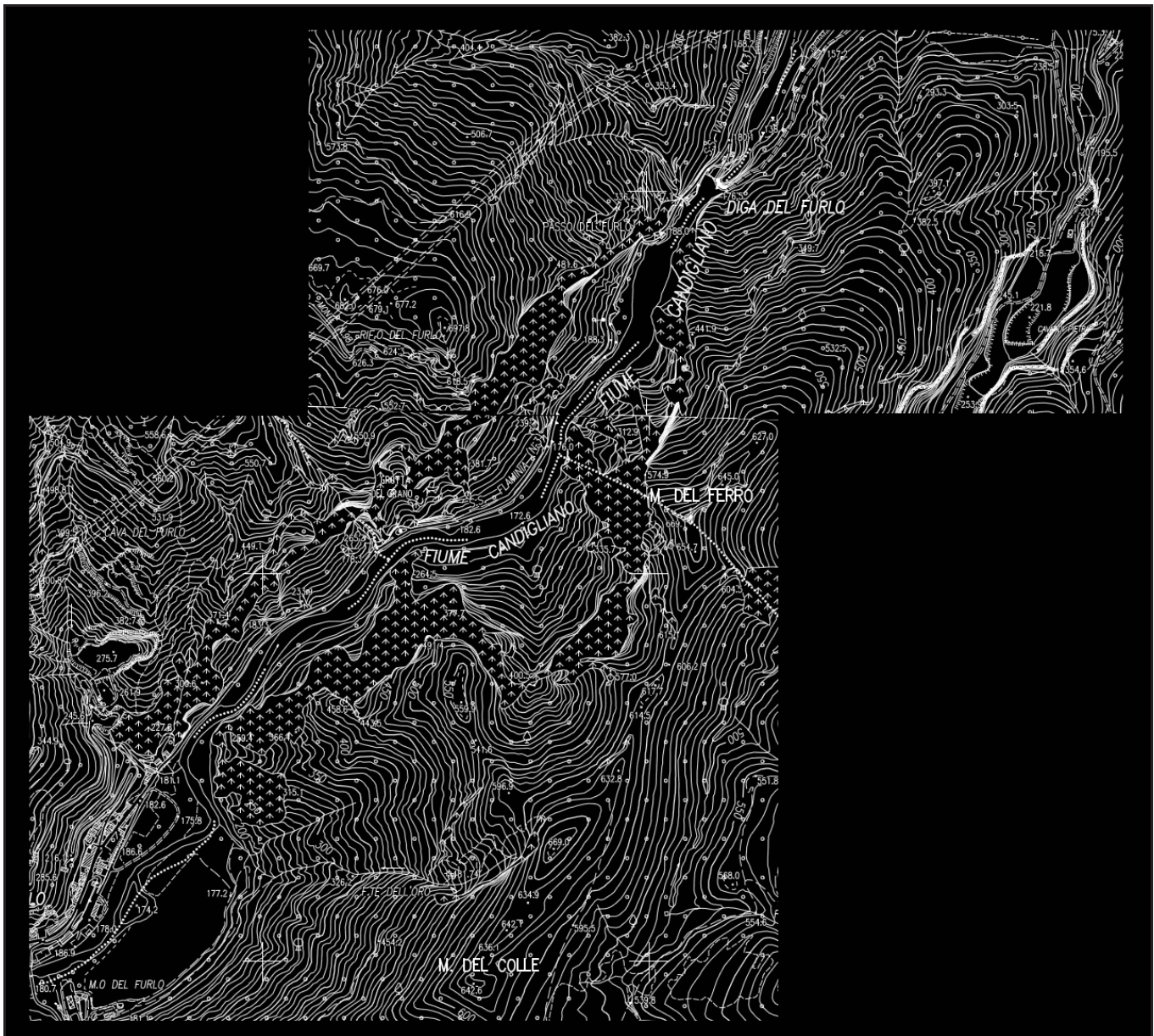
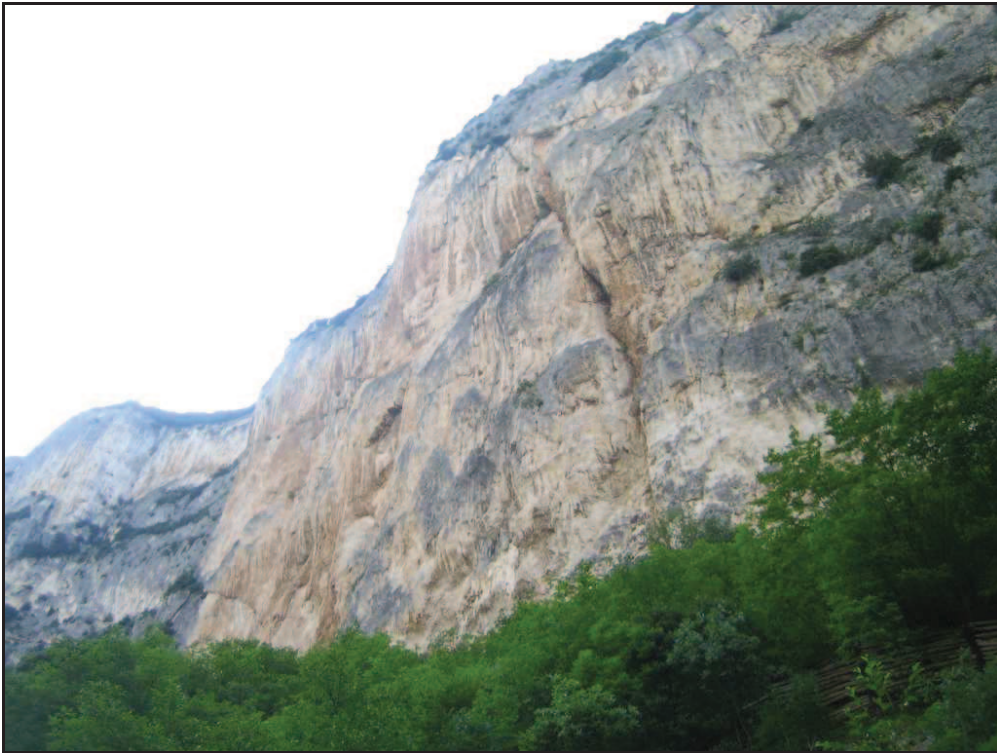


Fig. 4: Estratto CTR 1:10.000 sez. 280130 (Acqualagna) sez. 280090 (Canavaccio)



Parete di calcare massiccio al nucleo della piega anticlinale. Si osservino le porzioni di parete con colorazione più chiara, oggetto di continuo distacco di materiale lapideo per effetto degli agenti atmosferici. Si osservi inoltre l'elevato stato di fratturazione dell'ammasso dovuto alla presenza di importanti faglie inverse e trascorrenti.

## **2.4. Aspetti geomorfologici della Gola del Furlo:**

La modellazione del territorio della Gola del Furlo è avvenuta, nel corso degli anni, a causa di agenti/processi i quali rappresentano i principali responsabili della sua evoluzione.

Di seguito vengono suddivisi e descritti sinteticamente tutti i vari processi che caratterizzano questa parte del territorio:

### **Depositi quaternari**

Sono rappresentati da detriti di varia natura e accumuli di frana, entrambi messi in posto dall'azione predominante della gravità, cui si associano depositi alluvionali sia del Fiume Candigliano che di corsi d'acqua minori.

### **Depositi di versante**

Trattasi di detriti di varia natura e origine accumulati sui versanti o al piede di essi dall'azione della gravità, generalmente accompagnata dall'azione subordinata di acque dilavanti e/o ruscellanti.

Questi depositi sono suddivisi in detriti grossolani e depositi eluvio-colluviale sulla base della granulometria prevalente del deposito, oltre che dell'incidenza nella loro messa in posto dei processi di dilavamento/ruscellamento.

### **Detriti grossolani**

Tale depositi, di spessore variabile da meno di un metro ad alcune decine di metri, prevalentemente ghiaiosi o ghiaiosi-sabbiosi. A luoghi è possibile rinvenire blocchi di considerevoli dimensioni. Spesso i clasti delle dimensioni centimetriche-decimetriche si associano a metriali fini, da argillosi, a limosi, a sabbiosi, presenti sotto forma di matrice che come lenti o livelli. L'assetto all'affioramento è vario, da stratificato, a disorganizzato, a caotico. I frammenti rocciosi presentano spigoli vivi, salvo il caso di clasti particolarmente degradati dall'azione chimica o di elementi rimaneggiati da fenomeni di ruscellamento, nei quali gli spigoli vivi risulano leggermente smussati. I depositi in oggetto rappresentano generalmente accumuli per gravità alla base di pareti o ripidi versanti rocciosi. Sono rinvenibili in adiacenza a corpi di frana, dai quali provengono per rimaneggiamento e smantellamento dei margini del corpo stesso o delle scarpate di frana.

### **Depositi eluvio-colluviali**

Tali depositi sono caratterizzati da materiale a granulometria prevalentemente fine. Infatti si tratta di sedimenti derivanti dalla concomitante azione di processi di dilavamento/ruscellamento e di movimenti di massa corticale (colluvium), cui si associano prodotti dell'alterazione in posto (eluvium).

Tali depositi si assestano su angoli di pendio molto bassi, talora paragonabili a quelli dei depositi alluvionali. Sono rinvenibili in corrispondenza delle rocce marnose o marnose calcaree (formazione Scaglia Rossa, Scaglia Cinerea e Variegata o delle Marne a Fucoidi).

Nell'area di S. Anna del Furlo si osservano le maggiori estensioni e spessori di depositi eluvio-colluviali (fino a 3-4 m) che ricoprono le alluvioni terrazzate pleistoceniche. Pur trattandosi di materiali incoerenti o poco coerenti, sempre privi di cementazione, il loro modesto spessore e la loro associazione a pendii debolissimi o a piccole conche, li rendono del tutto trascurabili in termini di pericolosità geologica.

### **Accumuli di frana**

Tra gli accumuli di frana si identificano, da un lato, gli speroni rocciosi e le interposte depressioni sulla testata della frana di Ca' I Fabbri (dove le più recenti riattivazioni sembrano aver avuto un carattere prevalentemente traslativo) e i profili "a denti di sega" con vistose contropendenze nella frana di La Pradella (dove hanno prevalso movimenti rotazionali).

Le dimensioni e lo spessore dei corpi di frana sui fianchi sia di M. Pietralata che di M. Paganuccio, raggiungono spessori frequentemente superiori a 50 m.

Per quanto attiene alle situazioni di pericolosità geologica, tutti i maggiori corpi di frana rilevati, seppure spesso caratterizzati (almeno nelle loro porzioni superiori) da morfologie di frana molto fresche, non mostrano segni di mobilitazione all'atto del rilevamento o nei mesi immediatamente precedenti e sono state quindi considerate quiescenti. Per alcune di esse sono note (da osservazioni dirette o da testimonianze di abitanti) fasi di attivazione risalenti a vari anni addietro (p. es. frana di S. Anna del Furlo, parzialmente rimobilizzata nel 1991; frana di La Pradella, che ha conosciuto in un vasto settore una consistente fase di attivazione di cui si conserva memoria, ma di difficile inquadramento cronologico, verosimilmente risalente almeno alla prima metà del '900 o un poco più antica). Lo stato di quiescenza non è invece riferibile alla maggior parte dei crolli, in particolare quelli di dimensione non cartografabile di semplici blocchi e frammenti rocciosi, relativamente ai quali si osserva in genere una attività costante e ripetitiva che fa mantenere alto il grado di pericolosità geologica.

### **Frane di crollo**

Nell'area esaminata sono estremamente diffusi fenomeni di crollo, soprattutto nella Gola del Furlo e nelle aree adiacenti, dove sono frequenti scarpate sub-verticali di varia origine. Nel territorio esaminato il distacco avviene molto spesso in seguito a degradazione fisico-chimica lungo superfici di stratificazione,

reti di fratture tettoniche e/o di neoformazione prodotte da processi di unloading. I corpi cartografati si ubicano in prevalenza al piede delle scarpate impostate lungo la discontinuità litologica fra le formazioni della Maiolica e delle Marne a Fucoidi (i crolli sono a carico di quest'ultima). Sulle pareti della gola del Furlo si osservano varie evidenze morfologiche, di crolli a carico di masse rocciose relativamente grandi: tuttavia, dato che la maggior parte di questi fenomeni è molto antica, al piede delle pareti i corpi di frana (ormai relitti) vanno a costituire un tutt'uno con gli accumuli di detriti grossolani.

Altri piccoli cono detritici che compaiono all'interno della gola o al piede di pareti prodotte dall'erosione selettiva al limite Maiolica-Marne a Fucoidi, sono invece a tutti gli effetti corpi di frana di crollo.

### **Frana per scorrimento**

I rilievi di M. Pietralata-M. Paganuccio fanno parte di un'unica dorsale anticlinalica, i loro versanti sia nord-orientale che sud-occidentale sono caratterizzati da giaciture a franapoggio delle formazioni affioranti, sempre ben stratificate e contenenti a vari livelli numerosi orizzonti "di debolezza" rappresentati da intercalazioni marnoso-argillose. Proprio questi fattori strutturali e litostratigrafici risultano determinanti nell'evoluzione morfologica della dorsale nel suo insieme e fortemente predisponenti per lo sviluppo di vaste frane di scorrimento. In molti luoghi, come p. es. nei pressi di La Pradella, gli effetti delle condizioni giaciture a franapoggio si legano con quelli di discontinuità tettoniche (faglie e sistemi di frattura) favorendo lo sviluppo di movimenti roto-traslativi.

I materiali coinvolti nel franamento sono per lo più le rocce del substrato, ma non mancano esempi di frane rototraslative nei detriti. Un esempio significativo è quello della riattivazione nel 1991 della porzione inferiore di un corpo di frana sui detriti stratificati pleistocenici nei pressi di S. Anna del Furlo.

L'effetto più vistoso sul paesaggio della esistenza di scorrimenti roto-traslativi è la presenza di gradoni, contropendenze e avvallamenti che interrompono la continuità dei pendii.

### **Frana per colamento**

Nel territorio considerato, sono piuttosto rari invece colamenti di terra e detrito sui versanti, di solito di modeste dimensioni e spessori, non incanalati in solchi d'erosione e limitati ai substrati argilloso-marnosi della formazione delle Marne a Fucoidi o a quelli marnosi della Scaglia Cinerea e Variegata.

### **Debris-flow**

Un discorso a parte meritano invece i depositi detritico-alluvionali di certi solchi d'erosione spesso collegati a grandi ammassi di frane di scorrimento o



complesse, dove si osservano evidenze di processi di debris-flow che vengono descritti e cartografati separatamente. I casi segnalati e di dimensioni cartografabili di questo tipo di colate di detrito si ubicano ai margini del territorio della Riserva Naturale, lungo l'asse di valli minori solcate da torrentelli a regime occasionale drenanti in profondità gli enormi ammassi detritici prodotti da grandi movimenti franosi come quelli di Ca' I Fabbri, La Pradella e S. Martino dei Muri sul M. Paganuccio e le grandi frane complesse di Pagino-Campolino sul M. Pietralata. Data la natura delle rocce prevalenti nel territorio, non si osservano colate di fango, ma solo di detriti più o meno grossolani per lo più derivanti dalla formazione della Scaglia Rossa. Analogamente a quanto rilevato per i crolli, esistono svariati casi di solchi d'erosione minore con evidenze di processi di debris-flow, ma privi di accumuli cartografabili.

Data la loro natura, questi sono da considerarsi sempre elementi di elevata pericolosità geologica.

### **Frane complesse**

Per quanto riguarda le frane complesse osservate nel territorio della Riserva Naturale sono quasi tutte del tipo scorrimento/colamento di detrito. Analogamente agli scorrimenti, con i quali sono intimamente legati, debbono la loro origine soprattutto alle particolari condizioni giaciture e strutturali dei fianchi di M. Paganuccio e di M. Pietralata, oltre che all'assetto litostratigrafico della locale successione, caratterizzata da orizzonti marnosi ripetutamente intercalati a calcari. Come gli scorrimenti di cui si è già trattato, essi danno origine ad accumuli di spessore anche di svariate decine di metri e si estendono a luoghi dai prati sommitali sin alla base del versante (p.es. grandi frane del settore Pagino-Campolino sul M. Pietralata), contenendo importanti acquiferi locali.

### **I depositi alluvionali**

I depositi alluvionali sono distribuiti prevalentemente sul fondovalle e sui versanti della valle del F. Candigliano, ma si osservano anche in modo discontinuo lungo diverse vallecole minori. In questo secondo caso, si associano sempre a depositi più o meno abbondanti di flussi iperconcentrati o di debris-flow.

Nell'ambito territoriale della Riserva Naturale i depositi alluvionali si presentano in tre differenti contesti morfologici: 1 - alvei, letti di piena ordinaria e aree esondabili; 2 - terrazzi; 3 - cono detritico-alluvionali.

### **I depositi alluvionali in evoluzione**

Il letto di piena ordinaria del F. Candigliano, a monte della diga del Furlo, è occupato da una copertura continua di ghiaie, sabbie e limi, questi ultimi man mano più abbondanti verso valle, avvicinandosi alla diga. A valle della diga del Furlo, il F.

Candigliano scorre prevalentemente su roccia in posto e i depositi in evoluzione sono per lo più rappresentati da barre laterali prevalentemente ghiaiose. Il letto di piena di Fosso del Rio, al piede del versante sud-occidentale di M. Paganuccio, è occupato con continuità da depositi ghiaiosi; il letto di altri tributari minori, come il Buzzo, è invece occupato da depositi discontinui sia nel tratto più a monte che verso la sua confluenza col F. Candigliano, mentre è fortemente inciso in roccia nel suo tratto intermedio.

Depositi in evoluzione di ampiezza e spessore significativi in aree esondabili esterne al letto di piena ordinaria si osservano solo lungo il F. Candigliano a monte della Gola del Furlo, dove raggiungono un'ampiezza di oltre 200 m e sono costituiti da sedimenti ghiaioso-sabbioso-limosi.

Le Alluvioni terrazzate di fondovalle sono rappresentati da lembi alluvionali piuttosto discontinui, di dimensioni e spessore non rilevanti, presenti sia lungo la valle del F. Candigliano che lungo alcune valli minori. Le superfici dei terrazzi, poste mediamente a quote di circa 8-10 m sull'alveo attivo, si trovano al di fuori della portata delle esondazioni. L'età dei depositi, come risulta dalla letteratura specializzata, è olocenica.

#### **Alluvioni terrazzate antiche**

Sulla base delle altezze relative sul fondovalle, confrontando i depositi rilevati con i dati di letteratura relativi al bacino del Metauro, nel territorio della Riserva Naturale risultano presenti le unità terrazzate del Pleistocene superiore (3° ordine dei terrazzi, orlo scarpate a 20-30 m sull'alveo attivo a valle della Gola del Furlo, 10 - 15 m a monte di essa), del Pleistocene medio finale (2° ordine dei terrazzi, a valle della gola, con orlo scarpate a 70-90 m sull'alveo attivo) e del Pleistocene medio (1° ordine dei terrazzi, a valle della gola, con orlo scarpate a 110 - 150 m sull'alveo attivo). La serie completa dei terrazzi si osserva, seppure in modo discontinuo, su entrambi i versanti a valle della Gola del Furlo, fra S. Anna e Pagino. Lo spessore delle coltri alluvionali varia da 2-3 m a oltre 20 m, denotando basi di appoggio dei corpi alluvionali estremamente irregolari, con presenza di alvei sepolti. A prescindere dall'ordine di appartenenza, i depositi sono sempre prevalentemente ghiaiosi, con intercalazioni di lenti limoso-sabbiose o sabbioso-ghiaiose. I ciottoli sono sempre marcatamente poligenici e riflettono la litologia delle formazioni affioranti nell'attuale bacino del F. Candigliano. Il grado di arrotondamento è mediamente buono (ciottoli da arrotondati a molto arrotondati) pur essendo condizionato da apporti locali in vicinanza delle pareti vallive e allo sbocco della valle minore del Buzzo, nei pressi di S. Anna del Furlo. Degno di nota è un orizzonte petrocalcico sotteso a suoli rosso-bruni al tetto delle alluvioni del terrazzo del 2° ordine a S. Anna del Furlo.

## **Coni detritico-alluvionali**

Nell'ambito territoriale della Riserva Naturale, sono frequenti coni prodotti da processi misti, gravitativi (movimenti di massa) e alluvionali (flussi idrici occasionali) che si combinano fra loro in varie proporzioni. Di qui la scelta della dizione "detritico-alluvionale" utilizzata e l'inserimento, in un certo senso "forzato" di questa tipologia in una categoria a sè stante. I movimenti di massa che intervengono sono prevalentemente quello di caduta (compresi rimbalzo e rotolamento) clasto per clasto di singoli frammenti rocciosi di dimensioni da centimetriche a decimetriche e quello di debris-flow incanalati (almeno nelle aree apicali). Proprio la presenza di questi processi "di massa" rende particolarmente elevato il grado di pericolosità geologica connessa a queste forme di accumulo. Inoltre, nell'area esaminata, tutte le forme riscontrate debbono la loro origine alla presenza alle loro spalle di un consistente "serbatoio" di detriti che possono essere ridistribuiti massicciamente verso valle. In particolare, le aree sorgente del materiale detritico sono per lo più le porzioni medio-inferiori di grandi accumuli di frana (p.es. quelle che prendono origine sui versanti a sud-est di La Pradella, a sud-est di Ca' i Fabbri o su quello a nord-ovest di Pagino), rappresentate da spessi accumuli di materiali caoticizzati. Per tale motivo, la presenza di un cono detritico-alluvionale è, nel territorio considerato, oltre che un elemento di pericolosità geologica di per sè, anche indicativo di instabilità gravitativa dei materiali alle proprie spalle o, quanto meno, della presenza a monte di ingenti accumuli di materiale incoerente.

Considerando il fatto che alcuni coni sono integri e pertanto da considerarsi in stato di attività (seppur intermittente) mentre altri sono ormai inattivi e profondamente rimodellati, sono state distinte, anche cartograficamente e in termini di pericolosità geologica due categorie.

Nel versante destro di Fosso del Rio (fianco sud-occidentale di M. Paganuccio), è presente un cono detritico-alluvionale dove si associa, a profonde incisioni, una morfologia a tratti calanchiforme. Questo elemento è da considerarsi di elevata pericolosità geologica.

### **Scarpate**

La cartografia fornita presenta una selezione delle principali forme del paesaggio della Riserva Naturale in termini di pericolosità geologica.

Per quanto riguarda le scarpate sono state messe in evidenza solo quelle di rilevante altezza (superiore in almeno un tratto ai 10 m circa) e caratterizzate da fenomeni di crollo attivi o intermittenti.

Le forme poligeniche raccolgono la maggior parte delle scarpate cartografate nel territorio della Riserva, fra queste l'orlo delle grandi pareti della Gola del Furlo.

Nel territorio considerato, le scarpate di origine fluviale sono a quasi sempre forme relitte. Fanno eccezione le ripide scarpate cartografate all'altezza di S. Anna del Furlo, dove bordano il terrazzo del Pleistocene superiore separandolo dall'alveo attivo. Queste, mantenute attive dall'azione fluviale che ne lambisce il piede in occasione delle piene, sono sede di crolli ripetuti di blocchi o piccoli ammassi rocciosi, fatto che le rende oggetto di pericolosità geologica relativamente elevata.

Le forme di scarpata antropica sono tutte scarpate di cava (cave di S. Anna del Furlo, cava "Grilli" e altre cave minori), soggette a ripetuti crolli di blocchi e frammenti rocciosi e pertanto elementi di pericolosità geologica significativa.

### **Creste**

Sono stati cartografati gli elementi del paesaggio, definiti creste in quanto utili nell'individuare sottounità morfologiche del territorio e, talvolta, margini di sottobacini imbriferi. La genesi delle principali creste presenti nel territorio della Riserva Naturale è legata a processi vari, da erosione selettiva lungo sistemi di faglie/fratture caratterizzate da presenza di rocce di faglia ben cementate, a fenomeni crionivali pleistocenici.

## **2.5. Assetto Geologico-Strutturale:**

L'area della Riserva naturale del Furlo si colloca in corrispondenza della struttura anticlinale di Monte Paganuccio-Monte Pietralata, al cui nucleo affiora la formazione del Calcere Massiccio.

L'anticlinale rappresenta una struttura sradicata e traslata verso NE di alcuni chilometri.

La piega si sarebbe originata al di sopra di un thrust basale che si è propagato verso NE nel tempo e nello spazio, dal basso verso l'alto, coinvolgendo nella deformazione intervalli stratigrafici via via più recenti.

L'anticlinale ha un raggio di curvatura di oltre 2 km ed è caratterizzata da una certa simmetria con orientazione N 130 e una debole vergenza verso NE.

A SW è delimitata da una serie di sovrascorrimenti embriciati, solo in parte ricadenti nell'area della Riserva, che interessano la parte superiore della successione sedimentaria.

Il fianco occidentale dell'anticlinale, con terreni immergenti verso SW, è interessato da un sistema di faglie transpressive orientate circa N-S caratterizzate da una componente destra del movimento. In questo fianco si osservano anche alcune faglie dirette, che sembrano tagliare anche le faglie trascorrenti e che hanno rigetto

di qualche metro. La zona assiale della struttura anticlinalica è interessata da alcune faglie dirette, orientate in direzione NW-SE che ribassano in modo considerevole la porzione centrale della piega. La parte del fianco Nord-Orientale dell'anticlinale è caratterizzata da una stratificazione immergente verso NE. Anche questo fianco è interessato da faglie dirette orientate NW-SE aventi rigetti metrici. Si possono osservare anche piani di taglio destri, orientati N-S e con rigetti di poche decine di metri.

Dal rilievo geo-strutturale eseguito puntualmente nella zona della Galleria Romana, all'interno del settore dove sarà realizzata la barriera paramassi da 500 Kj, vengono di seguito riportati in sintesi i risultati ottenuti:

Nr.	Inclinazione (°)	Immersione (°)	Famiglia
1	70	030	Famiglia1
2	80	080	Famiglia2
3	70	120	Famiglia3
4	50	210	Famiglia4
5	50	270	Famiglia5
6	80	240	Famiglia6

**Rottura lungo l'intersezione tra il piano 3 e il piano 4**

**modulo intersezione: 77,67 modulo pendio: 71,13 modulo Attrito: 93,26**

**Rottura lungo il piano: 4**

**Rottura lungo l'intersezione tra il piano 4 e il piano 5**

**modulo intersezione: 81,00 modulo pendio: 35,78 modulo Attrito: 93,26**

Per i dettagli si rimanda alla relazione di calcolo allegata in appendice (allegato n. 3).

**2.6. Classificazione dell'ammasso roccioso:**

**Input dati per la definizione di Q**

- Numero di fratture per mc di roccia (Jv)=8
- Due serie di discontinuità
- Spaziatura media della famiglia principale < 3 m
- Giunti scabri o irregolari, ondulati
- Giunti alterati o con lievi ossidazioni

Acqua assente o scarsa , localmente venute < 5 l/min  
Fascia di taglio singola in roccia competente (altezza di copertura > 50 m)

### Risultati per la definizione di Q

Parametri

RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF
88,6	4	3	1	1	2,5

Indice Q e classi di ammasso roccioso

Indice Q	Classe	Descrizione
26,58	IV	Buona

Per i dettagli si rimanda alla relazione di calcolo allegata in appendice (allegato n. 4).

### **3. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI:**

Negli anni passati ed anche recentemente la Gola del Furlo è stata interessata da fenomeni di crollo di blocchi di roccia, che spesso hanno interessato la ex SS Flaminia, comportando a volte la chiusura del traffico per il ripristino della viabilità.

Nel tempo sono stati realizzati diversi interventi, sia con protezioni attive che passive (reti in aderenza, reti paramassi, ecc...) che localmente hanno contenuto i fenomeni gravitativi, laddove si manifestavano situazioni di criticità.

Nell'immediato si riscontra quindi la necessità di gestire gli interventi indifferibili ed urgenti a tutela della pubblica incolumità, ovvero volti a ridurre il rischio con particolare riferimento alla sicurezza della viabilità.

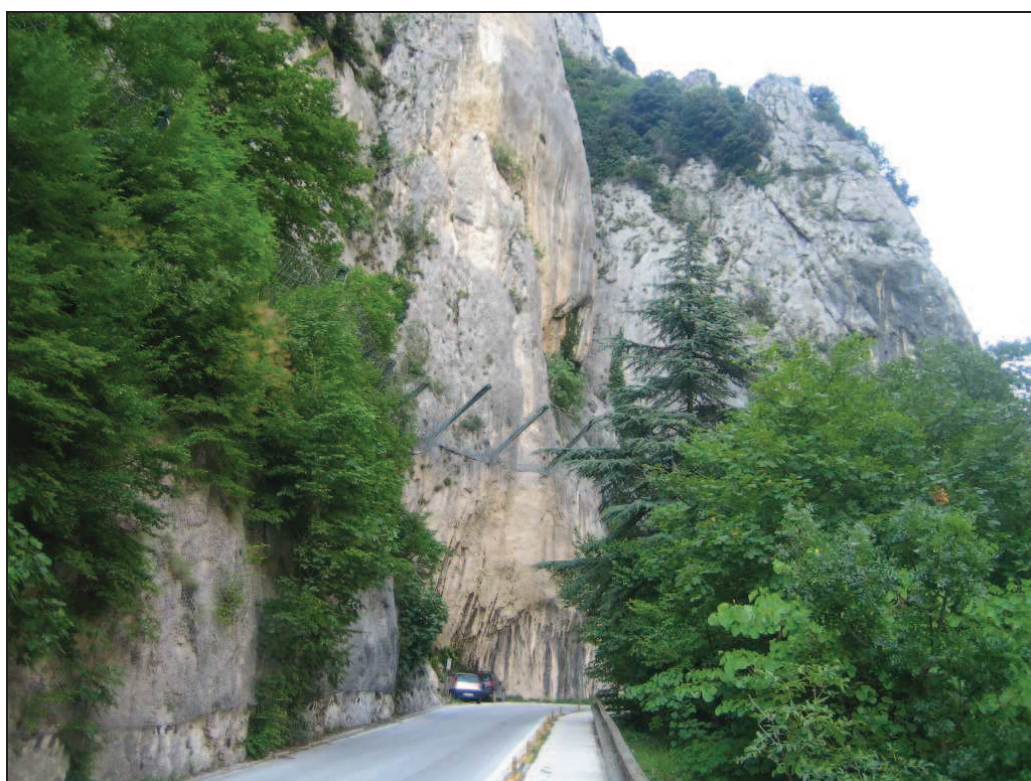
In base ai dati acquisiti nei sopralluoghi effettuati lungo il tratto d'interesse delle pareti rocciose, tenuto conto del limitato importo destinato, si è ritenuto necessario nell'immediato progettare la realizzazione di due reti paramassi, a completamento dei tratti mancanti di alcune barriere esistenti. Congiuntamente è apparso opportuno prevedere nel progetto l'ispezione ed il controllo delle pareti rocciose e delle opere in essere, spesso inaccessibili dal basso, finalizzati al disaggio e demolizione di porzioni di roccia fratturata che da riscontri diretti sul posto, nel caso di fenomeni di crollo, minacciano d'interessare l'infrastruttura viaria. L'intervento contempla inoltre il ripristino di alcune opere di protezione in legno danneggiate e/o ammalorate.

L'opera di protezione nei pressi della Galleria Romana (vedi intervento n.1 - all. A.1-A.2-P.1) è stata definita e dimensionata sulla base dei risultati di una procedura di analisi denominata Lumped mass e metodo di calcolo CRSP, con lo scopo di modellare il moto di caduta per crolli di singoli massi fino ad una volumetria massima complessiva di 2,50 m<sup>3</sup>.

L'altra opera, in corrispondenza della Grotta del Grano (vedi intervento n. 2 - all. A.1-A.2-P.1), ricade dal punto di vista geo-strutturale fra la linea d'anticlinale e la faglia diretta. La barriera verrà posta sul crinale, ed è stata dimensionata per la protezione della strada dal rotolamento di piccoli massi.



*Foto 1: Barriera paramassi, pannelli di rete in fune d'acciaio e palizzate in legno.*



*Foto 2: Barriera paramassi, pannelli di rete in fune d'acciaio e reti paramassi all'uscita della galleria.*



### **3.1. Principali caratteristiche tipologiche e geometriche delle opere:**

La soluzione progettuale contempla in sintesi i lavori elencati nel seguito:

- Realizzazione barriera paramassi, a completamento della esistente, nella zona della “Galleria Romana” con struttura e rete in acciaio, ad assorbimento di energia da 500 Kj, della lunghezza di m 16 ed altezza di 4 m.
- Realizzazione barriera di contenimento piccoli massi con struttura e rete in acciaio, in corrispondenza del canalone nella zona della “Grotta del Grano”, della lunghezza di 70 m ed altezza di 2 m.
- Disgaggio e demolizione di blocchi rocciosi in equilibrio precario, previa attività di ispezione e controllo delle pareti soggette a crollo e delle opere di difesa esistenti eseguito solo dall'alto da personale altamente specializzato.
- Demolizione controllata e riprofilatura di porzioni rocciose ed in equilibrio precario nonché di blocchi instabili di ingente volume localizzati lungo scarpate di qualsiasi altezza ed inclinazione con l'uso di miscele chimiche espansive, iniettata previa esecuzione di perforazione del diametro di 40 mm. di lunghezza adeguata ed in numero opportuno, compresi tutti gli oneri necessari per la successiva demolizione e separazione meccanica con l'ausilio di martinetti allargatori idraulici.
- Realizzazione di ancoraggi passivi profondi, idonei al consolidamento dei volumi rocciosi e per la cucitura di fratture che individuano cunei o prismi instabili in condizioni di equilibrio precario con barre di acciaio Feb44K ad aderenza migliorata del diam. di 24 mm e della lunghezza massima di m 6 eseguiti a qualunque altezza rispetto al piano strada. Le perforazioni saranno eseguite con sistemi a rotazione ed a secco, in modo da disturbare il meno possibile l'ammasso e l'ambiente circostante.
- Svuotamento e pulizia di reti paramassi in aderenza con successivo riposizionamento della rete a perfetta regola d'arte.
- Ripristino di elementi danneggiati e/o ammalorati delle piccole barriere paramassi in legno.

**3.2. Compatibilità dell'intervento con il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI) - approvato con deliberazione del Consiglio Regionale Marche n.116 del 21.01.2004:**

Si pone in evidenza che La Gola del Furlo, in cui ricadono le opere, presenta diverse zone in dissesto classificate nel Piano di Assetto Idrogeologico Regionale con livelli di pericolosità e rischio da elevati a molto elevati (vedi Fig.5 e tav. A4).

In particolare la barriera prevista nella zona della "Galleria Romana" ricade in prossimità del dissesto classificato nel P.A.I. con codice F-05-1099 a cui viene associato un livello di pericolosità e rischio molto elevato (P4-R4), mentre l'altra opera di protezione prevista nella zona "Grotta del Grano" ricade in corrispondenza della zona identificata con codice F-05-1136, con livello di pericolosità elevato e rischio molto elevato (P3-R4).

L'intervento in progetto, teso alla mitigazione della pericolosità delle aree a rischio, rientra nelle finalità del piano stralcio con riferimento al comma 3 e 4, art. 12, disciplina delle aree di versante in dissesto delle Norme di Attuazione del P.A.I.

Non si esclude inoltre una successiva attività di aggiornamento delle aree in dissesto mappate nel P.A.I., sulla base dei dati acquisiti e livelli di sicurezza conseguiti attraverso la realizzazione dell'intervento proposto.

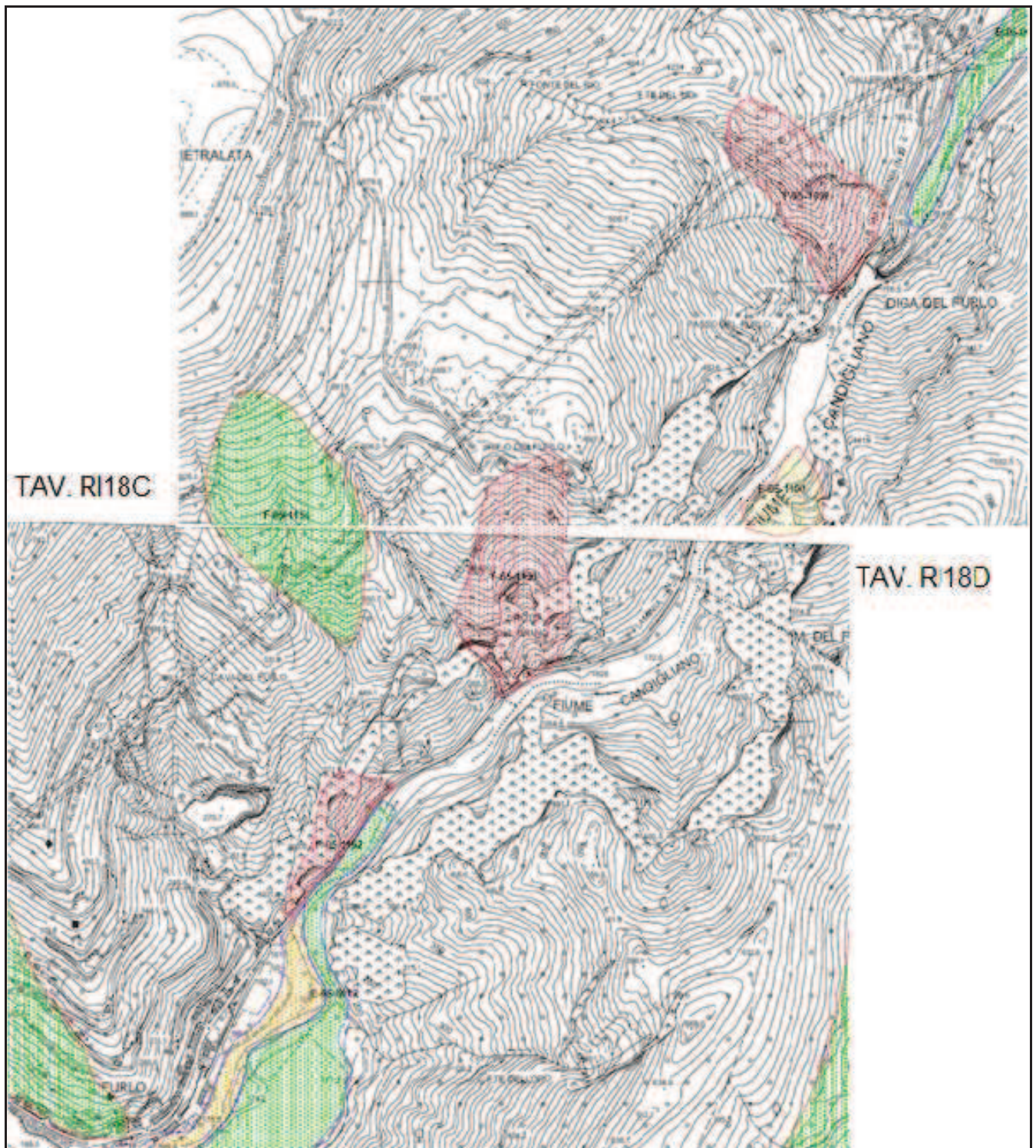


Fig. 5 – Carta del Piano di Assetto Idrogeologico

### 3.3. Idrografia e Piezometria:

L'area interessata dal progetto si colloca in sinistra idrografica del Fiume Candigliano, che scorre a valle, ai piede del versante.

L'idrografia superficiale è rappresentata da una serie di impluvi ortogonali al fiume Candigliano che si sono creati, nel corso degli anni, a causa dell'elevata erosione che raccolgono le acque di precipitazione convogliandole dalle pendici verso valle.

Dai sondaggi eseguiti in aree limitrofe e dalle osservazioni effettuate durante la fase di sopralluogo, risulta che la falda idrica non è presente sino alle profondità investigate; come è noto, la falda è presente a profondità elevate all'interno del Calcere Massiccio.

#### **4. CARATTERI PLUVIOMETRICI:**

Considerato che non sono presenti condizioni di rischio e pericolosità idraulica, per la progettazione dei drenaggi superficiali, sarà sufficiente tenere in debito conto delle precipitazioni massime.

##### **4.1. Elaborazione statistica delle piogge:**

Al fine di un idoneo dimensionamento delle opere di drenaggio per la raccolta delle acque di precipitazione, si deve valutare l'entità delle precipitazioni per l'area in esame con un dato "tempo di ritorno".

Il "tempo di ritorno" è un indicatore di rischio, definito come durata media in anni del periodo in cui il valore della variabile idrologica considerata viene superato una sola volta.

Le informazioni sulla pluviometria dell'area di interesse, sono riassunte nei parametri "a" ed "n" della curva segnalatrice di possibilità climatica, che relaziona le altezze di pioggia con le durate di pioggia per un dato tempo di ritorno, attraverso la nota formula:

$$h = a t^n$$

dove:

$h$  è l'altezza di pioggia espressa in mm;

$t$  è la durata dell'evento in ore;

$a$  (mm/ora) ed  $n$  sono i parametri caratteristici della curva.

Per curva di possibilità climatica si intende quella curva che rappresenta l'insieme dei punti con la stessa probabilità di non essere superati.

Per la determinazione della *curva segnalatrice di possibilità climatica* relativa all'area d'interesse, si è eseguita un'elaborazione statistica dei dati pluviometrici della stazione più rappresentativa.

Sono stati considerati i dati pluviometrici editi e forniti dall'ARPA (Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia-Romagna) Servizio Meteorologico Regionale per la stazione pluviografica di Urbino, che risulta essere la più vicina al bacino imbrifero in studio tra quelle dotate di pluviometro registratore (Pr), necessario per l'estrapolazione probabilistica delle curve di possibilità climatica.

Per le calcolazioni idrologiche ed idrauliche che seguiranno si sono ricercate, per la stazione di Urbino, le serie storiche delle altezze di pioggia conseguenti alle precipitazioni di massima intensità registrate al pluviografo per tempi di pioggia di 10, 15, 20, 30, minuti e 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Le serie storiche analizzate constano di 38 anni di osservazione, dal 1951 al 1989.

<b>STAZIONE DI URBINO</b>									
<b>ANNO</b>	<b>DURATA</b>								
	<b>10 m</b>	<b>15 m</b>	<b>20 m</b>	<b>30 m</b>	<b>1 h</b>	<b>3 h</b>	<b>6 h</b>	<b>12 h</b>	<b>24 h</b>
1951			15		31	49	60	64	72
1952		17			19	29	30	35	52
1953				23	24	25	38	46	60
1954					20	30	32	36	46
1955				32	46	78	97	112	113
1956				27	30	48	66	87	110
1958		16			19	20	39	39	42
1959				17	58	70	78	81	93
1960			16		23	26	27	41	63
1961					24	31	50	71	84
1962			17		9	15	27	46	62
1963			27		27	31	34	47	66
1964		14			37	48	56	59	61
1965			10		15	26	32	54	55
1966		12			14	26	42	76	101
1967			16		37	43	44	45	50
1968					34	39	45	58	81
1969				17	21	27	46	70	75
1970			15		21	23	24	35	49
1971		16			32	33	38	40	62
1972		37			40	41	42	43	51
1973					44	45	46	46	47
1974			23		34	38	52	56	56

1975					20	24	26	30	50
1976		14			28	35	56	75	89
1977	12				32	42	46	48	48
1978					20	27	46	62	103
1979				27	30	30	36	50	65
1980				10	18	30	35	43	95
1981					24	27	37	48	58
1982			27		26	27	43	69	91
1983				29	50	69	70	83	83
1985		14			21	23	37	54	60
1984				21	30	39	40	41	55
1986	11				17	25	37	66	77
1987				14	20	32	33	34	48
1988				12	13	16	23	35	37
1989				19	25	26	29	34	51

Tab.1 – Precipitazioni in mm di massima intensità con durata di 10, 15, 20, 30, minuti e 1, 3, 6, 12 e 24 ore rilevate alla stazione pluviografica di Urbino.

#### 4.2. Elaborazione statistica delle precipitazioni e curve di possibilità climatica:

L'analisi dei dati è stata effettuata mediante *la prima legge asintotica del massimo valore di Gumbel* con la quale, data una serie di valori sufficientemente grande della variabile idrologica considerata (x), si determina la probabilità di non superamento legata al tempo di ritorno:

$$P(x) = e^{-e^{-y}},$$

dove:

$P(x)$  : probabilità di non superamento della variabile idrologica x;

$y = \alpha(x - N)$  : variabile ridotta associata alla variabile idrologica x ;

$\alpha = \frac{1.283}{\sigma}$  : parametro della distribuzione stimato con il metodo dei momenti<sup>1</sup>;

$N = \bar{x} - 0.450\sigma$  : parametro della distribuzione stimato con il metodo dei momenti<sup>1</sup>;

$\bar{x} = \frac{\sum_i x_i}{n}$  : media delle osservazioni  $x_i$ , in numero pari ad n ;

$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i x_i^2}{n-1} - \frac{(\sum_i x_i)^2}{n(n-1)}}$  : scarto quadratico medio del campo osservato.

<sup>1</sup>"Elementi di statistica per l'idrologia" Ugo Maione e Ugo Moisello

Mediante la relazione:  $P(x) = \frac{T_r - 1}{T_r}$ , si lega il tempo di ritorno con la probabilità di non superamento.

Tale legge é stata applicata per le piogge della durata di 10, 15, 20, 30, minuti e 1, 3, 6, 12 e 24 ore, ottenendo le rispettive altezze di pioggia massima con tempi di ritorno pari a 20, 50, 100 e 200 anni, per la stazione pluviografica considerata.

<b>Precipitazioni massime secondo Gumbel (in mm)</b>					
<b>Tempo di ritorno</b>	<b>Durata di pioggia</b>				
	<b>1 h</b>	<b>3 h</b>	<b>6 h</b>	<b>12 h</b>	<b>24 h</b>
Tr = 20 anni	47,04	60,89	71,97	88,14	105,30
Tr = 50 anni	54,77	71,14	83,19	101,36	120,06
Tr = 100 anni	60,57	78,83	91,61	111,27	131,12
Tr = 200 anni	66,34	86,48	99,99	121,14	142,14

Tab. 2 – Estrapolazione probabilistica con il metodo di Gumbel delle precipitazioni massime (mm) con diversa durata in ore e per diversi tempi di ritorno

Nel campo bilogaritmico la curva segnalatrice di possibilità climatica ha una forma lineare, con coefficiente angolare pari ad “n” ed ordinata corrispondente ad un tempo unitario pari ad “a”.

E’ possibile ora procedere al calcolo di tali curve, per i diversi tempi di ritorno, stimando i parametri “a” ed “n” tramite regressione lineare con il metodo dei minimi quadrati.

I risultati delle interpolazioni e le curve segnalatrici di possibilità climatica per la stazione considerata e per i diversi tempi di ritorno sono di seguito riportate (Tab. 3 - Fig. 6).

<b>Parametri della curva di possibilità climatica</b>		
<b>Tempo di ritorno</b>	<b>a</b>	<b>n</b>
Tr = 20 anni	46.443	0.255
Tr = 50 anni	54.334	0.2478
Tr = 100 anni	60.251	0.2436
Tr = 200 anni	66.147	0.2402

Tab. 3 – Parametri della curva di possibilità climatica per la stazione pluviografica di Urbino, per i tempi di ritorno indicati e per tempi di pioggia 10 m < t < 24 ore.

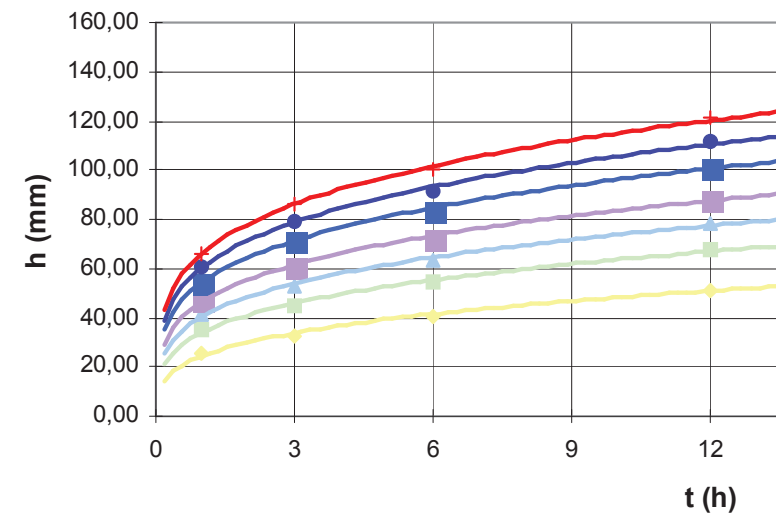


Fig.6



## **5. INDAGINI:**

Per quanto attiene alle indagini geognostiche utilizzate a supporto del presente studio, si è tenuto conto del contesto geologico del sito in oggetto, conosciuto dallo scrivente e della tipologia di intervento previsto.

Quindi non sono state eseguite indagini in situ ma ci si è basati su sondaggi eseguiti in aree limitrofe e di un rilievo geologico, geomorfologico e geo-strutturale dell'ammasso roccioso

## **6. STRATIGRAFIA MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO:**

Pertanto alla luce di quanto emerso dal rilievo di campagna eseguito e per correlazione con altri sondaggi a disposizione dello scrivente, i terreni indagati sono stati così schematizzati:

### UNITA' DELLE TERRE DI COPERTURA

**Livello 1:** Terreni di alterazione della formazione costituiti da detriti grossolani di versante con intercalati materiali fini a prevalente composizione limoso-argillosa;

### UNITA' DEL SUBSTRATO

**Livello 2:** (Corniola). E' costituita da calcari micritici grigi e nocciola, ben stratificati, con radiolari, spicole di spugna e noduli di selce (Pliensbanchiano inf. p.p.-Toarciano inf. p.p.). Questo tipo di substrato è presente solamente in qualche punto dove si andrà ad intervenire.

**Livello 3:** (Calcere Massiccio)

Formazione costituita da sedimenti neritici bioclastici di piattaforma carbonatica (calcari e calcari dolomitici) (Hettangiano p.p.-Sinemuriano inferiore). Questa formazione affiora nella maggior parte degli interventi che si andranno a realizzare lungo la parete.

### 6.1. Parametri Geotecnici (valori medi $F_m$ ):

Per quanto riguarda la definizione dei parametri geotecnici medi ( $F_m$ ) dei livelli di terreno considerati, si fa riferimento ai dati bibliografici presenti in letteratura e da sondaggi eseguiti in zone limitrofe, messi a confronto in modo obiettivo con terreni simili sottoposti a prove di laboratorio.

Nella seguente Tab. 4 sono riportati i valori dei parametri geotecnici medi ( $F_m$ ):

LIVELLO N. 1 UNITA' DELLE TERRE DI COPERTURA	Da 0,00 m	a 0,80 m
LIVELLO N. 2 UNITA' DEL SUBSTRATO CALCARE MASSICCIO	Da - 0,80 m	in poi
LIVELLO N. 2 UNITA' DEL SUBSTRATO CORNIOLA	Da - 0,80 m	in poi

Livello n	$\gamma_n m$ (KN/mc)	$\gamma_{sat} m$ (KN/mc)	$\phi' m$ °gradi	$C' m$ (t/mq)
1	19:19,5	20:20,5	25:30	5:10
2	20:20,5	21:21,5	30:40	10:20

Tab. 4

*La definizione dei valori caratteristici dei parametri di resistenza del terreno da assumere nelle verifiche agli SLU e SLE, considerato il tipo di opera in progetto ed in relazione a quanto previsto dalle NTC 2008 ed a quanto suggerito dalle "Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*

**(CSLP) sulle NTC**”, tiene conto del tipo di prove effettuate e delle correlazioni eseguite con valori ricavati da analisi di laboratorio su terreni simili.

I valori riportati nella seguente Tabella 5 sono scaturiti da una stima ragionata e cautelativa.

Pertanto, vista la natura disaggregata dei dati a disposizione, il valore caratteristico è stato ricavato dal 5° percentile della distribuzione dei campioni, utilizzando la seguente formula che fornisce un valore più prossimo ai valori minimi della distribuzione dei campioni presi in considerazione.

$$Z' k = Z'm (1+X.Vz)$$

dove:

Z'k = valore caratteristico del parametro considerato;

Z'm = valore medio del parametro considerato;

Vz = coefficiente di variazione (COV) di Z', definito come il rapporto fra lo scarto quadratico medio e la media dei valori del parametro considerato;

X = parametro dipendente dalla legge di distribuzione della probabilità e dalla probabilità di non superamento adottata.

L'Eurocodice 7 fissa, per i parametri della resistenza al taglio, una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano, un valore di X uguale a  $\pm 1,645$ .

<b>Frattile %</b>	<b>50</b>	<b>25</b>	<b>10</b>	<b>5</b>
<b>X</b>	<b>0</b>	<b>0,674</b>	<b>1,282</b>	<b>1,645</b>

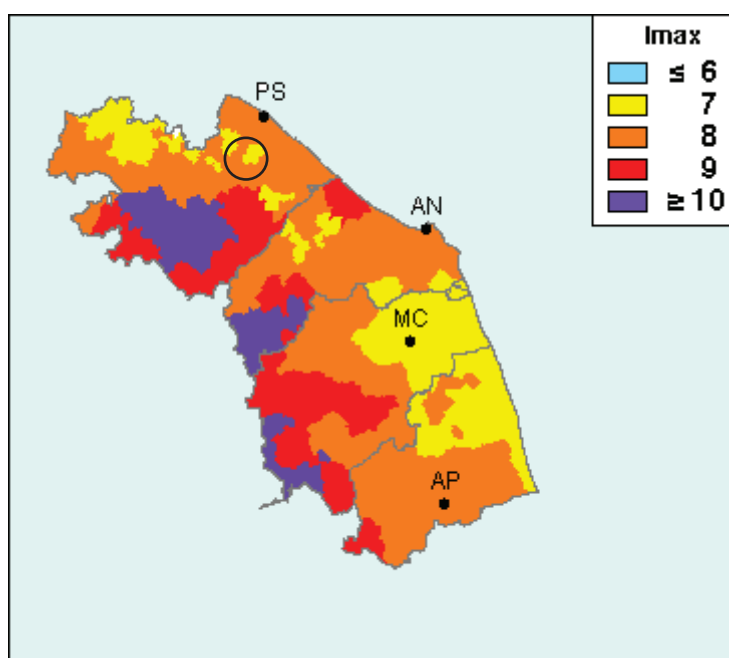
<b>Livello n</b>	$\varphi'_k$ °gradi	$C'_m$ (t/mq)
<b>1</b>	<b>27</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>35</b>	<b>15</b>

Tab. 5 (valori caratteristici  $F_k$ )

## 7. SISMICITA':

### 7.1. Zone sismiche:

Per la valutazione della sismicità storica dell'area e per una prima valutazione della sua pericolosità sismica, è stata utilizzata la banca dati del GNDT (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti – cataloghi NT4.1.1 – DOM.4.1.) Come si può vedere dalla mappa allegata il sito in esame viene identificato come un'area a medio rischio sismico.



○ **Area in esame**

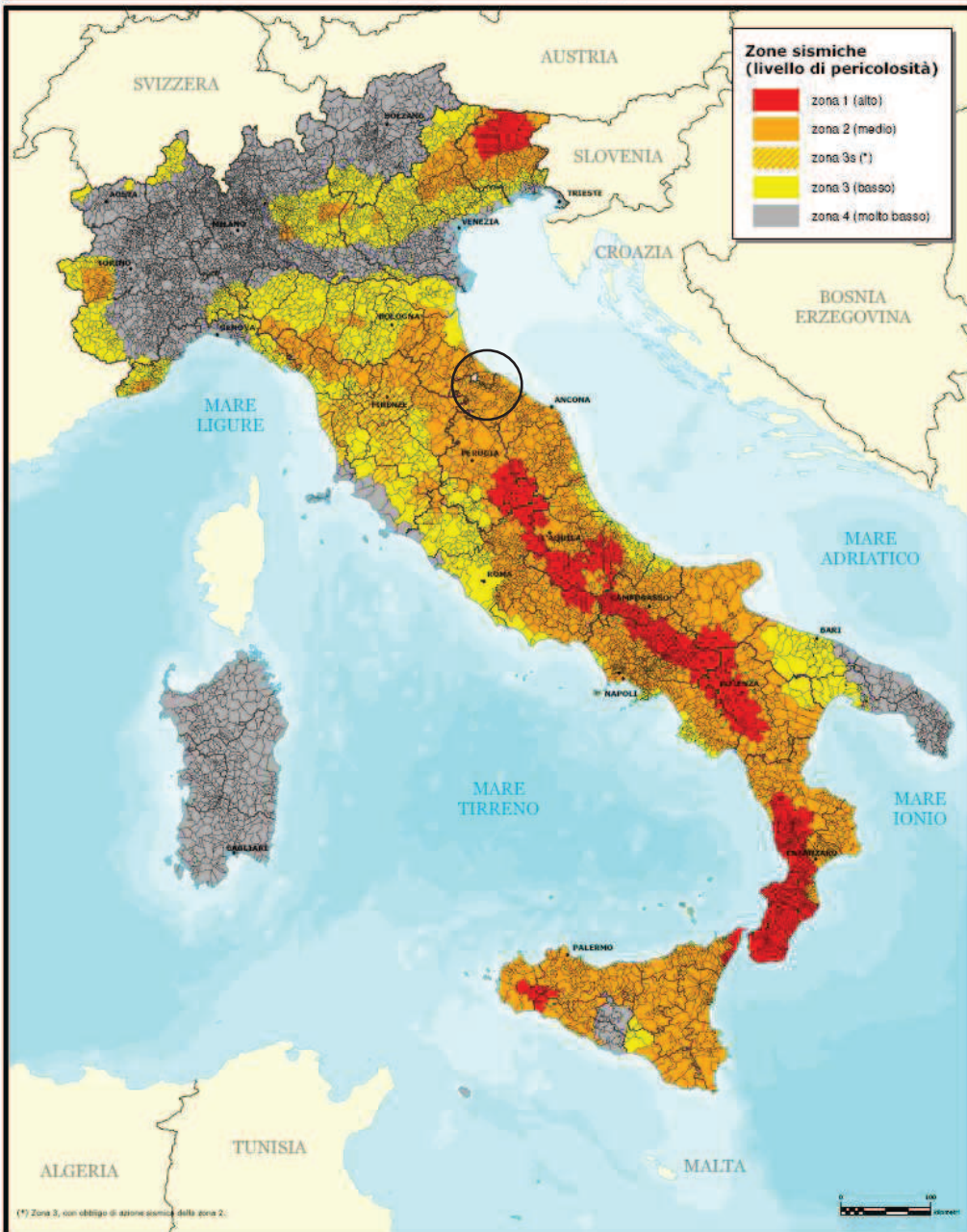
Con riferimento alla classificazione sismica nell'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 e le norme tecniche vigenti, che disciplinano le costruzioni in zone sismiche, i territori comunali di Acqualagna e Fermignano, sono classificati come zona 2 con livello di pericolosità sismico medio (Vedi figura nella pagina seguente).



Presidenza del Consiglio dei Ministri  
**Dipartimento della protezione civile**  
 Ufficio prevenzione, valutazione e mitigazione del rischio sismico e attività ed opere post-emergenza

### Classificazione sismica al 2006

Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274.  
 Atti di recepimento al 31 dicembre 2007. Abruzzo: DGR 29/3/03, n. 436. Basilicata: DGR 19/11/03, n. 731. Calabria: DGR 10/2/04, n. 47. Campania: DGR 7/11/02, n. 5447.  
 Emilia Romagna: DGR 21/7/03, n. 1435. Friuli Venezia Giulia: DGR 1/8/03, n. 2325. Lazio: DGR 1/8/03, n. 766. Liguria: DGR 16/5/03, n. 530. Lombardia: DGR 7/11/03, n. 14964.  
 Marche: DGR 29/7/03, n. 1046. Molise: LR 20/5/04, n. 13. Piemonte: DGR 17/11/03, n. 61/11017. Puglia: DGR 2/3/04, n. 153. Sardegna: DGR 30/3/04, n. 15/31.  
 Sicilia: DGR 19/12/03, n. 405. Toscana: DGR 16/6/03, n. 604. Trentino Alto Adige: Bolzano, DGP 5/11/06, n. 4047; Trento, DGP 23/10/03, n. 2813; Umbria: DGR 16/6/03, n. 852.  
 Veneto: DGR 3/12/03, n. 67. Valle d'Aosta: DGR 30/12/03, n. 5120.



76/SP 2007

## 7.2. Azione sismica:

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio “**sito dipendente**” e non più tramite un criterio “zona dipendente”.

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* viene definita partendo dalla “pericolosità di base” del sito di costruzione, che è quindi l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica di progetto.

La “pericolosità di base” è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (“periodo di riferimento” *VR* espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la *probabilità* è denominata “Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” *PVR*.

La “pericolosità sismica di base” è definita in termini di:

- *accelerazione orizzontale massima attesa **ag** in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (suolo di categoria **A**, v. Tab III), con superficie topografica orizzontale (categoria **T IV**; v. Tab. 3.2.IV delle NTC 2008),*
- *ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente **Se(T)**, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza **PVR** nel periodo di riferimento **VR**.,*

Le nuove norme definiscono *le forme spettrali*, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento *PVR*, a partire dai valori dei seguenti parametri *su sito di riferimento rigido orizzontale*:

- ag** accelerazione orizzontale massima al sito;
- Fo** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T\*C** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le **NTC 2008** stimano la pericolosità sismica di base su una griglia di 10.751 punti, per ognuno dei quali viene fornita la terna di valori **ag**, **Fo** e **T\*C** per nove distinti periodi di ritorno **TR**.

### 7.2.1. *Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche:*

Le condizioni del sito di riferimento rigido, di cui al paragrafo precedente, non corrispondono in generale a quelle effettive. Risulta pertanto necessario tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera (categoria di sottosuolo) ed anche delle condizioni topografiche, in quanto questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie (risposta sismica locale) rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale.

La categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche incidono sullo spettro elastico di risposta, in particolare, l'accelerazione spettrale massima dipende dal coefficiente  $S = S_S * S_T$  che comprende gli effetti delle amplificazioni stratigrafica  $S_S$  e topografica  $S_T$ . Per le componenti orizzontali dell'azione sismica, il periodo  $T_C$  di inizio del tratto a velocità costante dello spettro è invece funzione del coefficiente  $C_C$ , dipendente anch'esso dalla categoria di sottosuolo, coefficienti definiti nelle tabelle 3.2.IV, 3.2.V e 3.2.VI delle NTC.

#### CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (condizioni stratigrafiche)

In relazione a quanto sopra indicato, per la definizione della *azione sismica di progetto* si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale o mediante analisi specifiche (indagini sismiche ecc..) oppure si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla individuazione di diverse categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (v. Tab 6, le profondità si riferiscono al piano di posa della fondazione).

Il parametro  $V_{S30}$ , che unitamente alla litostratigrafia caratterizza la diversa categoria di appartenenza, rappresenta la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio S entro 30 m di profondità (al di sotto del piano di fondazione) ed è calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{S30} = 30 / \sum_{i=1, N} h_i / V_i$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$  esimo per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 metri superiori.

Tab. 6

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	formazione litoide o terreni omogenei caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m
<b>B</b>	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da valori di $V_{s30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata $C_u > 250$ KPa).
<b>C</b>	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media rigidità, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < NSPT < 50$ , $70 < c_u < 250$ Kpa).
<b>D</b>	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ( $NSPT < 15$ , $c_u < 70$ KPa).
<b>E</b>	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di $V_{s30}$ simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.

<b>S1*</b>	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PL > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ( $10 < C_u < 20$ Kpa).
<b>S2*</b>	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

\* In aggiunta alle prime cinque categorie ne sono state definite altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare.

Nello specifico, dal rilievo geologico e geo-strutturale dell'ammasso roccioso affiorante sull'area di intervento, si può affermare che il sito è caratterizzato da una velocità delle onde di taglio  $V_{s30}$  superiore a 800 m/s, pertanto il suolo indagato può essere classificato come segue:

**Tipo A** = formazione litoide o terreni omogenei caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.



CATEGORE TOPOGRAFICHE (condizioni topografiche)

Per configurazioni superficiali semplici, si può adottare la seguente tab. 3.2.IV riportata nelle NTC, evidenziando che le categorie riportate si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate se di altezza maggiore di 30 mt.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Il valore del coefficiente topografico  $S_T$  è riportato nella sottostante Tabella e la sua variazione spaziale è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità fino alla base dove  $S_T$  assume valore unitario.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Nel nostro caso, visto che ci troviamo in condizioni di morfologia con inclinazione media maggiore di  $30^\circ$ , si assume T4 come categoria topografica con  $S_T = 1,4$

### ***7.2.2. Azione sismica di progetto - Parametri sismici:***

Mediante l'utilizzo del software "GeoStru PS Parametri sismici" si sono individuate le coordinate sessa decimali del sito di indagine e sulla base della maglia di punti interessata, si ottengono i parametri spettrali su sito di riferimento rigido forniti dal Ministero; conseguentemente vengono definiti i parametri dell'azione sismica relativi al sito interessato dall'opera che sono di seguito riportati, per i rispettivi stati limite.

Tenuto conto delle opere in progetto, indicativamente le strutture previste nell'area d'intervento possono essere classificate di Tipo 2 (Tab. 2.4.I NTC 2008), in Classe d'Uso II ai sensi del DM sopracitato art. 2.4.2 con un periodo di riferimento per l'azione sismica pari a  $V_r = V_n \times C_u = 50 \times 1.0 = 50$  anni

Via: <input type="text"/> n° <input type="text"/> Comune: <input type="text"/> Cap: <input type="text"/> Provincia: <input type="text"/> <input type="button" value="Cerca"/>	(1)* Coordinate WGS84 Lat. <input type="text" value="43.653007"/> ° Long. <input type="text" value="12.729570"/> ° (1)* Coordinate ED50 Lat. <input type="text" value="43.653955"/> ° Long. <input type="text" value="12.730517"/> °																														
Coordinate WGS84 Latitudine: <input type="text"/> ° Longitudine: <input type="text"/> ° <input type="button" value="Cerca"/>	Classe dell'edificio: <input type="checkbox"/> Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e scolari <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="1"/> Vita nominale: <small>(Opere provvisorie &lt;=10, Opere ordinarie &gt;=50, Grandi opere &gt;=100)</small> <input type="text" value="50"/>																														
<input type="button" value="Calcola"/>																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Stato Limite</th> <th>Tr [anni]</th> <th>a<sub>s</sub> [g]</th> <th>F<sub>o</sub></th> <th>T<sub>c</sub> [s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Operatività (SLO)</td> <td>30</td> <td>0,056</td> <td>2,451</td> <td>0,270</td> </tr> <tr> <td>Danno (SLD)</td> <td>50</td> <td>0,071</td> <td>2,429</td> <td>0,266</td> </tr> <tr> <td>Salvaguardia vita (SLV)</td> <td>475</td> <td>0,179</td> <td>2,420</td> <td>0,329</td> </tr> <tr> <td>Prevenzione collasso (SLC)</td> <td>975</td> <td>0,231</td> <td>2,449</td> <td>0,336</td> </tr> <tr> <td>Periodo di riferimento per l'azione sismica:</td> <td>50</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>s</sub> [g]	F <sub>o</sub>	T <sub>c</sub> [s]	Operatività (SLO)	30	0,056	2,451	0,270	Danno (SLD)	50	0,071	2,429	0,266	Salvaguardia vita (SLV)	475	0,179	2,420	0,329	Prevenzione collasso (SLC)	975	0,231	2,449	0,336	Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			
	Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>s</sub> [g]	F <sub>o</sub>	T <sub>c</sub> [s]																										
Operatività (SLO)	30	0,056	2,451	0,270																											
Danno (SLD)	50	0,071	2,429	0,266																											
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,179	2,420	0,329																											
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,231	2,449	0,336																											
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50																														
Calcolo dei coefficienti sismici <input type="radio"/> Muri di sostegno <input type="radio"/> Paratie <input checked="" type="radio"/> Stabilità dei pendii e fondazioni <input type="checkbox"/> Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti. H (m) <input type="text" value="1"/> us (m) <input type="text" value="0,1"/> Categoria sottosuolo <input type="text" value="A"/> Categoria topografica <input type="text" value="T4"/>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>SLO</th> <th>SLD</th> <th>SLV</th> <th>SLC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S<sub>s</sub> * Amplificazione stratigrafica</td> <td><input type="text" value="1,00"/></td> <td><input type="text" value="1,00"/></td> <td><input type="text" value="1,00"/></td> <td><input type="text" value="1,00"/></td> </tr> <tr> <td>C<sub>o</sub> * Coeff. funz. categoria</td> <td><input type="text" value="1,00"/></td> <td><input type="text" value="1,00"/></td> <td><input type="text" value="1,00"/></td> <td><input type="text" value="1,00"/></td> </tr> <tr> <td>S<sub>t</sub> * Amplificazione topografica</td> <td><input type="text" value="1,40"/></td> <td><input type="text" value="1,40"/></td> <td><input type="text" value="1,40"/></td> <td><input type="text" value="1,40"/></td> </tr> </tbody> </table>		SLO	SLD	SLV	SLC	S <sub>s</sub> * Amplificazione stratigrafica	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	C <sub>o</sub> * Coeff. funz. categoria	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	S <sub>t</sub> * Amplificazione topografica	<input type="text" value="1,40"/>	<input type="text" value="1,40"/>	<input type="text" value="1,40"/>	<input type="text" value="1,40"/>										
	SLO	SLD	SLV	SLC																											
S <sub>s</sub> * Amplificazione stratigrafica	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>																											
C <sub>o</sub> * Coeff. funz. categoria	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>																											
S <sub>t</sub> * Amplificazione topografica	<input type="text" value="1,40"/>	<input type="text" value="1,40"/>	<input type="text" value="1,40"/>	<input type="text" value="1,40"/>																											
<input type="checkbox"/> Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²] <input type="text" value="0,6"/>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Coefficienti</th> <th>SLO</th> <th>SLD</th> <th>SLV</th> <th>SLC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>kh</td> <td>0,016</td> <td>0,020</td> <td>0,068</td> <td>0,097</td> </tr> <tr> <td>kv</td> <td>0,008</td> <td>0,010</td> <td>0,034</td> <td>0,049</td> </tr> <tr> <td>Amax [m/s²]</td> <td>0,774</td> <td>0,979</td> <td>2,452</td> <td>3,176</td> </tr> <tr> <td>Beta</td> <td>0,200</td> <td>0,200</td> <td>0,270</td> <td>0,300</td> </tr> </tbody> </table>	Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC	kh	0,016	0,020	0,068	0,097	kv	0,008	0,010	0,034	0,049	Amax [m/s²]	0,774	0,979	2,452	3,176	Beta	0,200	0,200	0,270	0,300					
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC																											
kh	0,016	0,020	0,068	0,097																											
kv	0,008	0,010	0,034	0,049																											
Amax [m/s²]	0,774	0,979	2,452	3,176																											
Beta	0,200	0,200	0,270	0,300																											
<input type="button" value="Calcola"/>																															
* I valori di S <sub>s</sub> , C <sub>o</sub> ed S <sub>t</sub> possono essere variati. Nota sui calcoli: l'accelerazione di gravità utilizzata è pari a 9,80665 m/s² e i calcoli sono condotti senza approssimazioni numeriche.																															

Tipo di elaborazione: opere di sostegno

**Sito in esame.**

latitudine: 43,654010 [°]

longitudine: 12,730539 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

**Siti di riferimento.**

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	20746	43,632440	12,730260	2398,6
Sito 2	20747	43,632870	12,799290	6010,8
Sito 3	20525	43,682870	12,798770	6357,4
Sito 4	20524	43,682430	12,729660	3161,0

**Parametri sismici**

Categoria sottosuolo: A

Categoria topografica: T4

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente  $c_u$ : 1

	Prob. superament o [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,056	2,451	0,270
Danno (SLD)	63	50	0,071	2,429	0,286
Salvaguardi a della vita	10	475	0,179	2,420	0,329

(SLV)					
Prevenzion e dal collasso (SLC)	5	975	0,231	2,449	0,336

#### Coefficienti Sismici

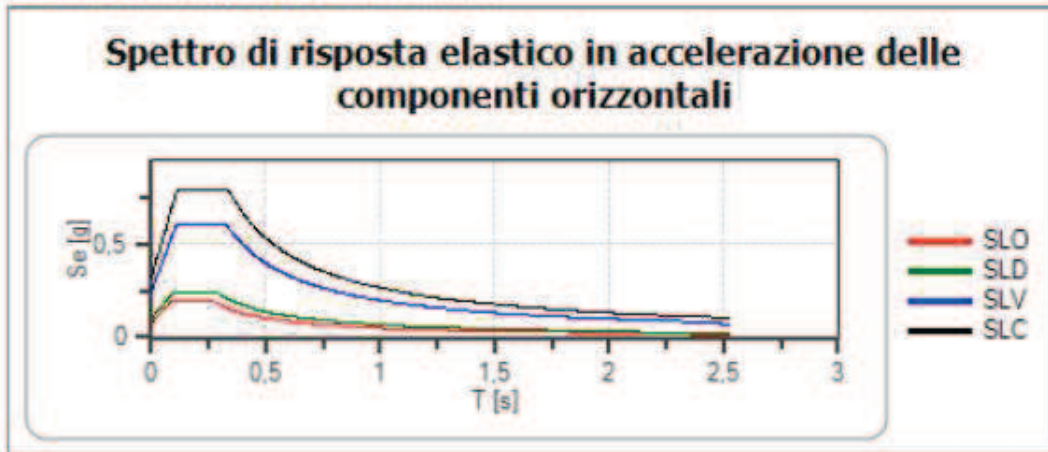
	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,000	1,000	1,400	0,016	0,008	0,774	0,200
SLD	1,000	1,000	1,400	0,020	0,010	0,979	0,200
SLV	1,000	1,000	1,400	0,073	0,036	2,452	0,290
SLC	1,000	1,000	1,400	0,100	0,050	3,176	0,310

## Spettri di risposta

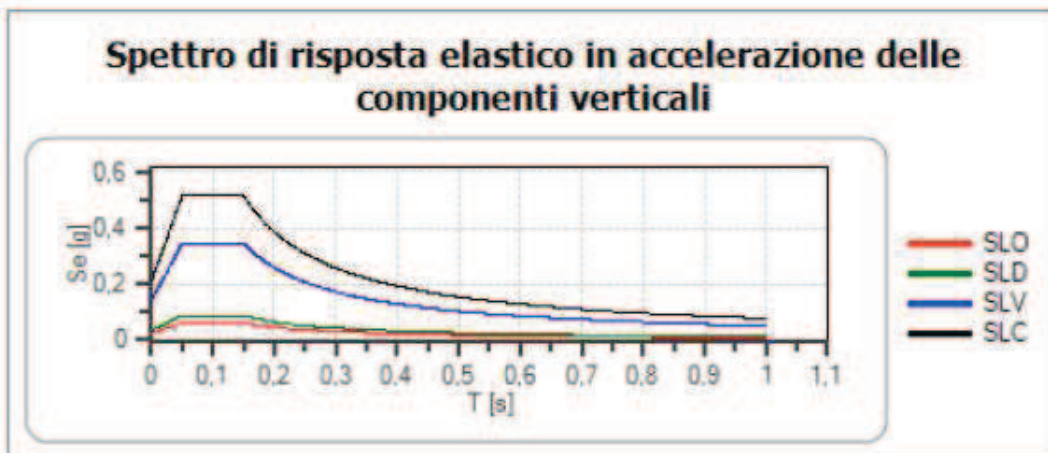
### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi = 5\%$

Fattore che altera lo spettro elastico  $\eta = 1,000$



	ou	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	$\eta$	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,056	2,451	0,270	1,000	1,000	1,400	1,400	1,000	0,090	0,270	1,828
SLD	1	0,071	2,429	0,298	1,000	1,000	1,400	1,400	1,000	0,095	0,298	1,885
SLV	1	0,179	2,420	0,329	1,000	1,000	1,400	1,400	1,000	0,110	0,329	2,314
SLC	1	0,231	2,449	0,336	1,000	1,000	1,400	1,400	1,000	0,112	0,336	2,525



	ou	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	$\eta$	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,056	2,451	0,270	1,000	1,000	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,071	2,429	0,298	1,000	1,000	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,179	2,420	0,329	1,000	1,000	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,231	2,449	0,336	1,000	1,000	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000

### Spettro di progetto

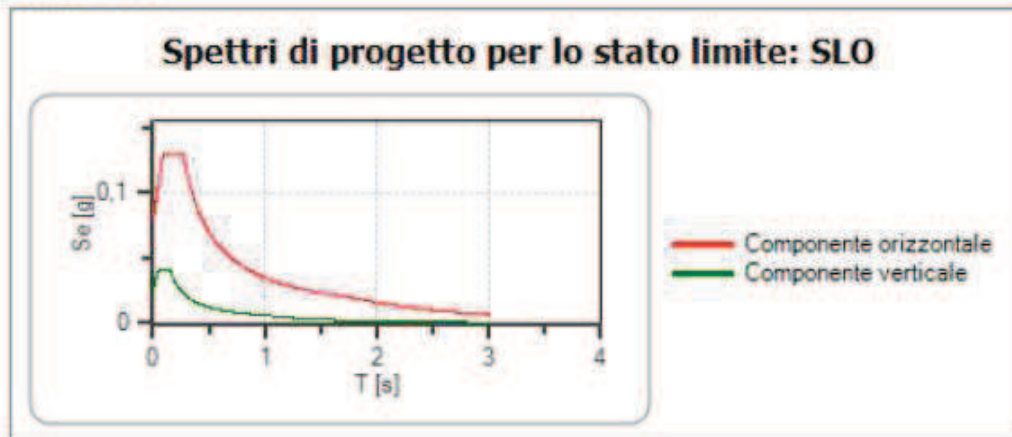
Coefficiente di struttura  $q$  per lo spettro orizzontale = 1.5

$\eta$  per lo spettro orizzontale = 0,667

Coefficiente di struttura  $q$  per lo spettro verticale = 1.5

$\eta$  per lo spettro verticale = 0,667

Stato limite: SLO



	$\alpha_u$	$\alpha_g$ [g]	$F_0$	$T_e^*$ [s]	$S_s$	$C_c$	$S_t$	$S$	$q$	$T_B$ [s]	$T_C$ [s]	$T_D$ [s]
SLO orizzontale	1	0,056	2,451	0,270	1,000	1,000	1,400	1,400	1,500	0,090	0,270	1,826
SLO verticale	1	0,056	2,451	0,270	1,000	1,000	1,400	1,400	1,500	0,056	0,150	1,000

### **7.3. Liquefazione:**

L'analisi sul rischio di liquefazione viene condotta sulla base di quanto riportato nel paragrafo 7.11.3.4.2 del D.M. 14/01/2008.

La norma specifica che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .



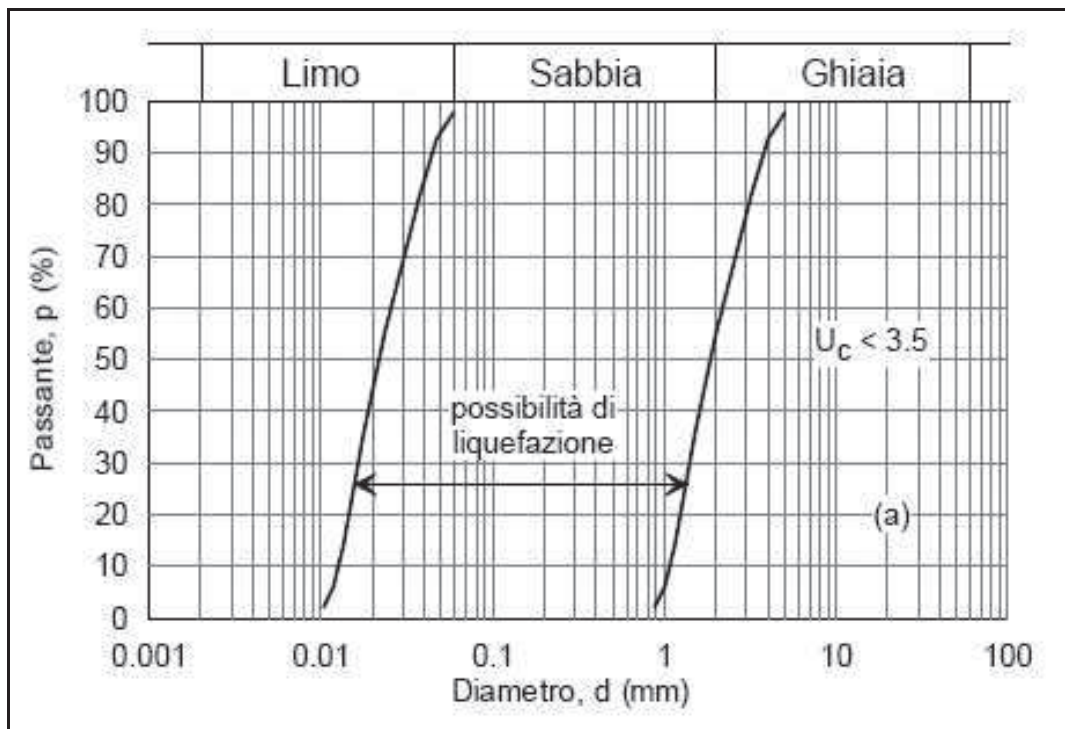


Figura 7.11.1 (a)

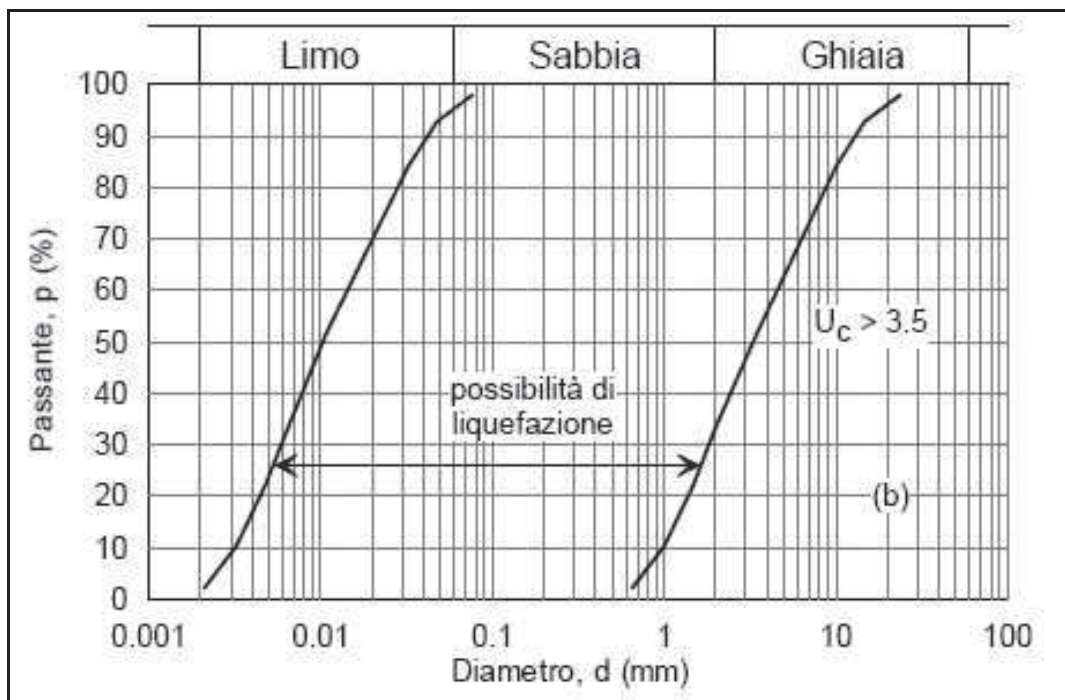


figura 7.11.1(b)

I rilievi effettuati hanno evidenziato una stratigrafia, caratterizzata da:

MODESTI TERRENI DI ALTERAZIONE DELLA FORMAZIONE:

terreni costituiti da detriti grossolani di versante con intercalati materiali fini a prevalente composizione limoso-argillosa (quindi coesivi);

SUBSTRATO (Calcare Massiccio):

formazione costituita da sedimenti neritici bioclastici di piattaforma carbonatica (calcari e calcari dolomitici).

SUBSTRATO (Corniola):

è costituito da calcari micritici grigi e nocciola, ben stratificati, con radiolari, spicole di spugna e noduli di selce (Pliensbanchiano inf. p.p.-Toarciano inf. p.p.).

Non è stata rilevata la presenza di falda acquifera.

*Pertanto in relazione all'art. 7.11.3.4.2. delle NTC 2008, si può ritenere soddisfatta la condizione di cui al punto 5), per cui può essere omessa la verifica a liquefazione.*

## **8. VERIFICA DELLA BARRIERA PARAMASSI:**

L'opera di protezione nei pressi della Galleria Romana è stata definita e dimensionata sulla base dei risultati di una procedura di analisi denominata Lumped mass e metodo di calcolo CRSP, con lo scopo di modellare il moto di caduta per crolli di singoli massi fino ad una volumetria massima complessiva di  $2,50 \text{ m}^3$ .

Anche se in base al rilievo geo-strutturale e dell'ammasso roccioso (vedi allegati 2-3) non si escludono distacchi di porzioni di blocchi rocciosi di dimensioni maggiori.

Le verifiche sono state eseguite sia nelle condizioni dello stato attuale che di progetto, prendendo in considerazione la sezione più critica rilevata (Sez. P2 – Tav. P.1).

I modelli, ipotizzando la caduta dal punto più alto (cresta) con blocchi delle dimensioni di  $2,50 \text{ m}^3$ , nello stato attuale, hanno rilevato che il masso ipotizzato, senza la barriera di progetto, finirebbe la sua corsa lungo la strada Flaminia.

I modelli, nello stato di progetto, ipotizzando la caduta dal punto più alto (cresta) con blocchi delle dimensioni di  $2,50 \text{ m}^3$ , hanno fornito, nel punto di impatto dei valori in termini di energia sempre inferiori ai 500 Kj.

Quindi nel nostro caso, con la realizzazione della barriera ipotizzata (500 Kj) posta a quella distanza e quota di progetto, è in grado di bloccare e dissipare l'energia prodotta dai blocchi in caduta.

I calcoli e i tabulati di verifica sono allegati a fine relazione (vedi allegato n. 1).

## **9. CRITERI GENERALI D'INTERVENTO:**

### **9.1. Sbancamenti – riporti e sistemazione generale:**

Per il progetto non si prevedono movimentazioni di terreno, quindi non sono previsti nè riporti nè sbancamenti, ma saranno solamente previste perforazioni all'interno dell'ammasso roccioso per la realizzazione delle opere di fondazione delle barriere paramassi e per l'esecuzione di tiranti.

Per la realizzazione delle barriere sarà necessario provvedere al decespugliamento e taglio di vegetazione erbacea ed arbustiva.

## **10. FONDAZIONI:**

Tutte le barriere paramassi dovranno essere ammorsate all'interno dell'ammasso roccioso integro.

Per la piccola barriera che si andrà a posizionare al di sopra della "Grotta del Grano" (vedi intervento n.2 - all. A.1-A.2-P.1) le opere di fondazione dovranno essere ammorsate almeno 2 metri all'interno dell'ammasso roccioso.

La barriera da 500 Kj posizionata subito dopo la Galleria Romana direzione Furlo (vedi intervento n.1 - all. A.1-A.2-P.1), dovrà essere fondata almeno 4.0 metri all'interno del substrato.

Comunque per il dimensionamento e la profondità delle opere di fondazione delle barriere paramassi si rimanda ai calcoli strutturali e ai particolari costruttivi (vedi all. P.1).

### **10.1. Drenaggi - regimazione delle acque:**

Tutte le acque superficiali dovranno essere raccolte tramite apposita canalizzazione su tutta l'area d'intervento; le acque di raccolta non dovranno essere disperse nei terreni adiacenti ma convogliate a valle all'interno di idonei recettori.

Quindi si consiglia la realizzazione di efficienti drenaggi superficiali a monte delle opere al fine di intercettare e smaltire le acque provenienti dal versante al di fuori dell'ambito d'intervento.

Tutte le condotte affluenti e defluenti dovranno essere assolutamente ispirate ai principi di assoluta impermeabilità.

## 11. CONCLUSIONI:

Dalle risultanze del rilievo geologico, geomorfologico, geo-strutturale effettuato e per quanto emerso dalle indagini reperite, si evince che *l'area è idonea alla realizzazione dell'intervento in progetto.*

Gli interventi previsti, in particolare la barriera che si andrà a realizzare nella zona della “Galleria Romana” ricade in prossimità del dissesto classificato nel P.A.I. con codice F-05-1099 a cui viene associato un livello di pericolosità e rischio molto elevato (P4-R4), mentre l'altra opera di protezione prevista nella zona “Grotta del Grano” ricade in corrispondenza della zona identificata con codice F-05-1136, con livello di pericolosità elevato e rischio molto elevato (P3-R4) (vedi All. A.4). Gli interventi in progetto, tesi alla mitigazione della pericolosità delle aree a rischio, rientrano nelle finalità del piano stralcio con riferimento al comma 3 e 4, art. 12, disciplina delle aree di versante in dissesto delle Norme di Attuazione del P.A.I.

Il rilievo geo-strutturale eseguito puntualmente nella zona della Galleria Romana, all'interno del settore dove sarà realizzata la barriera paramassi da 500 Kj, ha dato i seguenti risultati:

### **Rottura lungo l'intersezione tra il piano 3 e il piano 4**

**modulo intersezione: 77,67 modulo pendio: 71,13 modulo Attrito: 93,26**

**ROTTURA LUNGO IL PIANO: 4**

### **Rottura lungo l'intersezione tra il piano 4 e il piano 5**

**modulo intersezione: 81,00 modulo pendio: 35,78 modulo Attrito: 93,26**

Per i dettagli si rimanda alla relazione di calcolo allegata in appendice (allegato n. 2).

La classificazione dell'ammasso roccioso eseguito sempre nella zona della Galleria Romana, all'interno del settore dove sarà realizzata la barriera paramassi da 500 Kj, ha dato i seguenti risultati:

### **Risultati per la definizione di Q**

Parametri

RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF
88,6	4	3	1	1	2,5

Indice Q e classi di ammasso roccioso

Indice Q	Classe	Descrizione
26,58	IV	Buona

Per i dettagli si rimanda alla relazione di calcolo allegata in appendice (allegato n. 3).

Le tipologie e le caratteristiche degli interventi di progetto previsti sono descritti al capitolo 3.0 e 3.1.

Le verifiche della barriera paramassi, ipotizzando blocchi delle dimensioni massime di 2.5 m<sup>3</sup>, con la procedura di analisi denominata Lumped mass e metodo di calcolo CRSP, eseguite lungo il pendio (Sez. P2 – Tav. P.1) e riportate in appendice nell'allegato 1, hanno rilevato l'idoneità dell'opera in progetto (500 Kj).

**Le modalità di intervento sono descritte in dettaglio al capitolo 9.**

Tutte le barriere paramassi dovranno essere ammorsate all'interno dell'ammasso roccioso integro.

Per la piccola barriera che si andrà a posizionare al di sopra della "Grotta del Grano" (vedi intervento n.2 - all. A.1-A.2-P.1) le opere di fondazione dovranno essere ammorsate almeno 2 metri all'interno dell'ammasso roccioso.

La barriera da 500 Kj, posizionata subito dopo la Galleria Romana direzione Furlo (vedi intervento n.1 - all. A.1-A.2-P.1), dovrà essere fondata almeno 4.0 metri all'interno del substrato.

Comunque per il dimensionamento e la profondità delle opere di fondazione delle barriere paramassi si rimanda ai calcoli strutturali e ai particolari costruttivi (vedi all. P.1).

Tutte le acque superficiali dovranno essere raccolte tramite apposita canalizzazione su tutta l'area d'intervento; le acque di raccolta non dovranno essere disperse nei terreni adiacenti ma convogliate a valle all'interno di idonei recettori.

Quindi si consiglia la realizzazine di efficienti drenaggi superficiali a monte delle opere al fine di intercettare e smaltire le acque provenienti dal versante al di fuori dell'ambito d'intervento.

Tutte le condotte affluenti e defluenti dovranno essere assolutamente ispirate ai principi di assoluta impermeabilità.

In relazione alla litologia dei terreni ed alla configurazione morfologica dell'area, sono stati definiti i valori dei parametri sismici allo Stato Limite di Esercizio (SLO-SLD) e allo Stato Limite Ultimo (SLV-SLC) di seguito riportati.

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]	kh [-]	Kv [sec]
S.L.O.	0,774	0,2	0,016	0,008
S.L.D.	0,979	0,2	0,020	0,010
S.L.V.	2,452	0,29	0,073	0,036
S.L.C.	3.176	0,310	0,100	0,050

I terreni di fondazione ricadono in Categoria A (Tab. 3.2.II e 3.2.III delle N.T.C.), mentre la categoria topografica è T4 (vedi capitolo 6.2.1).

*In relazione all'art. 7.11.3.4.2. delle NTC 2008, si può ritenere soddisfatta la condizione di cui al punto 5), per cui può essere omessa la verifica a liquefazione, in quanto i terreni sono da ritenersi non liquefacibili.*

Lo scrivente resta a disposizione per integrazioni e controlli che si dovessero rendere necessari per istruire la presente pratica.

Pesaro, Aprile 2012

Dott. Geol. Massimo Del Prete

## *ALLEGATO 1*

- *dati di input e output delle verifiche condotte sulle traiettorie di blocchi in caduta lungo la scarpata con verifica dell'energia prodotta e dissipata (stato attuale - metodo CRSP)*
- *dati di input e output delle verifiche condotte sulle traiettorie di blocchi in caduta lungo la scarpata con verifica dell'energia prodotta e dissipata (stato progetto - metodo CRSP).*
- *dati di input e output delle verifiche condotte sulle traiettorie di blocchi in caduta lungo la scarpata con verifica dell'energia prodotta e dissipata (stato attuale - metodo LUMPED MASS).*
- *dati di input e output delle verifiche condotte sulle traiettorie di blocchi in caduta lungo la scarpata con verifica dell'energia prodotta e dissipata (stato progetto - metodo LUMPED MASS).*



## *ALLEGATO 2*

- *Rilievo geo-strutturale*

### *ALLEGATO 3*

- *Classificazione dell'ammasso roccioso secondo il metodo di barton (sistema Q)*

# SOMMARIO

<b>1. INTRODUZIONE:</b> .....	<b>- 1 -</b>
1.1.    NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO: .....	- 2 -
<b>2. CARATTERIZZAZIONE-MODELLAZIONE GEOLOGICA:</b> .....	<b>- 4 -</b>
2.1.    UBICAZIONE: .....	- 4 -
2.2.    ASPETTI GEOLOGICI DELLA GOLA DEL FURLO: .....	- 4 -
2.3.    STRATIGRAFIA: .....	- 4 -
2.4.    ASPETTI GEOMORFOLOGICI DELLA GOLA DEL FURLO: .....	- 13 -
2.5.    ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE: .....	- 19 -
2.6.    CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO: .....	- 20 -
<b>3. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI:</b> .....	<b>- 21 -</b>
3.1.    PRINCIPALI CARATTERISTICHE TIPOLOGICHE E GEOMETRICHE DELLE OPERE: .....	- 24 -
3.2.    COMPATIBILITÀ DELL'INTERVENTO CON IL PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEI BACINI DI RILIEVO REGIONALE (PAI) - APPROVATO CON DELIBERAZIONE DEL CONSIGLIO REGIONALE MARCHE N.116 DEL 21.01.2004: .....	- 25 -
3.3.    IDROGRAFIA E PIEZOMETRIA: .....	- 26 -
<b>4. CARATTERI PLUVIOMETRICI:</b> .....	<b>- 27 -</b>
4.1.    ELABORAZIONE STATISTICA DELLE PIOGGE: .....	- 27 -
4.2.    ELABORAZIONE STATISTICA DELLE PRECIPITAZIONI E CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA: ..	- 29 -
<b>5. INDAGINI:</b> .....	<b>32</b>
<b>6. STRATIGRAFIA MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO:</b> .....	<b>32</b>
6.1.    PARAMETRI GEOTECNICI (VALORI MEDI $F_M$ ): .....	33
<b>7. SISMICITA':</b> .....	<b>35</b>
7.1.    ZONE SISMICHE: .....	35
7.2.    AZIONE SISMICA: .....	37
7.2.1. <i>Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche:</i> .....	38
7.2.2. <i>Azione sismica di progetto - Parametri sismici:</i> .....	41
7.3.    LIQUEFAZIONE: .....	47
<b>8. VERIFICA DELLA BARRIERA PARAMASSI:</b> .....	<b>50</b>
<b>9. CRITERI GENERALI D'INTERVENTO:</b> .....	<b>50</b>

9.1.	SBANCAMENTI – RIPORTI E SISTEMAZIONE GENERALE: .....	50
<b>10.</b>	<b>FONDAZIONI: .....</b>	<b>51</b>
10.1.	DRENAGGI - REGIMAZIONE DELLE ACQUE: .....	51
<b>11.</b>	<b>CONCLUSIONI: .....</b>	<b>52</b>

# ALLEGATO 1

## VERIFICHE CADUTA MASSI

### **Traiettorie di blocchi in caduta lungo una scarpata**

Il moto di caduta di un blocco lungo una scarpata rocciosa dipende da numerosi fattori che non è facile esprimere numericamente.

Le traiettorie dei blocchi dipendono dalla geometria della scarpata, dalla forma del blocco in caduta e dalla sua velocità iniziale al momento del distacco dal pendio, ed inoltre dall'entità dell'energia dissipata per effetto degli urti durante la caduta.

I blocchi in caduta possono, infatti, scivolare, rotolare o rimbalzare a valle a seconda della loro forma, appiattita o arrotondata, e della inclinazione del pendio.

L'energia dissipata per effetto degli urti è in genere diversa al variare delle caratteristiche del moto e dipende dalle caratteristiche meccaniche del blocco e dai materiali presenti lungo la scarpata (*roccia, terreno, vegetazione*) che si oppongono in misura differente al moto dei blocchi.

Nella realtà, tuttavia, è praticamente impossibile determinare puntualmente il profilo di un pendio ed individuare la forma dei diversi blocchi che potrebbero distaccarsi.

Inoltre la geometria del pendio e la natura dei materiali affioranti subiscono nel tempo modifiche, anche sensibili, per effetto, dell'alterazione della roccia, per l'accumulo di detriti nelle zone meno acclivi e per lo sviluppo della vegetazione.

Infine, diviene praticamente impossibile modellare il moto di caduta dei blocchi nei casi in cui questi si frantumano per effetto degli urti, né è possibile individuare le zone del pendio in cui si verifica la frantumazione.

Per l'analisi delle traiettorie di caduta è necessario fare riferimento a modelli molto semplificati: la progettazione geotecnica degli interventi di protezione deve essere, perciò, sviluppata sulla base di un'ampia sperimentazione numerica, che consenta di indagare sui diversi aspetti del fenomeno e riconoscere i fattori principali che influenzano il moto di caduta nella particolare situazione in esame.

Nei casi più complessi potrà essere opportuno tarare il modello sulla base di un'analisi di traiettorie rilevate con cinematografia in sito in seguito, al crollo dei blocchi.

## VERIFICA STATO ATTUALE CON IL METODO CRSP

### **Metodo di calcolo CRSP**

Il modello detto *CRSP* (*Colorado Rockfall Simulation Program*) è stato messo a punto da *Pfeiffer e Bowen* (1989) con lo scopo di modellare il moto di caduta di blocchi aventi la forma di sfere, cilindri o dischi, con sezione circolare nel piano verticale del movimento.

Per descrivere il movimento dei blocchi il modello *CRSP* applica l'equazione del moto parabolico di un corpo in caduta libera ed il principio di conservazione dell'energia totale.

Il fenomeno dell'impatto viene modellato utilizzando come ulteriori parametri, rispetto al metodo *Lumped mass*, la rugosità del pendio e la dimensione dei blocchi.

In particolare il modello *CRSP* assume che l'angolo formato tra la direzione del blocco ed il profilo del pendio vari secondo una statistica che deve essere definita per ogni caso analizzato. Il modello tratta quindi in modo statistico anche i risultati che principalmente constano nelle velocità e nelle altezze di rimbalzo, rispetto alla superficie del pendio, durante il percorso di caduta. Il modello considera quindi le combinazioni dei movimenti di caduta libera, di rimbalzo, di rotolamento e di scivolamento, che possono variare a seconda delle dimensioni dei blocchi e della rugosità del pendio.

L'affidabilità del modello è stata verificata attraverso confronti tra i risultati numerici e quelli ottenuti da prove in sito.

La descrizione del moto di caduta libera inizia da un punto nel quale, è nota la velocità iniziale scomposta nelle sue componenti orizzontali e verticali. Il blocco è soggetto al movimento di caduta libera fino a quando non collide con la superficie del pendio.

Dall'intersezione vengono ricavate le coordinate del punto di impatto. Il vettore della velocità di pre-impatto  $V$ , forma un angolo con il pendio.

Ad ogni impatto l'inclinazione del pendio viene fatta variare casualmente in un campo di valori compreso tra 0 ed un valore funzione della rugosità del pendio e dalla dimensione del blocco.

La velocità che si ottiene a seguito dell'impatto, viene determinata attraverso l'equazione di conservazione dell'energia totale così espressa:

$$\left(\frac{1}{2}J\omega_1^2 + \frac{1}{2}MV_{t1}^2\right) \times f(F) \times SF = \frac{1}{2}J\omega_2^2 + \frac{1}{2}MV_{t2}^2 \quad (1)$$

dove:

$M$  = Massa del blocco;

$J$  = Momento d'inerzia del blocco;

$\omega_1$  = Velocità angolare prima dell'impatto;

$\omega_2$  = Velocità angolare dopo l'impatto;

$V_{t1}$  = Velocità tangenziale prima dell'impatto;

$V_{t2}$  = Velocità tangenziale dopo l'impatto;

La funzione  $f(F)$  di attrito così definita:

$$f(F) = SF + \frac{(1 - R_t)}{\left[\left(\frac{V_{t1} - \omega_1 \times R}{20}\right)^2 + 1.2\right]}$$

Mentre la funzione di scala  $SF$ :

$$SF = \frac{R_t}{\left[\left(\frac{V_{n1}}{250 \times R_n}\right)^2 + 1\right]}$$

Dove:

$R_n$  = Coefficienti di restituzione normale;

$R_t$  = Coefficienti di restituzione tangenziale;

$R$  = Raggio del blocco;

I termini  $f(F)$  e  $SF$  sono ricavabili attraverso espressioni empiriche che vengono utilizzate per valutare l'energia cinetica dissipata nelle collisioni tra blocco e pendio a causa dell'attrito e dell'urto.

L'attrito riguarda principalmente la dissipazione dell'energia prodotta dalla velocità tangenziale, l'urto quella prodotta dalla velocità normale al pendio.

Le velocità tangenziali e angolari post-collisione sono messe in relazione tra loro dalla seguente equazione:

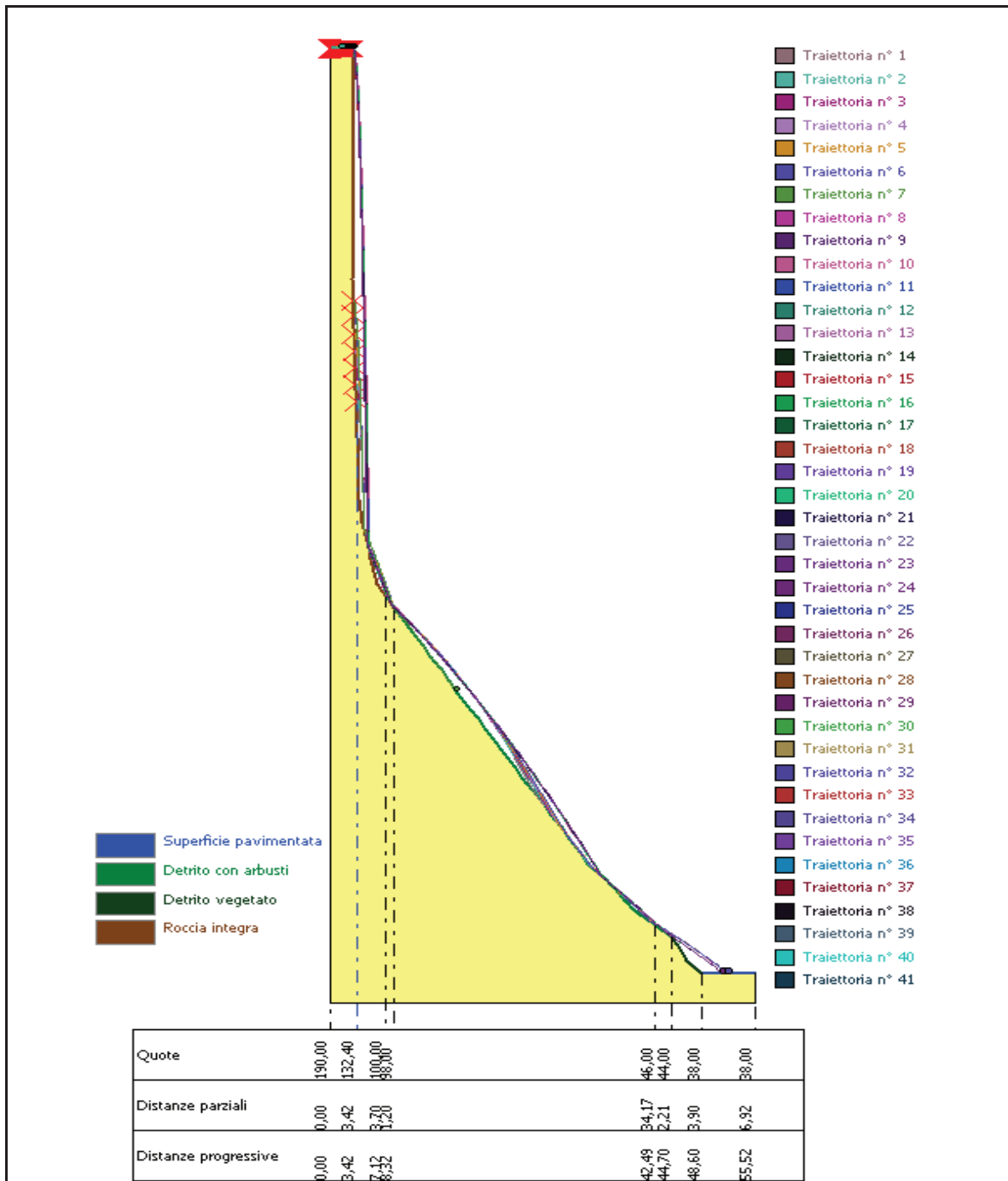
$$V_{t2} = \omega_2 \times R$$

che assume che i blocchi abbandonino il contatto con il pendio ruotando, indipendentemente dalla velocità angolare precedente.

Dalla (1) si ottiene  $V_{t2}$ , mentre la velocità normale post-collisione viene ricavata dalla seguente espressione empirica:

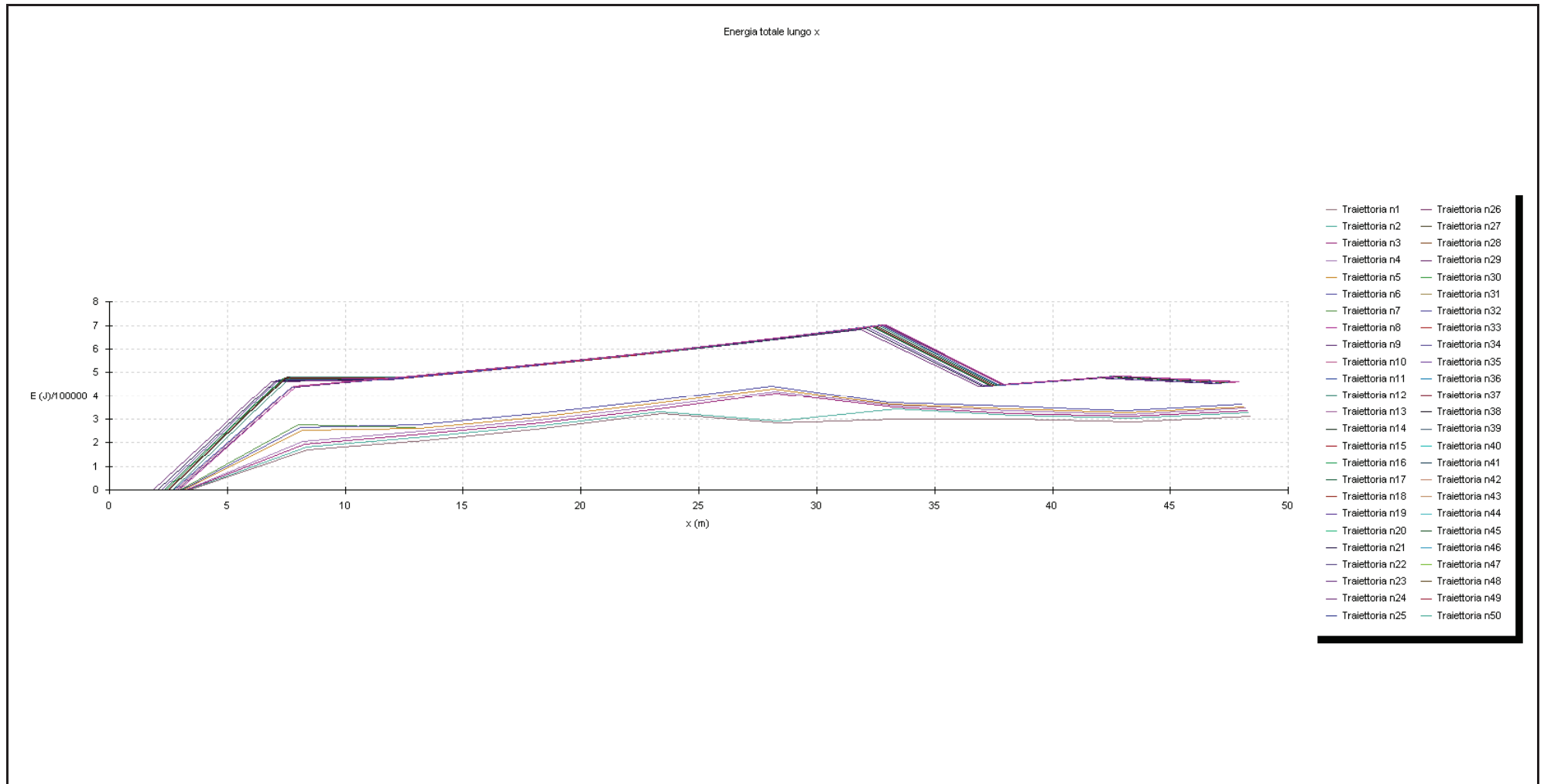
$$V_{n2} = V_{n1} \times \frac{R_n}{\left[1 + \left(\frac{V_{n1}}{9}\right)^2\right]}$$

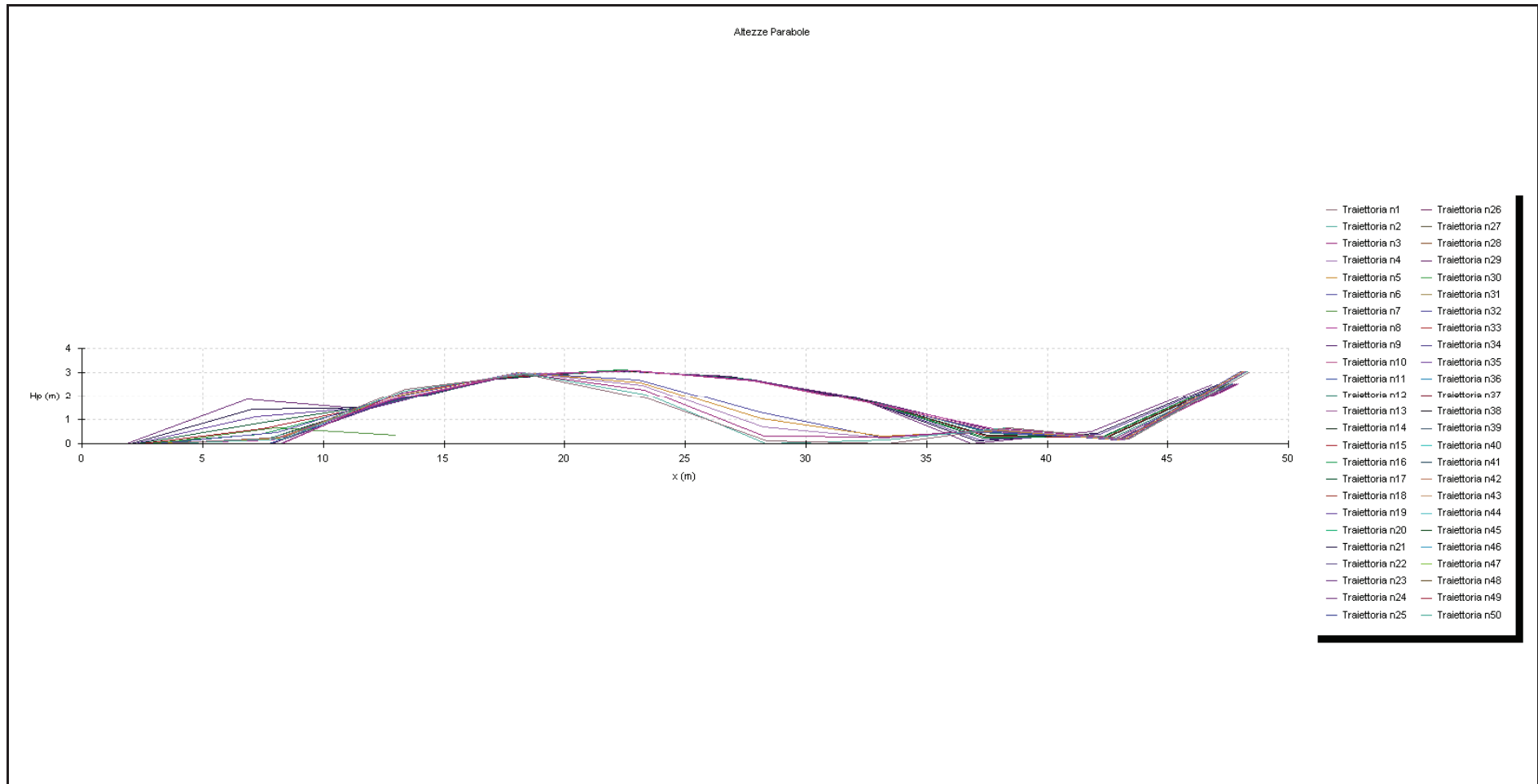
che intende tener conto del fatto, verificato anche sperimentalmente, che il rapporto tra le velocità normali post-impatto e pre-impatto diminuisce con l'aumentare della velocità normale pre-impatto stessa.





## Grafici energia dissipata





**CARATTERISTICHE DEL BLOCCO**

Forma del blocco Sferico	
Densità	2500,0 Kg/m <sup>3</sup>
Elasticità	900000,0 kPa
Velocità iniziale in x	0,5 m/s
Velocità iniziale in y	-0,2 m/s
Velocità limite di arresto	0,01 m/s
Diametro	0,8 m

Massa	670,207 Kg
Peso	670,207 Kgf
Momento d'inerzia	42,893 Kgx <sup>2</sup>

**Elenco materiali**

N	Descrizione	Rn	Rt	Rugosità (m)	Texture
1	Roccia integra	0,9	0,8	0	
2	Roccia alterata	0,7	0,7	0	
3	Sabbia	0,4	0,6	0	
4	Detrito	0,6	0,6	0	
5	Detrito fino	0,32	0,82	0	
6	Detrito vegetato	0,29	0,8	0	
7	Detrito con arbusti	0,3	0,7	0	
8	Terreno o prato	0,31	0,79	0	
9	Superficie pavimentata	0,4	0,9	0	

**DATI PENDIO**

N	X (m)	Y (m)	Materiale
1	0,0	190,0	Roccia integra
2	3,0	190,0	Roccia integra
3	2,78	152,0	Roccia integra
4	2,93	152,0	Roccia integra
5	2,98	150,0	Roccia integra
6	3,02	148,0	Roccia integra
7	3,08	146,0	Roccia integra
8	3,12	144,0	Roccia integra
9	3,17	142,0	Roccia integra
10	3,22	140,0	Roccia integra
11	3,27	138,0	Roccia integra
12	3,32	136,0	Roccia integra
13	3,37	134,0	Roccia integra
14	3,42	132,0	Roccia integra
15	3,47	130,0	Roccia integra
16	3,52	128,0	Roccia integra
17	3,56	126,0	Roccia integra
18	3,61	124,0	Roccia integra
19	3,66	122,0	Roccia integra
20	3,71	120,0	Roccia integra
21	3,76	118,0	Roccia integra
22	3,81	116,0	Roccia integra
23	3,86	114,0	Roccia integra
24	4,22	112,0	Roccia integra
25	4,58	110,0	Roccia integra
26	4,95	108,0	Roccia integra
27	5,31	106,0	Roccia integra

28	5,68	104,0	Roccia integra
29	6,04	102,0	Roccia integra
30	7,12	100,0	Roccia integra
31	8,32	98,0	Detrito con arbusti
32	9,53	96,0	Detrito con arbusti
33	10,73	94,0	Detrito con arbusti
34	11,93	92,0	Detrito con arbusti
35	13,13	90,0	Detrito con arbusti
36	14,33	88,0	Detrito con arbusti
37	15,5	86,0	Detrito con arbusti
38	16,7	84,0	Detrito con arbusti
39	17,9	82,0	Detrito con arbusti
40	19,15	80,0	Detrito con arbusti
41	20,37	78,0	Detrito con arbusti
42	21,59	76,0	Detrito con arbusti
43	22,81	74,0	Detrito con arbusti
44	24,02	72,0	Detrito con arbusti
45	25,24	70,0	Detrito con arbusti
46	26,46	68,0	Detrito con arbusti
47	27,68	66,0	Detrito con arbusti
48	28,9	64,0	Detrito con arbusti
49	30,11	62,0	Detrito con arbusti
50	31,33	60,0	Detrito con arbusti
51	32,5	58,0	Detrito con arbusti
52	33,7	56,0	Detrito con arbusti
53	35,32	54,0	Detrito con arbusti
54	37,14	52,0	Detrito con arbusti
55	38,37	50,0	Detrito con arbusti
56	40,0	48,0	Detrito con arbusti
57	42,49	46,0	Detrito con arbusti
58	44,7	44,0	Detrito vegetato
59	45,7	42,0	Detrito vegetato
60	46,5	40,0	Detrito vegetato
61	48,6	38,0	Superficie pavimentata
62	52,14	38,0	Superficie pavimentata
63	55,3	38,0	Superficie pavimentata
64	55,5	38,0	Superficie pavimentata
65	55,52	38,0	Superficie pavimentata

**IMPATTO****Lancio n°1 Xp=3,4 m yp=132,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,44	110,78	5,251	-14,843	2,079	142,276
2,0	7,97	98,584	12,887	-13,916	0,672	195,616
3,0	27,385	66,483	13,427	-20,097	1,507	377,788
4,0	33,378	56,537	13,31	-21,563	0,446	339,33
5,0	33,73	55,963	16,115	-18,473	0,026	305,01
6,0	36,079	53,166	16,814	-17,835	0,146	300,208
7,0	41,746	46,598	19,765	-14,267	0,337	325,012
8,0	51,873	38,0	17,707	1,415	0,512	335,088

**Lancio n°2 Xp=3,35 m yp=134,74 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,458	110,678	5,562	-15,765	2,213	160,935
2,0	8,05	98,449	13,294	-14,568	0,646	210,55

3,0	28,119	65,28	13,771	-20,658	1,51	398,513
4,0	33,883	55,774	16,819	-18,953	0,419	351,558
5,0	36,525	52,676	17,36	-18,486	0,157	321,431
6,0	41,918	46,459	20,331	-14,725	0,311	342,556
7,0	51,949	38,0	18,138	1,402	0,493	351,054

**Lancio n°3 Xp=3,28 m yp=137,47 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,449	110,726	5,834	-16,591	2,332	178,608
2,0	8,126	98,324	13,685	-15,181	0,63	225,602
3,0	28,859	64,067	14,103	-21,198	1,515	419,145
4,0	34,111	55,493	17,114	-19,36	0,372	360,375
5,0	36,42	52,791	17,612	-18,801	0,135	330,84
6,0	41,883	46,488	20,614	-14,944	0,31	352,764
7,0	51,971	38,0	18,34	1,394	0,489	359,717

**Lancio n°4 Xp=3,21 m yp=140,21 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,437	110,792	6,086	-17,374	2,445	196,161
2,0	8,189	98,218	14,059	-15,765	0,616	240,526
3,0	29,583	62,871	14,342	-21,807	1,522	439,649
4,0	34,12	55,482	17,388	-19,732	0,316	368,055
5,0	36,369	52,848	17,899	-19,112	0,129	341,671
6,0	41,898	46,476	20,916	-15,181	0,309	363,555
7,0	51,999	38,0	18,558	1,386	0,483	368,866

**Lancio n°5 Xp=3,15 m yp=142,94 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,423	110,874	6,32	-18,119	2,553	213,613
2,0	8,244	98,127	14,418	-16,326	0,605	255,349
3,0	30,274	61,732	14,732	-22,217	1,528	459,761
4,0	34,374	55,168	17,644	-20,116	0,278	376,392
5,0	36,206	53,027	18,11	-19,386	0,104	349,823
6,0	41,837	46,525	21,159	-15,366	0,311	372,895
7,0	52,013	38,0	18,725	1,378	0,481	376,635

**Lancio n°6 Xp=3,08 m yp=146,07 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,414	110,923	6,574	-18,945	2,672	233,818
2,0	8,289	98,051	14,81	-16,942	0,589	271,989
3,0	30,994	60,551	15,064	-22,758	1,533	481,994
4,0	34,444	55,081	17,915	-20,509	0,229	385,271
5,0	36,11	53,132	18,387	-19,694	0,093	360,582
6,0	41,831	46,529	21,454	-15,597	0,311	383,97
7,0	52,037	38,0	18,934	1,37	0,476	385,917

**Lancio n°7 Xp=3,01 m yp=148,52 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,388	111,064	6,755	-19,544	2,758	249,024
2,0	8,333	97,979	12,216	-17,609	0,584	285,271

3,0	15,294	86,353	11,985	-19,804	0,57	291,683
4,0	16,053	85,079	11,848	-19,612	0,063	259,749
5,0	16,378	84,536	11,589	-19,275	0,027	249,882
6,0	16,474	84,376	11,309	-18,835	0,008	238,363

**Lancio n°8 Xp=2,94 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,983	107,819	9,158	-28,797	4,083	543,08
2,0	7,593	99,212	19,147	-23,946	0,285	482,926
3,0	35,598	53,694	21,44	-21,58	1,463	738,035
4,0	43,457	45,125	23,274	-19,642	0,367	490,244
5,0	51,248	38,0	19,995	1,258	0,335	481,81

**Lancio n°9 Xp=2,87 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,909	108,22	9,308	-28,644	4,073	540,439
2,0	7,791	98,882	19,161	-23,976	0,31	484,895
3,0	35,667	53,618	21,456	-21,597	1,455	737,28
4,0	43,481	45,104	23,287	-19,657	0,364	490,548
5,0	51,249	38,0	20,005	1,258	0,334	482,233

**Lancio n°10 Xp=2,8 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,937	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	5,073	107,315	9,174	-28,86	4,348	545,532
3,0	7,483	99,394	19,127	-23,921	0,263	480,251
4,0	35,534	53,765	21,422	-21,562	1,467	737,843
5,0	43,436	45,144	23,259	-19,625	0,369	489,851
6,0	51,247	38,0	19,984	1,258	0,336	481,312

**Lancio n°11 Xp=2,74 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,869	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	5,0	107,723	9,158	-28,789	4,338	542,852
3,0	7,574	99,244	19,135	-23,927	0,281	481,871
4,0	35,581	53,713	21,429	-21,568	1,464	737,459
5,0	43,451	45,13	23,263	-19,631	0,367	489,853
6,0	51,248	38,0	19,988	1,258	0,335	481,42

**Lancio n°12 Xp=2,67 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,801	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	4,927	108,127	9,307	-28,636	4,328	540,197
3,0	7,772	98,913	19,148	-23,957	0,306	483,848
4,0	35,65	53,637	21,445	-21,585	1,456	736,716
5,0	43,474	45,109	23,276	-19,647	0,365	490,167
6,0	51,249	38,0	19,998	1,258	0,334	481,851

**Lancio n°13 Xp=2,6 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,732	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,963	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901

**Lancio n°14 Xp=2,53 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,664	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,895	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	4,969	107,896	9,149	-28,744	4,295	541,2
4,0	7,613	99,178	19,13	-23,918	0,289	482,143
5,0	35,597	53,696	21,425	-21,564	1,463	736,857
6,0	43,456	45,126	23,258	-19,628	0,367	489,599
7,0	51,248	38,0	19,985	1,258	0,335	481,226

**Lancio n°15 Xp=2,46 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,595	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,827	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	4,896	108,294	9,299	-28,592	4,285	538,581
4,0	7,811	98,849	19,144	-23,947	0,313	484,103
5,0	35,665	53,621	21,441	-21,58	1,455	736,085
6,0	43,479	45,105	23,271	-19,643	0,364	489,89
7,0	51,249	38,0	19,995	1,258	0,334	481,637

**Lancio n°16 Xp=2,39 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,527	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,758	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,951	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	4,975	107,859	9,15	-28,74	4,267	541,108
5,0	7,606	99,189	19,125	-23,91	0,288	481,719
6,0	35,59	53,703	21,42	-21,559	1,463	736,615
7,0	43,453	45,128	23,254	-19,624	0,367	489,439
8,0	51,247	38,0	19,983	1,258	0,335	481,068

**Lancio n°17 Xp=2,33 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,459	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,69	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,882	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	4,902	108,258	9,299	-28,588	4,257	538,484
5,0	7,804	98,86	19,139	-23,939	0,312	483,681
6,0	35,659	53,628	21,436	-21,575	1,455	735,847
7,0	43,476	45,107	23,267	-19,639	0,365	489,733
8,0	51,248	38,0	19,992	1,258	0,334	481,48

**Lancio n°18 Xp=2,26 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,39	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761

2,0	2,621	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,814	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,976	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053

**Lancio n°19 Xp=2,19 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,322	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,553	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,745	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,908	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	4,882	108,37	9,294	-28,56	4,231	537,518
6,0	7,83	98,817	19,136	-23,935	0,317	483,923
7,0	35,669	53,616	21,435	-21,572	1,455	735,494
8,0	43,479	45,105	23,264	-19,637	0,364	489,59
9,0	51,248	38,0	19,991	1,258	0,334	481,376

**Lancio n°20 Xp=2,12 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,253	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,485	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,677	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,84	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,979	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82

**Lancio n°21 Xp=2,05 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,185	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,416	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,609	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,771	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,91	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	4,839	108,599	9,285	-28,514	4,207	535,842
7,0	7,881	98,732	19,136	-23,931	0,328	484,678
8,0	35,693	53,59	21,434	-21,572	1,453	735,023
9,0	43,487	45,098	23,262	-19,637	0,364	489,442
10,0	51,248	38,0	19,991	1,258	0,334	481,297

**Lancio n°22 Xp=1,98 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,117	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,348	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,54	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,703	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,842	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,962	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652

**Lancio n°23 Xp=1,92 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,048	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,279	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901



3,0	2,472	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,634	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,774	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,894	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,998	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526

**Lancio n°24 Xp=1,85 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,98	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,211	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,403	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,566	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,705	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,825	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,93	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	4,777	108,937	9,272	-28,446	4,169	533,401
9,0	7,956	98,607	19,135	-23,925	0,343	485,791
10,0	35,727	53,552	21,434	-21,57	1,451	734,3
11,0	43,497	45,089	23,26	-19,636	0,362	489,209
12,0	51,249	38,0	19,99	1,258	0,333	481,165

**Lancio n°25 Xp=1,78 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,911	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,143	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,335	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,498	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,637	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,757	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,861	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,952	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43

**Lancio n°26 Xp=1,71 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,843	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,074	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,267	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,429	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,568	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,689	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,793	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,883	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,963	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357

**Lancio n°27 Xp=1,64 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,775	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,006	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,198	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,361	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,5	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,62	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652

7,0	2,724	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,815	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,894	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,964	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299

**Lancio n°28 Xp=1,57 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,706	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,937	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,13	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,292	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,432	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,552	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,656	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,747	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,826	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,896	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,957	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253

**Lancio n°29 Xp=1,5 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,638	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,869	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,061	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,224	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,363	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,483	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,588	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,678	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,758	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,827	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,888	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,942	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°30 Xp=1,44 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,569	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,801	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,993	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,156	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,295	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,415	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,519	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,61	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,689	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,759	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,82	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,874	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°31 Xp=1,37 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,501	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761

2,0	1,732	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,925	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,087	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,226	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,347	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,451	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,541	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,621	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,69	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,751	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,805	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°32 Xp=1,3 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,433	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,664	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,856	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,019	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,158	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,278	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,382	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,473	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,552	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,622	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,683	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,737	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°33 Xp=1,23 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,364	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,595	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,788	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,95	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,09	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,21	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,314	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,405	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,484	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,554	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,615	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,668	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°34 Xp=1,16 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,296	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,527	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,719	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,882	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,021	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,141	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,246	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,336	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,416	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,485	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299

11,0	2,546	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,6	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°35 Xp=1,09 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,227	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,459	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,651	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,814	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,953	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,073	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,177	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,268	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,347	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,417	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,478	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,532	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°36 Xp=1,03 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,159	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,39	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,583	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,745	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,884	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,005	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,109	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,199	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,279	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,348	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,409	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,463	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°37 Xp=0,96 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,091	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,322	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,514	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,677	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,816	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,936	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,04	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,131	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,21	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,28	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,341	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,395	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°38 Xp=0,89 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,022	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,253	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901

3,0	1,446	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,608	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,748	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,868	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,972	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,063	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,142	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,212	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,273	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,326	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°39 Xp=0,82 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,954	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,185	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,377	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,54	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,679	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,799	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,904	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,994	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,074	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,143	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,204	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,258	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°40 Xp=0,75 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,885	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,117	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,309	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,472	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,611	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,731	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,835	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,926	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,005	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,075	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,136	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,19	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°41 Xp=0,68 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,817	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,048	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,241	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,403	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,542	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,663	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,767	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,857	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	1,937	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,006	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,067	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253

---



---

12,0	2,121	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216
------	-------	-------	-------	------	------	-------

---



---

**Lancio n°42 Xp=0,62 m yp=190,0 m**


---



---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,749	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	0,98	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,172	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,335	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,474	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,594	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,698	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,789	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	1,868	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	1,938	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	1,999	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,053	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

---



---

**Lancio n°43 Xp=0,55 m yp=190,0 m**


---



---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,68	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	0,911	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,104	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,266	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,406	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,526	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,63	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,721	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	1,8	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	1,87	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	1,931	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	1,984	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

---



---

**Lancio n°44 Xp=0,48 m yp=190,0 m**


---



---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,612	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	0,843	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,035	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,198	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,337	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,457	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,562	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,652	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	1,732	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	1,801	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	1,862	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	1,916	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

---



---

**Lancio n°45 Xp=0,41 m yp=190,0 m**


---



---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,543	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	0,775	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	0,967	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389

---



---

4,0	1,13	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,269	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,389	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,493	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,584	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	1,663	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	1,733	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	1,794	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	1,848	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°46 Xp=0,34 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,475	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	0,706	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	0,899	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,061	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,2	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,321	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,425	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,515	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	1,595	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	1,664	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	1,725	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	1,779	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°47 Xp=0,27 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,407	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	0,638	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	0,83	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	0,993	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,132	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,252	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,356	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,447	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	1,526	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	1,596	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	1,657	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	1,711	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°48 Xp=0,21 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,338	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	0,569	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	0,762	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	0,924	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,064	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,184	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,288	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,379	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	1,458	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	1,528	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	1,589	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	1,642	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°49 Xp=0,14 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,27	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	0,501	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	0,693	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	0,856	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	0,995	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,115	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,22	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,31	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	1,39	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	1,459	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	1,52	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	1,574	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°50 Xp=0,07 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,201	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	0,433	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	0,625	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	0,788	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	0,927	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,047	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,151	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,242	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	1,321	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	1,391	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	1,452	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	1,506	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**ELABORAZIONI STATISTICHE**

Velocità massima	42,817 m/s
Velocità minima	0,759 m/s
Velocità media	8,792 m/s
Scarto quadratico medio	13,327 m/s
<b>Energia massima pre-impatto</b>	<b>738,035 KJ</b>
Energia media pre-impatto	104,787 KJ
Scarto quadratico energia	200,268 KJ
Ascissa media di arresto	20,379 m
Ascissa massima raggiunta	52,037 m

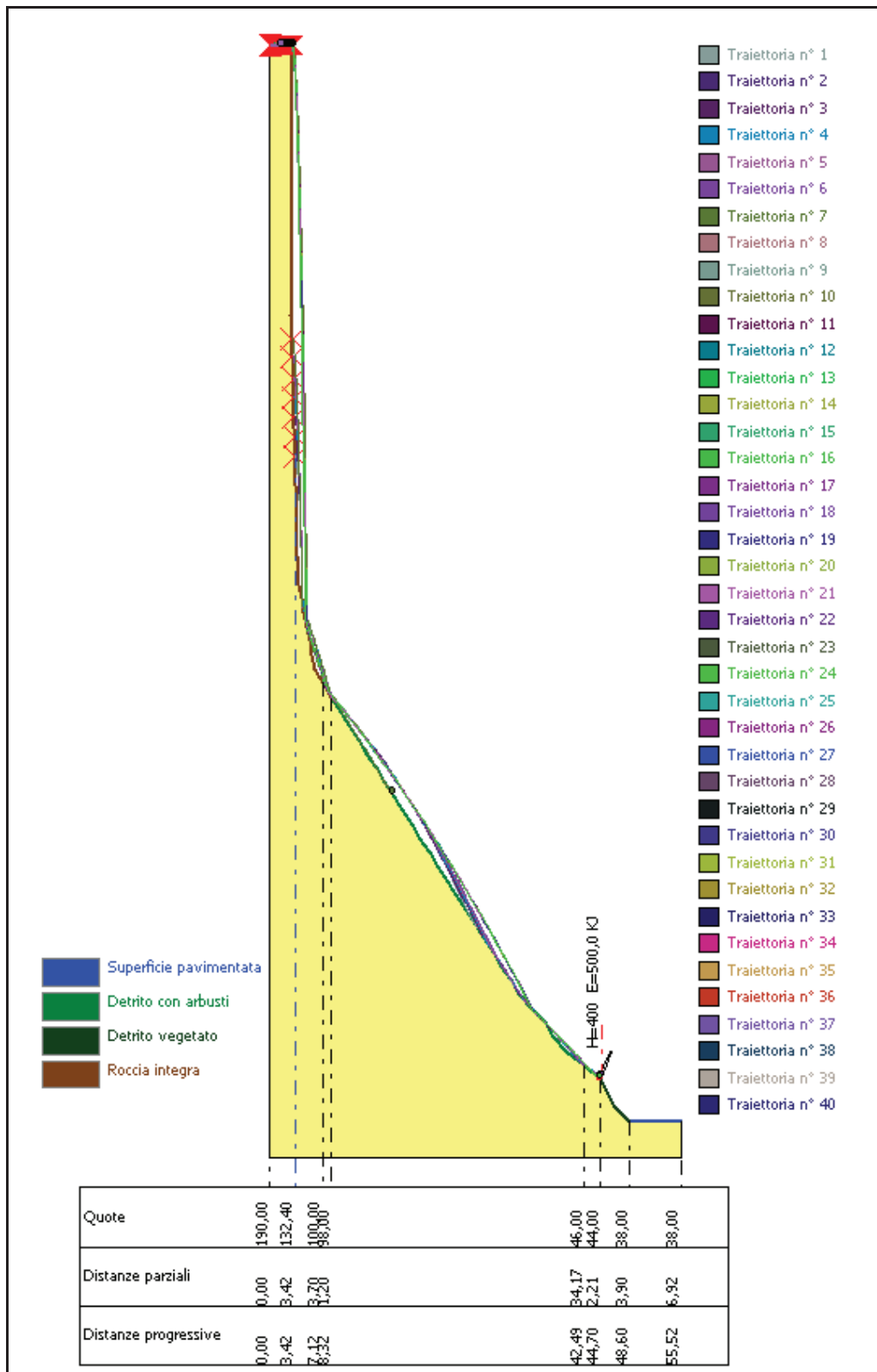
**% Massi fermati**

X (m)	% Massi fermati
3,42	62
8,42	62
13,42	62
18,42	64
23,42	64
28,42	64
33,42	64

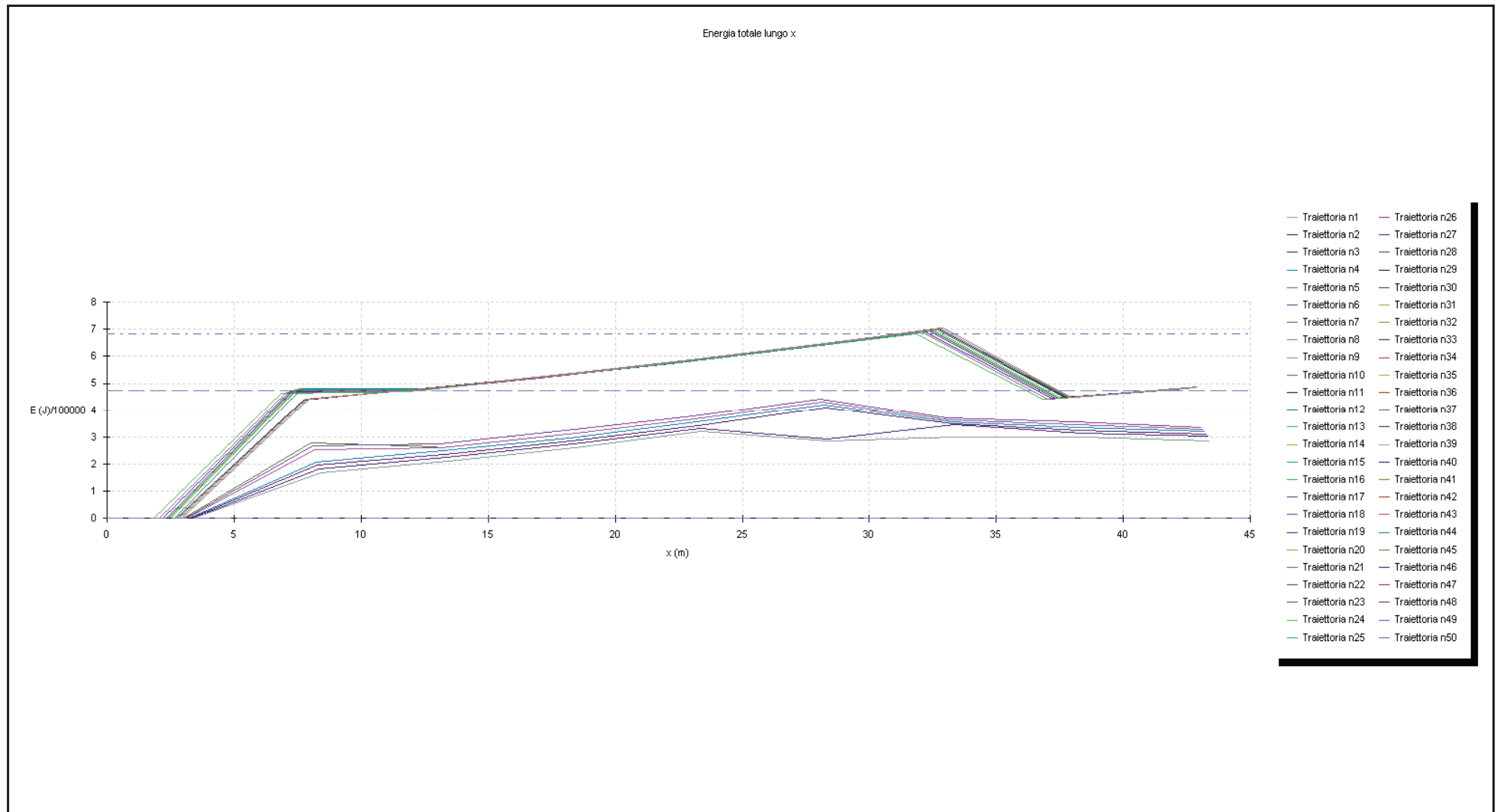


38,42	64
43,42	64
48,42	64
53,42	100

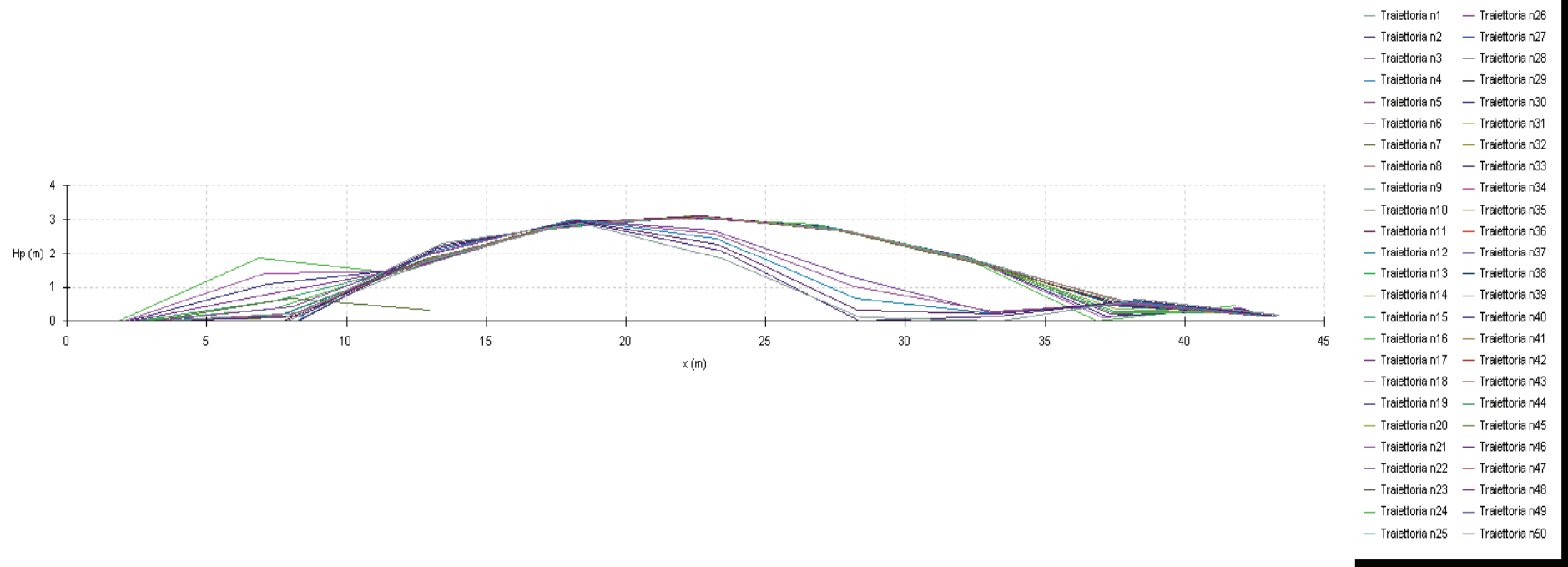
**VERIFICA STATO DI PROGETTO CON IL METODO CRSP**



## Grafici energia dissipata



Altezze Parabole



**CARATTERISTICHE DEL BLOCCO**

Forma del blocco Sferico	
Densità	2500,0 Kg/m <sup>3</sup>
Elasticità	900000,0 kPa
Velocità iniziale in x	0,5 m/s
Velocità iniziale in y	-0,2 m/s
Velocità limite di arresto	0,01 m/s
Diametro	0,8 m

Massa	670,207 Kg
Peso	670,207 Kgf
Momento d'inerzia	42,893 Kgx <sup>2</sup>

**Elenco materiali**

N	Descrizione	Rn	Rt	Rugosità (m)	Texture
1	Roccia integra	0,9	0,8	0	
2	Roccia alterata	0,7	0,7	0	
3	Sabbia	0,4	0,6	0	
4	Detrito	0,6	0,6	0	
5	Detrito fino	0,32	0,82	0	
6	Detrito vegetato	0,29	0,8	0	
7	Detrito con arbusti	0,3	0,7	0	
8	Terreno o prato	0,31	0,79	0	
9	Superficie pavimentata	0,4	0,9	0	

**DATI PENDIO**

N	X (m)	Y (m)	Materiale
1	0,0	190,0	Roccia integra
2	3,0	190,0	Roccia integra
3	2,78	152,0	Roccia integra
4	2,93	152,0	Roccia integra
5	2,98	150,0	Roccia integra
6	3,02	148,0	Roccia integra
7	3,08	146,0	Roccia integra
8	3,12	144,0	Roccia integra
9	3,17	142,0	Roccia integra
10	3,22	140,0	Roccia integra
11	3,27	138,0	Roccia integra
12	3,32	136,0	Roccia integra
13	3,37	134,0	Roccia integra
14	3,42	132,0	Roccia integra
15	3,47	130,0	Roccia integra
16	3,52	128,0	Roccia integra
17	3,56	126,0	Roccia integra
18	3,61	124,0	Roccia integra
19	3,66	122,0	Roccia integra
20	3,71	120,0	Roccia integra
21	3,76	118,0	Roccia integra
22	3,81	116,0	Roccia integra
23	3,86	114,0	Roccia integra
24	4,22	112,0	Roccia integra
25	4,58	110,0	Roccia integra
26	4,95	108,0	Roccia integra
27	5,31	106,0	Roccia integra

28	5,68	104,0	Roccia integra
29	6,04	102,0	Roccia integra
30	7,12	100,0	Roccia integra
31	8,32	98,0	Detrito con arbusti
32	9,53	96,0	Detrito con arbusti
33	10,73	94,0	Detrito con arbusti
34	11,93	92,0	Detrito con arbusti
35	13,13	90,0	Detrito con arbusti
36	14,33	88,0	Detrito con arbusti
37	15,5	86,0	Detrito con arbusti
38	16,7	84,0	Detrito con arbusti
39	17,9	82,0	Detrito con arbusti
40	19,15	80,0	Detrito con arbusti
41	20,37	78,0	Detrito con arbusti
42	21,59	76,0	Detrito con arbusti
43	22,81	74,0	Detrito con arbusti
44	24,02	72,0	Detrito con arbusti
45	25,24	70,0	Detrito con arbusti
46	26,46	68,0	Detrito con arbusti
47	27,68	66,0	Detrito con arbusti
48	28,9	64,0	Detrito con arbusti
49	30,11	62,0	Detrito con arbusti
50	31,33	60,0	Detrito con arbusti
51	32,5	58,0	Detrito con arbusti
52	33,7	56,0	Detrito con arbusti
53	35,32	54,0	Detrito con arbusti
54	37,14	52,0	Detrito con arbusti
55	38,37	50,0	Detrito con arbusti
56	40,0	48,0	Detrito con arbusti
57	42,49	46,0	Detrito con arbusti
58	44,7	44,0	Detrito vegetato
59	45,7	42,0	Detrito vegetato
60	46,5	40,0	Detrito vegetato
61	48,6	38,0	Superficie pavimentata
62	52,14	38,0	Superficie pavimentata
63	55,3	38,0	Superficie pavimentata
64	55,5	38,0	Superficie pavimentata
65	55,52	38,0	Superficie pavimentata

**IMPATTO****Lancio n°1 Xp=3,4 m yp=132,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,44	110,78	5,251	-14,843	2,079	142,276
2,0	7,97	98,584	12,887	-13,916	0,672	195,616
3,0	27,385	66,483	13,427	-20,097	1,507	377,788
4,0	33,378	56,537	13,31	-21,563	0,446	339,33
5,0	33,73	55,963	16,115	-18,473	0,026	305,01
6,0	36,079	53,166	16,814	-17,835	0,146	300,208
7,0	41,746	46,598	19,765	-14,267	0,337	325,012
8,0	44,61	38,0	19,765	-14,267	0,337	325,012

**Lancio n°2 Xp=3,35 m yp=134,74 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,458	110,678	5,562	-15,765	2,213	160,935
2,0	8,05	98,449	13,294	-14,568	0,646	210,55

3,0	28,119	65,28	13,771	-20,658	1,51	398,513
4,0	33,883	55,774	16,819	-18,953	0,419	351,558
5,0	36,525	52,676	17,36	-18,486	0,157	321,431
6,0	41,918	46,459	20,331	-14,725	0,311	342,556
7,0	44,609	38,0	20,331	-14,725	0,311	342,556

**Lancio n°3 Xp=3,28 m yp=137,47 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,449	110,726	5,834	-16,591	2,332	178,608
2,0	8,126	98,324	13,685	-15,181	0,63	225,602
3,0	28,859	64,067	14,103	-21,198	1,515	419,145
4,0	34,111	55,493	17,114	-19,36	0,372	360,375
5,0	36,42	52,791	17,612	-18,801	0,135	330,84
6,0	41,883	46,488	20,614	-14,944	0,31	352,764
7,0	44,609	38,0	20,614	-14,944	0,31	352,764

**Lancio n°4 Xp=3,21 m yp=140,21 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,437	110,792	6,086	-17,374	2,445	196,161
2,0	8,189	98,218	14,059	-15,765	0,616	240,526
3,0	29,583	62,871	14,342	-21,807	1,522	439,649
4,0	34,12	55,482	17,388	-19,732	0,316	368,055
5,0	36,369	52,848	17,899	-19,112	0,129	341,671
6,0	41,898	46,476	20,916	-15,181	0,309	363,555
7,0	44,609	38,0	20,916	-15,181	0,309	363,555

**Lancio n°5 Xp=3,15 m yp=142,94 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,423	110,874	6,32	-18,119	2,553	213,613
2,0	8,244	98,127	14,418	-16,326	0,605	255,349
3,0	30,274	61,732	14,732	-22,217	1,528	459,761
4,0	34,374	55,168	17,644	-20,116	0,278	376,392
5,0	36,206	53,027	18,11	-19,386	0,104	349,823
6,0	41,837	46,525	21,159	-15,366	0,311	372,895
7,0	44,61	38,0	21,159	-15,366	0,311	372,895

**Lancio n°6 Xp=3,08 m yp=146,07 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,414	110,923	6,574	-18,945	2,672	233,818
2,0	8,289	98,051	14,81	-16,942	0,589	271,989
3,0	30,994	60,551	15,064	-22,758	1,533	481,994
4,0	34,444	55,081	17,915	-20,509	0,229	385,271
5,0	36,11	53,132	18,387	-19,694	0,093	360,582
6,0	41,831	46,529	21,454	-15,597	0,311	383,97
7,0	44,61	38,0	21,454	-15,597	0,311	383,97

**Lancio n°7 Xp=3,01 m yp=148,52 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,388	111,064	6,755	-19,544	2,758	249,024
2,0	8,333	97,979	12,216	-17,609	0,584	285,271

3,0	15,294	86,353	11,985	-19,804	0,57	291,683
4,0	16,053	85,079	11,848	-19,612	0,063	259,749
5,0	16,378	84,536	11,589	-19,275	0,027	249,882
6,0	16,474	84,376	11,309	-18,835	0,008	238,363

**Lancio n°8 Xp=2,94 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,983	107,819	9,158	-28,797	4,083	543,08
2,0	7,593	99,212	19,147	-23,946	0,285	482,926
3,0	35,598	53,694	21,44	-21,58	1,463	738,035
4,0	43,457	45,125	23,274	-19,642	0,367	490,244
5,0	44,53	38,0	23,274	-19,642	0,367	490,244

**Lancio n°9 Xp=2,87 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,909	108,22	9,308	-28,644	4,073	540,439
2,0	7,791	98,882	19,161	-23,976	0,31	484,895
3,0	35,667	53,618	21,456	-21,597	1,455	737,28
4,0	43,481	45,104	23,287	-19,657	0,364	490,548
5,0	44,53	38,0	23,287	-19,657	0,364	490,548

**Lancio n°10 Xp=2,8 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,937	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	5,073	107,315	9,174	-28,86	4,348	545,532
3,0	7,483	99,394	19,127	-23,921	0,263	480,251
4,0	35,534	53,765	21,422	-21,562	1,467	737,843
5,0	43,436	45,144	23,259	-19,625	0,369	489,851
6,0	44,531	38,0	23,259	-19,625	0,369	489,851

**Lancio n°11 Xp=2,74 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,869	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	5,0	107,723	9,158	-28,789	4,338	542,852
3,0	7,574	99,244	19,135	-23,927	0,281	481,871
4,0	35,581	53,713	21,429	-21,568	1,464	737,459
5,0	43,451	45,13	23,263	-19,631	0,367	489,853
6,0	44,53	38,0	23,263	-19,631	0,367	489,853

**Lancio n°12 Xp=2,67 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,801	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	4,927	108,127	9,307	-28,636	4,328	540,197
3,0	7,772	98,913	19,148	-23,957	0,306	483,848
4,0	35,65	53,637	21,445	-21,585	1,456	736,716
5,0	43,474	45,109	23,276	-19,647	0,365	490,167
6,0	44,53	38,0	23,276	-19,647	0,365	490,167

**Lancio n°13 Xp=2,6 m yp=190,0 m**

--	--	--	--	--	--	--

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,732	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,963	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901

**Lancio n°14 Xp=2,53 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,664	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,895	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	4,969	107,896	9,149	-28,744	4,295	541,2
4,0	7,613	99,178	19,13	-23,918	0,289	482,143
5,0	35,597	53,696	21,425	-21,564	1,463	736,857
6,0	43,456	45,126	23,258	-19,628	0,367	489,599
7,0	44,53	38,0	23,258	-19,628	0,367	489,599

**Lancio n°15 Xp=2,46 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,595	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,827	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	4,896	108,294	9,299	-28,592	4,285	538,581
4,0	7,811	98,849	19,144	-23,947	0,313	484,103
5,0	35,665	53,621	21,441	-21,58	1,455	736,085
6,0	43,479	45,105	23,271	-19,643	0,364	489,89
7,0	44,53	38,0	23,271	-19,643	0,364	489,89

**Lancio n°16 Xp=2,39 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,527	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,758	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,951	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	4,975	107,859	9,15	-28,74	4,267	541,108
5,0	7,606	99,189	19,125	-23,91	0,288	481,719
6,0	35,59	53,703	21,42	-21,559	1,463	736,615
7,0	43,453	45,128	23,254	-19,624	0,367	489,439
8,0	44,53	38,0	23,254	-19,624	0,367	489,439

**Lancio n°17 Xp=2,33 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,459	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,69	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,882	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	4,902	108,258	9,299	-28,588	4,257	538,484
5,0	7,804	98,86	19,139	-23,939	0,312	483,681
6,0	35,659	53,628	21,436	-21,575	1,455	735,847
7,0	43,476	45,107	23,267	-19,639	0,365	489,733
8,0	44,53	38,0	23,267	-19,639	0,365	489,733

**Lancio n°18 Xp=2,26 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,39	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761



2,0	2,621	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,814	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,976	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053

**Lancio n°19 Xp=2,19 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,322	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,553	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,745	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,908	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	4,882	108,37	9,294	-28,56	4,231	537,518
6,0	7,83	98,817	19,136	-23,935	0,317	483,923
7,0	35,669	53,616	21,435	-21,572	1,455	735,494
8,0	43,479	45,105	23,264	-19,637	0,364	489,59
9,0	44,53	38,0	23,264	-19,637	0,364	489,59

**Lancio n°20 Xp=2,12 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,253	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,485	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,677	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,84	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,979	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82

**Lancio n°21 Xp=2,05 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,185	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,416	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,609	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,771	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,91	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	4,839	108,599	9,285	-28,514	4,207	535,842
7,0	7,881	98,732	19,136	-23,931	0,328	484,678
8,0	35,693	53,59	21,434	-21,572	1,453	735,023
9,0	43,487	45,098	23,262	-19,637	0,364	489,442
10,0	44,53	38,0	23,262	-19,637	0,364	489,442

**Lancio n°22 Xp=1,98 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,117	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,348	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,54	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,703	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,842	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,962	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652

**Lancio n°23 Xp=1,92 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,048	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,279	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901

3,0	2,472	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,634	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,774	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,894	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,998	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526

**Lancio n°24 Xp=1,85 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,98	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,211	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,403	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,566	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,705	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,825	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,93	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	4,777	108,937	9,272	-28,446	4,169	533,401
9,0	7,956	98,607	19,135	-23,925	0,343	485,791
10,0	35,727	53,552	21,434	-21,57	1,451	734,3
11,0	43,497	45,089	23,26	-19,636	0,362	489,209
12,0	44,53	38,0	23,26	-19,636	0,362	489,209

**Lancio n°25 Xp=1,78 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,911	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,143	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,335	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,498	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,637	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,757	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,861	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,952	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43

**Lancio n°26 Xp=1,71 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,843	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,074	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,267	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,429	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,568	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,689	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,793	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,883	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,963	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357

**Lancio n°27 Xp=1,64 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,775	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	2,006	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,198	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,361	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,5	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,62	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652

7,0	2,724	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,815	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,894	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,964	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299

**Lancio n°28 Xp=1,57 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,706	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,937	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,13	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,292	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,432	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,552	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,656	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,747	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,826	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,896	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,957	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253

**Lancio n°29 Xp=1,5 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,638	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,869	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	2,061	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,224	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,363	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,483	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,588	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,678	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,758	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,827	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,888	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,942	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°30 Xp=1,44 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,569	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,801	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,993	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,156	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,295	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,415	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,519	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,61	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,689	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,759	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,82	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,874	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°31 Xp=1,37 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,501	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761

2,0	1,732	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,925	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,087	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,226	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,347	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,451	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,541	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,621	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,69	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,751	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,805	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°32 Xp=1,3 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,433	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,664	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,856	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	2,019	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,158	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,278	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,382	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,473	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,552	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,622	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,683	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,737	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°33 Xp=1,23 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,364	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,595	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,788	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,95	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,09	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,21	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,314	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,405	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,484	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,554	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,615	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,668	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°34 Xp=1,16 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,296	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,527	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,719	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,882	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	2,021	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,141	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,246	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,336	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,416	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,485	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299

11,0	2,546	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,6	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°35 Xp=1,09 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,227	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,459	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,651	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,814	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,953	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,073	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,177	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,268	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,347	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,417	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,478	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,532	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°36 Xp=1,03 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,159	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,39	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,583	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,745	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,884	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	2,005	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,109	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,199	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,279	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,348	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,409	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,463	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°37 Xp=0,96 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,091	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,322	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,514	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,677	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,816	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,936	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	2,04	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,131	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,21	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,28	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,341	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,395	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°38 Xp=0,89 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,022	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,253	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901

3,0	1,446	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,608	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,748	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,868	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,972	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	2,063	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,142	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,212	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,273	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,326	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°39 Xp=0,82 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,954	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,185	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,377	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,54	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,679	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,799	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,904	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,994	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,074	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,143	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,204	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,258	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°40 Xp=0,75 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,885	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,117	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,309	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,472	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,611	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,731	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,835	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,926	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	2,005	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,075	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,136	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,19	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°41 Xp=0,68 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,817	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	1,048	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,241	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,403	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,542	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,663	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,767	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,857	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	1,937	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	2,006	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	2,067	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253

---



---

12,0	2,121	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216
------	-------	-------	-------	------	------	-------

---



---

**Lancio n°42 Xp=0,62 m yp=190,0 m**


---



---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,749	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	0,98	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,172	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,335	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,474	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,594	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,698	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,789	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	1,868	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	1,938	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	1,999	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	2,053	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

---



---

**Lancio n°43 Xp=0,55 m yp=190,0 m**


---



---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,68	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	0,911	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,104	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,266	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,406	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,526	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,63	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,721	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	1,8	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	1,87	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	1,931	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	1,984	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

---



---

**Lancio n°44 Xp=0,48 m yp=190,0 m**


---



---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,612	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	0,843	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	1,035	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,198	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,337	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,457	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,562	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,652	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	1,732	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	1,801	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	1,862	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	1,916	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

---



---

**Lancio n°45 Xp=0,41 m yp=190,0 m**


---



---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,543	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	0,775	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	0,967	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389

---



---

4,0	1,13	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,269	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,389	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,493	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,584	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	1,663	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	1,733	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	1,794	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	1,848	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°46 Xp=0,34 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,475	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	0,706	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	0,899	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	1,061	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,2	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,321	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,425	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,515	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	1,595	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	1,664	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	1,725	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	1,779	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°47 Xp=0,27 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,407	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	0,638	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	0,83	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	0,993	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,132	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,252	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,356	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,447	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	1,526	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	1,596	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	1,657	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	1,711	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°48 Xp=0,21 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,338	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	0,569	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	0,762	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	0,924	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	1,064	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,184	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,288	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,379	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	1,458	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	1,528	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	1,589	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	1,642	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216



**Lancio n°49 Xp=0,14 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,27	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	0,501	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	0,693	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	0,856	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	0,995	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,115	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,22	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,31	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	1,39	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	1,459	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	1,52	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	1,574	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Lancio n°50 Xp=0,07 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,201	190,0	0,491	2,31	0,266	2,761
2,0	0,433	190,0	0,483	1,954	0,471	1,901
3,0	0,625	190,0	0,474	1,682	0,398	1,389
4,0	0,788	190,0	0,466	1,464	0,343	1,053
5,0	0,927	190,0	0,458	1,285	0,298	0,82
6,0	1,047	190,0	0,451	1,134	0,262	0,652
7,0	1,151	190,0	0,443	1,005	0,231	0,526
8,0	1,242	190,0	0,436	0,894	0,205	0,43
9,0	1,321	190,0	0,428	0,797	0,182	0,357
10,0	1,391	190,0	0,421	0,712	0,162	0,299
11,0	1,452	190,0	0,414	0,637	0,145	0,253
12,0	1,506	190,0	0,407	0,57	0,13	0,216

**Tipologie definite n°1**

Nb°	H(cm)	Spes.	alfa(°)	E(KJ)
1,0	400,0	30,0	70,0	500,0

**Opere di protezione inserite n°1**

nb°	Tipo	xb(m)	yb(m)	E(KJ)
1,0	1,0	44,515	44,167	500,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°1**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,277	25,235	292,831

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°2**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
----	-------	-------	-------	--------	-------

1,0	44,515	44,167	0,274	25,886	308,816
-----	--------	--------	-------	--------	---------

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°3**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,275	26,243	317,473

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°4**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,275	26,611	326,622

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°5**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,276	26,925	334,382

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°6**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,276	27,291	343,663

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°7**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°8**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,044	30,748	440,99

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°9**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,043	30,761	441,419

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°10**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,045	30,732	440,487

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°11**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,044	30,735	440,598

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°12**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,043	30,748	441,036

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°13**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°14**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,044	30,728	440,406

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°15**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,043	30,74	440,822

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°16**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,044	30,723	440,246

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°17**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]

1,0	44,515	44,167	0,043	30,735	440,665
-----	--------	--------	-------	--------	---------

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°18**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°19**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,043	30,731	440,561

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°20**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°21**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,043	30,728	440,484

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°22**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°23**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°24**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,042	30,723	440,355

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°25**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°26**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°27**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°28**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°29**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°30**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°31**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°32**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0
-----	--------	--------	-----	-----	-----

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°33**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°34**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°35**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°36**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°37**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°38**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°39**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°40**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°41**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°42**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°43**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°44**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°45**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°46**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°47**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0
-----	--------	--------	-----	-----	-----

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°48**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°49**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°50**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**(HpMax) Altezza massima, (Vmax) Velocità massima, (Emax) Energia massima del masso sulla barriera.**

Barriera N°	Xb(m)	Yb(m)	HpMax[m]	Vmax[m/s]	Emax[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,277	30,761	441,419

**ELABORAZIONI STATISTICHE**

Velocità massima	42,817 m/s
Velocità minima	0,759 m/s
Velocità media	7,883 m/s
Scarto quadratico medio	12,778 m/s
<b>Energia massima pre-impatto</b>	<b>738,035 KJ</b>
Energia media pre-impatto	91,179 KJ
Scarto quadratico energia	191,873 KJ
Ascissa media di arresto	17,883 m
Ascissa massima raggiunta	44,61 m

**% Massi fermati**

X (m)	% Massi fermati
3,42	62
8,42	62
13,42	62
18,42	64
23,42	64
28,42	64
33,42	64
38,42	64



43,42	64
48,42	100
53,42	100

### VERIFICA STATO ATTUALE CON IL METODO LUMPED MASS

#### Metodo di calcolo Lumped mass

Le ipotesi del modello *Lumped mass* sono:

- 1) schema piano, profilo del pendio assimilabile ad una spezzata costituita da segmenti rettilinei;
- 2) blocco puntiforme e resistenza dell'aria trascurabile.

In tal caso la traiettoria del blocco può essere determinata utilizzando le equazioni del moto di un grave; con riferimento ad un sistema di assi cartesiani ortogonali tali equazioni sono:

$$\begin{aligned}x &= v_x \times t + x_0 \\ y &= - (1/2) \times g \times t^2 + v_y \times t + y_0\end{aligned}\quad (1)$$

dove:

- $v_x$  = componente orizzontale della velocità del blocco;
- $v_y$  = componente verticale della velocità del blocco;
- $t$  = tempo;
- $g$  = accelerazione di gravità
- $x_0$  = ascissa del punto in cui blocco si distacca dal pendio o urta nel moto di caduta;
- $y_0$  = ordinata del punto in cui blocco si distacca dal pendio o urta nel moto di caduta;

In tal modo la traiettoria del moto risulta composta da una serie di parabole tracciate fra il punto in cui avviene il distacco ed il punto in cui il blocco urta sul pendio per la prima volta, nella fase iniziale del moto, e fra due successivi punti di impatto sul pendio, o al piede, in seguito, fino al punto finale di arresto.

Le coordinate dei punti d'impatto e le componenti della velocità si determinano risolvendo il sistema fra l'equazione (1) e l'equazione delle rette che rappresentano il profilo del pendio.

In pratica si procede dal punto in cui avviene il distacco del blocco e si risolve tale sistema di equazioni considerando di volta in volta le diverse equazioni delle rette che contengono i successivi segmenti della spezzata fino a trovare le coordinate di un punto, punto di impatto che appartiene alla parabola che rappresenta la traiettoria e ricade all'interno di uno dei segmenti della spezzata ed è pertanto anche un punto del pendio.

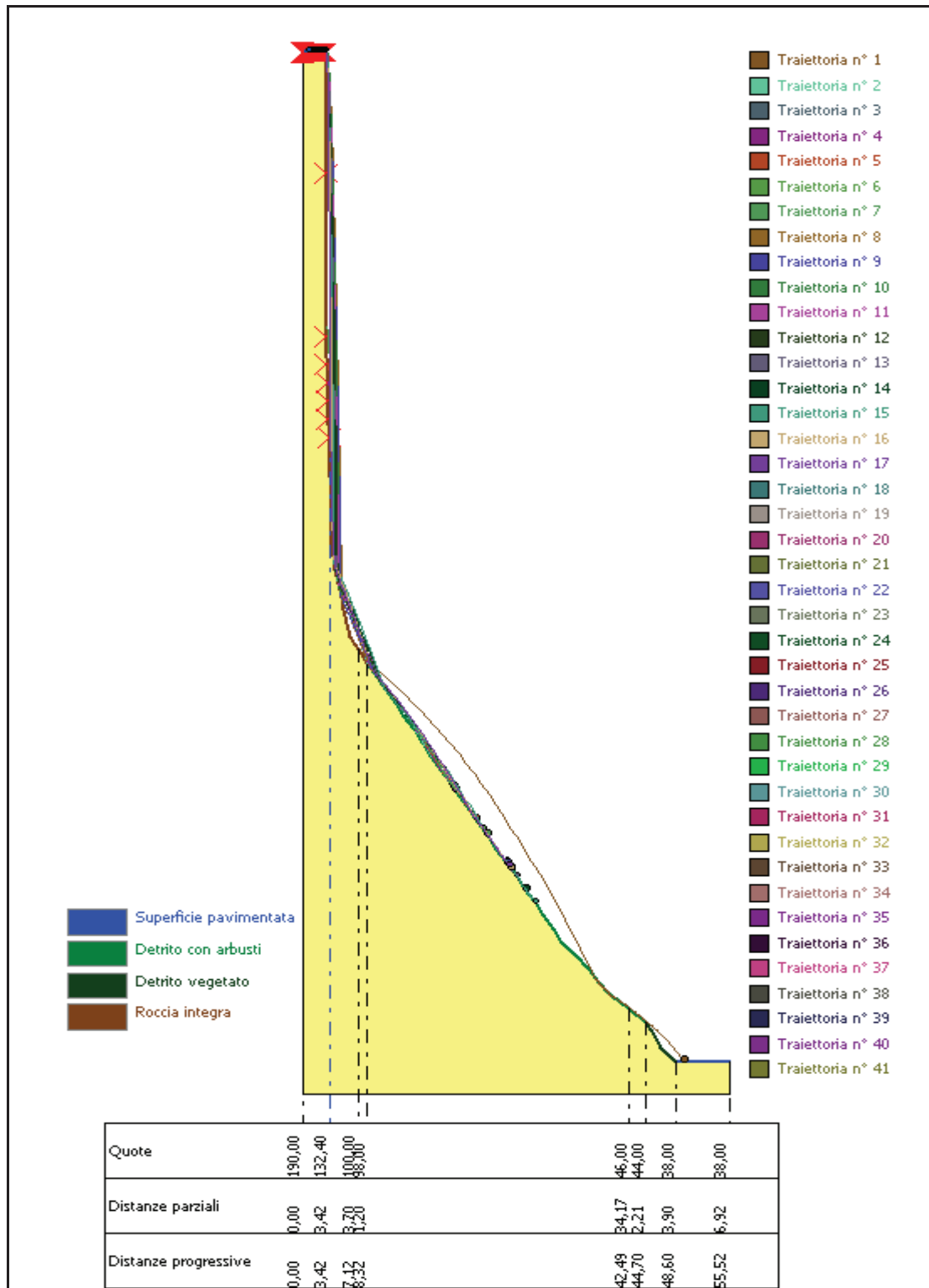
Tale punto rappresenta il primo punto di impatto del blocco sul pendio. Il procedimento viene ripetuto a partire da tale punto per determinare il successivo arco della traiettoria ed un nuovo punto d'impatto.

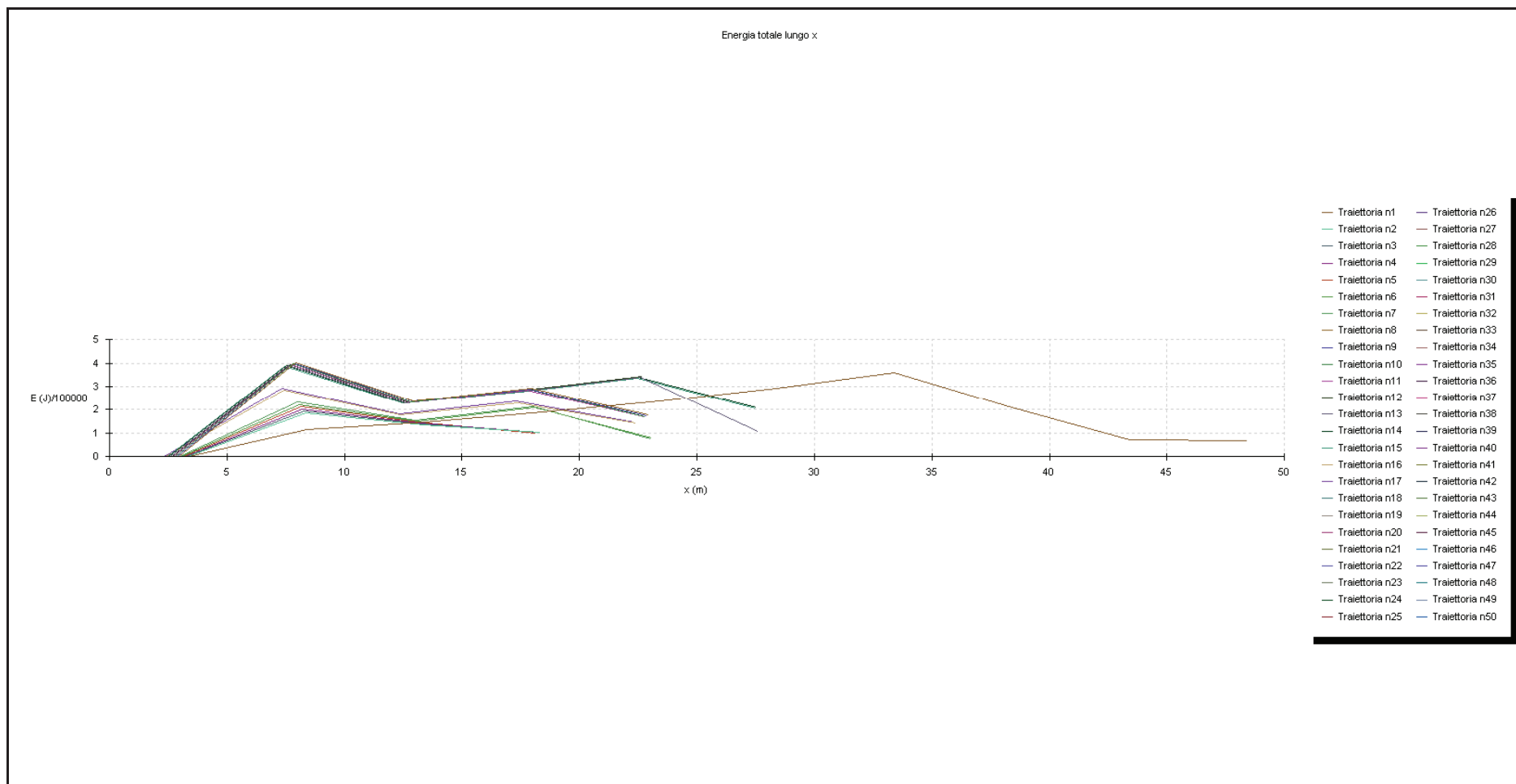
La perdita di energia cinetica per effetto degli attriti e degli urti può essere modellata riducendo la velocità del blocco in caduta ogni qualvolta questo urta sul pendio.

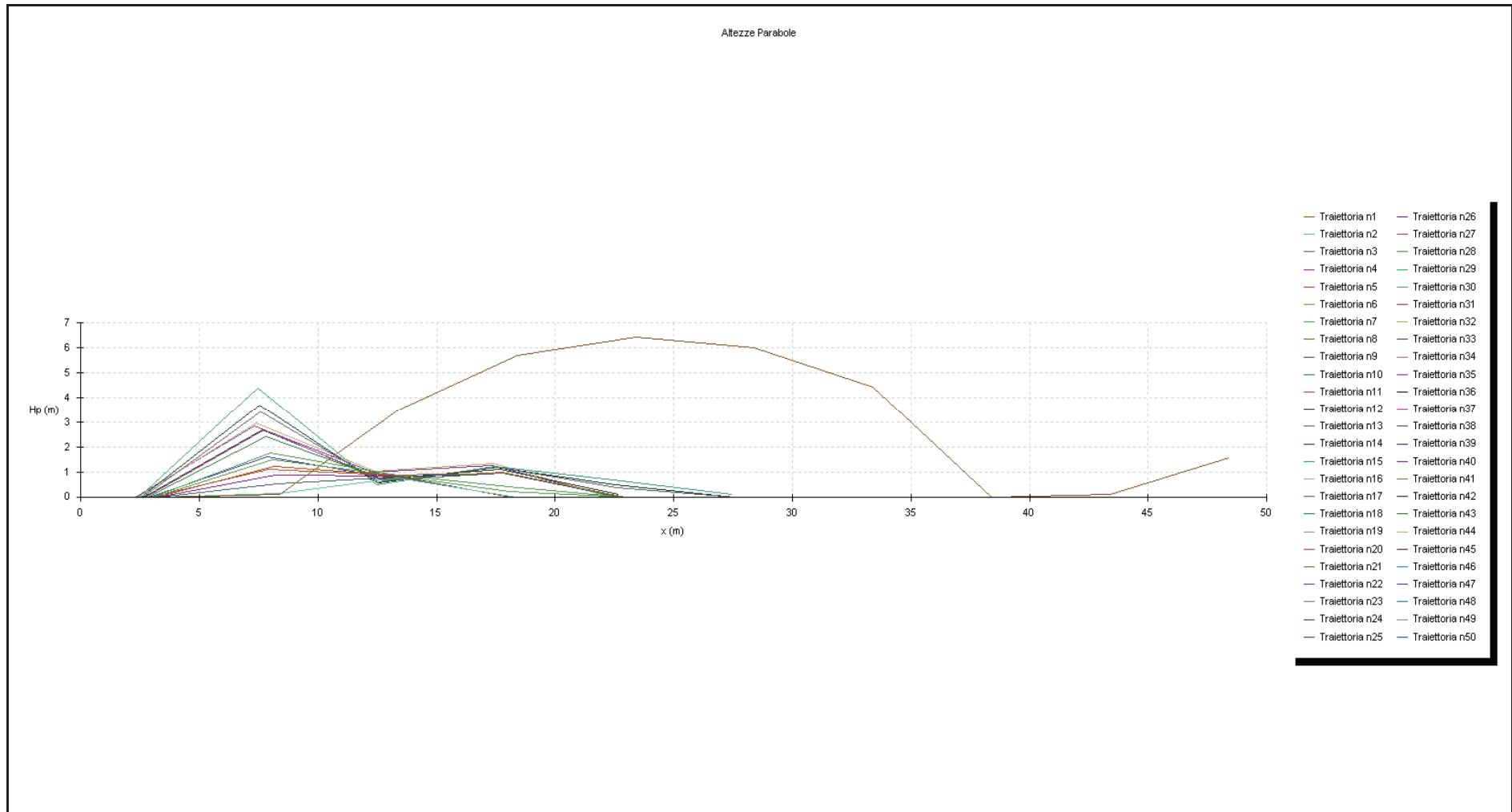
In particolare, indicando con  $v_n$  e  $v_t$  le componenti (*normali e tangenziali*) della velocità prima dell'urto, dopo l'urto  $v'_n$ ,  $v'_t$  possono calcolarsi mediante le relazioni:

$$\begin{aligned}v'_n &= v_n \times R_n \\ v'_t &= v_t \times R_t\end{aligned}$$

in cui  $R_n$  ed  $R_t$  sono detti coefficienti di restituzione variabili nell'intervallo  $0-1$ ;







## CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

Forma del blocco Sferico	
Densità	2500,0 Kg/m <sup>3</sup>
Elasticità	900000,0 kPa
Velocità iniziale in x	0,5 m/s
Velocità iniziale in y	-0,2 m/s
Velocità limite di arresto	0,01 m/s
Diametro	0,8 m

Massa	670,207 Kg
Peso	670,207 Kgf
Momento d'inerzia	42,893 Kgxm <sup>2</sup>

## Elenco materiali

N	Descrizione	Rn	Rt	Rugosità (m)	Texture
1	Roccia integra	0,9	0,8	0	
2	Roccia alterata	0,7	0,7	0	
3	Sabbia	0,4	0,6	0	
4	Detrito	0,6	0,6	0	
5	Detrito fino	0,32	0,82	0	
6	Detrito vegetato	0,29	0,8	0	
7	Detrito con arbusti	0,3	0,7	0	
8	Terreno o prato	0,31	0,79	0	
9	Superficie pavimentata	0,4	0,9	0	

## DATI PENDIO

N	X (m)	Y (m)	Materiale
1	0,0	190,0	Roccia integra
2	3,0	190,0	Roccia integra
3	3,02	152,0	Roccia integra
4	3,03	152,0	Roccia integra
5	3,05	150,0	Roccia integra
6	3,07	148,0	Roccia integra
7	3,09	146,0	Roccia integra
8	3,12	144,0	Roccia integra
9	3,17	142,0	Roccia integra
10	3,22	140,0	Roccia integra
11	3,27	138,0	Roccia integra
12	3,32	136,0	Roccia integra
13	3,37	134,0	Roccia integra
14	3,42	132,0	Roccia integra
15	3,47	130,0	Roccia integra
16	3,52	128,0	Roccia integra
17	3,56	126,0	Roccia integra
18	3,61	124,0	Roccia integra
19	3,66	122,0	Roccia integra
20	3,71	120,0	Roccia integra
21	3,76	118,0	Roccia integra
22	3,81	116,0	Roccia integra
23	3,86	114,0	Roccia integra
24	4,22	112,0	Roccia integra
25	4,58	110,0	Roccia integra
26	4,95	108,0	Roccia integra

27	5,31	106,0	Roccia integra
28	5,68	104,0	Roccia integra
29	6,04	102,0	Roccia integra
30	7,12	100,0	Roccia integra
31	8,32	98,0	Detrito con arbusti
32	9,53	96,0	Detrito con arbusti
33	10,73	94,0	Detrito con arbusti
34	11,93	92,0	Detrito con arbusti
35	13,13	90,0	Detrito con arbusti
36	14,33	88,0	Detrito con arbusti
37	15,5	86,0	Detrito con arbusti
38	16,7	84,0	Detrito con arbusti
39	17,9	82,0	Detrito con arbusti
40	19,15	80,0	Detrito con arbusti
41	20,37	78,0	Detrito con arbusti
42	21,59	76,0	Detrito con arbusti
43	22,81	74,0	Detrito con arbusti
44	24,02	72,0	Detrito con arbusti
45	25,24	70,0	Detrito con arbusti
46	26,46	68,0	Detrito con arbusti
47	27,68	66,0	Detrito con arbusti
48	28,9	64,0	Detrito con arbusti
49	30,11	62,0	Detrito con arbusti
50	31,33	60,0	Detrito con arbusti
51	32,5	58,0	Detrito con arbusti
52	33,7	56,0	Detrito con arbusti
53	35,32	54,0	Detrito con arbusti
54	37,14	52,0	Detrito con arbusti
55	38,37	50,0	Detrito con arbusti
56	40,0	48,0	Detrito con arbusti
57	42,49	46,0	Detrito con arbusti
58	44,7	44,0	Detrito vegetato
59	45,7	42,0	Detrito vegetato
60	46,5	40,0	Detrito vegetato
61	48,6	38,0	Superficie pavimentata
62	52,14	38,0	Superficie pavimentata
63	55,3	38,0	Superficie pavimentata
64	55,5	38,0	Superficie pavimentata
65	55,52	38,0	Superficie pavimentata

## IMPATTO

### Lancio n°1 Xp=3,4 m yp=132,0 m

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,44	110,78	5,681	-15,527	2,079	142,242
2,0	8,27	98,084	14,048	-12,01	0,674	175,077
3,0	38,137	50,379	14,307	-20,256	2,126	428,118
4,0	38,602	49,715	11,494	-13,197	0,032	210,443
5,0	40,083	47,933	10,599	-6,944	0,129	114,348
6,0	44,547	44,138	8,158	-6,937	0,421	78,751
7,0	49,575	38,0	7,342	5,193	0,616	78,784

### Lancio n°2 Xp=3,35 m yp=134,74 m

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,458	110,678	6,07	-16,505	2,213	160,902
2,0	8,41	97,85	9,945	-12,579	0,651	187,969

3,0	16,595	84,174	8,761	-13,378	0,823	176,081
4,0	18,466	81,095	6,786	-10,422	0,213	105,935
5,0	19,069	80,129	4,946	-7,783	0,089	58,179
6,0	19,339	79,691	3,555	-5,766	0,054	31,384

**Lancio n°3 Xp=3,28 m yp=137,47 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,449	110,726	6,417	-17,38	2,332	178,574
2,0	8,549	97,622	10,267	-13,059	0,639	201,179
3,0	17,125	83,292	9,014	-13,781	0,835	186,685
4,0	18,811	80,543	6,846	-10,596	0,187	108,946
5,0	19,502	79,422	4,954	-8,012	0,101	60,695
6,0	19,612	79,242	3,516	-5,732	0,022	30,922

**Lancio n°4 Xp=3,21 m yp=140,21 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,437	110,792	6,746	-18,208	2,445	196,127
2,0	8,678	97,409	10,579	-13,519	0,629	214,335
3,0	17,646	82,423	9,26	-14,172	0,848	197,267
4,0	19,069	80,13	6,87	-10,733	0,154	111,115
5,0	19,767	78,989	5,017	-8,084	0,102	61,917
6,0	19,91	78,754	3,574	-5,817	0,029	31,875

**Lancio n°5 Xp=3,15 m yp=142,94 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,423	110,874	7,058	-18,994	2,553	213,579
2,0	8,8	97,206	10,881	-13,961	0,62	227,455
3,0	18,124	81,642	9,845	-14,264	0,857	207,321
4,0	21,661	75,884	7,625	-12,005	0,359	138,518
5,0	22,43	74,623	5,557	-8,962	0,101	76,067
6,0	22,598	74,347	3,956	-6,441	0,03	39,076

**Lancio n°6 Xp=3,08 m yp=147,2 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,414	110,923	7,404	-19,866	2,672	233,785
2,0	8,924	97,002	11,208	-14,444	0,609	242,153
3,0	18,591	80,895	10,08	-14,637	0,862	217,903
4,0	22,35	74,754	7,843	-12,327	0,373	146,218
5,0	23,286	73,214	5,726	-9,305	0,119	81,66
6,0	23,472	72,905	4,079	-6,695	0,033	42,031

**Lancio n°7 Xp=3,01 m yp=171,76 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,388	111,064	7,655	-20,497	2,758	248,991
2,0	9,033	96,822	11,469	-14,818	0,607	254,064
3,0	18,999	80,241	10,272	-14,937	0,869	226,667
4,0	22,961	73,75	7,962	-12,638	0,386	152,803
5,0	23,81	72,348	5,805	-9,438	0,107	83,986
6,0	23,995	72,041	4,133	-6,784	0,032	43,159

**Lancio n°8 Xp=2,94 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,983	107,819	11,507	-30,203	4,083	543,046
2,0	8,842	97,137	14,465	-19,567	0,335	420,292
3,0	21,852	75,571	12,205	-18,605	0,899	340,207
4,0	25,48	69,607	9,216	-14,654	0,297	205,122
5,0	26,333	68,208	6,653	-10,771	0,093	109,621
6,0	26,518	67,905	4,718	-7,693	0,028	55,7

**Lancio n°9 Xp=2,87 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,909	108,22	11,789	-30,017	4,073	540,406
2,0	9,283	96,408	14,528	-19,763	0,371	426,169
3,0	22,076	75,204	12,208	-18,637	0,881	341,022
4,0	25,638	69,348	9,207	-14,646	0,292	204,836
5,0	26,475	67,975	6,643	-10,756	0,091	109,316
6,0	26,657	67,678	4,71	-7,68	0,027	55,512

**Lancio n°10 Xp=2,8 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,937	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	4,664	109,548	11,769	-29,73	4,316	531,146
3,0	9,872	95,431	14,616	-20,023	0,443	435,421
4,0	22,373	74,717	12,211	-18,682	0,855	342,129
5,0	25,842	69,013	9,193	-14,635	0,284	204,42
6,0	26,658	67,676	6,628	-10,736	0,089	108,883
7,0	26,834	67,387	4,698	-7,662	0,027	55,249

**Lancio n°11 Xp=2,74 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,869	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	4,591	109,939	11,739	-29,659	4,306	528,576
3,0	10,013	95,195	14,669	-20,061	0,462	437,882
4,0	22,684	74,207	12,263	-18,758	0,864	344,964
5,0	26,192	68,439	9,234	-14,699	0,286	206,228
6,0	27,017	67,086	6,658	-10,784	0,089	109,865
7,0	27,196	66,793	4,719	-7,697	0,027	55,752

**Lancio n°12 Xp=2,67 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,801	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	4,519	110,339	11,403	-29,697	4,296	525,941
3,0	9,788	95,57	14,699	-19,931	0,462	436,206
4,0	23,022	73,65	12,268	-18,937	0,9	349,634
5,0	26,093	68,602	9,157	-14,627	0,25	203,797
6,0	26,811	67,424	6,581	-10,673	0,078	107,541
7,0	26,966	67,171	4,658	-7,602	0,024	54,358

**Lancio n°13 Xp=2,6 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
----	-------	-------	---------	---------	------	-------



Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,732	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,938	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	4,294	111,588	11,374	-29,43	4,237	517,303
4,0	10,274	94,76	14,858	-20,074	0,526	444,232
5,0	23,987	72,054	12,424	-19,165	0,923	358,288
6,0	27,038	67,053	9,233	-14,775	0,246	207,696
7,0	27,719	65,936	6,624	-10,751	0,074	109,06
8,0	27,865	65,696	4,685	-7,648	0,022	55,013

**Lancio n°14 Xp=2,53 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,664	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,87	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	4,222	111,987	11,345	-29,355	4,227	514,686
4,0	10,398	94,554	14,906	-20,108	0,544	446,517
5,0	24,279	71,575	12,571	-19,167	0,931	361,025
6,0	27,974	65,518	9,441	-15,044	0,294	215,892
7,0	28,807	64,153	6,801	-11,019	0,088	114,684
8,0	29,069	63,721	4,83	-7,936	0,039	59,031

**Lancio n°15 Xp=2,46 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,595	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,801	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,95	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	4,018	113,121	11,311	-29,114	4,173	506,886
5,0	10,812	93,863	15,045	-20,228	0,601	453,533
6,0	25,099	70,231	12,701	-19,357	0,95	368,342
7,0	28,89	64,017	9,542	-15,203	0,298	220,479
8,0	29,993	62,193	6,93	-11,284	0,116	119,947
9,0	30,182	61,881	4,936	-8,034	0,027	60,813
10,0	30,24	61,786	3,481	-5,689	0,012	30,423

**Lancio n°16 Xp=2,39 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,527	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,733	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,881	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,988	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	3,827	115,327	1,444	-30,625	4,094	492,11
6,0	3,899	113,783	8,0	-23,66	0,05	325,128
7,0	8,917	97,013	12,948	-16,424	0,627	319,296
8,0	22,203	74,995	11,404	-17,116	1,026	291,334
9,0	25,99	68,77	8,729	-13,806	0,332	182,671
10,0	26,886	67,302	6,334	-10,233	0,103	99,063
11,0	27,081	66,982	4,501	-7,333	0,031	50,633

**Lancio n°17 Xp=2,33 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,459	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727

2,0	2,665	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,813	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,92	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,997	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	3,63	123,207	1,392	-28,959	3,863	440,076
7,0	4,111	112,604	8,411	-24,568	0,346	351,39
8,0	8,892	97,055	13,081	-16,749	0,568	328,208
9,0	22,046	75,253	11,455	-17,228	1,006	294,69
10,0	25,785	69,107	8,752	-13,853	0,326	183,833
11,0	26,669	67,658	6,347	-10,256	0,101	99,506
12,0	26,861	67,343	4,509	-7,347	0,03	50,82

**Lancio n°18 Xp=2,26 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,39	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,596	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,745	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,852	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,928	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,984	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°19 Xp=2,19 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,322	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,528	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,676	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,783	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,86	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,915	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°20 Xp=2,12 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,253	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,459	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,608	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,715	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,792	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,847	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°21 Xp=2,05 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,185	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,391	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,539	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,646	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,723	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,779	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°22 Xp=1,98 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
----	-------	-------	---------	---------	------	-------

1,0	2,117	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,323	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,471	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,578	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,655	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,71	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°23 Xp=1,92 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,048	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,254	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,403	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,51	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,586	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,642	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°24 Xp=1,85 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,98	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,186	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,334	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,441	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,518	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,573	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°25 Xp=1,78 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,911	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,117	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,266	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,373	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,45	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,505	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°26 Xp=1,71 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,843	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,049	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,197	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,304	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,381	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,437	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°27 Xp=1,64 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,775	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,981	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,129	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,236	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,313	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152

---



---

6,0	2,368	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

---



---

**Lancio n°28 Xp=1,57 m yp=190,0 m**


---



---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,706	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,912	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,061	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,168	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,244	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,3	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

---



---

**Lancio n°29 Xp=1,5 m yp=190,0 m**


---



---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,638	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,844	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,992	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,099	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,176	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,231	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

---



---

**Lancio n°30 Xp=1,44 m yp=190,0 m**


---



---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,569	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,775	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,924	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,031	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,108	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,163	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

---



---

**Lancio n°31 Xp=1,37 m yp=190,0 m**


---



---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,501	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,707	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,855	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,962	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,039	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,095	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

---



---

**Lancio n°32 Xp=1,3 m yp=190,0 m**


---



---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,433	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,639	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,787	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,894	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,971	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,026	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

---



---

**Lancio n°33 Xp=1,23 m yp=190,0 m**


---



---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
----	-------	-------	---------	---------	------	-------

---



---

1,0	1,364	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,57	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,719	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,826	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,902	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,958	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°34 Xp=1,16 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,296	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,502	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,65	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,757	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,834	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,889	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°35 Xp=1,09 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,227	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,433	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,582	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,689	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,766	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,821	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°36 Xp=1,03 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,159	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,365	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,513	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,62	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,697	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,753	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°37 Xp=0,96 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,091	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,297	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,445	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,552	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,629	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,684	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°38 Xp=0,89 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,022	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,228	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,377	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,484	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427

5,0	1,56	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,616	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°39 Xp=0,82 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,954	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,16	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,308	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,415	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,492	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,547	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°40 Xp=0,75 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,885	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,091	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,24	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,347	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,424	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,479	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°41 Xp=0,68 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,817	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,023	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,171	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,278	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,355	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,411	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°42 Xp=0,62 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,749	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	0,955	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,103	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,21	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,287	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,342	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°43 Xp=0,55 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,68	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	0,886	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,035	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,142	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,218	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,274	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°44 Xp=0,48 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,612	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	0,818	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	0,966	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,073	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,15	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,205	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°45 Xp=0,41 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,543	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	0,749	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	0,898	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,005	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,082	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,137	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°46 Xp=0,34 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,475	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	0,681	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	0,829	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	0,936	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,013	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,069	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°47 Xp=0,27 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,407	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	0,613	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	0,761	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	0,868	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	0,945	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,0	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°48 Xp=0,21 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,338	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	0,544	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	0,693	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	0,8	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	0,876	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	0,932	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°49 Xp=0,14 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,27	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	0,476	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	0,624	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769

4,0	0,731	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	0,808	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	0,863	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

---

**Lancio n°50 Xp=0,07 m yp=190,0 m**


---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,201	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	0,407	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	0,556	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	0,663	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	0,74	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	0,795	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

---

**ELABORAZIONI STATISTICHE**


---

Velocità massima	40,256 m/s
Velocità minima	1,666 m/s
Velocità media	9,424 m/s
Scarto quadratico medio	11,484 m/s
<b>Energia massima pre-impatto</b>	<b>543,046 KJ</b>
Energia media pre-impatto	73,82 KJ
Scarto quadratico energia	134,531 KJ
Ascissa media di arresto	10,323 m
Ascissa massima raggiunta	49,575 m

---

**% Massi fermati**

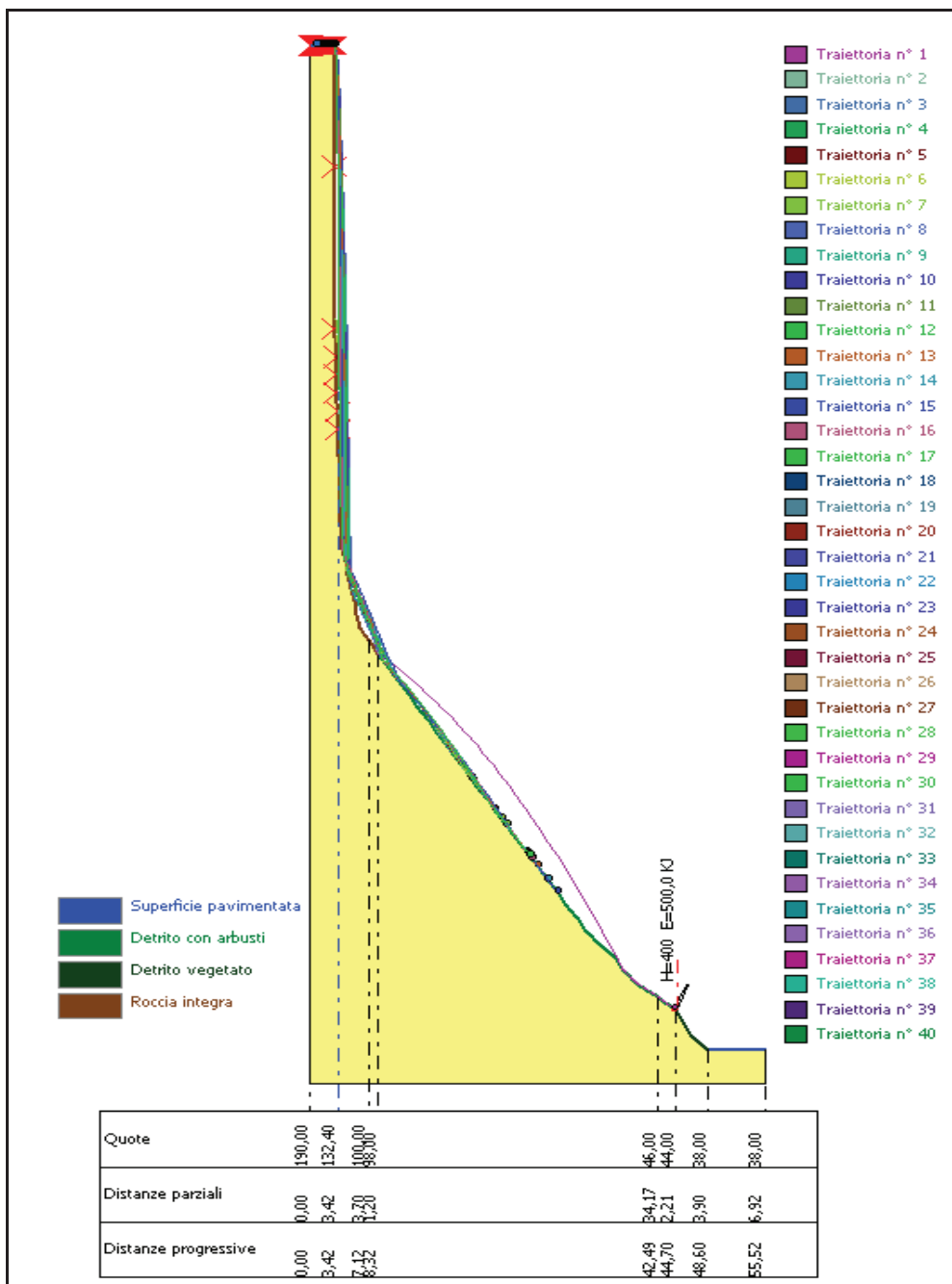

---

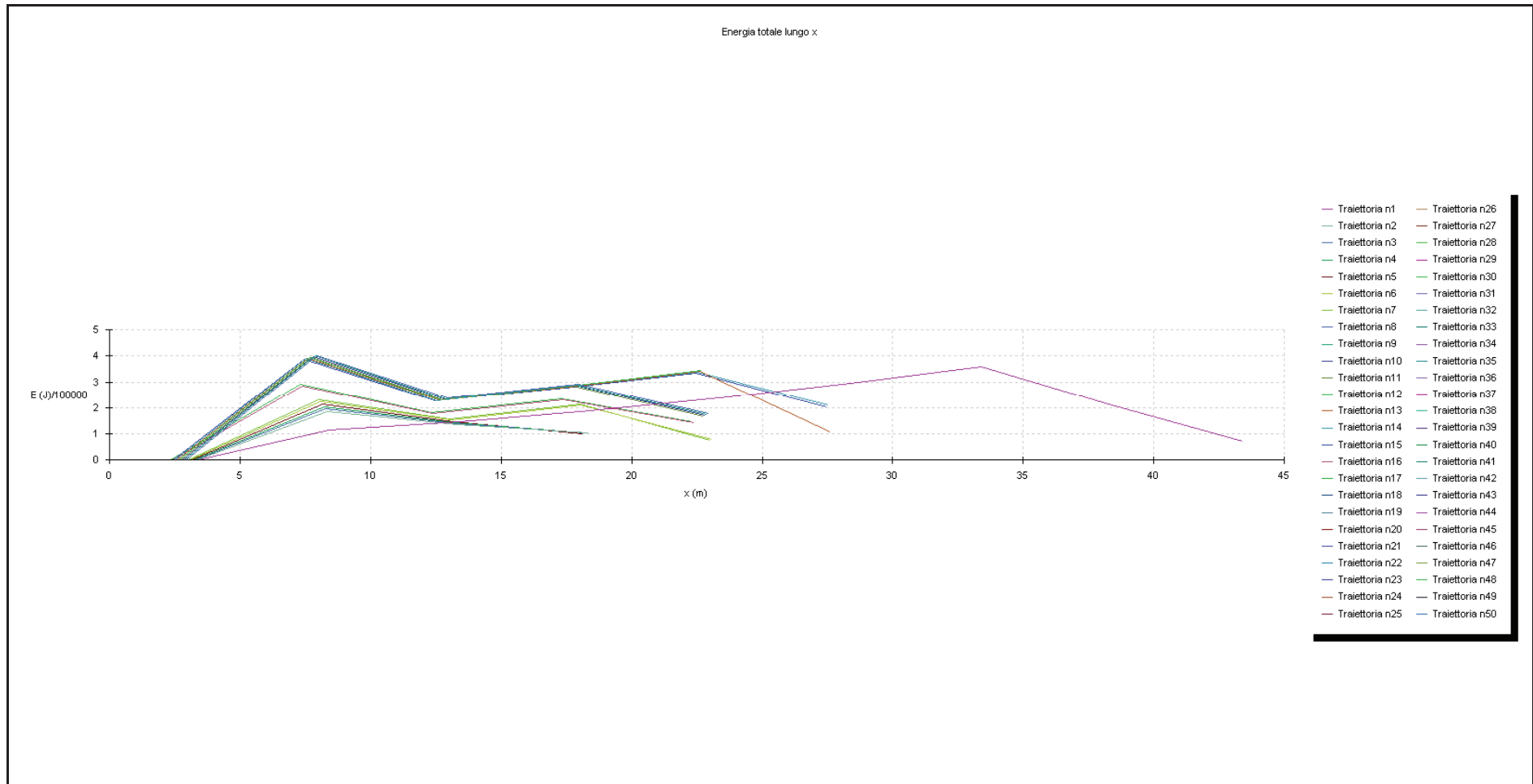
X (m)	% Massi fermati
3,42	66
8,42	66
13,42	66
18,42	66
23,42	74
28,42	94
33,42	98
38,42	98
43,42	98
48,42	98
53,42	100

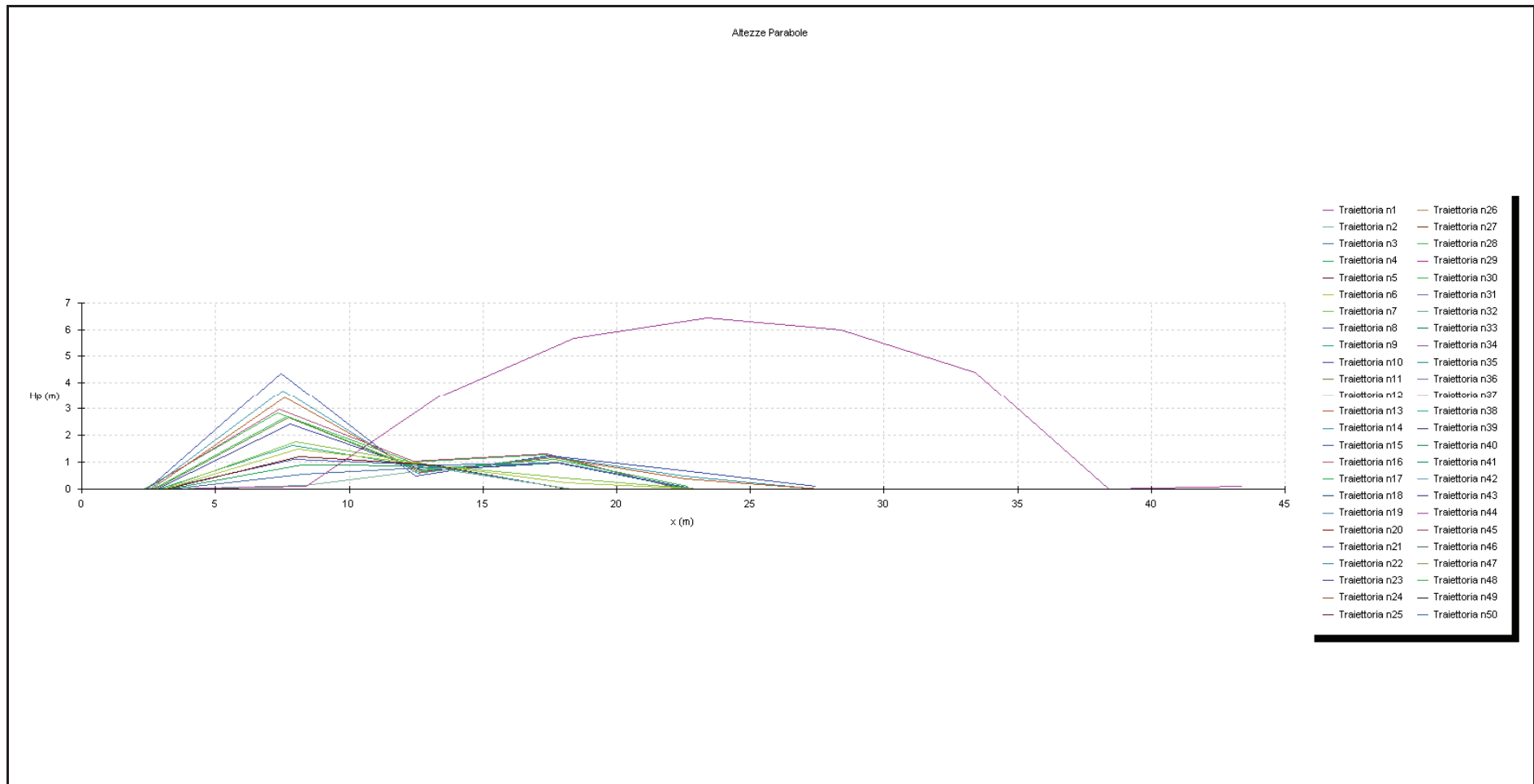
---



VERIFICA STATO DI PROGETTO CON IL METODO LUMPED MASS







**CARATTERISTICHE DEL BLOCCO**

Forma del blocco Sferico	
Densità	2500,0 Kg/m <sup>3</sup>
Elasticità	900000,0 kPa
Velocità iniziale in x	0,5 m/s
Velocità iniziale in y	-0,2 m/s
Velocità limite di arresto	0,01 m/s
Diametro	0,8 m

Massa	670,207 Kg
Peso	670,207 Kgf
Momento d'inerzia	42,893 Kgxm <sup>2</sup>

**Elenco materiali**

N	Descrizione	Rn	Rt	Rugosità (m)	Texture
1	Roccia integra	0,9	0,8	0	
2	Roccia alterata	0,7	0,7	0	
3	Sabbia	0,4	0,6	0	
4	Detrito	0,6	0,6	0	
5	Detrito fino	0,32	0,82	0	
6	Detrito vegetato	0,29	0,8	0	
7	Detrito con arbusti	0,3	0,7	0	
8	Terreno o prato	0,31	0,79	0	
9	Superficie pavimentata	0,4	0,9	0	

**DATI PENDIO**

N	X (m)	Y (m)	Materiale
1	0,0	190,0	Roccia integra
2	3,0	190,0	Roccia integra
3	3,02	152,0	Roccia integra
4	3,03	152,0	Roccia integra
5	3,05	150,0	Roccia integra
6	3,07	148,0	Roccia integra
7	3,09	146,0	Roccia integra
8	3,12	144,0	Roccia integra
9	3,17	142,0	Roccia integra
10	3,22	140,0	Roccia integra
11	3,27	138,0	Roccia integra
12	3,32	136,0	Roccia integra
13	3,37	134,0	Roccia integra
14	3,42	132,0	Roccia integra
15	3,47	130,0	Roccia integra
16	3,52	128,0	Roccia integra
17	3,56	126,0	Roccia integra
18	3,61	124,0	Roccia integra
19	3,66	122,0	Roccia integra
20	3,71	120,0	Roccia integra
21	3,76	118,0	Roccia integra
22	3,81	116,0	Roccia integra
23	3,86	114,0	Roccia integra
24	4,22	112,0	Roccia integra
25	4,58	110,0	Roccia integra
26	4,95	108,0	Roccia integra

27	5,31	106,0	Roccia integra
28	5,68	104,0	Roccia integra
29	6,04	102,0	Roccia integra
30	7,12	100,0	Roccia integra
31	8,32	98,0	Detrito con arbusti
32	9,53	96,0	Detrito con arbusti
33	10,73	94,0	Detrito con arbusti
34	11,93	92,0	Detrito con arbusti
35	13,13	90,0	Detrito con arbusti
36	14,33	88,0	Detrito con arbusti
37	15,5	86,0	Detrito con arbusti
38	16,7	84,0	Detrito con arbusti
39	17,9	82,0	Detrito con arbusti
40	19,15	80,0	Detrito con arbusti
41	20,37	78,0	Detrito con arbusti
42	21,59	76,0	Detrito con arbusti
43	22,81	74,0	Detrito con arbusti
44	24,02	72,0	Detrito con arbusti
45	25,24	70,0	Detrito con arbusti
46	26,46	68,0	Detrito con arbusti
47	27,68	66,0	Detrito con arbusti
48	28,9	64,0	Detrito con arbusti
49	30,11	62,0	Detrito con arbusti
50	31,33	60,0	Detrito con arbusti
51	32,5	58,0	Detrito con arbusti
52	33,7	56,0	Detrito con arbusti
53	35,32	54,0	Detrito con arbusti
54	37,14	52,0	Detrito con arbusti
55	38,37	50,0	Detrito con arbusti
56	40,0	48,0	Detrito con arbusti
57	42,49	46,0	Detrito con arbusti
58	44,7	44,0	Detrito vegetato
59	45,7	42,0	Detrito vegetato
60	46,5	40,0	Detrito vegetato
61	48,6	38,0	Superficie pavimentata
62	52,14	38,0	Superficie pavimentata
63	55,3	38,0	Superficie pavimentata
64	55,5	38,0	Superficie pavimentata
65	55,52	38,0	Superficie pavimentata

**IMPATTO****Lancio n°1 Xp=3,4 m yp=132,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,44	110,78	5,681	-15,527	2,079	142,242
2,0	8,27	98,084	14,048	-12,01	0,674	175,077
3,0	38,137	50,379	14,307	-20,256	2,126	428,118
4,0	38,602	49,715	11,494	-13,197	0,032	210,443
5,0	40,083	47,933	10,599	-6,944	0,129	114,348
6,0	44,516	44,138	0,005	0,005	0,129	114,348

**Lancio n°2 Xp=3,35 m yp=134,74 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,458	110,678	6,07	-16,505	2,213	160,902
2,0	8,41	97,85	9,945	-12,579	0,651	187,969
3,0	16,595	84,174	8,761	-13,378	0,823	176,081

4,0	18,466	81,095	6,786	-10,422	0,213	105,935
5,0	19,069	80,129	4,946	-7,783	0,089	58,179
6,0	19,339	79,691	3,555	-5,766	0,054	31,384

**Lancio n°3 Xp=3,28 m yp=137,47 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,449	110,726	6,417	-17,38	2,332	178,574
2,0	8,549	97,622	10,267	-13,059	0,639	201,179
3,0	17,125	83,292	9,014	-13,781	0,835	186,685
4,0	18,811	80,543	6,846	-10,596	0,187	108,946
5,0	19,502	79,422	4,954	-8,012	0,101	60,695
6,0	19,612	79,242	3,516	-5,732	0,022	30,922

**Lancio n°4 Xp=3,21 m yp=140,21 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,437	110,792	6,746	-18,208	2,445	196,127
2,0	8,678	97,409	10,579	-13,519	0,629	214,335
3,0	17,646	82,423	9,26	-14,172	0,848	197,267
4,0	19,069	80,13	6,87	-10,733	0,154	111,115
5,0	19,767	78,989	5,017	-8,084	0,102	61,917
6,0	19,91	78,754	3,574	-5,817	0,029	31,875

**Lancio n°5 Xp=3,15 m yp=142,94 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,423	110,874	7,058	-18,994	2,553	213,579
2,0	8,8	97,206	10,881	-13,961	0,62	227,455
3,0	18,124	81,642	9,845	-14,264	0,857	207,321
4,0	21,661	75,884	7,625	-12,005	0,359	138,518
5,0	22,43	74,623	5,557	-8,962	0,101	76,067
6,0	22,598	74,347	3,956	-6,441	0,03	39,076

**Lancio n°6 Xp=3,08 m yp=147,2 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,414	110,923	7,404	-19,866	2,672	233,785
2,0	8,924	97,002	11,208	-14,444	0,609	242,153
3,0	18,591	80,895	10,08	-14,637	0,862	217,903
4,0	22,35	74,754	7,843	-12,327	0,373	146,218
5,0	23,286	73,214	5,726	-9,305	0,119	81,66
6,0	23,472	72,905	4,079	-6,695	0,033	42,031

**Lancio n°7 Xp=3,01 m yp=171,76 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,388	111,064	7,655	-20,497	2,758	248,991
2,0	9,033	96,822	11,469	-14,818	0,607	254,064
3,0	18,999	80,241	10,272	-14,937	0,869	226,667
4,0	22,961	73,75	7,962	-12,638	0,386	152,803
5,0	23,81	72,348	5,805	-9,438	0,107	83,986
6,0	23,995	72,041	4,133	-6,784	0,032	43,159

**Lancio n°8 Xp=2,94 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,983	107,819	11,507	-30,203	4,083	543,046
2,0	8,842	97,137	14,465	-19,567	0,335	420,292
3,0	21,852	75,571	12,205	-18,605	0,899	340,207
4,0	25,48	69,607	9,216	-14,654	0,297	205,122
5,0	26,333	68,208	6,653	-10,771	0,093	109,621
6,0	26,518	67,905	4,718	-7,693	0,028	55,7

**Lancio n°9 Xp=2,87 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	4,909	108,22	11,789	-30,017	4,073	540,406
2,0	9,283	96,408	14,528	-19,763	0,371	426,169
3,0	22,076	75,204	12,208	-18,637	0,881	341,022
4,0	25,638	69,348	9,207	-14,646	0,292	204,836
5,0	26,475	67,975	6,643	-10,756	0,091	109,316
6,0	26,657	67,678	4,71	-7,68	0,027	55,512

**Lancio n°10 Xp=2,8 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,937	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	4,664	109,548	11,769	-29,73	4,316	531,146
3,0	9,872	95,431	14,616	-20,023	0,443	435,421
4,0	22,373	74,717	12,211	-18,682	0,855	342,129
5,0	25,842	69,013	9,193	-14,635	0,284	204,42
6,0	26,658	67,676	6,628	-10,736	0,089	108,883
7,0	26,834	67,387	4,698	-7,662	0,027	55,249

**Lancio n°11 Xp=2,74 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,869	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	4,591	109,939	11,739	-29,659	4,306	528,576
3,0	10,013	95,195	14,669	-20,061	0,462	437,882
4,0	22,684	74,207	12,263	-18,758	0,864	344,964
5,0	26,192	68,439	9,234	-14,699	0,286	206,228
6,0	27,017	67,086	6,658	-10,784	0,089	109,865
7,0	27,196	66,793	4,719	-7,697	0,027	55,752

**Lancio n°12 Xp=2,67 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,801	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	4,519	110,339	11,403	-29,697	4,296	525,941
3,0	9,788	95,57	14,699	-19,931	0,462	436,206
4,0	23,022	73,65	12,268	-18,937	0,9	349,634
5,0	26,093	68,602	9,157	-14,627	0,25	203,797
6,0	26,811	67,424	6,581	-10,673	0,078	107,541
7,0	26,966	67,171	4,658	-7,602	0,024	54,358

**Lancio n°13 Xp=2,6 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
----	-------	-------	---------	---------	------	-------

1,0	2,732	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,938	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	4,294	111,588	11,374	-29,43	4,237	517,303
4,0	10,274	94,76	14,858	-20,074	0,526	444,232
5,0	23,987	72,054	12,424	-19,165	0,923	358,288
6,0	27,038	67,053	9,233	-14,775	0,246	207,696
7,0	27,719	65,936	6,624	-10,751	0,074	109,06
8,0	27,865	65,696	4,685	-7,648	0,022	55,013

**Lancio n°14 Xp=2,53 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,664	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,87	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	4,222	111,987	11,345	-29,355	4,227	514,686
4,0	10,398	94,554	14,906	-20,108	0,544	446,517
5,0	24,279	71,575	12,571	-19,167	0,931	361,025
6,0	27,974	65,518	9,441	-15,044	0,294	215,892
7,0	28,807	64,153	6,801	-11,019	0,088	114,684
8,0	29,069	63,721	4,83	-7,936	0,039	59,031

**Lancio n°15 Xp=2,46 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,595	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,801	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,95	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	4,018	113,121	11,311	-29,114	4,173	506,886
5,0	10,812	93,863	15,045	-20,228	0,601	453,533
6,0	25,099	70,231	12,701	-19,357	0,95	368,342
7,0	28,89	64,017	9,542	-15,203	0,298	220,479
8,0	29,993	62,193	6,93	-11,284	0,116	119,947
9,0	30,182	61,881	4,936	-8,034	0,027	60,813
10,0	30,24	61,786	3,481	-5,689	0,012	30,423

**Lancio n°16 Xp=2,39 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,527	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,733	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,881	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,988	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	3,827	115,327	1,444	-30,625	4,094	492,11
6,0	3,899	113,783	8,0	-23,66	0,05	325,128
7,0	8,917	97,013	12,948	-16,424	0,627	319,296
8,0	22,203	74,995	11,404	-17,116	1,026	291,334
9,0	25,99	68,77	8,729	-13,806	0,332	182,671
10,0	26,886	67,302	6,334	-10,233	0,103	99,063
11,0	27,081	66,982	4,501	-7,333	0,031	50,633

**Lancio n°17 Xp=2,33 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,459	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,665	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195



3,0	2,813	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,92	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,997	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	3,63	123,207	1,392	-28,959	3,863	440,076
7,0	4,111	112,604	8,411	-24,568	0,346	351,39
8,0	8,892	97,055	13,081	-16,749	0,568	328,208
9,0	22,046	75,253	11,455	-17,228	1,006	294,69
10,0	25,785	69,107	8,752	-13,853	0,326	183,833
11,0	26,669	67,658	6,347	-10,256	0,101	99,506
12,0	26,861	67,343	4,509	-7,347	0,03	50,82

**Lancio n°18 Xp=2,26 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,39	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,596	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,745	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,852	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,928	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,984	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°19 Xp=2,19 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,322	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,528	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,676	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,783	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,86	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,915	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°20 Xp=2,12 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,253	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,459	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,608	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,715	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,792	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,847	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°21 Xp=2,05 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,185	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,391	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,539	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,646	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,723	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,779	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°22 Xp=1,98 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,117	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727

2,0	2,323	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,471	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,578	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,655	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,71	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°23 Xp=1,92 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	2,048	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,254	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,403	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,51	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,586	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,642	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°24 Xp=1,85 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,98	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,186	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,334	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,441	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,518	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,573	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°25 Xp=1,78 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,911	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,117	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,266	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,373	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,45	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,505	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°26 Xp=1,71 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,843	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	2,049	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,197	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,304	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,381	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,437	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°27 Xp=1,64 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,775	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,981	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,129	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,236	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,313	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,368	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°28 Xp=1,57 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,706	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,912	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	2,061	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,168	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,244	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,3	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°29 Xp=1,5 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,638	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,844	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,992	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,099	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,176	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,231	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°30 Xp=1,44 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,569	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,775	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,924	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	2,031	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,108	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,163	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°31 Xp=1,37 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,501	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,707	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,855	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,962	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	2,039	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,095	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°32 Xp=1,3 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,433	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,639	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,787	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,894	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,971	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	2,026	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°33 Xp=1,23 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
----	-------	-------	---------	---------	------	-------

1,0	1,364	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,57	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,719	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,826	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,902	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,958	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°34 Xp=1,16 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,296	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,502	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,65	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,757	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,834	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,889	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°35 Xp=1,09 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,227	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,433	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,582	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,689	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,766	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,821	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°36 Xp=1,03 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,159	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,365	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,513	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,62	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,697	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,753	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°37 Xp=0,96 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,091	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,297	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,445	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,552	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,629	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,684	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°38 Xp=0,89 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	1,022	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,228	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,377	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,484	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,56	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152

---



---

6,0	1,616	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

---



---

**Lancio n°39 Xp=0,82 m yp=190,0 m**


---



---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,954	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,16	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,308	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,415	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,492	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,547	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

---



---

**Lancio n°40 Xp=0,75 m yp=190,0 m**


---



---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,885	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,091	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,24	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,347	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,424	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,479	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

---



---

**Lancio n°41 Xp=0,68 m yp=190,0 m**


---



---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,817	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	1,023	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,171	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,278	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,355	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,411	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

---



---

**Lancio n°42 Xp=0,62 m yp=190,0 m**


---



---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,749	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	0,955	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,103	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,21	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,287	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,342	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

---



---

**Lancio n°43 Xp=0,55 m yp=190,0 m**


---



---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,68	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	0,886	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	1,035	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,142	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,218	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,274	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

---



---

**Lancio n°44 Xp=0,48 m yp=190,0 m**


---



---

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
----	-------	-------	---------	---------	------	-------

---



---

1,0	0,612	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	0,818	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	0,966	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,073	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,15	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,205	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°45 Xp=0,41 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,543	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	0,749	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	0,898	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	1,005	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,082	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,137	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°46 Xp=0,34 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,475	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	0,681	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	0,829	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	0,936	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	1,013	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,069	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°47 Xp=0,27 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,407	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	0,613	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	0,761	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	0,868	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	0,945	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	1,0	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°48 Xp=0,21 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,338	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	0,544	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	0,693	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	0,8	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	0,876	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	0,932	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°49 Xp=0,14 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,27	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	0,476	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	0,624	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	0,731	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427

5,0	0,808	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	0,863	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Lancio n°50 Xp=0,07 m yp=190,0 m**

Ni	xi(m)	yi(m)	vx(m/s)	vy(m/s)	t(s)	E(KJ)
1,0	0,201	190,0	0,4	2,528	0,266	2,727
2,0	0,407	190,0	0,32	2,275	0,515	2,195
3,0	0,556	190,0	0,256	2,047	0,464	1,769
4,0	0,663	190,0	0,205	1,843	0,417	1,427
5,0	0,74	190,0	0,164	1,658	0,376	1,152
6,0	0,795	190,0	0,131	1,493	0,338	0,931

**Tipologie definite n°1**

Nb°	H(cm)	Spes.	alfa(°)	E(KJ)
1,0	400,0	30,0	70,0	500,0

**Opere di protezione inserite n°1**

nb°	Tipo	xb(m)	yb(m)	E(KJ)
1,0	1,0	44,515	44,167	500,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°1**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,003	15,309	78,541

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°2**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°3**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°4**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°5**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°6**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°7**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°8**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°9**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°10**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°11**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°12**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]



1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0
-----	--------	--------	-----	-----	-----

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°13**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°14**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°15**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°16**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°17**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°18**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°19**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°20**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°21**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°22**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°23**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°24**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°25**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°26**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°27**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]

1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0
-----	--------	--------	-----	-----	-----

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°28**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°29**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°30**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°31**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°32**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°33**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°34**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°35**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°36**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°37**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°38**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°39**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°40**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°41**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°42**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]

1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0
-----	--------	--------	-----	-----	-----

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°43**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°44**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°45**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°46**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°47**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°48**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettorie n°49**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**Energia sulle barriere paramassi: Traiettoria n°50**

n°	Xb(m)	Yb(m)	Hp[m]	V[m/s]	E[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,0	0,0	0,0

**(HpMax) Altezza massima, (Vmax) Velocità massima, (Emax) Energia massima del masso sulla barriera.**

Barriera N°	Xb(m)	Yb(m)	HpMax[m]	Vmax[m/s]	Emax[KJ]
1,0	44,515	44,167	0,003	15,309	78,541

**ELABORAZIONI STATISTICHE**

Velocità massima	40,256 m/s
Velocità minima	1,666 m/s
Velocità media	9,387 m/s
Scarto quadratico medio	11,51 m/s
<b>Energia massima pre-impatto</b>	<b>543,046 KJ</b>
Energia media pre-impatto	73,789 KJ
Scarto quadratico energia	134,95 KJ
Ascissa media di arresto	10,222 m
Ascissa massima raggiunta	44,516 m

**% Massi fermati**

X (m)	% Massi fermati
3,42	66
8,42	66
13,42	66
18,42	66
23,42	74
28,42	94
33,42	98
38,42	98
43,42	98
48,42	100
53,42	100

## ALLEGATO 2

### RILIEVO GEO-STRUTTURALE

#### Premessa

Il programma RLGM ha lo scopo di rappresentare ed elaborare il rilievo geo-strutturale di discontinuità di ammassi rocciosi eseguito in sito con il metodo della bussola e del clinometro, secondo le raccomandazioni ISRM.

Le discontinuità in un ammasso roccioso condizionano, in modo più o meno evidente, il comportamento meccanico dell'ammasso stesso e del modello geotecnico alla base di qualsiasi calcolo; è quindi importante, al fine di una corretta valutazione delle condizioni di stabilità, una precisa descrizione della struttura della massa e delle discontinuità sia in termini qualitativi che quantitativi.

Per la determinazione del modello geotecnico dell'ammasso verranno, quindi, illustrati nella presente le fasi di rilievo delle giaciture, riferite alle condizioni geostrutturali (spaziatura, apertura, persistenza) e alle condizioni idrauliche e di resistenza delle discontinuità (scabrezza, resistenza delle pareti, grado di alterazione, materiali di riempimento).

Il procedimento utilizzato per l'esecuzione del rilievo è quello descritto nelle raccomandazioni ISRM, tradotte in italiano da O. Del Greco nella Rivista Italiana di Geotecnica - R.I.G. 2/93; il titolo originale delle raccomandazioni è "*Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses*".

#### Rilievo delle discontinuità

Discontinuità (Discontinuity)

È il termine generale per qualsiasi interruzione di continuità in una massa rocciosa avente resistenza a trazione bassa o nulla. È il termine collettivo per la maggior parte delle fessure, dei piani di stratificazione, dei piani di scistosità, delle zone di indebolimento e delle faglie.

I dieci parametri scelti nelle Raccomandazioni ISRM per descrivere le discontinuità e le masse rocciose sono definiti come segue:

##### 1) *Orientazione*

Posizione della discontinuità nello spazio. Le superfici di discontinuità possono essere rappresentate come un piano la cui giacitura è individuata da una coppia di angoli ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) o ( $\alpha$ ,  $\gamma$ ) dove  $\alpha$  è l'*inclinazione*,  $\gamma$  la *direzione* e  $\beta$  l'*azimut* della discontinuità (nella terminologia anglosassone rispettivamente *dip*, *strike* e *dip direction* riferita ad un piano).

La strumentazione utilizzata è una bussola munita di livella a bolla d'aria e di un coperchio piano, che viene poggiato sulla superficie della discontinuità facendolo ruotare attorno ad un asse orizzontale (clinometro).

La massima inclinazione del piano medio della discontinuità  $\alpha$  (*dip*) è misurata con il clinometro ed è espressa in gradi con numeri di due cifre, da 00° a 90°.

L'azimut della immersione  $\beta$  (*dip direction*) è misurato in gradi contati in senso orario rispetto al Nord ed è espresso con un numero di tre cifre da 000° a 360°.

La coppia (*dip*, *dip direction*) rappresenta il vettore immersione.

Le misure vengono eseguite lungo una linea di campionamento, materializzata sul fronte roccioso con una bandella metrica fissata alle estremità del rilievo, vengono quindi rilevate tutte le discontinuità incontrate procedendo da una estremità all'altra.

## 2) Spaziatura (S)

Distanza tra discontinuità adiacenti misurata in direzione ortogonale alle discontinuità stesse. Normalmente ci si riferisce alla spaziatura media o modale di un sistema di fessure. Essa, unitamente all'orientazione ed alla persistenza, determina la forma e le dimensioni dei blocchi in cui si divide l'ammasso roccioso. Poiché la misura  $d$ , espressa in cm, viene eseguita ortogonalmente alla discontinuità, deve essere corretta tenendo conto dell'angolo  $\delta$  tra la discontinuità e la linea di campionamento:  $S = d \cdot \sin \delta$ . Per ciascuna famiglia si definisce così una distribuzione di frequenza che si può rappresentare con istogrammi; la distribuzione della spaziatura è alla base della classificazione ISRM riportata nella Tab.1.

<i>Descrizione</i>	<i>Spaziatura</i>
Sp. estremamente stretta	< 2 cm
Spaziatura molto stretta	2÷6 cm
Spaziatura stretta	6÷20 cm
Spaziatura moderata	20÷60 cm
Spaziatura larga	60÷200 cm
Spaziatura molto larga	200÷600 cm
Sp. estremamente larga	> 600 cm

**Tab.1:** Classificazione ISRM in base alla spaziatura.

## 3) Continuità o Persistenza

Lunghezza della traccia della discontinuità osservata in un affioramento. Può dare una misura grossolana dell'estensione areale o della profondità di penetrazione di una discontinuità. Il fatto che il piano di discontinuità termini in roccia massiccia o contro altre discontinuità, riduce la persistenza. Nella Tab.2 è riportata la classificazione ISRM in funzione della persistenza

<i>Descrizione</i>	<i>Persistenza</i>
Pers. molto bassa	<1 m
Persistenza bassa	1÷3 m
Persistenza media	3÷10 m



Persistenza alta	10÷20 m
Persistenza molto alta	>20 m

**Tab.2:** Classificazione ISRM in base alla persistenza.

#### 4) *Scabrezza*

Rugosità delle superfici affacciate di una discontinuità e ondulazione relativamente al piano medio delle discontinuità. Sia la rugosità che il suo andamento morfologico contribuiscono alla resistenza di taglio, specialmente nel caso di strutture interconnesse e senza spostamenti relativi. L'importanza della rugosità diminuisce con l'aumentare dell'apertura della discontinuità stessa.

In termini generali la rugosità può essere caratterizzata da una ondulazione e da una rugosità vera e propria; nel primo caso la forma della ondulazione provoca la dilatanza in caso di scorrimento trasversale, nel secondo caso la forma della rugosità tende ad essere rotta in caso di scorrimento.

La metodologia e la strumentazione per eseguire il rilievo sono riportate nelle Raccomandazioni ISRM che si ricordano qui di seguito.

La rugosità si può rilevare in due modi diversi:

1. qualora si conosca la direzione di scorrimento potenziale, la rugosità può essere rilevata con profili lineari scelti parallelamente a questa direzione. In molti casi la direzione di scorrimento è parallela alla direzione di immersione. Nei casi in cui lo scorrimento è condizionato da due differenti piani di discontinuità intersecatisi, la direzione di potenziale scorrimento è parallela alla linea di intersezione dei piani. Nel caso di stabilità della spalla di una diga ad arco, la direzione dello scorrimento potenziale può avere una rilevante componente orizzontale.
2. nel caso in cui non si conosca la direzione dello scorrimento potenziale, ma sia molto importante conoscerla, la rugosità può essere misurata in tre dimensioni anziché in due. Ciò può essere fatto con una bussola ed un clinometro a disco. Le letture della inclinazione e della direzione possono essere rese graficamente come poli su reticoli equiarea. In alternativa le superfici di discontinuità possono venire rilevate usando il metodo fotogrammetrico. Questa può risultare un'utile tecnica quando le superfici critiche siano inaccessibili.



Le (x) e le (y) lette sono tabulate insieme all'azimut e all'inclinazione della base di misura. Queste ultime possono essere differenti dall'orientazione *dip /dip direction* della discontinuità.

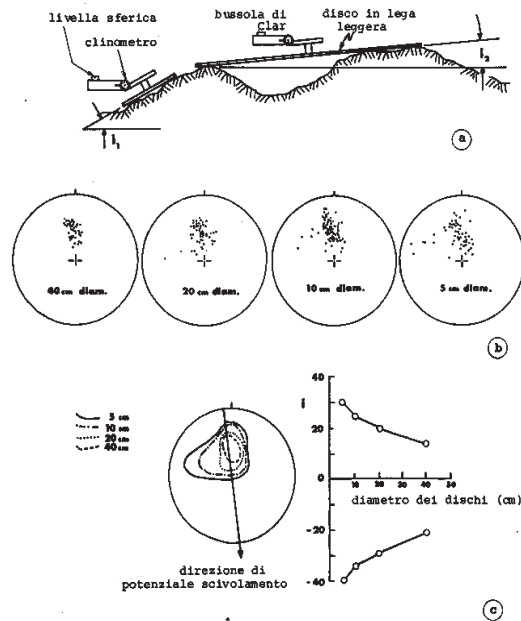


Figura 2

I profili tipici della rugosità minima, media e massima vengono rilevati usando il suddetto procedimento. Essi possono essere riferiti ad un intero sistema di discontinuità, ad una discontinuità critica, o a ciascuna superficie misurata, in funzione del grado di dettaglio richiesto. L'angolo di ondulazione (i), illustrato in Figura 1, dovrebbe essere misurato con l'asta rigida ed il clinometro, qualora il profilo rilevato sia così corto da non poter includere l'intera ondulazione.

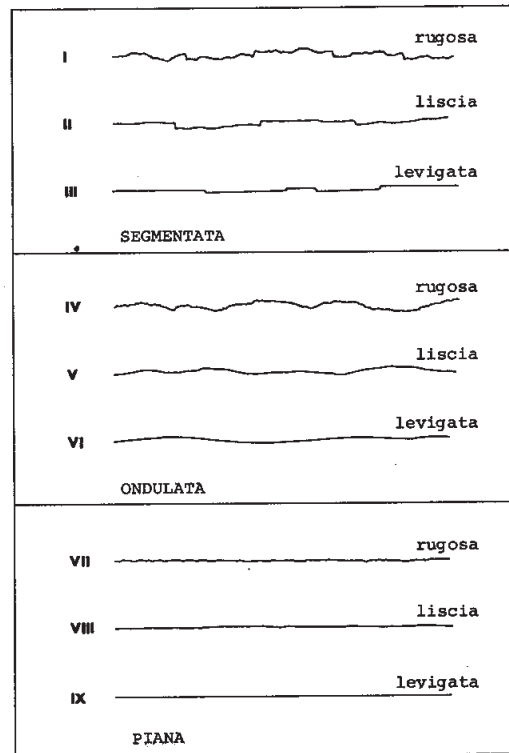


Figura 3

La lunghezza e l'ampiezza approssimativa di un'ondulazione troppo ampia per essere rilevata con il profilo lineare, dovrebbero essere stimate o misurate quando non vi sono problemi di accessibilità.

Fotografie raffiguranti le superfici con rugosità minima, media e massima dovrebbero essere riprese con un regolo di 1 metro posto ben in vista a contatto della superficie in esame.

Bussola e clinometro a disco. Le discontinuità scelte devono essere tali da essere accessibili e tipiche della superficie di potenziale scivolamento. Gli angoli di rugosità (i) su piccola scala (Figura 2) si misurano posizionando il disco di maggior diametro (per es. quello di 40 cm di diametro) sulla superficie della discontinuità in almeno 25 posizioni diverse, e registrando sia l'inclinazione che la direzione di massima pendenza per ciascuna posizione. (Si prende in considerazione una superficie almeno dieci volte maggiore di quella del disco di maggior diametro).

Nella impossibilità di eseguire le procedure sopra descritte, le Raccomandazioni ISRM, consigliano l'uso di termini descrittivi della rugosità che possono essere riassunti nella figura 3.

#### *Valutazione della resistenza a taglio*

La rugosità dà indicazioni per la valutazione della resistenza a taglio delle discontinuità non riempite.

I valori di  $\phi$  di picco possono essere stimati con la relazione:

$$\phi_{picco} = JRC \times \log_{10} \frac{JCS}{\sigma_n} + \phi_r$$

dove:

JRC = coefficiente di rugosità della discontinuità

JCS = resistenza a compressione delle pareti della discontinuità

$\phi_r$  = angolo di attrito residuo

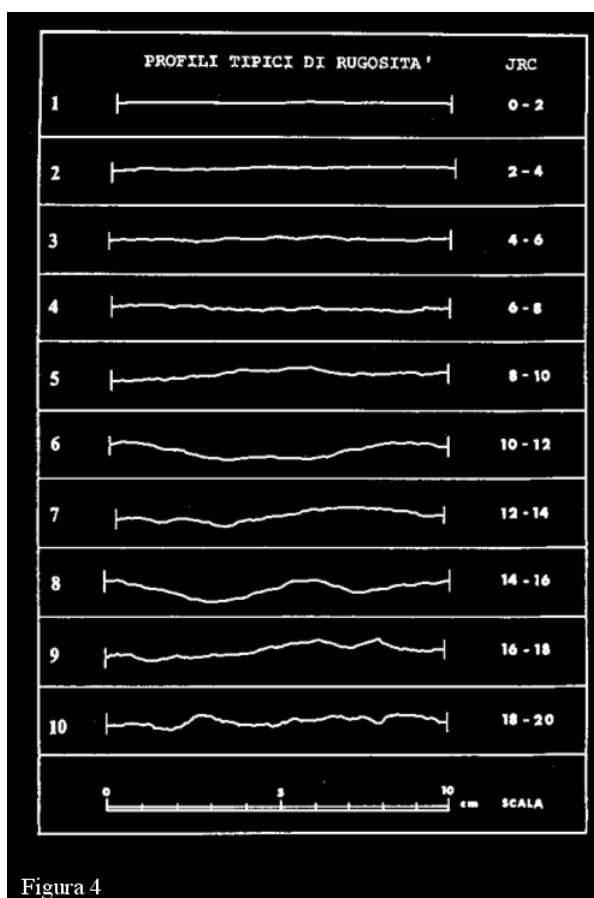


Figura 4

Il valore di JRC viene ricavato dai grafici di Figura 4, i valori di JCS e  $\phi_r$  si ricavano dalle prove con il martello di Schmidt, eseguite sia sulla parete della discontinuità, sia su una frattura fresca del materiale roccioso intatto.

Altro parametro utile per la classificazione dell'ammasso roccioso è il Jr ("Joint Roughness Number") che dipende dalla rugosità delle pareti del giunto i cui valori sono riassunti nella Tab. 3.

##### 5) Resistenza delle pareti

Resistenza a compressione equivalente dei lembi affacciati di una discontinuità. Può essere minore della resistenza della roccia massiccia per l'esposizione agli agenti atmosferici o per l'alterazione delle pareti. Costituisce una componente rilevante della resistenza di taglio se le pareti sono a contatto.

Gli effetti dell'azione atmosferica sono di due tipologie principali: disgregazione meccanica e decomposizione chimica. La prima si manifesta con l'ampliarsi di discontinuità preesistenti o con la formazione di nuove, l'apertura di fratture intergranulari e la rottura di singoli individui minerali.

La seconda si manifesta con una decolorazione della roccia e porta ad una decomposizione dei minerali silicati in minerali argillosi. Nel caso di rocce carbonatiche e saline è molto importante il fenomeno della dissoluzione.

	<i>Class.</i>	<i>Scabrezza</i>	<i>Jr</i>
Giunti chiusi o con tratteanti < 10cm	A	Fratture discontinue	4
	B	Rugose, irregolari, ondulate	3
	C	Ondulate, lisce	2
	D	Ondulate a facce levigate	1,5
	E	Planari, ruvide o irregolari	1,5
	F	Planari, lisce	1
	G	Planari a facce levigate	0,5
Giunti aperti	H	Minerali argillosi nei giunti, fratture non a contatto	1
	I	Zone sabbiose, ghiaiose o fratturate	1

Tab. 3 Coefficiente Jr

La resistenza delle pareti, come già visto, può essere valutata con il martello di Schmidt e con saggi di scalfitura. Altro parametro utile per la classificazione dell'ammasso roccioso è il Ja ("Joint Alteration Number") che dipende dal grado di alterazione delle fratture, dallo spessore e dalla natura del riempimento; i valori sono riassunti nella Tab. 4:

<i>Class.</i>	<i>Alterazione delle superfici</i>	<i>Ja</i>
A	Riempimento impermeabile, duro, strettamente cicatrizzato	0,75
B	Bordi fratture inalterati, superfici autoreggentesi	1
C	Bordi fratture leggermente alterati, rivestiti di minerali non ammorbiditi, particelle sabbiose	2
D	Rivestimento limoso-argilloso o sabbioso argilloso	3
E	Rivestimento di minerali ammorbiditi con argille rigonfianti	4
F	Particelle sabbiose, roccia disgregata libera da argilla	4
G	Riempimenti di minerali argillosi non rigonfianti, continui	6
H	Riempimenti di minerali argillosi ammorbiditi	8
I	Riempimenti di minerali argillosi rigonfianti	8÷12

Tab. 4 Coefficiente Ja

Nelle Raccomandazione ISRM viene aggiunto un altro indice, W, che varia da 1 (roccia fresca o poco alterata) a 6 (roccia estremamente alterata), si riporta in tabella la classificazione completa:

<i>Denominazione</i>	<i>Descrizione</i>	<i>W</i>
Fresca	Non vi sono segni visibili di alterazione del materiale roccioso; tuttalpiù una leggera decolorazione sulla superficie delle maggiori discontinuità	1
Leggermente alterata	La decolorazione indica un'alterazione del materiale roccioso e delle superfici di discontinuità. Tutto il materiale roccioso può essere decolorato e talvolta può essere esternamente meno resistente della roccia fresca all'interno	2
Moderatamente alterata	Meno della metà del materiale roccioso è decomposto e/o disgregato come un terreno. Roccia fresca o decolorata è presente o come uno scheletro continuo o all'interno di singoli blocchi.	3
Fortemente alterata	Più della metà del materiale roccioso è decomposto e/o disgregato come un terreno. Roccia fresca o decolorata è presente o come uno scheletro discontinuo o all'interno di singoli blocchi.	4
Completamente alterata	Tutto il materiale roccioso è decomposto e/o disgregato come un terreno. La struttura massiva originaria è ancora largamente intatta.	5
Suolo residuale	Tutto il materiale roccioso è diventato un terreno. Le strutture della massa e dei materiali rocciosi sono distrutte. Vi è un forte cambiamento di volume ma il terreno non ha subito trasporti significativi.	6

**Tab.5** Coefficiente W

#### 6) Apertura

Distanza tra i lembi affacciati di una discontinuità in cui lo spazio interposto è riempito di aria o acqua.

Le aperture sottili possono essere misurate con calibro, mentre quelle larghe con regolo graduato in mm. Esse sono rilevate lungo l'intersezione con l'allineamento del rilievo.

In base alle misure eseguite, le Raccomandazioni ISRM propongono la seguente classificazione:

<i>Apertura</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Discontinuità</i>
<0,1 mm	Molto stretta	Chiusa
0,1÷0,25 mm	Stretta	
0,25÷2,5 mm	Parzialmente aperta	
0,5÷2,5 mm	Aperta	Semi-aperte
2,5÷10 mm	Moderatamente larga	
>10 mm	Larga	

1÷10 cm	Molto larga	Aperte
10÷100 cm	Estremamente larga	
> 1 m	Caveronosa	

**Tab.6** Classificazione ISRM in base alla apertura

#### 7) Riempimento

Materiale che separa le pareti adiacenti di una discontinuità e che è di solito meno resistente della roccia primitiva.

Tipici materiali di riempimento sono sabbia, limi, argilla, breccia più o meno fine, milonite. Include anche sottili strati di minerali e discontinuità saldate, per esempio vene di quarzo e calcite.

La presenza di materiale di riempimento influenza il comportamento del giunto nei riguardi del movimento reciproco delle pareti della discontinuità, nel rilievo sono indicati quindi la caratteristica in riferimento alla sua durezza (R: rigido - P: plastico).

#### 8) Filtrazione

Flusso d'acqua e abbondante umidità, visibile nelle singole discontinuità o nella massa rocciosa nel suo insieme.

Le raccomandazioni ISRM forniscono degli schemi descrittivi per stimare la filtrazione attraverso discontinuità senza riempimento (Tab. 7), discontinuità con riempimento (Tab. 8) e una massa rocciosa (Tab. 9).

<i>Grado di filtrazione</i>	<i>Descrizione</i>
1	La discontinuità è molto chiusa e asciutta; il flusso lungo di essa non appare possibile.
2	La discontinuità è asciutta senza alcun evidente flusso d'acqua.
3	La discontinuità è asciutta ma mostra segni evidenti di flusso d'acqua, come tracce di ossidazione, etc
4	La discontinuità è umida ma non vi è presenza di acqua libera
5	La discontinuità mostra filtrazione, occasionali gocce d'acqua ma non flusso continuo.
6	La discontinuità mostra un flusso continuo di acqua, (stimare la portata in l/min e descrivere se la pressione è bassa, media, o alta).

**Tab. 7** Discontinuità senza riempimento



<i>Grado di filtrazione</i>	<i>Descrizione</i>
1	I materiali di riempimento sono decisamente consolidati e asciutti; un flusso significativo appare improbabile per via della permeabilità molto bassa.
2	I materiali di riempimento sono umidi ma non c'è presenza di acqua libera
3	I materiali di riempimento sono bagnati; occasionali gocce d'acqua
4	I materiali di riempimento mostrano segni di dilavamento; flusso continuo di acqua, (valutare la portata in l/min.).
5	I materiali di riempimento sono localmente dilavati; considerevole flusso di acqua lungo i canali di dilavamento (stimare la portata in l/min. e descrivere la pressione, se bassa, media o alta).
6	I materiali di riempimento sono completamente dilavati; si osservano alte pressioni dell'acqua specialmente al momento dell'esposizione (stimare la pressione in l/min. e descrivere la pressione)

**Tab. 8** Discontinuità con riempimento

<i>Grado di filtrazione</i>	<i>Descrizione</i>
1	Pareti e corona asciutti; nessuna filtrazione rilevabile
2	Piccola filtrazione; specificare le discontinuità gocciolanti
3	Flusso medio; specificare le discontinuità con flusso continuo, (stimare la portata in l/min su una lunghezza di scavo di 10 m)
4	Flusso alto; specificare le discontinuità con flusso intenso, (stimare la portata in l/min./10 m di lunghezza di scavo)
5	Flusso eccezionalmente alto; specificare la sorgente di tale flusso, (stimare la portata in l/min./10 m di lunghezza di scavo).

**Tab. 9** Massa rocciosa (es.: contorno galleria)

### 9) Numero di sistemi di discontinuità

Definisce l'insieme dei sistemi presenti. La massa rocciosa può essere ulteriormente divisa da discontinuità di carattere singolare.

In fase di rilievo vengono presi in considerazione tutti i sistemi presenti nel fronte; diagrammando i poli delle discontinuità e quindi contornando con linee di ugual densità, si possono ricavare i sistemi principali.

Secondo le Raccomandazioni ISRM, le discontinuità che compaiono localmente possono essere classificati secondo la Tab. 10:

<b>Grado</b>	<b>Descrizione</b>
1	massa continua; discontinuità occasionali e casuali
2	un sistema di discontinuità
3	un sistema più discontinuità casuali
4	due sistemi di discontinuità
5	due sistemi più discontinuità casuali
6	tre sistemi di discontinuità
7	tre sistemi più discontinuità casuali
8	quattro o più sistemi di discontinuità
9	roccia fratturata simile a un terreno

**Tab. 10** Classificazione ISRM in base ai sistemi di discontinuità

Altro parametro utile per la classificazione dell'ammasso roccioso è il  $J_n$  ("Joint Set Number") che dipende dal numero di sistemi di giunti presenti nell'ammasso roccioso; i valori sono riassunti nella Tab. 11:

<b>Class.</b>	<b>Descrizione</b>	<b><math>J_n</math></b>
A	Roccia compatta o poche discontinuità	0÷1
B	un sistema di discontinuità	2
C	un sistema più discontinuità casuali	3
D	due sistemi di discontinuità	4
E	due sistemi più discontinuità casuali	9
F	tre sistemi di discontinuità	6
G	tre sistemi più discontinuità casuali	12
H	quattro o più sistemi di discontinuità	15

I	roccia fratturata simile a un terreno	20
---	---------------------------------------	----

Tab. 11 Classificazione in base al Jn

#### 10) Dimensione dei blocchi

Dimensioni del blocco roccioso risultante dalla reciproca orientazione dei sistemi di fratture che si intersecano e dalla spaziatura dei singoli sistemi. Discontinuità singolari possono ulteriormente influenzare il volume roccioso unitario e la sua forma.

L'indice della dimensione dei blocchi ( $I_b$ ) rappresenta le dimensioni medie dei blocchi di roccia tipici. Nel caso di due di sistemi di discontinuità perpendicolari tra di loro e la stratificazione danno origine a una forma dei blocchi cubica o prismatica, in tal caso il valore di  $I_b$  è:

$$I_b = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{3}$$

dove  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$  rappresentano le medie dei valori modali delle singole spaziature.

#### Rappresentazione grafica del rilievo delle giaciture

La rappresentazione delle discontinuità nel programma è possibile secondo diverse tipologie:

- I. Reticolo di Wulff
- II. Reticolo di Schmidt-Lambert
- III. Reticolo stereografico polare
- IV. Reticolo polare equiareale
- V. diagramma a stella
- VI. Rappresentazione tramite istogrammi delle principali caratteristiche (spaziatura, apertura, persistenza)

#### RETICOLO DI WULFF

Rappresenta la proiezione stereografica dei meridiani e paralleli terrestri su un piano passante per il centro e per i due poli. Si tratta di una proiezione di tipo isogono, in cui gli angoli tra i singoli piani vengono mantenuti sulle relative proiezioni, per cui le aree definite dall'intersezione tra due paralleli e due meridiani vengono fortemente distorte procedendo dal centro del reticolo verso i bordi.

#### RETICOLO DI SCHMIDT-LAMBERT

Viene utilizzato per evitare le distorsioni areali del reticolo di Wulff e quindi adatto ad interpretazioni di tipo statistico. Le ciclografiche sono rappresentate da archi di ellissi.

#### RETICOLO STEREOGRAFICO POLARE EQUIANGOLARE ED EQUIAREALE

Sono simili ai precedenti, dove vengono rappresentati i poli delle discontinuità.

## DIAGRAMMA A STELLA

Rappresenta i dati di giacitura: le osservazioni sono presentate su un riferimento circolare segnato da  $0^\circ$  a  $360^\circ$ , con linee radiali a intervalli di  $10^\circ$ . Le osservazioni sono raggruppate nel settore di  $10^\circ$  a cui appartengono. Il numero di osservazioni è rappresentato nella direzione radiale, con cerchi concentrici numerati, ciascuno relativo a 5, 10 e 15 osservazioni.

## DIAGRAMMA DI ISODENSITA'

Dalla distribuzione sul reticolo dei poli corrispondenti ad un significativo insieme dei dati, è possibile riconoscere una serie di famiglie di discontinuità. Per raggiungere questo scopo si tracciano i diagrammi di isodensità, luogo dei centri di aree unitarie che contengono ugual numero di poli. L'area unitaria è convenzionalmente pari all'1% dell'area totale del diagramma.

Il metodo utilizzato per ricercare la distribuzione della densità dei poli è quello messo a punto da Denness che ha suddiviso la sfera di riferimento in 100 celle elementari.

Proiettata sul diagramma di Schmidh, una cella generica, assume un contorno curvilineo conservando l'area, che contiene un certo numero di poli. Per la costruzione del reticolo, Denness suddivide il cerchio secondo un certo numero di anelli (7 per il reticolo di tipo A e 6 per il reticolo di tipo B), ciascun anello conterrà un certo numero di celle di numero crescente dal centro verso l'esterno del diagramma.

Il reticolo di tipo A è adatto per analisi nelle quali i poli si concentrano in prossimità della circonferenza esterna (famiglie subverticali), mentre il diagramma di tipo B è adatto per superfici inclinate o suborizzontali.

## TEST DI MARKLAND

Lo scopo del test di Markland è quello di quantificare la possibilità della rottura di un cuneo di roccia nel quale lo scorrimento avviene lungo la linea di intersezione di due discontinuità planari.

Il fattore di sicurezza del pendio dipende dalla inclinazione della linea di intersezione, dalla resistenza a taglio della superficie della discontinuità e dalla geometria del cuneo. Il caso limite si verifica quando il cuneo degenera in un piano, cioè i due piani hanno inclinazione ed immersione coincidenti e quando la resistenza a taglio di questo piano è dovuta solo all'attrito. Lo scorrimento, in queste condizioni, si verifica quando l'inclinazione del piano è maggiore dell'angolo di attrito e si può eseguire una verifica di stabilità preliminare confrontando l'inclinazione della linea di intersezione dei due piani e l'angolo di attrito della superficie rocciosa: il pendio è potenzialmente instabile quando il punto, in un diagramma equiareale, che definisce la linea di intersezione dei due piani cade all'interno dell'area delimitata dal grande cerchio che rappresenta il pendio ed il cerchio che rappresenta l'angolo di attrito.

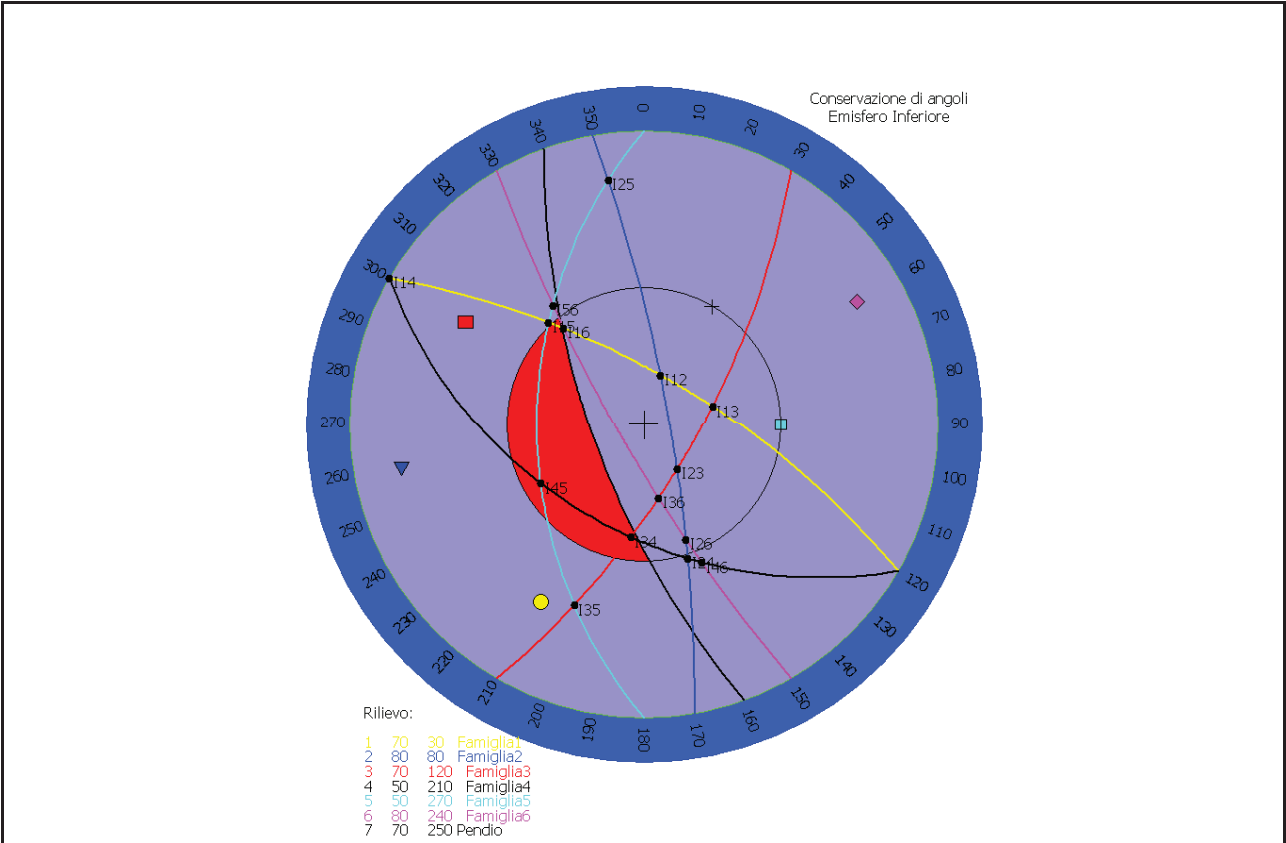
E' da tener presente che il test è stato implementato per valutare le discontinuità critiche, a questo test devono seguire verifiche di stabilità più approfondite.

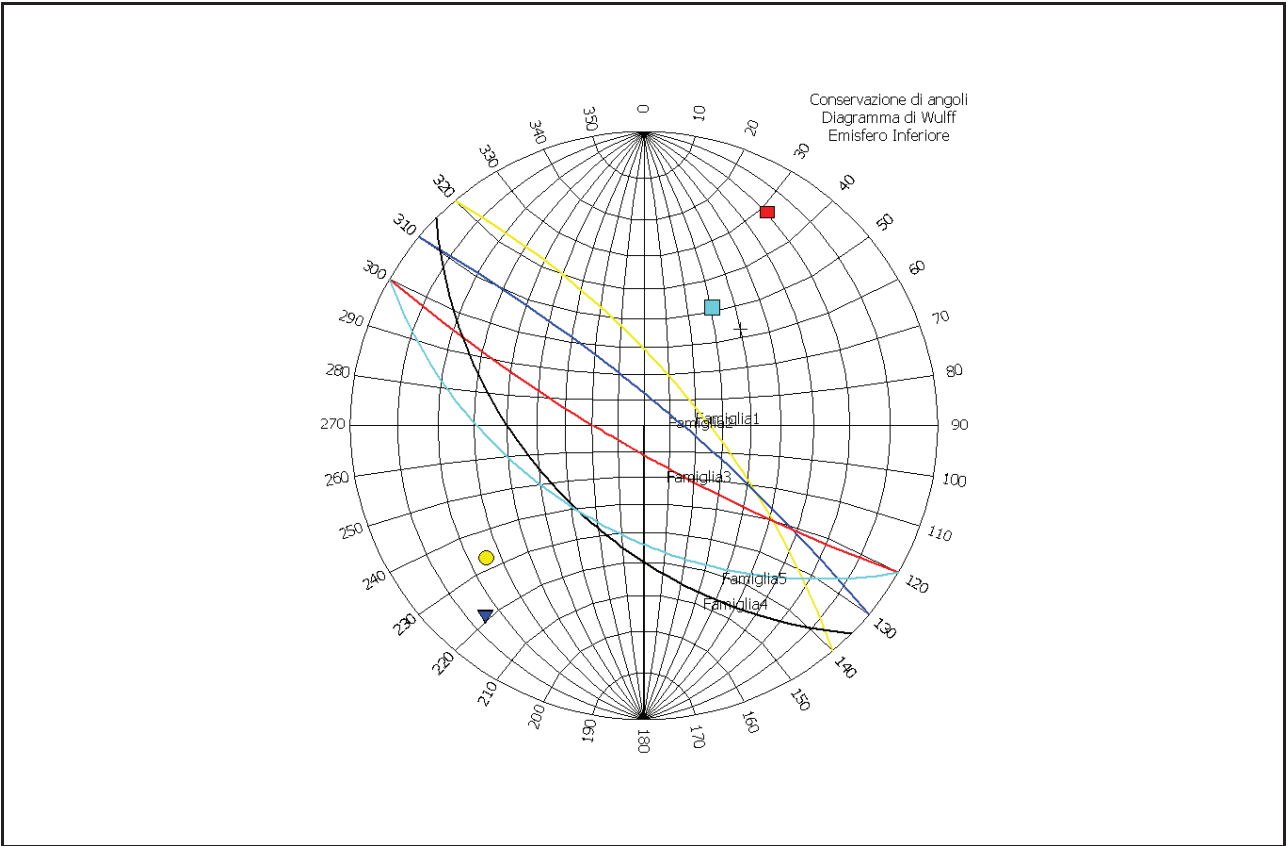
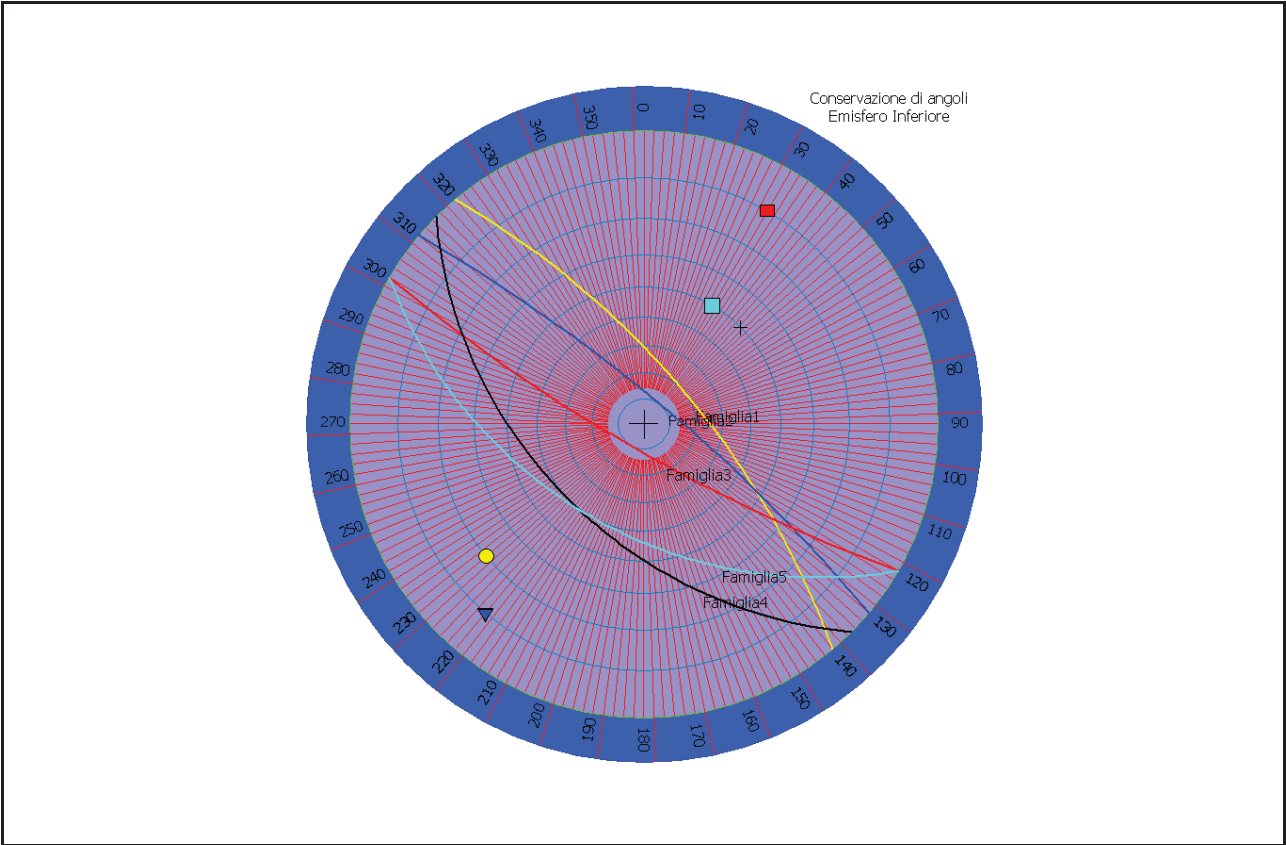
Un ulteriore sviluppo del test di Markland è stato implementato da Hocking; il test infatti prevede la possibilità che lo scorrimento avvenga lungo uno dei piani che costituiscono il cuneo e non solo lungo la linea di intersezione dei due piani stessi.

Infatti se è soddisfatto il test di Markland e l'immersione di uno dei piani cade tra l'immersione del pendio e la direzione della linea di intersezione, lo scorrimento avverrà sul piano piuttosto che lungo la linea di intersezione.

Nr.	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Famiglia	Distanza (cm)	Lunghezza (m)	Apertura (mm)	Rugosità (mm)	JRC	Riempimento	Grado di alterazione	Prove indice manuale (Mpa)	Prove Martello di Schmidt	Grado di filtrazione	Note
1	50	70	Famiglia1	0	0	0		0			0	0		
2	40	80	Famiglia2	0	0	0		0			0	0		
3	210	80	Famiglia3	0	0	0		0			0	0		
4	225	50	Famiglia4	0	0	0		0			0	0		
5	210	50	Famiglia5	0	0	0		0			0	0		

Nr.	Inclinazione (°)	Immersione (°)	Famiglia
1	70	030	Famiglia1
2	80	080	Famiglia2
3	70	120	Famiglia3
4	50	210	Famiglia4
5	50	270	Famiglia5
6	80	240	Famiglia6





**Rottura lungo l'intersezione tra il piano 3 e il piano 4**

**modulo intersezione: 77,67 modulo pendio: 71,13 modulo Attrito: 93,26**

**ROTTURA LUNGO IL PIANO: 4**

**Rottura lungo l'intersezione tra il piano 4 e il piano 5**

**modulo intersezione: 81,00 modulo pendio: 35,78 modulo Attrito: 93,26**



## ALLEGATO 3

### CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO SECONDO IL METODO DI BARTON (SISTEMA Q)

#### 1.0 - Introduzione

Sviluppata nel 1974 al Norwegian Geotechnical Institute essenzialmente per l'applicazione in campo sotterraneo, negli ultimi anni è stata estesa a diversi campi e di recente, nel 2002, lo stesso Barton ha proceduto ad una revisione totale del sistema.

Il valore di Q si calcola da:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

In cui i vari indici sono:

RQD (Rock Quality Designation), che tiene conto della suddivisione della massa rocciosa

J<sub>n</sub> (Joint Set Number), che dipende dal numero di famiglie di giunti presenti nell'ammasso roccioso

J<sub>r</sub> (Joint Roughness Number), che dipende dalla rugosità della famiglia più sfavorevole

J<sub>a</sub> (Joint Alteration Number), che dipende dal grado di alterazione delle fratture, dallo spessore e dalla natura del riempimento, e che viene ugualmente determinato sulla famiglia più sfavorevole

J<sub>w</sub> (Joint Water Number), che dipende dalle condizioni idrogeologiche

SRF (Stress Reduction Factor), che è funzione dello stato tensionale in rocce massive o dal disturbo tettonico.

Di recente Q è stato normalizzato nei confronti della resistenza a compressione monoassiale della roccia:

$$Q_c = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF} \times \frac{\sigma_c}{100}$$

Le tabelle che seguono indicano i coefficienti numerici che vengono assegnati ai vari parametri. Le ultime modifiche e suggerimenti di Barton vengono riportati sotto ogni tabella.

#### 2.0 – Parametri della classificazione di Barton

**Parametro RQD** (Rock Quality Designation, che tiene conto della suddivisione della massa rocciosa):

Prende il suo valore nominale; se RQD risulta  $< 10$ , si assume 10.

**Parametro Jn** (Joint Set Number, che dipende dal numero di famiglie di giunti presenti nell'ammasso roccioso):

DEFINIZIONE	Jn
Roccia massiva, nessuna o rare discontinuità	0,5 – 1
Una serie di discontinuità	2
Una serie di discontinuità + quelle random (casuali)	3
Due serie di discontinuità	4
Due serie di discontinuità + quelle random	6
Tre serie di discontinuità	9
Tre serie di discontinuità + quelle random	12
Quattro o più serie di discontinuità	15
Roccia completamente disgregata	20

*Nel caso di gallerie:*

*in zona di imbocco Jn va raddoppiato; in una zona di intersezione di due gallerie Jn va triplicato.*

**Parametro Jr** (Joint Roughness Number, che dipende dalla rugosità della famiglia più sfavorevole):

DEFINIZIONE	Jr
Giunti discontinui	4
Giunti scabri o irregolari, ondulati	3
Giunti lisci, ondulati	2
Giunti levigati, ondulati	1,5
Giunti scabri o irregolari, piani	1,5
Giunti lisci, piani	1
Giunti levigati, piani	0,5
Zone mineralizzate contenenti minerali argillosi a riempire la discontinuità	1
Zone mineralizzate sabbia, ghiaia, zone disgregate, a riempire la discontinuità	1

*La descrizione si riferisce alle caratteristiche a piccola e a media scala. Se la spaziatura media della famiglia principale è superiore a 3 m aumentare Jr di 1. Nel caso di giunti piani, levigati, contenenti strie o lineazioni, se queste sono orientate nella direzione più sfavorevole si utilizza 0,5.*

**Parametro Ja** (Joint Alteration Number, che dipende dal grado di alterazione delle fratture, dallo spessore e dalla natura del riempimento, che viene determinato sulla famiglia più sfavorevole):

Giunti sostanzialmente chiusi (apertura 1 – 3 mm) con pareti a contatto:

DEFINIZIONE	Ja
-------------	----

Giunti sigillati o mineralizzati	0,75
Giunti non alterati o con lievi ossidazioni	1
Giunti leggermente alterati o con spalmature di materiale non plastico	2
Giunti con spalmature limose, frazione argillosa limitata non plastica	3
Spalmature di minerali con bassa resistenza attritiva (argille, miche, talco, grafite, clorite, gesso)	4

Giunti mediamente aperti (< 5 mm) e presenza di riempimento che permette ancora il contatto fra le pareti in caso di scorrimento:

DEFINIZIONE	Ja
Riempimento sabbioso	4
Riempimento argilloso non plastico, molto sovraconsolidato	6
Riempimento argilloso plastico, mediamente sovraconsolidato	8
Riempimento argilloso rigonfiante	8 – 12*

*\* il valore da assegnare dipende dalla percentuale della frazione argillosa rigonfiante e dalla possibilità che la stessa venga in contatto con l'acqua.*

Giunti aperti (> 5 mm) senza nessun contatto fra le pareti in caso di scorrimento:

DEFINIZIONE	Ja
Zone o fasce di argilla limosa o sabbiosa non plastica	5
Zone o fasce di roccia disgregata	6
Zone o fasce di argilla non plastica	6
Zone o fasce di argilla plastica rigonfiante	8
Zone o fasce di argilla rigonfiante	12
Zone continue molto spesse di argilla non plastica	10
Zone continue molto spesse di argilla plastica non rigonfiante	13
Zone continue molto spesse di argilla plastica rigonfiante	13 – 20*

*\* il valore da assegnare dipende dalla percentuale della frazione argillosa rigonfiante e dalla possibilità che la stessa venga in contatto con l'acqua.*

**Parametro Jw** (Joint water Number, che dipende dalle condizioni idrogeologiche):

DEFINIZIONE	Jw
Acqua assente o scarsa, localmente < 5 lt/min	1
Afflusso medio con occasionale dilavamento del riempimento del giunto	0,66
Afflusso forte o ad alta pressione in rocce compatte con discontinuità aperte senza riempimento	0,5
Venute forti o ad alta pressione con dilavamento del riempimento del giunto	0,33
Venute eccezionalmente forti o a pressioni molto elevate subito	0,2 – 0,1

dopo l'avanzamento, a diminuire nel tempo	
Venute eccezionalmente forti o a pressioni molto elevate subito dopo l'avanzamento, costanti nel tempo	0,1 – 0,05

*Negli ultimi quattro casi se sono installati sistemi efficaci di drenaggio  $J_w$  va portato a 1 o a 0,66. Per una caratterizzazione dell'ammasso lontano dall'influenza dello scavo e nel caso che  $RQD/J_n$  sia sufficientemente basso (0,5 - 25) in modo da assicurare una buona connettività idraulica, si possono assumere i valori di  $J_w$  (1,0 - 0,66 - 0,5 - 0,33) in funzione delle altezze di ricoprimento (0 - 5; 5 - 25; 25 - 250; > 250).*

**Parametro SRF** (Stress Reduction Factor, che è funzione dello stato tensionale in rocce massive o dal disturbo tettonico):

Zone di debolezza intersecanti lo scavo

DEFINIZIONE	SRF
Diverse zone di debolezza con argilla o roccia chimicamente disgregata, roccia circostante molto allentata	10
Singole zone di debolezza con argilla o roccia chimicamente disgregata (altezze di copertura $\leq 50$ m)	5
Singole zone di debolezza con argilla o roccia chimicamente disgregata (altezze di copertura $> 50$ m)	2,5
Fasce di taglio multiple in roccia competente, rilassamento della roccia circostante	7,5
Fascia di taglio singola in roccia competente (altezze di copertura $\leq 50$ m)	5
Fascia di taglio singola in roccia competente (altezze di copertura $> 50$ m)	2,5
Zone intensamente fratturate con intersezione di discontinuità aperte e continue	5

*Se le zone di debolezza o di fatturazione influenzano ma non intersecano direttamente lo scavo, SRF va ridotto del 25- 50%.*

Ammasso competente con problemi di tensioni geostatiche

DEFINIZIONE	$\sigma_c/\sigma_1$	$\sigma_\theta/\sigma_c$	SRF
Basso campo tensionale in prossimità della superficie	$> 200$	$< 0,01$	2,5
Condizioni tensionali favorevoli	200 - 10	0,01 - 0,3	1
Campo tensionale alto, favorevole alla stabilità in calotta, può essere sfavorevole per la stabilità dei piedritti	10 - 5	0,3 - 0,5	0,5 - 0,2
Moderati colpi di tensione dopo più di un'ora in roccia massiva	5 - 2,5	0,5 - 0,65	5 - 10
Colpi di tensione quasi immediati in roccia massiva	$< 2,5$	0,65 - 1	10 - 20

$\sigma_c$  = resistenza a compressione della roccia

$\sigma_\theta$  = massima tensione tangenziale al contorno dello scavo

$\sigma_1$  = tensione principale maggiore agente

$\sigma_3$  = tensione principale minore agente

Se il rapporto fra le tensioni principali  $\sigma_1/\sigma_3$  è compreso fra 5 e 10, ridurre  $\sigma_c$  a  $0,75\sigma_c$ , se il rapporto è  $> 10$  ridurre a  $0,5\sigma_c$ .

Se la profondità della calotta dal piano campagna è inferiore alla larghezza dello scavo, Barton suggerisce di utilizzare  $SRF = 5$ .

Per una caratterizzazione dell'ammasso lontano dall'influenza dello scavo si possono assumere i valori di  $SRF$  (5 – 2,5 – 1,0 – 0,5) in funzione delle altezze di ricoprimento (0 – 5; 5 – 25; 25 – 250;  $> 250$ ).

Le ultime tre righe nella tabella sono generalmente applicabili a rocce molto dure e massive, con valori di  $RQD/J_n$  compresi fra 50 e 200.

Ammasso spingente:

DEFINIZIONE	SRF
Ammasso moderatamente spingente	5 - 10
Ammasso fortemente spingente	10 - 20

Ammasso rigonfiante:

DEFINIZIONE	SRF
Ammasso moderatamente rigonfiante	5 - 10
Ammasso fortemente rigonfiante	10 - 20

L'indice **Q** (variabile da 0,001 a 1000), così calcolato, è diviso in 9 intervalli cui corrispondono altrettante classi di ammasso roccioso:

Q	Classe	Descrizione
0,001 - 0,01	IX	Eccezionalmente scadente
0,01 – 0,1	VIII	Estremamente scadente
0,1 – 1	VII	Molto scadente
1 – 4	VI	Scadente
4 – 10	V	Mediocre
10 – 40	IV	Buona
40 – 100	III	Molto buona
100 – 400	II	Estremamente buona
400 - 1000	I	Ottima

Inoltre è possibile estrapolare due caratteristiche di resistenza dell'ammasso:

- 1) Una componente attritiva, che può essere considerata come approssimazione dell'angolo di attrito dell'ammasso

$$FC = \tan^{-1} \left( \frac{J_r}{J_a} J_w \right)$$

2) Una componente coesiva, che può essere considerata come approssimazione della coesione dell'ammasso

$$CC = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{1}{SRF} \times \frac{\sigma_c}{100}$$

Invece il modulo di deformazione statico dell'ammasso può essere determinato mediante la:

$$E_M \text{ (GPa)} = 10 Q_c^{1/3}$$

in accordo con l'espressione di Serafim e Pereira derivata da RMR.

### 3.0 - CALCOLO DEI PARAMETRI DELLA CLASSIFICAZIONE DI BARTON

#### Input dati per la definizione di Q

Numero di fratture per mc di roccia ( $J_v$ )=8

Due serie di discontinuità

Spaziatura media della famiglia principale < 3 m

Giunti scabri o irregolari, ondulati

Giunti alterati o con lievi ossidazioni

Acqua assente o scarsa, localmente venute < 5 l/min

Fascia di taglio singola in roccia competente (altezza di copertura > 50 m)

#### Risultati per la definizione di Q

Parametri

RQD	$J_n$	$J_r$	$J_a$	$J_w$	SRF
88,6	4	3	1	1	2,5

Indice Q e classi di ammasso roccioso

Indice Q	Classe	Descrizione
26,58	IV	Buona