

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



### INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA      Tratta MILANO – VERONA  
Lotto funzionale Brescia-Verona

### PROGETTO ESECUTIVO

### GALLERIA NATURALE LONATO (GN02)

Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00

### Valutazione statistica dei trovanti presenti lungo il tracciato della galleria

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio <b>Cepav due</b> Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio (Ing. T. Taranta) Data: _____	Valido per costruzione Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 1	E	E 2	R O	G N 0 2 0 1	0 0 2	A

PROGETTAZIONE							IL PROGETTISTA
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Data	
A	Emissione	REGE	16/07/18	MERLINI	16/07/18	16/07/18	
B							
C							

CIG. 751447334A

File: INOR1EE2ROGN0201002A\_10.doc



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008

**INDICE**

1. PREMESSA.....	3
2. FASI DEL LAVORO.....	4
2.1 ACQUISIZIONE E REVISIONE CRITICA DEI DATI .....	4
2.1.1 Stratigrafie.....	4
2.1.2 Rilievo di scavi.....	7
2.1.3 Rilievi di superficie.....	8
2.1.4 Rilievo dei fronti di cava o di affioramenti.....	13
2.2 ANALISI GEOSTATISTICA.....	13
3. ANALISI GEOSTATICA E SIMULAZIONE .....	17
3.1 MASSI CON DIMENSIONE COMPRESA TRA 10 E 50 CM .....	17
3.2 MASSI CON DIMENSIONE COMPRESA TRA 50 E 100 CM .....	22
3.3 MASSI CON DIMENSIONE MAGGIORE DI 100 CM .....	26
4. RISULTATI.....	31
5. CONCLUSIONI .....	33
6. BIBLIOGRAFIA .....	35

## 1. PREMESSA

Il presente studio è stato condotto al fine di valutare la probabilità di incontrare massi erratici (trovanti), di varie dimensioni, lungo il tracciato della galleria ferroviaria Lonato, tra le pk 114+550 e 122+111; la galleria verrà realizzata in naturale nel tratto compreso tra le pk 115+990 ÷ 120+747. Dal punto di vista geologico il tracciato della galleria attraversa, a differenti profondità, l'anfiteatro morenico del Lago di Garda, interessando depositi glaciali e fluvio-glaciali riconducibili principalmente all'*Allogruppo di Lonato e San Giorgio* (Pleistocene medio).

Tenuto conto del problema in esame, dei sedimenti attraversati dalla galleria e dei dati geologici a disposizione (principalmente sondaggi a carotaggio continuo e scavi a volume noto) si è deciso di utilizzare un approccio strettamente geostatistico, che consentisse di quantificare la frequenza e la dimensione dei massi e di valutare il grado d'incertezza sul risultato ottenuto.

Per lo sviluppo delle analisi è stata utilizzata una metodologia relativamente nuova, conosciuta con il nome di *T-PROGS* (*Transition Probability Geostatistics*; S. F. Carle, 1999) che utilizza le *Catene di Markov* per quantificare la probabilità di transizione tra una facies e un'altra (ad es., nel nostro caso, tra i depositi glaciali, fluvio-glaciali e i massi erratici), sia in senso verticale che laterale. Questa metodologia d'analisi si presta molto bene alla modellazione di variabili discrete (es. facies sedimentarie), che sono state misurate verticalmente lungo pozzi o sondaggi e permette inoltre di tener conto nella fase di simulazione dei seguenti elementi:

- proporzioni volumetriche tra le facies sedimentarie;
- tendenze verticali di facies come la presenza di sequenze o cicli;
- distanza di correlazione media di ciascuna facies;
- presenza di una direzione massima e minima di correlazione (anisotropia);
- forma non sferica dei massi erratici oggetto della simulazione.

Come avviene con tutte le tecniche di simulazione, il codice numerico fornisce una serie di realizzazioni equi-probabili, ovvero diverse simulazioni di una realtà solo parzialmente conosciuta nei punti di misura (sondaggi e scavi a volume noto). Lo studio del grado di variabilità tra queste differenti simulazioni permette di quantificare il grado d'incertezza presente sul risultato finale; in altri termini, più le simulazioni si discostano le une dalle altre più il grado di incertezza è alto.

Trattandosi di uno studio sperimentale, si indicano i limiti da considerare nell'utilizzo dei risultati raggiunti:

- la base di dati provenienti dai sondaggi non è stata specificatamente rilevata con le esigenze dello studio in oggetto (presenza dei massi lungo il tracciato); pertanto la descrizione degli elementi di interesse per il caso specifico può essere stata carente o sottostimata nella descrizione delle stratigrafie dei sondaggi, tenuto conto anche dei diametri di perforazione;
- l'affidabilità della metodologia proposta, deve essere idoneamente verificata in corso d'opera mediante il confronto tra quanto previsto e quanto effettivamente riscontrato.

## 2. FASI DEL LAVORO

Lo studio è stato sviluppato nelle seguenti fasi:

- ACQUISIZIONE E REVISIONE CRITICA DEI DATI a disposizione e preparazione del *database* geologico necessario per le successive fasi di lavoro.
- ANALISI GEOSTATISTICA della distribuzione dei massi erratici lungo il percorso della galleria ferroviaria. Questa fase ha previsto l'utilizzo di tecniche di simulazione geostatistica 3D e ha fornito un'indicazione sulla probabilità di incontrare massi erratici lungo le diverse porzioni della tratta interessata dal tracciato della galleria ferroviaria.
- ANALISI DELL'INCERTEZZA sul risultato della simulazione per mezzo della realizzazione di successive simulazioni geostatistiche. Questa fase del lavoro ha permesso di valutare la qualità della simulazione ottenuta e quindi il grado di confidenza che si ha sul risultato finale.

### 2.1 Acquisizione e revisione critica dei dati

Sono stati esaminati i dati geologici a disposizione che consistono in:

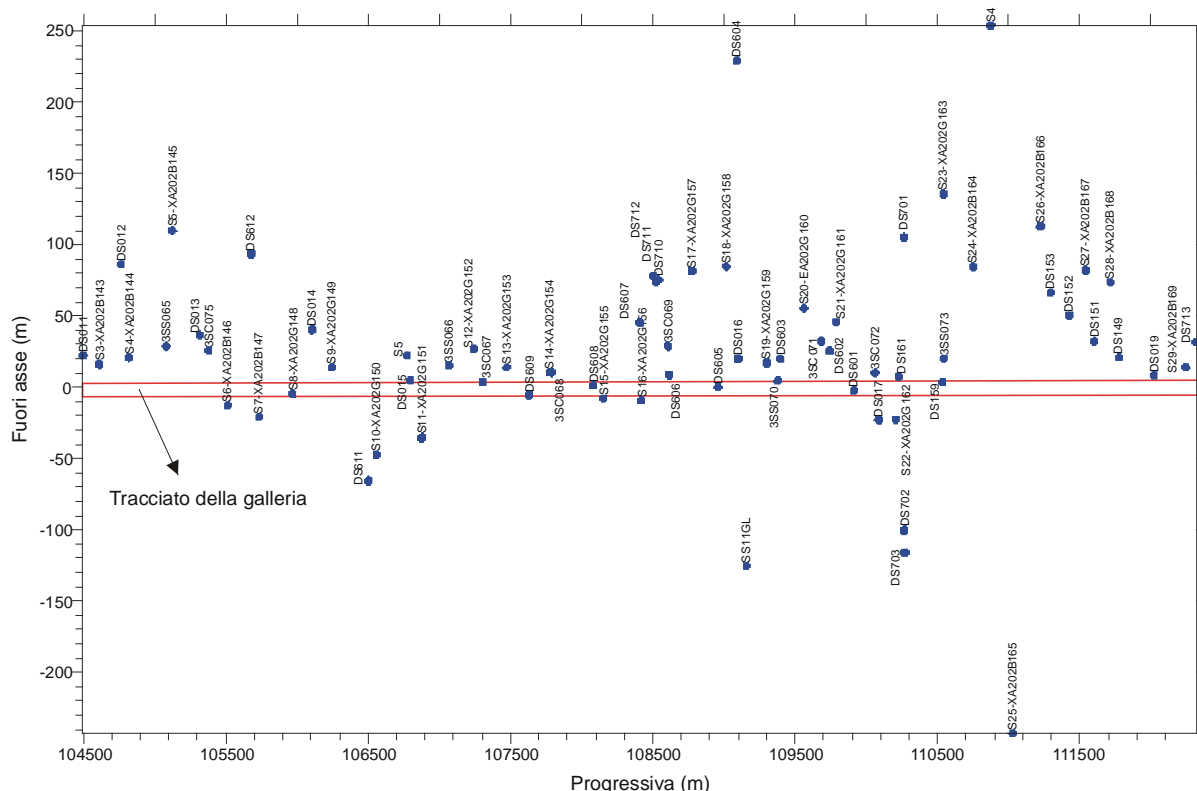
- stratigrafie di **84 sondaggi**;
- rilievo di scavi (censimento dei massi erratici rinvenuti all'interno di scavi - cantieri edili), per un totale di 2;
- rilievi di superficie (censimento dei **massi in affioramento** per un totale di 212);
- rilievo dei fronti di cava o di affioramenti, per un totale di 21;
- misurazione delle **dimensioni dei massi erratici** (asse maggiore L1, asse minore L2 e asse intermedio L3) affioranti in superficie, per un totale di 212 misure;
- **sezione geologica** lungo il tracciato della galleria doc. rif. A20200DE2F5GE0001018 del Progetto Definitivo della linea ferroviaria AV/AC Torino-Venezia, tratta Milano-Verona).

I dati raccolti durante le attività di rilevamento (punti 2, 3 e 4) sono presentati nell'allegato 1 " Ubicazione massi erratici ed affioramenti nell'area della galleria di Lonato".

#### 2.1.1 Stratigrafie

Le stratigrafie consultate fanno riferimento alle tre campagne geognostiche (1992, 2001 e 2004) programmate nell'ambito delle attività propedeutiche alla progettazione della linea AV/AC Torino - Venezia, tratta Milano Verona. Le verticali realizzate, in genere con diametro da 101 mm, hanno raggiunto profondità massime di 85 m.

La maggior parte dei sondaggi a disposizione (80% circa) è ubicata entro i 100 m dall'asse della galleria (Figura 1), il 10% si trova ad una distanza compresa tra i 100 e i 250 m ed il restante 10% dista mediamente 500 m (sondaggi da S1GL a S8GL), distanza quest'ultima che è stata giudicata eccessiva ai fini dell'analisi geostatistica e per tale motivo si è preferito eliminare questi sondaggi dal database utilizzato per la simulazione.



**Figura 1: ubicazione dei sondaggi utilizzati per la simulazione. Il rettangolo rosso indica il tracciato della galleria (da notare che in sede del presente Progetto Esecutivo le progressive risultano aumentate di 10 km circa).**

In Figura 2 sono stati ubicati i massi erratici riconosciuti nei sondaggi lungo il percorso della galleria, suddivisi in 3 classi in funzione delle loro dimensioni: diametro compreso tra 10 e 50 cm, tra 50 e 100 cm e maggiore di 100 cm. Le stesse classi sono state utilizzate successivamente per la simulazione geostatistica.

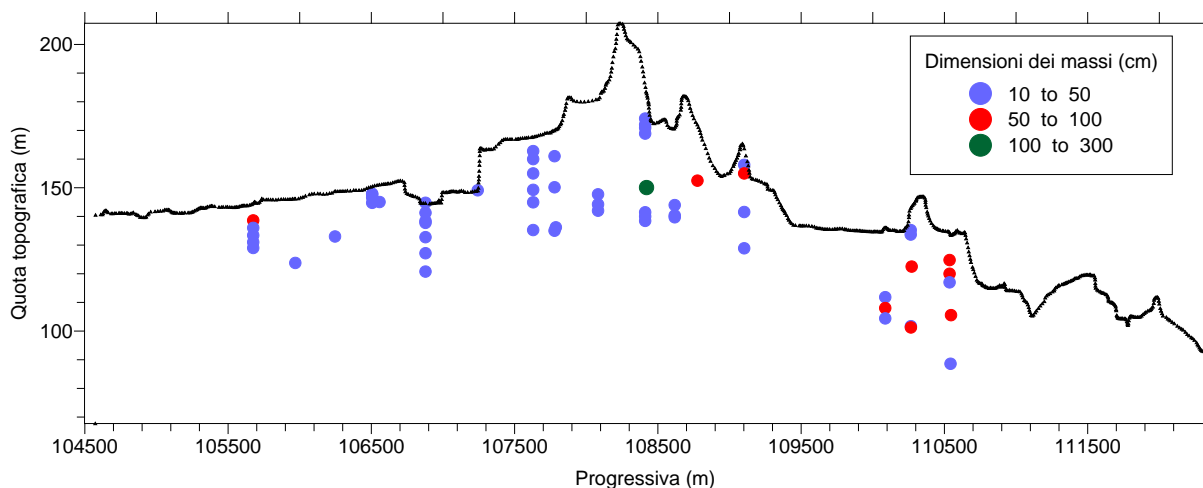
Si sottolinea che le misure delle dimensioni dei massi erratici effettuate nei sondaggi possono sottostimare le reali dimensioni dei massi stessi; immaginando massi erratici di forma discoidale (molto frequenti in questo tipo di depositi), con un asse L1 (asse maggiore) superiore ad L2 (asse minore), si possono verificare principalmente due condizioni:

- L1 si dispone parallelamente alla direzione sondaggio: in questo caso si misura la lunghezza massima del masso;
- L1 non si dispone parallelamente alla direzione sondaggio: in questo caso si attribuisce al masso una dimensione inferiore alla dimensione massima del masso stesso.

E' evidente che la disposizione geometrica a) è una condizione singolare e quindi poco probabile rispetto alle altre possibili condizioni che possono originare la disposizione b).

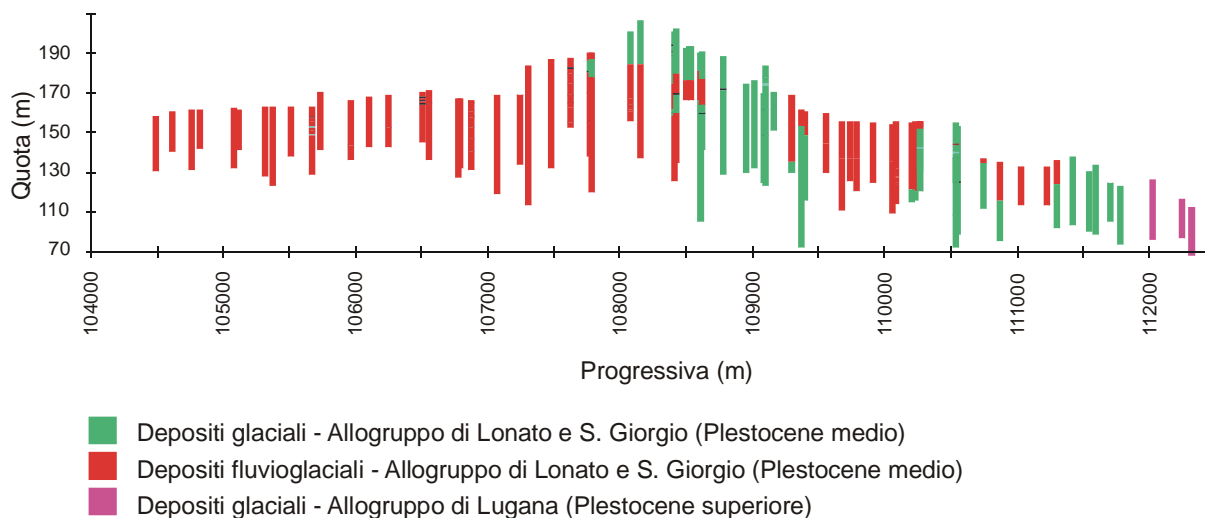
Nei depositi glaciali e fluvio-glaciali i massi fortemente discoidali tendono a depositarsi con asse L1 perpendicolare al sondaggio; se si considera inoltre che un sondaggio può intersecare un masso nelle sue porzioni più periferiche e non necessariamente al centro è facile intuire che, partendo dai dati di sondaggio, sia facile sottostimare le dimensioni medie reali dei massi erratici. Durante l'esecuzione del sondaggio, inoltre, può succedere che lo strumento di perforazione possa spostare lateralmente i massi più piccoli nella sua discesa. In questo caso si può avere una sottostima del numero dei massi intercettati.

E' importante tenere presente questo ragionamento per poter successivamente valutare il grado di affidabilità delle simulazioni.



**Figura 2: ubicazione dei massi erratici individuati nei sondaggi, lungo una sezione parallela alla galleria (da notare che in sede del presente Progetto Esecutivo le progressive risultano aumentate di 10 km circa).**

I sedimenti attraversati dalla galleria, come indicato in figura 3, sono principalmente costituiti da depositi fluvio-glaciali del Pleistocene medio che passano lateralmente (verso E) a depositi glaciali, sempre attribuibili al Pleistocene medio.



**Figura 3: unità geologiche incontrate dai sondaggi lungo il tracciato della ferrovia.**

Confrontando le Figure 2 e 3 è possibile osservare che i massi erratici riconosciuti nei sondaggi tendono a distribuirsi principalmente tra la progressiva 116000 e la 111500 e che i massi appartenenti alla classe 1 (10 cm < diametro < 50 cm) si trovano principalmente all'interno dei depositi fluvioglaciali, mentre quelli appartenenti alle classi di dimensioni maggiori sono tendenzialmente distribuiti all'interno dei depositi glaciali, come atteso dai processi geologici che li hanno messi in posto. Questa constatazione è stata confermata dalla successiva analisi statistica, ovvero dal calcolo della probabilità di transizione tra le facies.

### 2.1.2 Rilievo di scavi

Al fine di incrementare la quantità dei dati da utilizzare per l'esecuzione delle analisi è stato effettuato un sopralluogo nell'area in esame mirato alla ricerca di scavi di dimensioni significative presenti nel territorio di interesse.

Sono stati individuati due scavi di dimensioni significative ("Scavo A" e "Scavo B" in all.1) in corrispondenza di due cantieri edili ubicati a breve distanza dall'asse della galleria.

Il censimento dei massi erratici presenti all'interno di scavi superficiali di volume noto, ha rappresentato un importante contributo allo studio in oggetto.

Questi dati sono stati utilizzati:

- per calcolare un indice di anisotropia legato alla forma dei massi erratici;
- per condizionare la simulazione geostatistica dei dati volumetrici (numero di massi per unità di volume).

**Scavo A:** all'interno di questo scavo (Prog. 108800, Fuori Asse 250 N), che ha un volume di 3600 m<sup>3</sup>, sono stati misurati i massi erratici di dimensioni maggiori di 50 cm. Quest'analisi ha permesso di contare 7 massi nello scavo, pari a 19 massi / 10000 m<sup>3</sup> di materiale scavato. Lo scavo è compreso nei depositi glaciali dell'Allogruppo di Lonato e San Giorgio.

**Scavo B:** all'interno di questo scavo (Prog. 108000, Fuori Asse 255 N), che ha un volume di 13000 m<sup>3</sup>, sono stati censiti i massi erratici di dimensioni maggiori di 35 cm. Lo scavo è compreso nei depositi fluvioglaciali dell'Allogruppo di Lonato e San Giorgio. Quest'analisi ha permesso di contare e di misurare 26 massi (Tab. 1), che sono stati utilizzati successivamente per il calcolo di un coefficiente di anisotropia, in relazione alla forma non sferica dei massi stessi (vedi cap. 2.2). Considerando esclusivamente i 23 massi con dimensione superiore ai 50 cm (almeno lungo la direzione di massimo allungamento L1, vedi Tab. 1) risulta che, nello scavo in esame, il numero di massi ogni 10000 m<sup>3</sup> di materiale scavato è pari a 17. Questo valore è stato utilizzato nelle fasi successive del lavoro per condizionare la simulazione ad un dato volumetrico (numero di massi per unità di volume).

Si è preferito non calcolare un rapporto volumetrico per i massi con dimensioni inferiori ai 50 cm, che nello scavo in esame sono 3. Si ritiene, infatti, che numerosi massi con dimensioni inferiori a questo valore siano stati portati via dall'area di scavo durante le operazioni di sbancamento. Ne conseguirebbe una sottostima del reale valore del rapporto di massi per unità di volume.

### 2.1.3 Rilievi di superficie

Ulteriori dati per le analisi sono stati ricavati dal censimento di massi erratici presenti in superficie lungo il tracciato della galleria, interessando una fascia di territorio ampia 1000 m e posta a cavallo della linea, per un'area complessiva di circa 8 km<sup>2</sup>.

L'ubicazione di ogni masso individuato è stata riportata nella tavola in all.1

Per meglio localizzare i massi erratici, sono state analizzate le foto aeree dell'area da investigare e, considerato l'elevato grado di antropizzazione dell'area stessa, è stato previsto di rinvenire gli eventuali trovanti ai margini dei terreni coltivati ed in corrispondenza dei principali rilievi, parzialmente tenuti a bosco.

I sopralluoghi effettuati hanno confermato le assunzioni fatte.

I massi erratici individuati sono stati ordinati all'interno di tre differenti classi:

- *Classe A:* da 50 cm ad 1 m di diametro massimo
- *Classe B:* da 1 m a 1.5 m di diametro massimo
- *Classe C:* superiore a 1.5 m di diametro massimo

Dall'elaborazione dei dati presentati nella carta allegata e dalle osservazioni fatte sul terreno, si possono estrapolare le seguenti informazioni:

- i massi appartenenti alla *classe A* (da 50 cm ad 1 m di diametro massimo) rappresentano la percentuale più abbondante tra quelli presenti;
- la maggior parte dei massi è stata rimossa dalla posizione originaria sia per favorire la lavorazione dei terreni agricoli sia per realizzare le fondazioni delle abitazioni o degli edifici industriali;



- i massi ancora ubicati nella loro posizione originaria appartengono generalmente alla *classe A*;
- anche se con alcune eccezioni, i massi di dimensioni maggiori (*classe C*) si rinvennero in corrispondenza dei rilievi o negli immediati margini, a testimonianza della loro origine morenica;

In **allegato 1** viene presentata una documentazione fotografica dei massi erratici censiti.

Al fine di valutare in modo accurato un indice d'anisotropia legato alla forma dei massi erratici da utilizzare durante la simulazione, durante i sopralluoghi effettuati, sono stati anche misurati gli assi (asse maggiore L1, asse minore L2 e asse intermedio L3) di 181 massi censiti nell'area interessata dallo scavo della galleria. In tabella 1 è illustrato il risultato di questo censimento, unitamente alle dimensioni dei 32 massi rinvenuti nei due scavi precedentemente discussi.

L1	L2	L3	Litologie	L1/L2
62	18	40	Sed. terrig.	3.4
50	40	48	Sed. terrig.	1.3
96	45	59	Sed. terrig.	2.1
52	35	37	Metamorf.	1.5
91	52	56	Sed. terrig.	1.8
77	42	65	Sed. carbo.	1.8
76	41	65	Sed. carbo.	1.9
50	40	42	Sed. carbo.	1.3
69	29	46	Sed. terrig.	2.4
58	28	52	Sed. terrig.	2.1
101	80	98	Sed. terrig.	1.3
43	33	40	Sed. terrig.	1.3
61	42	53	Sed. terrig.	1.5
72	38	66	Metamorf.	1.9
210	107	200	Sed. carbo.	2.0
240	78	200	Sed. terrig.	3.1
285	130	175	Metamorf.	2.2
90	38	67	Sed. carbo.	2.4
100	69	80	Sed. carbo.	1.4
175	140	154	Sed. carbo.	1.3
200	168	188	Sed. carbo.	1.2
160	110	140	Sed. terrig.	1.5
170	110	135	Sed. terrig.	1.5
110	60	100	Sed. terrig.	1.8
120	88	110	Sed. carbo.	1.4
108	98	105	Sed. carbo.	1.1
270	98	230	Sed. carbo.	2.8
117	64	77	Sed. terrig.	1.8
98	59	80	Sed. carbo.	1.7
130	56	82	Sed. carbo.	2.3
220	110	135	Sed. terrig.	2.0
133	101	110	Metamorf.	1.3
190	130	160	Sed. terrig.	1.5
185	60	130	Sed. terrig.	3.1
180	80	90	Sed. carbo.	2.3
78	38	42	Sed. carbo.	2.1
55	42	48	Sed. carbo.	1.3

L1	L2	L3	Litologie	L1/L2
136	127	131	Sed. carbo.	1.1
115	50	105	Sed. carbo.	2.3
220	82	120	Sed. carbo.	2.7
90	47	76	Sed. carbo.	1.9
85	36	80	Sed. terrig.	2.4
166	66	110	Sed. terrig.	2.5
150	78	126	Sed. carbo.	1.9
96	32	50	Sed. terrig.	3.0
86	49	81	Sed. terrig.	1.8
112	46	110	Sed. carbo.	2.4
130	70	93	Sed. terrig.	1.9
126	62	88	Sed. terrig.	2.0
136	38	129	Vulcaniche	3.6
90	37	57	Vulcaniche	2.4
104	42	59	Sed. terrig.	2.5
102	72	97	Sed. terrig.	1.4
64	40	46	Sed. terrig.	1.6
159	102	134	Sed. terrig.	1.6
75	49	66	Sed. terrig.	1.5
102	54	68	Sed. terrig.	1.9
94	56	70	Sed. terrig.	1.7
80	40	45	Sed. carbo.	2.0
180	60	76	Vulcaniche	3.0
60	40	58	Sed. terrig.	1.5
139	60	116	Vulcaniche	2.3
144	70	122	Sed. carbo.	2.1
149	70	105	Sed. terrig.	2.1
86	37	40	Sed. carbo.	2.3
90	22	47	Sed. carbo.	4.1
147	79	96	Sed. carbo.	1.9
95	88	91	Metamorf.	1.1
60	35	42	Sed. carbo.	1.7
110	61	86	Sed. carbo.	1.8
78	40	50	Vulcaniche	2.0
60	29	56	Sed. carbo.	2.1
56	32	45	Sed. terrig.	1.8
62	25	50	Vulcaniche	2.5

Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 RO GN 020 1 002Rev.  
AFoglio  
10 di 35

L1	L2	L3	Litologie	L1/L2
110	76	80	Sed. terrig.	1.4
125	60	110	Sed. carbo.	2.1
185	85	140	Sed. carbo.	2.2
230	53	135	Sed. carbo.	4.3
140	80	100	Sed. terrig.	1.8
185	40	115	Sed. terrig.	4.6
104	75	90	Sed. carbo.	1.4
178	62	112	Sed. carbo.	2.9
154	28	130	Sed. carbo.	5.5
100	22	95	Sed. carbo.	4.5
154	65	120	Sed. carbo.	2.4
58	12	48	Sed. carbo.	4.8
55	15	38	Sed. terrig.	3.7
80	32	36	Sed. carbo.	2.5
80	46	48	Sed. carbo.	1.7
45	22	36	Sed. carbo.	2.0
70	30	48	Sed. carbo.	2.3
95	42	50	Sed. terrig.	2.3
65	35	48	Sed. terrig.	1.9
62	26	60	Sed. terrig.	2.4
100	45	53	Sed. carbo.	2.2
64	44	50	Sed. carbo.	1.5
140	72	80	Sed. terrig.	1.9
152	52	78	Sed. carbo.	2.9
140	128	136	Sed. terrig.	1.1
170	32	118	Sed. terrig.	5.3
110	70	100	Sed. carbo.	1.6
134	32	62	Vulcaniche	4.2
148	96	135	Sed. terrig.	1.5
92	60	78	Vulcaniche	1.5
70	43	52	Sed. carbo.	1.6
64	56	60	Vulcaniche	1.1
48	30	40	Vulcaniche	1.6
68	32	40	Sed. terrig.	2.1
172	124	128	Sed. carbo.	1.4
80	26	40	Sed. carbo.	3.1
490	110	440	Sed. carbo.	4.5
130	52	100	Sed. carbo.	2.5
160	52	80	Sed. carbo.	3.1
152	60	68	Sed. terrig.	2.5
138	48	90	Sed. terrig.	2.9
165	40	100	Sed. terrig.	4.1
164	55	106	Sed. terrig.	3.0
146	70	78	Sed. carbo.	2.1
172	50	125	Sed. carbo.	3.4
90	85	86	Sed. terrig.	1.1
70	41	68	Sed. carbo.	1.7
132	80	120	Sed. terrig.	1.7
86	60	62	Sed. carbo.	1.4
89	58	72	Sed. terrig.	1.5
63	38	54	Sed. carbo.	1.7
55	36	40	Sed. carbo.	1.5
68	33	48	Sed. carbo.	2.1
80	35	52	Vulcaniche	2.3

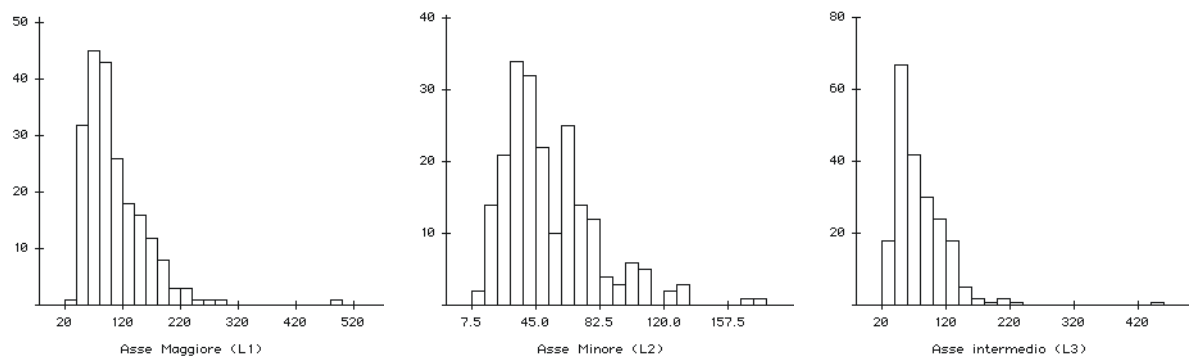
L1	L2	L3	Litologie	L1/L2
90	50	83	Vulcaniche	1.8
99	62	65	Sed. carbo.	1.6
110	39	72	Sed. carbo.	2.8
72	43	64	Sed. carbo.	1.7
80	33	53	Sed. carbo.	2.4
82	30	70	Sed. carbo.	2.7
90	70	83	Sed. carbo.	1.3
90	62	64	Sed. carbo.	1.5
80	34	72	Sed. carbo.	2.4
80	60	64	Sed. terrig.	1.3
54	21	32	Sed. carbo.	2.6
72	44	68	Sed. carbo.	1.6
74	26	62	Sed. carbo.	2.8
60	32	45	Sed. carbo.	1.9
80	26	60	Sed. carbo.	3.1
64	50	60	Sed. carbo.	1.3
80	46	75	Sed. carbo.	1.7
87	48	52	Sed. carbo.	1.8
55	36	48	Sed. terrig.	1.5
75	30	60	Sed. carbo.	2.5
76	36	48	Sed. carbo.	2.1
54	35	38	Sed. carbo.	1.5
62	35	45	Sed. carbo.	1.8
112	60	70	Sed. carbo.	1.9
80	28	46	Sed. carbo.	2.9
56	30	34	Sed. carbo.	1.9
50	28	38	Sed. carbo.	1.8
60	30	35	Sed. terrig.	2.0
84	34	62	Sed. terrig.	2.5
60	32	48	Sed. carbo.	1.9
57	34	48	Sed. terrig.	1.7
47	20	24	Sed. carbo.	2.4
60	25	29	Sed. terrig.	2.4
110	70	90	Sed. terrig.	1.6
99	59	62	Sed. terrig.	1.7
149	49	53	Sed. terrig.	3.0
135	60	95	Sed. carbo.	2.3
97	50	58	Sed. terrig.	1.9
50	44	47	Sed. carbo.	1.1
70	23	65	Sed. terrig.	3.0
45	24	26	Metamorf.	1.9
70	25	55	Sed. carbo.	2.8
50	22	40	Sed. terrig.	2.3
55	38	43	Sed. carbo.	1.4
35	12	32	Sed. terrig.	2.9
44	20	40	Sed. terrig.	2.2
56	40	50	Sed. carbo.	1.4
90	32	49	Sed. terrig.	2.8
64	18	45	Sed. carbo.	3.6
55	28	52	Vulcaniche	2.0
50	18	25	Sed. carbo.	2.8
79	42	54	Sed. terrig.	1.9
50	35	38	Vulcaniche	1.4
73	25	56	Vulcaniche	2.9

L1	L2	L3	Litologie	L1/L2
80	39	60	Sed. terrig.	2.1
120	64	79	Sed. carbo.	1.9
64	42	47	Sed. carbo.	1.5
79	23	42	Sed. terrig.	3.4
199	98	120	Sed. carbo.	2.0
164	46	152	Sed. terrig.	3.6
110	90	110	Sed. carbo.	1.2
179	16	124	Sed. terrig.	11.2
96	50	80	Sed. terrig.	1.9
112	70	103	Sed. carbo.	1.6
119	73	92	Sed. carbo.	1.6
161	63	150	Sed. carbo.	2.6
209	99	112	Sed. carbo.	2.1
118	24	93	Sed. terrig.	4.9
130	70	90	Sed. terrig.	1.9

L1	L2	L3	Litologie	L1/L2
62	19	40	Sed. carbo.	3.3
70	29	40	Sed. carbo.	2.4
53	19	35	Sed. terrig.	2.8
50	25	35	Sed. terrig.	2.0
87	54	55	Sed. terrig.	1.6
105	60	75	Sed. terrig.	1.8
50	22	25	Sed. carbo.	2.3
49	39	49	Sed. terrig.	1.3
130	65	105	Sed. carbo.	2.0
110	90	100	Sed. carbo.	1.2
120	65	65	Sed. carbo.	1.8
63	60	60	Sed. carbo.	1.1
90	70	80	Metamorf.	1.3
115	75	105	Sed. terrig.	1.5
180	78	90	Sed. terrig.	2.3

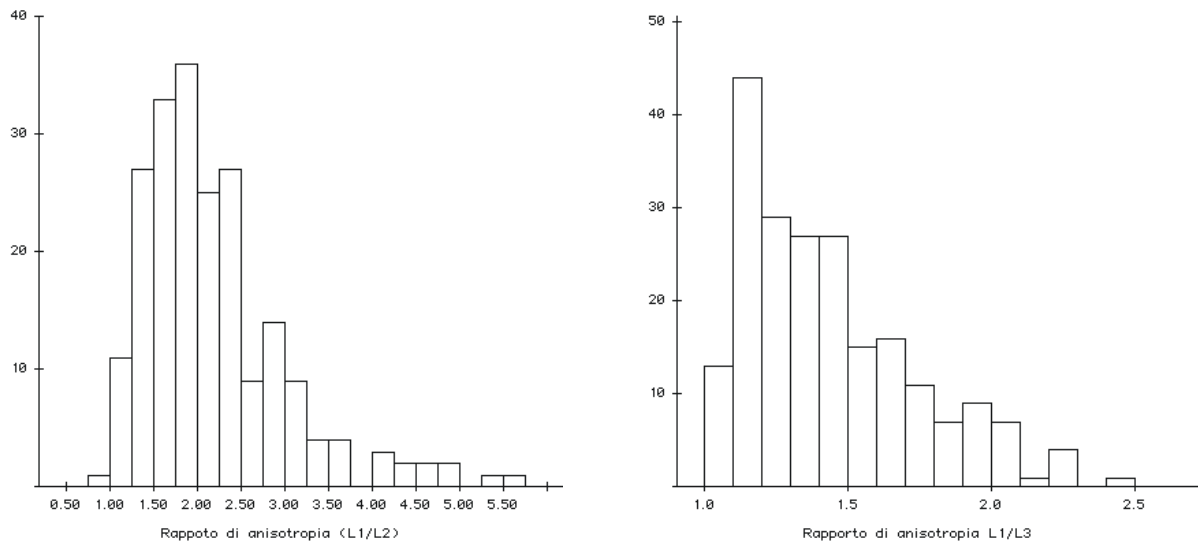
**Tabella 1: misure degli assi maggiori (L1), degli assi minori (L2) e degli assi intermedi (L3) di 212 massi erratici affioranti lungo l'asse della galleria. La colonna L1/L2 indica il rapporto di anisotropia esistente tra l'asse maggiore e minore di ciascun masso. (In bianco: massi erratici rilevati in superficie; in grigio scuro: massi erratici rilevati nello scavo A; in grigio chiaro : massi erratici rilevati nello scavo B).**

Un'analisi statistica di questi dati ha permesso di definire un indice d'anisotropia dei massi (dovuto alla loro forma non sferica), che è stato utilizzato successivamente nella simulazione geostatistica. I grafici in figura 4 illustrano la distribuzione di frequenza degli assi L1, L2 e L3 dei massi censiti; in figura 5 è riportata la distribuzione di frequenza del rapporto: (a) tra asse maggiore L1 e asse minore L2 e (b) tra asse maggiore L1 e asse intermedio L3. La tendenza centrale di queste due distribuzioni si attesta su un valore medio di 2.2 e di 1.4, rispettivamente per la media dei rapporti tra L1/L2 e tra L1/L3. Questi valori definiscono un indice d'anisotropia dei massi. Entrambi i valori sono stati utilizzati successivamente per simulare la forma non-sferica dei massi, oggetto del presente studio



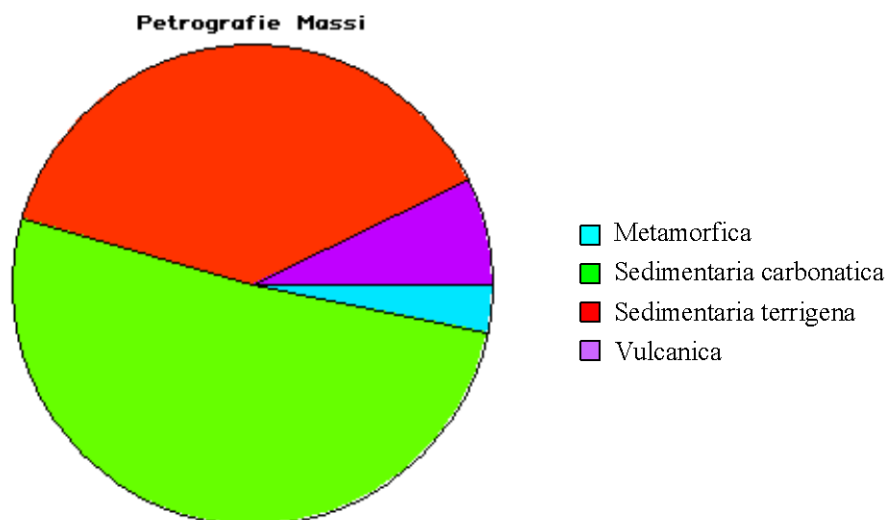
**Figura 4: distribuzione di frequenza degli assi L1, L2 e L3 dei massi censiti, espresso in centimetri (cm).**

Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 RO GN 020 1 002Rev.  
AFoglio  
12 di 35

**Figura 5: distribuzione di frequenza del rapporto tra asse maggiore L1 e asse minore L2 e tra asse maggiore L1 e asse intermedio L3 dei massi censiti.**

E' stata inoltre condotta un'analisi litologica dei massi erratici in affioramento censiti, da cui risulta che: il 51% dei massi è costituito da rocce sedimentarie di origine carbonatica (figura 6), il 38% da rocce sedimentarie terrigene e solamente il restante 11% da rocce metamorfiche e vulcaniche. Questi dati litologici, che non sono stati utilizzati per condizionare la simulazione, possono fornire in ogni caso delle indicazioni importanti per definire degli indici di "fresabilità" nell'eventualità di dover utilizzare una tecnica di scavo meccanizzato della galleria.



**Figura 6: distribuzione delle litologie nei massi erratici in affioramento censiti.**

### 2.1.4 Rilievo dei fronti di cava o di affioramenti

A conclusione delle attività di rilevamento superficiale, sono stati censiti i fronti di cava e gli affioramenti/scavi presenti nell'area investigata. Nella cartografia allegata (06866-172D01E01) sono riportati gli affioramenti e gli scavi che rappresentano uno strumento utile agli scopi del presente documento.

Tra di essi merita un approfondimento E' da segnalare inoltre l'affioramento ubicato in prossimità della progressiva 109+550 circa, (punto 1 in all.1). In tale scavo sono stati rilevati dei trovanti di notevoli dimensioni, inseriti nei depositi fluvioglaciali dell'allogruppo di Lonato. Tale informazione risulta essere estremamente importante, poiché conferma la tesi che anche nei depositi di fluvioglaciali, soprattutto presso le zone marginali, a contatto con i cordoni morenici, è possibile incontrare dei massi erratici, anche di notevoli dimensioni.

E da segnalare inoltre l'area di cava (punto 2 in all.1) ubicata in località Colombare di Castiglione, 800 metri circa a sud della linea ferroviaria in progetto (pk indicativa km 110+600). L'analisi dell'esteso fronte di cava ha permesso una verifica diretta delle ipotesi fatte, anche se l'impossibilità di quantificare il volume di scavo non ha permesso di inserire i dati raccolti nel database utilizzato per le elaborazioni geostatistiche.

## 2.2 Analisi Geostatistica

L'analisi geostatistica è stata condotta utilizzando una tecnica di simulazione nota in letteratura con il nome di *T-PROGS* (Transition Probability Geostatistics; Carle & Fogg, 1996; 1997). Una simulazione geostatistica (Galli *et al.*, 1994; Galli & Beucher, 1997; Goovaerts, 1997) è in generale un procedimento statistico/matematico che permette di riprodurre una serie di distribuzioni spaziali equi-probabili di due o più variabili (nel nostro caso parleremo di *facies operative*); tutte le possibili distribuzioni prendono il nome di "realizzazioni". La simulazione si dice "condizionata" quando riproduce fedelmente i dati misurati nel loro punto di misura. Ogni realizzazione può essere differente dalla successiva all'interno di un certo intervallo di variazione.

In linea di massima le differenze aumentano:

- allontanandosi dai punti di misura (nel nostro caso i sondaggi e gli scavi);
- nelle aree in cui i dati mostrano una forte variabilità;
- nel caso di facies con una scarsa continuità verticale o laterale.

La misura del grado di variazione tra le differenti realizzazioni permette di valutare il grado di affidabilità della simulazione nelle diverse porzioni del volume esaminato. In linea generale si può affermare che più le simulazioni differiscono le une dalle altre più è alta l'incertezza sul risultato. Il numero di simulazioni che viene calcolato differisce da caso a caso. Al di sopra di un certo numero di simulazioni l'intervallo di variazione tra le differenti realizzazioni tende a stabilizzarsi su determinati valori: raggiunto questo limite è possibile interrompere il processo di simulazione.

Il metodo di simulazione utilizzato nel presente lavoro richiede la definizione dei seguenti parametri:

- definizione delle facies operative;
- scelta di una griglia di simulazione;
- calcolo delle matrici di probabilità di transizione tra una facies e le altre nelle tre direzioni dello spazio (X, Y e Z);
- calcolo delle proporzioni relative tra le facies;
- definizione di un indice di anisotropia;
- definizione del numero di simulazioni da implementare.

L'algoritmo di simulazione utilizzato (T-Progs) permette di tener conto nelle fasi di calcolo dei seguenti fattori:

- proporzioni volumetriche tra le facies sedimentarie;
- tendenze verticali di facies, come la presenza di sequenze o cicli;
- distanza di correlazione media di ciascuna facies;
- indice di forma degli "oggetti" simulati;
- presenza di una direzione di massima e minima correlazione (anisotropia).

Il risultato della simulazione è rappresentato da un volume discretizzato in celle di 10x10x10 cm in cui ad ogni cella è stata attribuita una facies operativa.

Nel calcolo della simulazione sono state utilizzate cinque facies operative che tengono conto sia del modello geologico sia della finalità della simulazione, ovvero il calcolo della distribuzione dei massi lungo le differenti progressive della galleria. La definizione di un numero troppo elevato di facies operative porta inevitabilmente ad una diminuzione dell'affidabilità della simulazione e ad un aumento dei tempi di calcolo. Le facies operative simulate sono le seguenti:

- depositi fluvio-glaciali;
- depositi glaciali;
- massi con diametro compreso tra 10 e 50 cm ( $10 \text{ cm} < \text{Massi} < 50 \text{ cm}$ );
- massi con diametro compreso tra 50 e 1000 cm ( $50 \text{ cm} < \text{Massi} < 100 \text{ cm}$ );
- massi con diametro maggiore di 100 cm ( $\text{Massi} > 100 \text{ cm}$ ).

Per quanto riguarda la griglia di simulazione, è stata utilizzata una maglia a celle quadrate di 10 x 10 x 10 cm, che corrisponde alla misura minima dei massi erratici oggetto della simulazione. Il volume scelto da simulare contiene al suo interno la galleria naturale ed una parte delle gallerie artificiali (7000 m di lunghezza, 100 m di altezza e 25 m di larghezza). La definizione di una griglia a così alta risoluzione, su un volume di circa 17.500.000 m<sup>3</sup>, ha comportato un notevole aumento dei tempi di calcolo (circa 5 ore per simulazione utilizzando un processore Pentium® 4).

Una volta definite le facies operative e la griglia di simulazione, sono state calcolate delle matrici di probabilità di transizione tra le facies operative, sia in senso verticale (Tabella 2) che laterale. Queste matrici esprimono la probabilità che esiste di passare da una facies ad un'altra nelle diverse porzioni del volume investigato e sono state calcolate utilizzando uno strumento matematico noto con il nome di Catene di Markov (Doveton, 1971; Either 1975; Miall, 1973). Il calcolo di queste matrici è effettuato partendo dai dati geologici (sondaggi e scavi) discretizzati secondo la griglia di simulazione. Questo

significa che il calcolo di probabilità di transizione è stato effettuato tra celle contigue di dimensioni 10 x 10 x 10 cm.

Facies operative	Fluvioglaciale	Glaciale	Masso (cm)		
			10<d<50	50<d<100	d>100
Fluvioglaciale	24.34	0.64	0.69	0.03	0.02
Glaciale	0.32	17.00	0.85	0.50	0.40
Masso (cm) 10<d<50	0.91	0.79	0.54	0.00	0.00
Masso (cm) 50<d<100	0.60	0.70	0.00	0.77	0.00
Masso (cm) >100	0.10	0.20	0.00	0.00	0.60

**Tabella 2: probabilità di transizione verticale (espressa in %) tra le facies operative calcolata utilizzando i sondaggi discretizzati in celle di 10 x 10 x 10 cm.**

In Tabella 3 sono riportate le proporzioni relative tra le facies operative utilizzate nella simulazione e calcolate dai dati provenienti dai sondaggi.

Facies operative	Proporzioni relative
Fluvio-glaciale	0.5865
Glaciale	0.4041
Masso 10<d<50 (cm)	0.004979
Masso 50<d<100(cm)	0.002984
Masso >100 (cm)	0.000541

**Tabella 3: proporzioni relative tra le facies operative.**

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 RO GN 020 1 002

Rev.  
A

Foglio  
16 di 35

Il **numero di simulazioni** calcolato è stato adottato pari a 50. Questo numero è stato ritenuto sufficiente in quanto è stato osservato che, superate le 35 simulazioni, l'intervallo di variazione tra le differenti realizzazioni tende a stabilizzarsi.

L'**indice d'anisotropia** utilizzato durante il processo di simulazione, che tiene conto della forma non-sferica dei massi, è definito da due valori pari rispettivamente a 2.2 e 1.4, che corrispondono rispettivamente al rapporto tra:

- asse maggiore L1 e asse minore L2 dei massi erratici (L1/L2);
- asse maggiore L1 e asse intermedio L3 dei massi erratici (L1/L3).

Questi valori sono stati ottenuti dalla misurazione e dallo studio di n.213 massi censiti in superficie lungo il percorso della galleria (vedi paragrafo 2.1). L'introduzione di questo indice di anisotropia permette di riprodurre, durante il processo di simulazione, degli oggetti (i massi erratici) che presentano una forma non-sferica e quindi una direzione preferenziale di allungamento lungo l'asse L1. L'introduzione di un indice di anisotropia nelle operazioni di simulazione si traduce in un incremento del numero dei massi erratici simulati rispetto all'utilizzo di un metodo isotropo. Questo comportamento si può spiegare considerando che l'introduzione di un indice di anisotropia ha come diretta conseguenza l'aumento della dimensione dei massi lungo una direzione preferenziale (definita dall'indice di anisotropia stesso). Ciò provoca un cambiamento della classe di appartenenza di alcuni massi, che vengono ora a trovarsi nella classe di dimensione immediatamente superiore. Da verifiche effettuate durante le operazioni di simulazione risulta che, nel caso considerato, l'utilizzo dell'anisotropia di forma porti ad un incremento di circa il 12% del numero totale di massi simulati. Questo incremento diventa maggiore se si considerano esclusivamente le classi di dimensione dei massi più grandi ( $d > 50$  cm). D'altra parte la forte anisotropia dei massi rinvenuti e misurati in superficie lungo il percorso della galleria sembra giustificare pienamente questa scelta.



### 3. ANALISI GEOSTATICA E SIMULAZIONE

Di seguito sono presentati i risultati dell'analisi geostatistica e dello studio sulla qualità della simulazione. Per ciascuna classe di dimensione dei massi erratici saranno presentati e commentati i grafici e una tabella che illustrano i seguenti elementi:

- numero di massi stimato per 10000 m<sup>3</sup> di materiale scavato lungo il transetto interessato dalla galleria. Valore medio calcolato su 50 simulazioni;
- intervallo di variazione delle differenti realizzazioni espresso in percentuale rispetto al valore medio atteso;
- numero di massi stimato ogni 116 m di avanzamento della galleria (pari a 11041 m<sup>3</sup> di materiale scavato). Questi valori sono stati ottenuti considerando uno scavo circolare di 11 m di diametro (95 m<sup>2</sup> di superficie);
- valore cumulato di massi stimato ogni 116 m di avanzamento della galleria (pari a 11041 m<sup>3</sup> di materiale scavato). Questi valori sono stati ottenuti considerando uno scavo circolare di 11 m di diametro (95 m<sup>2</sup> di superficie).

Una tabella riporta poi il numero di massi stimati ogni 116 m di avanzamento della galleria (pari a 11041 m<sup>3</sup> di materiale scavato). Questi valori sono stati ottenuti considerando uno scavo circolare di 11 metri di diametro (95 m<sup>2</sup> di superficie).

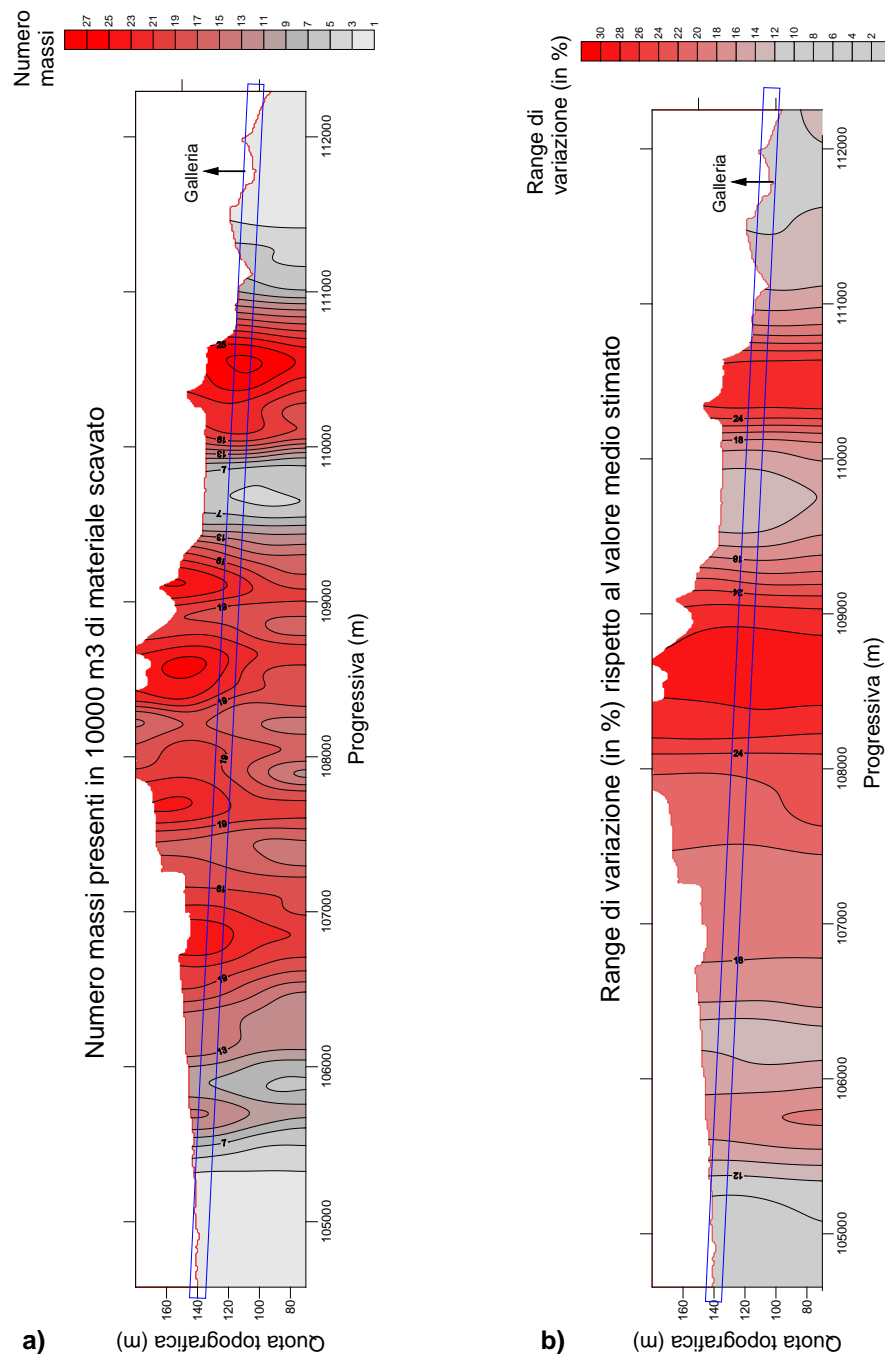
#### 3.1 Massi con dimensione compresa tra 10 e 50 cm

La massima concentrazione di massi con dimensioni comprese tra i 10 e 50 cm è stimata tra le progressive 110000 e 111000 m, con valori massimi presunti di 27 massi per 10000 m<sup>3</sup> di materiale (Figura 7a). Valori elevati sono presenti anche tra le progressive 106800 e 109300 m (24 massi / 10000 m<sup>3</sup> di materiale). Questa stima è stata eseguita tenendo conto della media di 50 simulazioni. Dal confronto tra il modello geologico e il modello geostatistico risulta che i valori più elevati di massi sono stimati in presenza di depositi glaciali, sebbene si raggiungano concentrazioni elevate anche in presenza di depositi interpretati come fluvio-glaciali. In questo caso sarebbe meglio considerare il termine generico di massi o blocchi piuttosto che di massi erratici nel senso stretto del termine (ovvero trasportati dall'azione di un ghiacciaio). All'interno del volume in esame sono inoltre presenti aree in cui i valori stimati di massi sono molto bassi (1-6 massi / 10000 m<sup>3</sup> di materiale). Queste aree interessano marginalmente lo scavo della galleria nelle sue porzioni iniziale e terminale e nell'area compresa tra le progressive 109500 e 110000 m dove si raggiungono valori molto bassi in presenza di depositi fluvio-glaciali.

Per quanto riguarda l'intervallo di variazione all'interno delle 50 simulazioni (Figura 7b) si può osservare che al crescere nel numero di massi per unità di volume, aumenta anche l'intervallo di variazione tra le simulazioni (misurato in % rispetto al valore medio stimato) fino a raggiungere valori di  $\pm 32\%$ . Questo dato può essere spiegato tenendo conto che all'aumentare della variabilità dei dati di partenza (facies operative ricavate dalle stratigrafie dei sondaggi e dagli scavi a volume noto) si incrementa anche la variabilità tra le simulazioni ottenute. In aree in cui si ha una presenza elevata di massi la variabilità dei dati è più alta, in quanto è più facile passare rapidamente da una facies operativa ad un'altra. In altre termini all'aumentare della presenza dei massi, aumenta anche l'incertezza sul risultato: questo dato può essere utilizzato come indice sull'affidabilità della simulazione.

Le Figure 8 e 9, con la relativa Tabella 4, indicano il numero di massi stimati ogni 116 m di avanzamento della galleria (pari a 11.041 m<sup>3</sup> di materiale scavato). Questi valori sono stati ottenuti intersecando il

tracciato della galleria con il risultato della simulazione e considerando uno scavo circolare di 11 m di diametro (pari a  $95 \text{ m}^2$  di superficie). Sulle stesse figure e nella tabella è riprodotto l'intervallo di variazione con curve di colore differente tra valori massimi e minimi. Da questo studio risulta che il numero di massi presumibilmente presenti nello sviluppo della galleria di Lonato, considerando anche i tratti in artificiale (prog 104579 – 112131)-, sia di **812** con un intervallo di variazione compreso tra 643 e 982. Considerando esclusivamente il tratto interessato dalla galleria naturale (prog 105990 – 110747) il numero totale di massi presumibilmente presenti è pari a **690** con intervallo di variazione compreso tra 532 e 831.



**Figura 7: massi erratici con dimensione compresa tra 10 e 50 cm. a) Stima del numero di massi presenti in 10000 m<sup>3</sup> di materiale scavato (valore medio ricavato da 50 simulazioni); b) intervallo di variazione massimo e minimo espresso in percentuale rispetto al valore medio stimato, calcolato considerando le 50 simulazioni.**

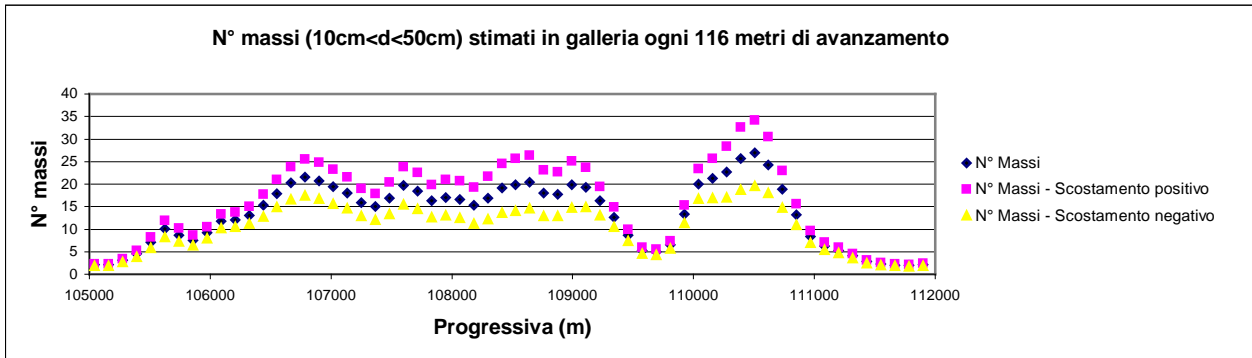


Figura 8: numero di massi con dimensione compresa tra 10 e 50 cm stimati ogni 116 m di avanzamento della galleria (pari a 11041 m<sup>3</sup> di materiale scavato).

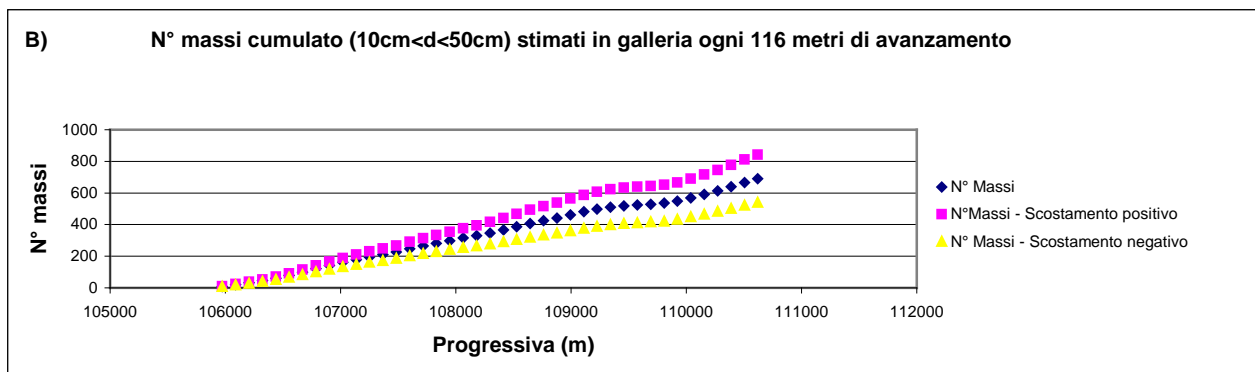
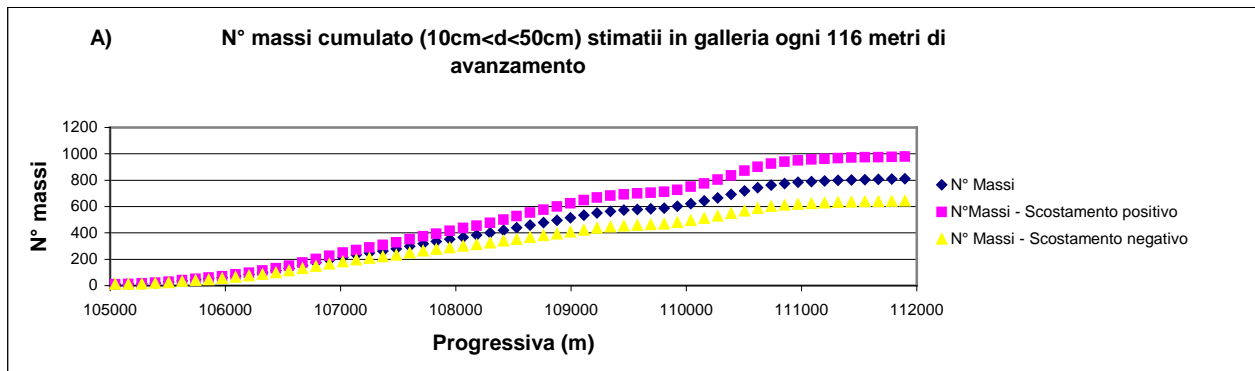


Figura 9: numero cumulato di massi con dimensione compresa tra 10 e 50 cm stimati ogni 116 m di avanzamento della galleria (pari a 11041 m<sup>3</sup> di materiale scavato). A) intero sviluppo della galleria (prog 104579 – 112131); B) galleria naturale (prog 105990 – 110747)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 RO GN 020 1 002Rev.  
AFoglio  
20 di 35

Progressiva (m)		n° massi (10<d<50 cm)			n° massi cumulado (10<d<50 cm)		
Da	a	valore medio	variazione max positiva	variazione max negativa	valore medio	variazione max positiva	variazione max negativa
104579	104695	2	2	2	2	2	2
104695	104811	2	2	2	3	4	3
104811	104927	2	2	2	5	6	5
104927	105043	2	2	2	8	8	7
105043	105160	2	2	2	10	11	9
105160	105276	2	2	2	12	13	11
105276	105392	3	3	3	15	16	13
105392	105508	5	5	4	19	22	17
105508	105624	7	8	6	26	30	23
105624	105741	10	12	8	36	42	31
105741	105857	9	10	7	45	52	38
105857	105973	7	9	6	53	60	45
105973	106089	9	10	8	62	71	53
106089	106205	12	13	10	74	84	63
106205	106321	12	14	11	86	98	73
106321	106438	13	15	11	99	113	85
106438	106554	15	18	13	114	131	97
106554	106670	18	21	15	132	152	112
106670	106786	20	24	17	152	176	129
106786	106902	21	26	17	174	201	146
106902	107019	21	25	17	194	226	163
107019	107135	19	23	16	214	249	179
107135	107251	18	22	15	232	271	193
107251	107367	16	19	13	248	290	206
107367	107483	15	18	12	263	308	218
107483	107600	17	20	13	280	328	231
107600	107716	20	24	15	299	352	247
107716	107832	18	23	14	318	374	261
107832	107948	16	20	13	334	394	274
107948	108064	17	21	13	351	415	287
108064	108180	17	21	13	368	436	300
108180	108297	15	19	11	383	455	311
108297	108413	17	22	12	400	477	323
108413	108529	19	25	14	419	502	337
108529	108645	20	26	14	439	527	351
108645	108761	20	26	15	460	554	365
108761	108878	18	23	13	478	577	378
108878	108994	18	23	13	495	599	391
108994	109110	20	25	15	515	624	406
109110	109226	19	24	15	535	648	421
109226	109342	16	19	13	551	668	434
109342	109459	13	15	10	564	683	444

Progressiva (m)		n° massi (10<d<50 cm)			n° massi cumulato (10<d<50 cm)		
Da	a	valore medio	variazione max positiva	variazione max negativa	valore medio	variazione max positiva	variazione max negativa
109459	109575	9	10	7	572	693	452
109575	109691	5	6	5	577	699	456
109691	109807	5	6	4	582	704	461
109807	109923	6	7	6	589	712	466
109923	110039	13	15	11	602	727	478
110039	110156	20	23	17	622	750	494
110156	110272	21	26	17	644	776	511
110272	110388	23	28	17	666	804	528
110388	110504	26	33	19	692	837	547
110504	110620	27	34	20	719	871	567
110620	110737	24	31	18	743	902	585
110737	110853	19	23	15	762	925	599
110853	110969	13	16	11	775	940	610
110969	111085	8	10	7	784	950	617
111085	111201	6	7	5	790	957	623
111201	111317	5	6	5	795	963	627
111317	111434	4	5	4	799	967	631
111434	111550	3	3	2	802	971	633
111550	111666	2	2	2	804	973	635
111666	111782	2	2	2	806	975	637
111782	111898	2	2	2	808	977	639
111898	112015	2	2	2	810	980	641
112015	112131	2	2	2	<b>812</b>	<b>982</b>	<b>643</b>

**Tabella 4: massi con dimensione compresa tra 10 e 50 cm, numero di massi stimati ogni 116 m di avanzamento della galleria (pari a 11041 m<sup>3</sup> di materiale scavato). Questi valori sono stati ottenuti intersecando il tracciato della galleria con il risultato della simulazione, considerando uno scavo circolare di 11 m di diametro (pari a 95 m<sup>2</sup> di superficie). I valori riportati nella tabella (inizialmente calcolati su due decimali), sono stati arrotondati al numero intero più vicino. Le celle della tabella con sfondo grigio indicano il tratto interessato dalla galleria naturale.**

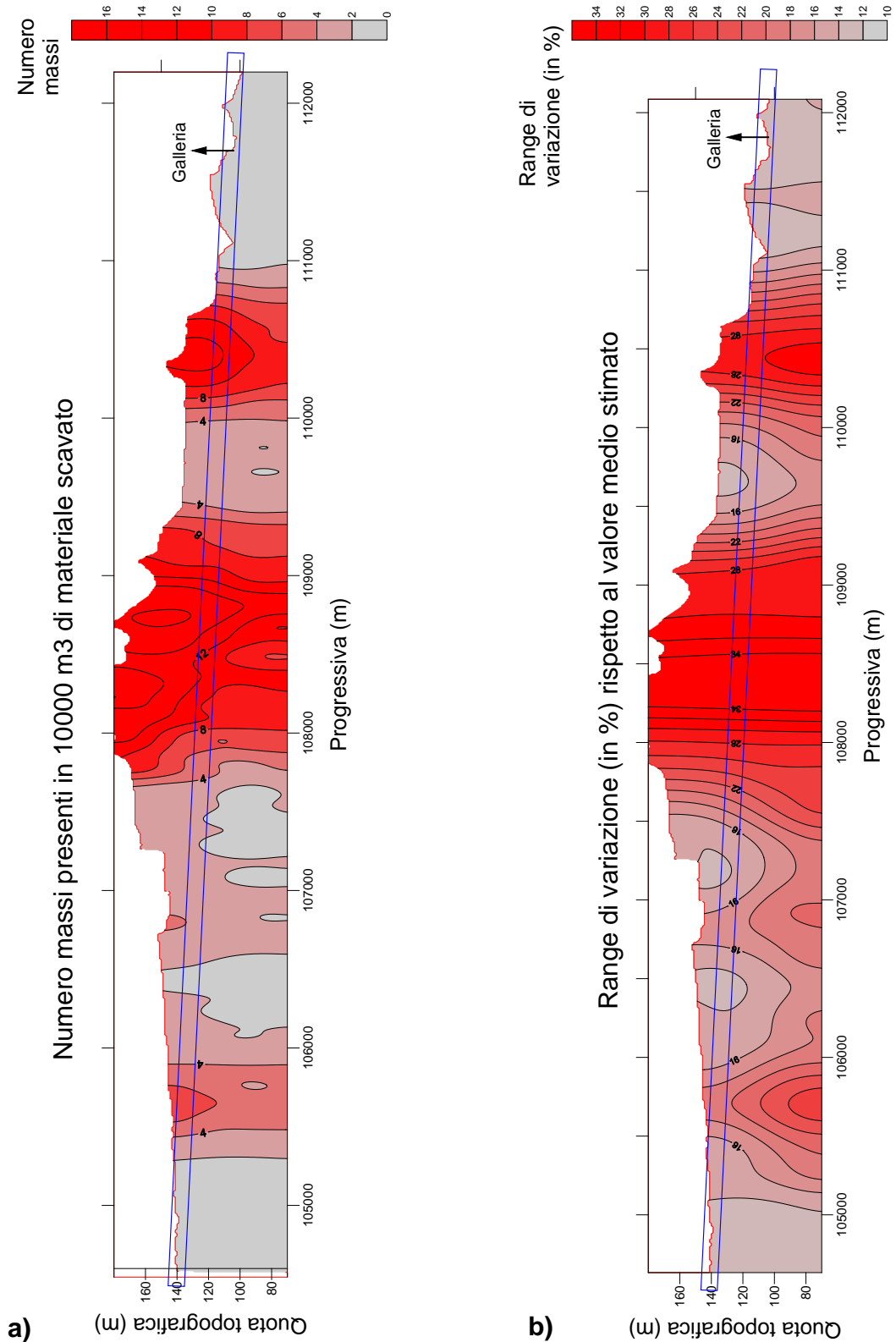
### 3.2 Massi con dimensione compresa tra 50 e 100 cm

La massima concentrazione di massi di dimensioni comprese tra i 50 e 100 cm si incontra presumibilmente tra le progressive 108300 e 109500 m, tra le quote topografiche 180 e 140 m s.l.m., dove raggiunge valori massimi di 17 massi / 10000 m<sup>3</sup> di materiale (Figura 10a). Valori elevati sono presenti inoltre tra le progressive 110000 e 111000 m (12 massi / 10000 m<sup>3</sup> di materiale). Questa stima è stata eseguita tenendo conto della media di 50 simulazioni. Confrontando il modello geologico e il modello geostatistico, risulta che i valori più elevati di massi sono presumibilmente presenti nelle aree che si caratterizzano per la presenza di depositi glaciali e nelle zone marginali dei depositi fluvioglaciali a contatto con i cordoni morenici. Nelle altre aree interessate dallo scavo della galleria non si superano valori di 4-5 massi / 10000 m<sup>3</sup> di materiale; il modello geologico indica per queste porzioni la presenza di depositi prevalentemente fluvio-glaciali.

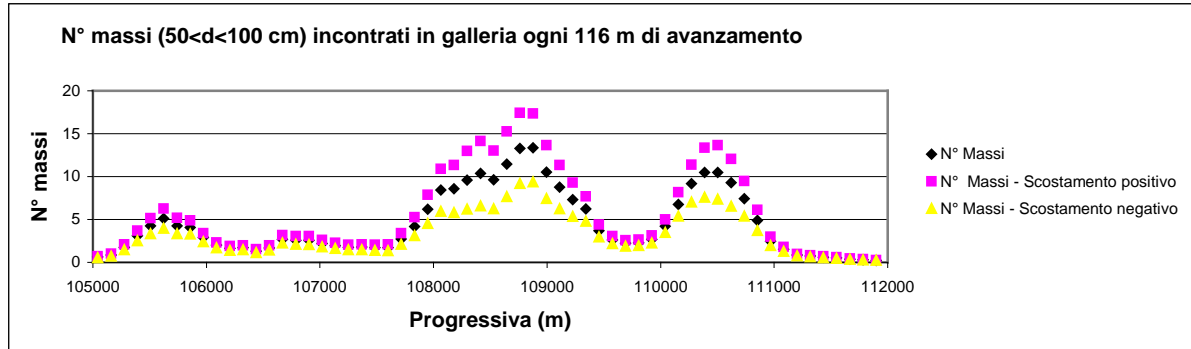
L'intervallo di variazione (Figura 10b) tra le 50 simulazioni (misurato in % rispetto al valore medio stimato) cresce all'aumentare dei valori di massi per unità di volume, fino a raggiungere valori di  $\pm 35\%$ . La spiegazione di questo comportamento è stata riportata nel precedente paragrafo 3.1

Le Figure 11 e 12, con la relativa Tabella 5, indicano il numero di massi stimati ogni 116 m di avanzamento della galleria (pari a 11.041 m<sup>3</sup> di materiale scavato). Questi valori sono stati ottenuti intersecando il tracciato della galleria con il risultato della simulazione, considerando uno scavo circolare di 11 metri di diametro (pari a 95 m<sup>2</sup> di superficie). Sulle stesse figure e nella tabella è riprodotto l'intervallo di variazione con curve di colore differente tra valori massimi e minimi.

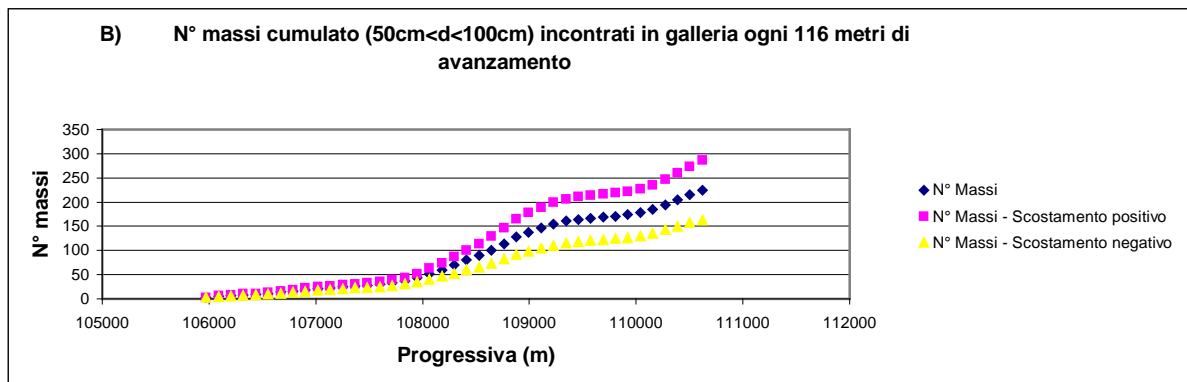
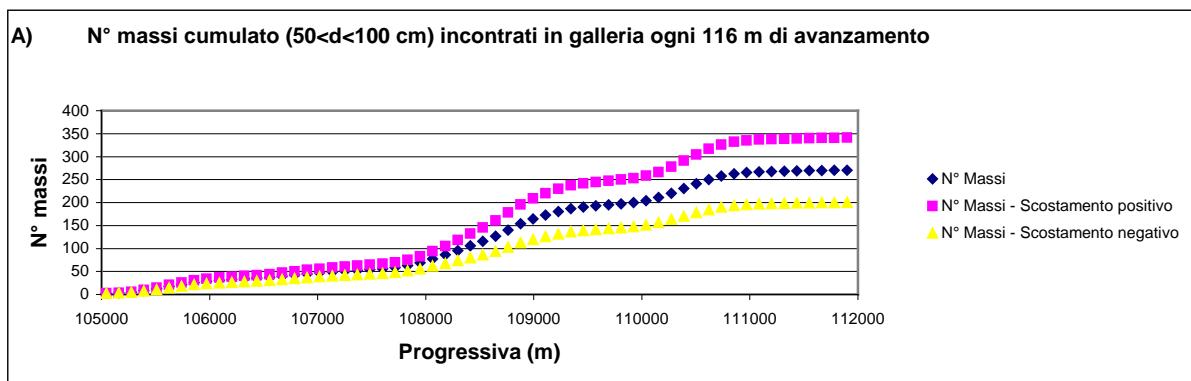
Da questo studio risulta che il numero di massi presumibilmente presenti nello sviluppo della galleria di Lonato, considerando anche i tratti in artificiale (prog 104579 – 112131)-, sia di **271** con un intervallo di variazione compreso tra 200 e 342. Considerando esclusivamente il tratto interessato dalla galleria naturale (prog 105990 – 110747) il numero totale di massi presumibilmente presenti è pari a **225** con intervallo di variazione compreso tra 183 e 286.



**Figura 10: massi con dimensione compresa tra 50 e 100 cm. a) Stima del numero di massi presunti in 10000 m<sup>3</sup> di materiale scavato (valore medio ricavato da 50 simulazioni); b) intervallo di variazione massimo e minimo espresso in percentuale rispetto al valore medio stimato, calcolato considerando le 50 simulazioni.**



**Figura 11: numero di massi con dimensione compresa tra 50 e 100 cm stimati ogni 116 m di avanzamento della galleria (pari a 11041 m<sup>3</sup> di materiale scavato).**



**Figura 12: numero cumulato di massi con dimensione compresa tra 50 e 100 cm stimati ogni 116 m di avanzamento della galleria (pari a 11041 m<sup>3</sup> di materiale scavato). A) intero sviluppo della galleria (prog 104579 – 112131); B) galleria naturale (prog 105990 – 110747)**



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 RO GN 020 1 002Rev.  
AFoglio  
25 di 35

Progressiva (m)		n° massi (50<d<100 cm)			n° massi cumulado (50<d<100 cm)		
da	a	valore medio	variazione max positiva	variazione max negativa	valore medio	variazione max positiva	variazione max negativa
104579	104695	0	0	0	0	0	0
104695	104811	0	0	0	1	1	1
104811	104927	1	1	0	1	1	1
104927	105043	1	1	1	2	2	2
105043	105160	1	1	1	2	3	2
105160	105276	1	1	1	3	4	3
105276	105392	2	2	1	5	6	4
105392	105508	3	4	3	8	9	7
105508	105624	4	5	3	12	15	10
105624	105741	5	6	4	17	21	14
105741	105857	4	5	3	22	26	17
105857	105973	4	5	3	26	31	21
105973	106089	3	3	2	29	34	23
106089	106205	2	2	2	31	37	25
106205	106321	2	2	1	32	39	26
106321	106438	2	2	1	34	41	28
106438	106554	1	2	1	35	42	29
106554	106670	2	2	1	37	44	30
106670	106786	3	3	2	40	47	32
106786	106902	3	3	2	42	50	34
106902	107019	3	3	2	45	53	36
107019	107135	2	3	2	47	56	38
107135	107251	2	2	2	49	58	40
107251	107367	2	2	1	51	60	41
107367	107483	2	2	1	53	62	43
107483	107600	2	2	1	54	64	44
107600	107716	2	2	1	56	67	45
107716	107832	3	3	2	59	70	48
107832	107948	4	5	3	63	75	51
107948	108064	6	8	4	69	83	55
108064	108180	8	11	6	78	94	61
108180	108297	9	11	6	86	105	67
108297	108413	10	13	6	96	118	73
108413	108529	10	14	7	106	132	80
108529	108645	10	13	6	116	145	86
108645	108761	11	15	8	127	161	93
108761	108878	13	17	9	140	178	103
108878	108994	13	17	9	154	196	112
108994	109110	11	14	7	164	209	119
109110	109226	9	11	6	173	220	126
109226	109342	7	9	5	180	230	131
109342	109459	6	8	5	187	237	136
109459	109575	4	4	3	190	242	139
109575	109691	3	3	2	193	245	141
109691	109807	2	3	2	195	247	143
109807	109923	2	3	2	197	250	145
109923	110039	3	3	2	200	253	147
110039	110156	4	5	3	204	258	150
110156	110272	7	8	5	211	266	156
110272	110388	9	11	7	220	278	163
110388	110504	10	13	8	231	291	170
110504	110620	11	14	7	241	305	178
110620	110737	9	12	7	251	317	184
110737	110853	7	9	5	258	326	190
110853	110969	5	6	4	263	332	193
110969	111085	2	3	2	265	335	195
111085	111201	2	2	1	267	337	197
111201	111317	1	1	1	268	338	197
111317	111434	1	1	1	268	339	198
111434	111550	1	1	1	269	340	198

Progressiva (m)		n° massi (50<d<100 cm)			n° massi cumulado (50<d<100 cm)		
da	a	valore medio	variazione max positiva	variazione max negativa	valore medio	variazione max positiva	variazione max negativa
111550	111666	1	1	0	270	340	199
111666	111782	0	0	0	270	341	199
111782	111898	0	0	0	270	341	199
111898	112015	0	0	0	271	341	200
112015	112131	0	0	0	271	342	200

**Tabella 5: numero di massi con dimensione compresa tra 50 e 100 cm stimati ogni 116 m di avanzamento della galleria (pari a 11041 m<sup>3</sup> di materiale scavato). Questi valori sono stati ottenuti intersecando il tracciato della galleria con il risultato della simulazione, considerando uno scavo circolare di 11 m di diametro (pari a 95 m<sup>2</sup> di superficie). I valori riportati nella tabella (inizialmente calcolati su due decimali), sono stati arrotondati al numero intero più vicino. Le celle della tabella con sfondo grigio indicano il tratto interessato dalla galleria naturale.**

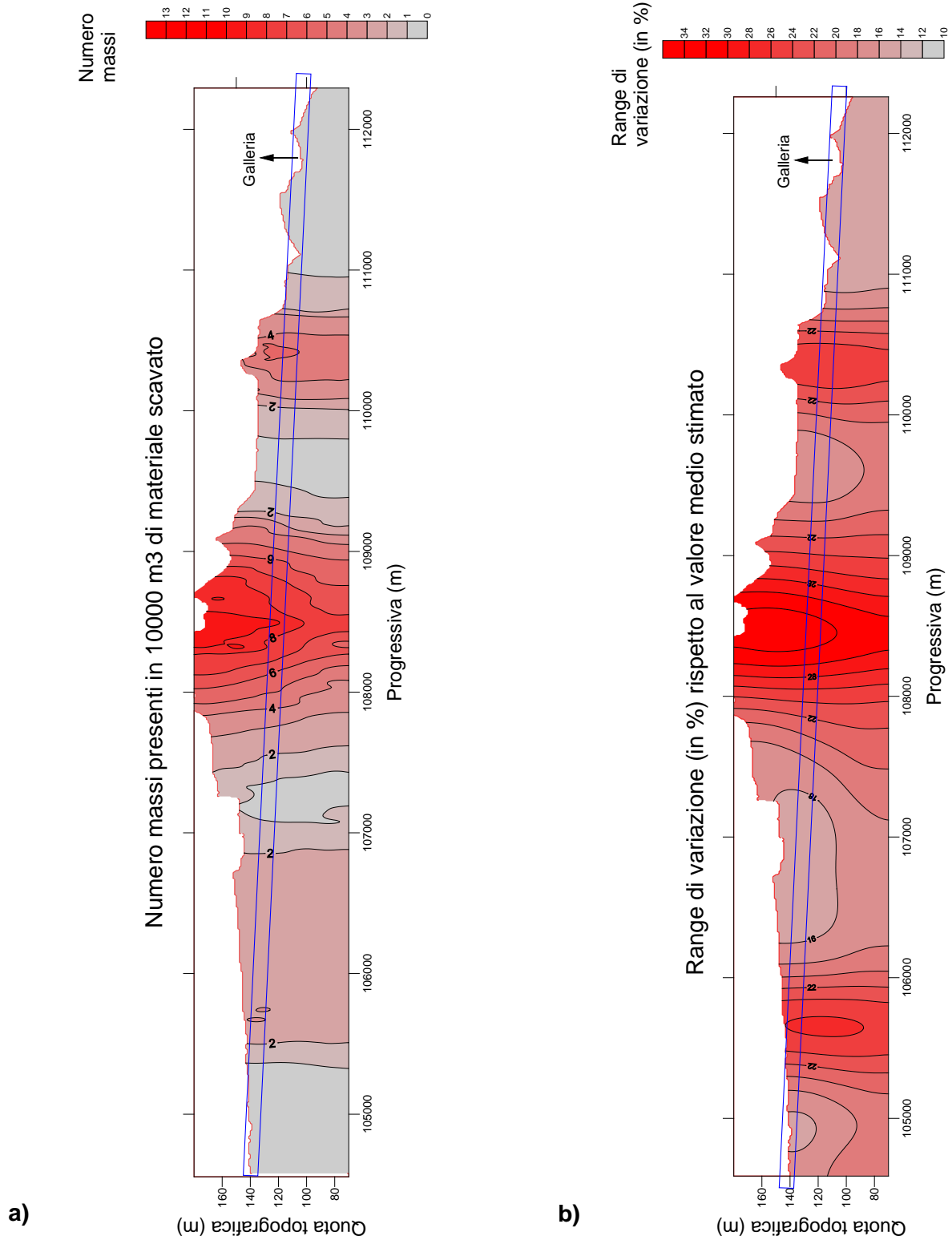
### 3.3 Massi con dimensione maggiore di 100 cm

La massima concentrazione di massi di dimensioni maggiore di 100 cm è stimata tra le progressive 108500 e 109000 m, tra le quote topografiche 180 e 100 m s.l.m., dove raggiunge valori di 11 massi / 10000 m<sup>3</sup> di materiale (Figura 13a). Valori elevati sono presenti inoltre tra le progressive 110000 e 110500 m (6 massi / 10.000 m<sup>3</sup> di materiale). Questa stima è stata eseguita tenendo conto della media di 50 simulazioni. Confrontando il modello geologico e il modello geostatistico, risulta che i valori più elevati di massi stimati sono presenti nelle aree in cui si sono depositi sedimenti glaciali. Nelle altre aree interessate dallo scavo della galleria non si superano valori di 3 massi / 10000 m<sup>3</sup> di materiale; il modello geologico indica per queste porzioni la presenza di depositi fluvio-glaciali. Il comportamento di questa classe di massi erratici assomiglia molto a quello osservato e descritto precedentemente per i massi di dimensioni inferiori, comprese tra 50 e 100 cm.

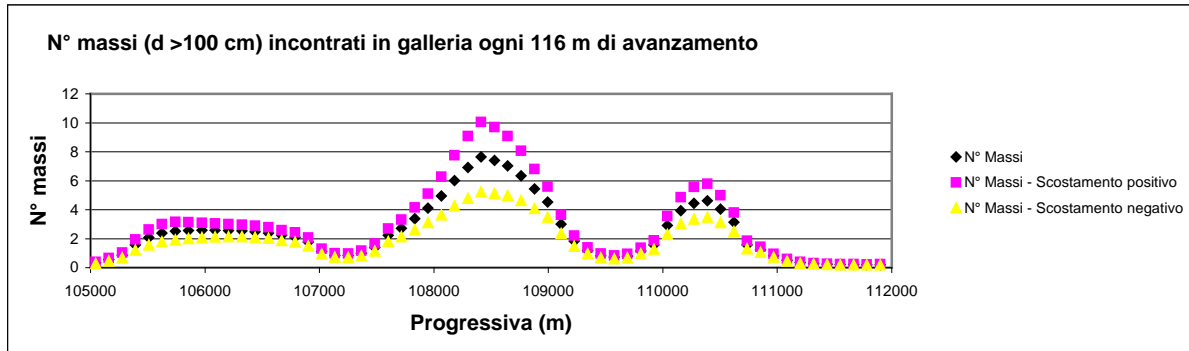
L'intervallo di variazione (Figura 13b) tra le 50 simulazioni (misurato in % rispetto al valore medio stimato) cresce all'aumentare dei valori di massi per unità di volume, fino a raggiungere valori di ± 35%. La spiegazione di questo dato è stata illustrata nel precedente paragrafo 3.1.

Le Figure 14 e 15, con la relativa Tabella 6, indicano il numero di massi stimati ogni 116 m di avanzamento della galleria (pari a 11.041 m<sup>3</sup> di materiale scavato). Questi valori sono stati ottenuti intersecando il tracciato della galleria con il risultato della simulazione, considerando uno scavo circolare di 11 m di diametro (pari a 95 m<sup>2</sup> di superficie). Sulle stesse figure e nella tabella è riprodotto l'intervallo di variazione con curve di colore differente tra valori massimi e minimi.

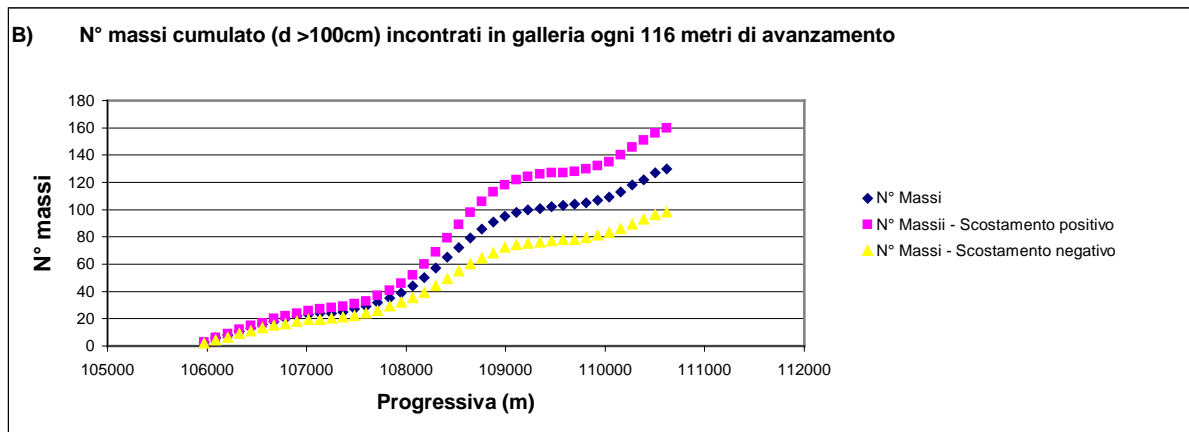
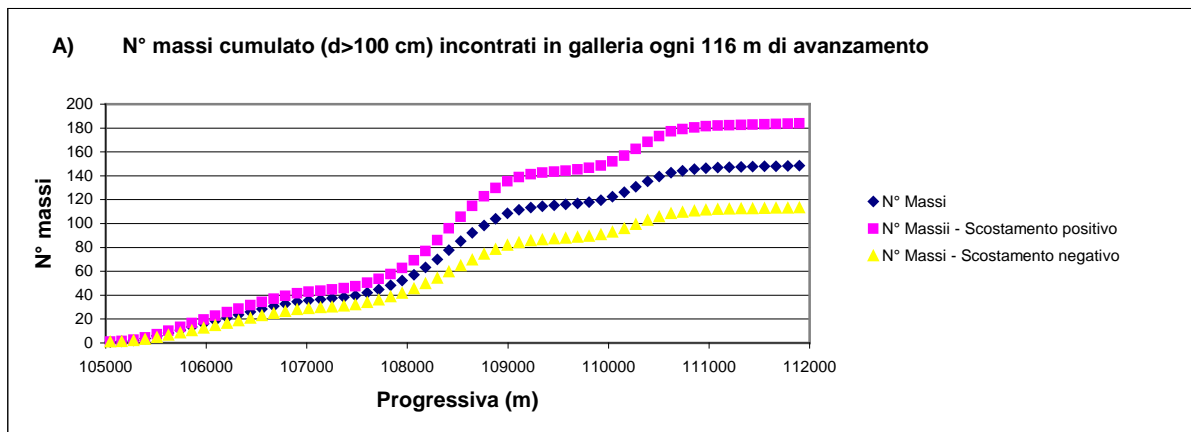
Da questo studio risulta che il numero di massi presumibilmente presenti nello sviluppo della galleria di Lonato, considerando anche i tratti in artificiale (prog 114579 – 122131)-, sia di **149** con un intervallo di variazione compreso tra 113 e 184. Considerando esclusivamente il tratto interessato dalla galleria naturale (prog 115990 – 120747) il numero totale di massi presumibilmente presenti è pari a **130** con intervallo di variazione compreso tra 98 e 160.



**Figura 13: massi con dimensione maggiore di 100 cm. a) Stima del numero di massi stimati in 10000 m<sup>3</sup> di materiale scavato (valore medio ricavato da 50 simulazioni); b) intervallo di variazione massimo e minimo espresso in percentuale rispetto al valore medio stimato, calcolato considerando le 50 simulazioni.**



**Figura 14: numero di massi con dimensione maggiore di 100 cm stimati ogni 116 m di avanzamento della galleria (pari a 11041 m<sup>3</sup> di materiale scavato).**



**Figura 15: numero cumulato di massi con dimensione maggiore di 100 cm, stimati ogni 116 m di avanzamento della galleria (pari a 11041 m<sup>3</sup> di materiale scavato). A) intero sviluppo della galleria (prog 104579 – 112131); B) galleria naturale (prog 105990 – 110747)**

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 RO GN 020 1 002Rev.  
AFoglio  
29 di 35

Progressiva (m)		n° massi (d>100 cm)			n° massi cumulado (d>100 cm)		
da	a	valore medio	variazione max positiva	variazione max negativa	valore medio	variazione max positiva	variazione max negativa
104579	104695	0	0	0	0	0	0
104695	104811	0	0	0	0	0	0
104811	104927	0	0	0	0	0	0
104927	105043	0	0	0	1	1	0
105043	105160	0	0	0	1	1	1
105160	105276	1	1	0	1	2	1
105276	105392	1	1	1	2	3	2
105392	105508	2	2	1	4	5	3
105508	105624	2	3	2	6	7	5
105624	105741	2	3	2	8	10	6
105741	105857	3	3	2	11	13	8
105857	105973	3	3	2	13	17	10
105973	106089	3	3	2	16	20	12
106089	106205	3	3	2	19	23	14
106205	106321	3	3	2	21	26	16
106321	106438	3	3	2	24	29	19
106438	106554	2	3	2	26	32	21
106554	106670	2	3	2	29	34	23
106670	106786	2	3	2	31	37	25
106786	106902	2	2	2	33	39	26
106902	107019	2	2	1	35	41	28
107019	107135	1	1	1	36	43	29
107135	107251	1	1	1	37	44	29
107251	107367	1	1	1	37	45	30
107367	107483	1	1	1	38	46	31
107483	107600	1	2	1	40	48	32
107600	107716	2	3	2	42	50	34
107716	107832	3	3	2	45	54	36
107832	107948	3	4	3	48	58	39
107948	108064	4	5	3	52	63	42
108064	108180	5	6	4	57	69	45
108180	108297	6	8	4	63	77	49
108297	108413	7	9	5	70	86	54
108413	108529	8	10	5	78	96	59
108529	108645	7	10	5	85	106	65
108645	108761	7	9	5	92	115	70
108761	108878	6	8	5	99	123	74
108878	108994	5	7	4	104	130	78
108994	109110	5	6	3	108	135	82
109110	109226	3	4	2	111	139	84
109226	109342	2	2	1	113	141	85
109342	109459	1	1	1	114	143	86
109459	109575	1	1	1	115	144	87
109575	109691	1	1	1	116	144	88
109691	109807	1	1	1	117	145	88
109807	109923	1	1	1	118	147	89
109923	110039	2	2	1	120	149	91
110039	110156	3	4	2	122	152	93
110156	110272	4	5	3	126	157	96
110272	110388	4	6	3	131	163	99
110388	110504	5	6	3	135	168	103
110504	110620	4	5	3	140	173	106
110620	110737	3	4	2	143	177	108
110737	110853	2	2	1	144	179	109
110853	110969	1	1	1	145	180	111
110969	111085	1	1	1	146	181	111
111085	111201	1	1	0	147	182	112
111201	111317	0	0	0	147	182	112
111317	111434	0	0	0	147	183	112
111434	111550	0	0	0	148	183	112

Progressiva (m)		n° massi (d>100 cm)			n° massi cumulato (d>100 cm)		
da	a	valore medio	variazione max positiva	variazione max negativa	valore medio	variazione max positiva	variazione max negativa
111550	111666	0	0	0	148	183	113
111666	111782	0	0	0	148	183	113
111782	111898	0	0	0	148	184	113
111898	112015	0	0	0	149	184	113
112015	112131	0	0	0	<b>149</b>	<b>184</b>	<b>113</b>

**Tabella 6: numero di massi con dimensione maggiore di 100 cm stimati ogni 116 m di avanzamento della galleria (pari a 11041 m<sup>3</sup> di materiale scavato). Questi valori sono stati ottenuti intersecando il tracciato della galleria con il risultato della simulazione, considerando uno scavo circolare di 11 m di diametro (pari a 95 m<sup>2</sup> di superficie). ). I valori riportati nella tabella (inizialmente calcolati su due decimali), sono stati arrotondati al numero intero più vicino. Le celle della tabella con sfondo grigio indicano il tratto interessato dalla galleria naturale.**

#### 4. RISULTATI

L'acquisizione di un adeguato numero di dati puntuali nell'area in esame ha reso possibile applicare i moderni metodi di analisi geostatistica, condotta al fine di valutare la probabilità di incontrare massi erratici lungo la tratta interessata dal tracciato della galleria ferroviaria di Lonato.

Nelle tabelle che seguono è riportata una sintesi dei risultati.

Massi	n° massi		
	valore medio	variazione max positiva	variazione max negativa
10<d<50 cm	812	982	643
50<d<100 cm	271	342	200
d >100 cm	149	184	113
<b>Totale massi</b>	<b>1232</b>	<b>1508</b>	<b>956</b>

Tabella 7: numero complessivo di massi stimati lungo l'intero sviluppo della galleria di Lonato, comprendendo anche i tratti in artificiale (prog 104579 – 112131), e considerando uno scavo circolare di 11 m di diametro (95 m<sup>2</sup> di superficie). In tabella sono riportate anche le variazioni massime e minime rispetto alla previsione che risultano dal confronto di 50 simulazioni.

Massi	n° massi		
	valore medio	variazione max positiva	variazione max negativa
10<d<50 cm	690	831	532
50<d<100 cm	225	283	181
d >100 cm	130	160	98
<b>Totale massi</b>	<b>1045</b>	<b>1274</b>	<b>811</b>

Tabella 8: numero complessivo di massi stimati lungo il tratto interessato dalla galleria naturale (prog 105990 – 110747), considerando uno scavo circolare di 11 m di diametro (95 m<sup>2</sup> di superficie). In tabella sono riportate anche le variazioni massime e minime rispetto alla previsione che risultano dal confronto di 50 simulazioni.

Dallo studio geostatistico risulta inoltre che:

- i massi di maggiori dimensione tendono a concentrarsi tra le progressive 108000 e 109000 m dove è possibile raggiungere, considerando i massi erratici di dimensioni maggiori di 50 cm, valori medi di 27 massi attesi per 10000 m<sup>3</sup> di materiale scavato (paragrafi 3.2 e 3.3);
- un'altra area critica, per la presenza di massi di dimensioni maggiori di 50 cm, è presumibilmente tra le progressive 110000 e 110500 m, dove si possono raggiungere, considerando i massi di dimensioni maggiori a 50 cm, valori medi di 18 massi attesi per 10000 m<sup>3</sup> di materiale scavato (paragrafi 3.2 e 3.3);
- dal confronto tra modello geologico e simulazione geostatistica risulta evidente che i massi di dimensioni maggiori a 50 cm sono stimati principalmente all'interno dei sedimenti interpretati come depositi glaciali e nelle aree periferiche dei depositi fluvio-glaciali a contatto con i cordoni morenici (paragrafi 3.1, 3.2 e 3.3), confermando la bontà dell'approccio geostatistico proposto;
- i massi di dimensione più piccola (paragrafo 3.1), il cui diametro è compreso tra 10 e 50 cm, sono presenti presumibilmente su una fascia più ampia lungo il percorso della galleria, tra le progressive 106800 e 108100 m (dove si raggiungono valori massimi stimati di 27 massi per 10000 m<sup>3</sup> di materiale), tra le progressive 108300 e 109500 m e tra le progressive 110000 e 111000 m (24 massi per 10000 m<sup>3</sup> di materiale);
- dal confronto tra modello geologico e simulazione geostatistica risulta che i massi di dimensioni comprese tra 10 e 50 cm sono stimati principalmente all'interno dei sedimenti interpretati come depositi fluvio-glaciali (paragrafo 3.1);
- l'intervallo di variazione tra le 50 simulazioni numeriche implementate (misurato in % rispetto al valore medio stimato) cresce all'aumentare dei valori di massi per unità di volume, fino a raggiungere valori di  $\pm 35\%$ . Questo comportamento può essere spiegato tenendo conto che all'aumentare della variabilità dei dati di partenza (facies operative ricavate dalle stratigrafie dei sondaggi) si incrementa anche la variabilità tra le simulazioni ottenute. In aree in cui si ha una presenza elevata di massi la variabilità dei dati risulta più alta poiché è più facile passare rapidamente da una facies operativa ad un'altra. In altri termini all'aumentare della presenza dei massi si incrementa anche l'incertezza sul risultato: questo dato può essere utilizzato come indice sull'affidabilità della simulazione. Al contrario, non sembra esistere una correlazione tra variabilità della simulazione e la distribuzione spaziale dei dati di partenza. Questi ultimi sono infatti distribuiti omogeneamente su tutto il percorso della galleria.



## 5. CONCLUSIONI

In tale studio è stata eseguita un'analisi geostatistica sulla distribuzione dei trovanti in funzione della loro dimensione lungo il tracciato della galleria naturale di Lonato.

L'analisi utilizza una metodologia probabilistica nota con il nome di TPROGS (Transition Probability Geostatistics), che consente di valutare sia la distribuzione di frequenza (valore medio) dei massi raggruppati in categorie dimensionali, sia il grado di incertezza sul risultato ottenuto, espresso in termini di valori massimi e minimi di frequenza.

Le categorie dimensionali prese in esame sono le seguenti:

- a) massi tra 10 e 50 cm;
- b) massi tra 50 e 100 cm;
- c) massi maggiori di 100 cm.

Tale suddivisione è funzionale di un utilizzo dei dati ai fini della valutazione di uno scavo con mezzi meccanizzati.

La Galleria Naturale Lonato verrà realizzata con una fresa scudata del tipo EPB (Earth Pressure Balance) opportunamente dotata di apparati per interventi di condizionamento al fronte, che consentono di iniettare nell'intercapedine di scavo schiume polimeriche e tensioattivi in grado di modificare il comportamento allo scavo del terreno. Vengono però anche evidenziati i limiti della macchina; infatti si fa riferimento a problemi derivanti dal possibile accumulo di trovanti di 20-40 cm, difficilmente eliminabili attraverso la coclea.

Nel progetto si evidenziano tre scenari di rischio per quanto concerne la problematica delle interferenze con la superficie:

- 1) Rischio elevato: presenza di interferenze significative in superficie (edifici vulnerabili, autostrada...) in concomitanza con basse coperture pari a massimo 2 volte il diametro di scavo;
- 2) Rischio medio: presenza di interferenze in superficie con coperture comprese tra 2 e 5 volte il diametro di scavo;
- 3) Rischio basso: assenza di interferenze significative ovvero presenza di interferenze con coperture superiori a 5 volte il diametro di scavo. Il rischio è legato alla sola presenza di trovanti.

Per i settori a rischio elevato e in parte per quelli a rischio medio il progetto prevede interventi sistematici di consolidamento al fine di evitare la trasmissione di cedimenti in superficie, conseguenti al rinvenimento di trovanti "problematici". La sistematicità degli interventi è dipendente dal fatto che, mancando una qualsiasi stima della distribuzione di frequenza dei trovanti lungo la galleria, si suppone di poter rinvenire i trovanti ovunque e quindi si prevede di consolidare gli interi settori.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 RO GN 020 1 002

Rev.  
A

Foglio  
34 di 35

Nel Progetto sono previsti interventi di preconsolidamento da piano campagna, mediante jet-grouting o perforazioni teleguidate, in tutti i settori contraddistinti dalla presenza di infrastrutture (abitazioni, capannoni industriali, strade e autostrada) e da coperture sulla galleria fino a 2 diametri (rischio elevato). Nei settori a rischio medio-basso, contraddistinti dall'assenza di infrastrutture in superficie bisogna intervenire dall'interno della fresa eseguendo consolidamenti puntuali. Tra le distribuzioni di frequenza di massi rinvenuti in tale studio si assume che il rinvenimento di massi maggiori di 100cm possa richiedere un'intervento all'interno della macchina di scavo nei tratti a medio-basso rischio. In tal caso nel tratto interessato dalla galleria naturale il numero totale di massi presenti è pari a 130 con intervallo di variazione compreso tra 98 e 160. Depurando dal progetto i tratti in Galleria Naturale dove sono previsti degli interventi di consolidamento da piano campagna in jet-grouting o perforazioni teleguidate, per il superamento dei trovanti ritenuti rilevanti è necessario prevedere interventi locali di consolidamento dall'interno della fresa con una frequenza media di 1 intervento ogni 60 m.

Quindi in conclusione sono previsti **n°108** di interventi all'interno della camera di scavo per la demolizione dei trovanti.

## 6. BIBLIOGRAFIA

### **Carle, S.F. and Fogg G.E. (1996)**

Transition probability-based indicator geostatistics, *Mathematical geology*, 28(4), pp. 453-477.

### **Carle, S.F. and Fogg G.E., (1997)**

Transition probability-based indicator geostatistics, *Mathematical geology*, 29(7), pp. 891-917.

### **Galli, A., Beucher, H., Le Loc'h, G., Doligez, B. & Group, H. (1994)**

The pros and cons of the truncated gaussian method. In M. Armstrong & P. A. Dowd (Eds.) *Geostatistical simulations* (pp. 217-233). Kluwer Academic, Netherlands.

### **Galli, A. & Beucher, H. (1997)**

Stochastic models for reservoir characterization: a user-friendly review, *SPE* 38999, pp. 1-11.

### **Goovaerts, P. (1997)**

*Geostatistics for natural resources evaluation: Great Britain*, Oxford University Press, 485 pp.

### **Doveton, J. (1971)**

An application of Markov chain analysis to the Ayshire Coal Measure succession: *Scott J. Geol*, 7 (1), pp. 11-27.

### **Either, V. (1975)**

Application of Markov analysis to the Banff Formation (Mississippian), Alberta. *Math. Geology*, 7 (1), pp. 47-61.

### **Miall, A. (1973)**

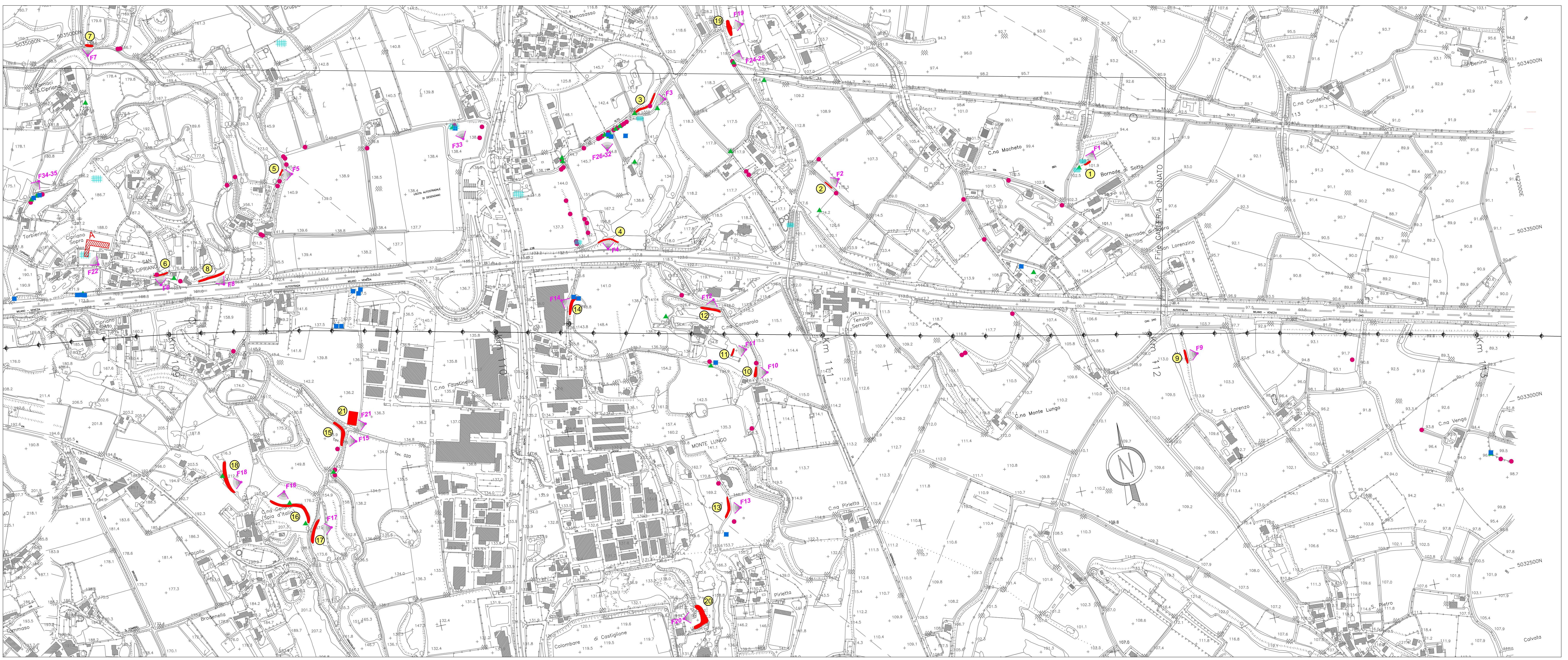
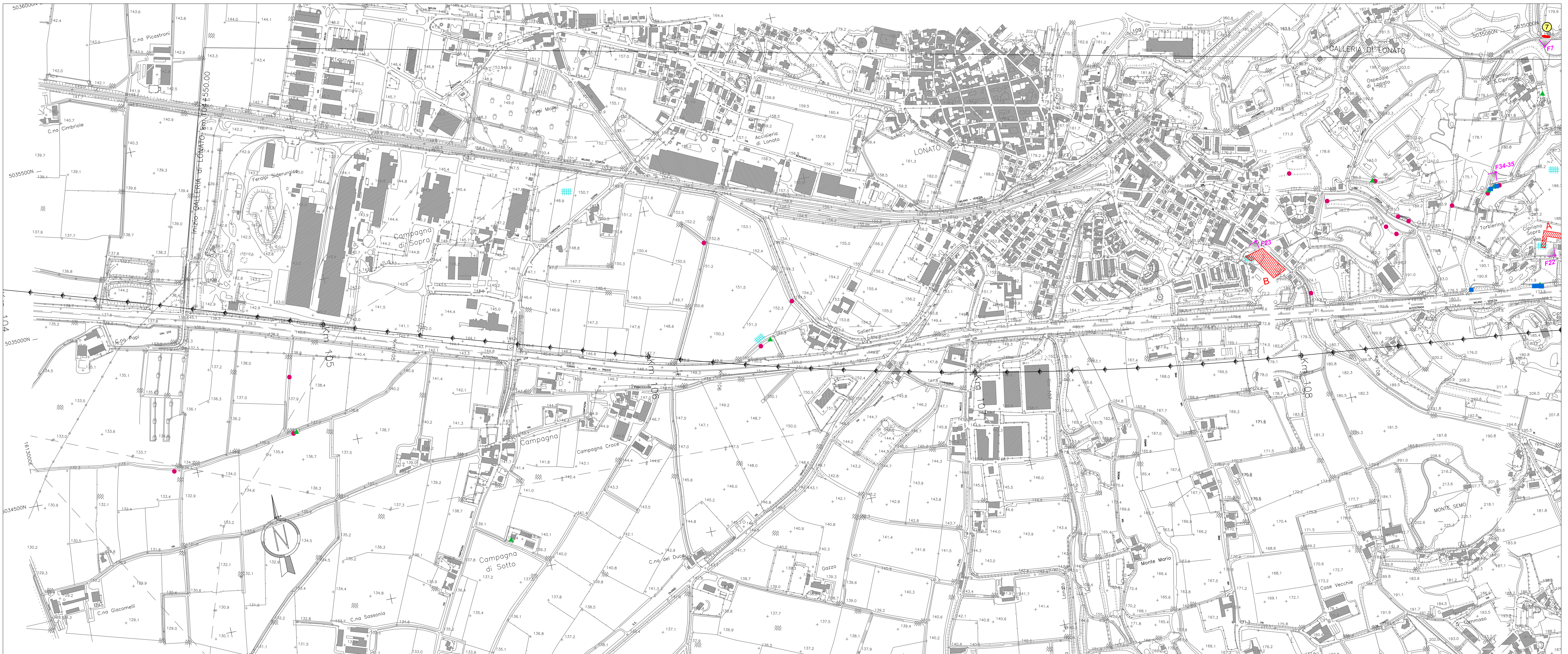
Markov chain analysis applied to an ancient alluvial plain succession. *Sedimentology*, 20(3), pp. 347-364.

### **Poot, S., Boone & Westland, J. (2000)**

Predicted boulder frequency compared to field observation during construction of Toronto's Sheppard subway. *Proceedings 16th annual conference of tunneling association of Canada – Montreal*, sept 2000, pp.47-54

### **Westland, J. Busbridge, R. & Ball J. (1998)**

Managing subsurface risk for Toronto's rapid transit expansion program. *North American Tunneling '98*, Ozdermir (ed.), Balkema, Rotterdam, pp. 37-45.



**LEGENDA**

- Tracciato linea Alta Capacità.
- Massi erratici di dimensione compresa tra 50 e 100 cm.
- ▲ Massi erratici di dimensione compresa tra 100 e 150 cm.
- Massi erratici di dimensione maggiore di 150 cm.
- Accumulo antropico di blocchi.
- ① Affioramenti e relativo numero di riferimento per la scheda descrittiva.
- F10 Punto di vista fotografico e progressivo immagine.
- A Scavo di cui è stato possibile calcolare il volume.

**NOTE GENERALI**

**CARATTERISTICHE DEI MATERIALI**

COMMITTENTE: **RFI**  
 RETE FERROVIARIA ITALIANA  
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANO

ALTA SORVEGLIANZA: **ITALFERR**  
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANO

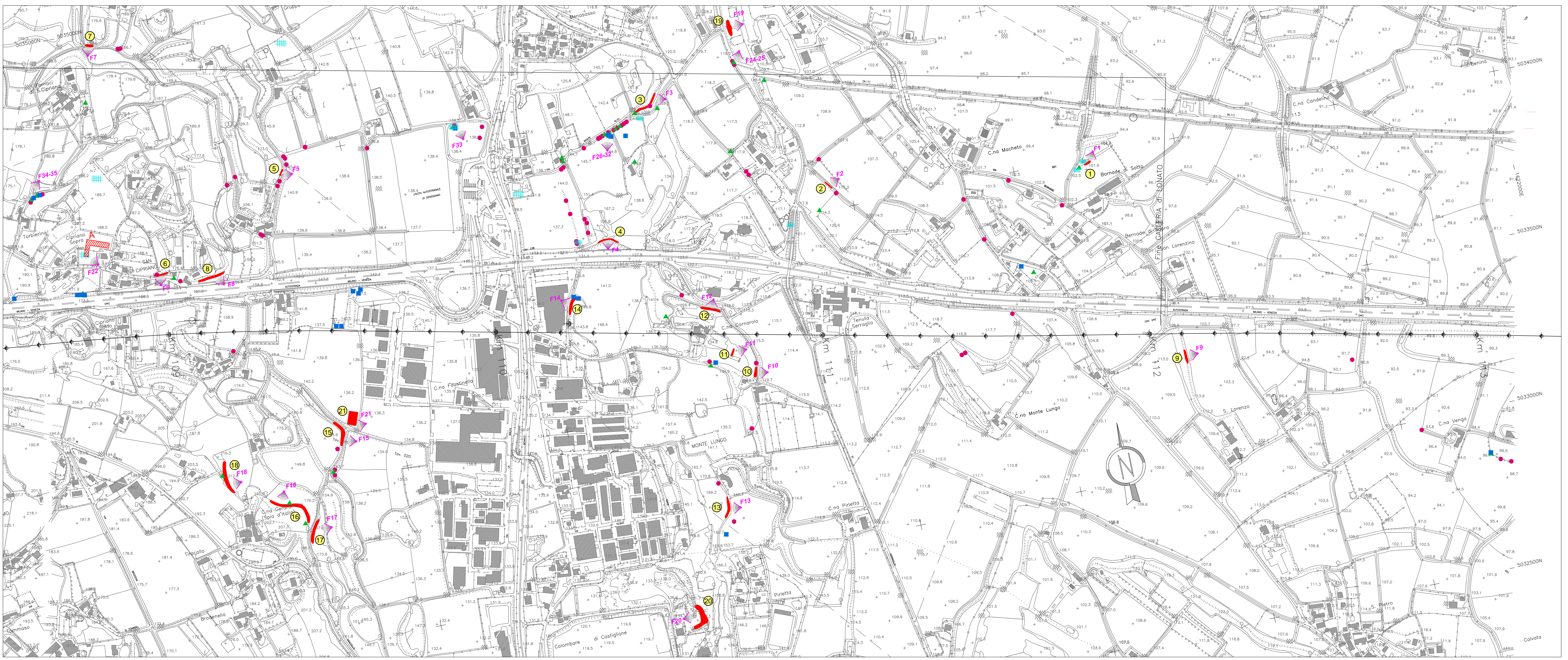
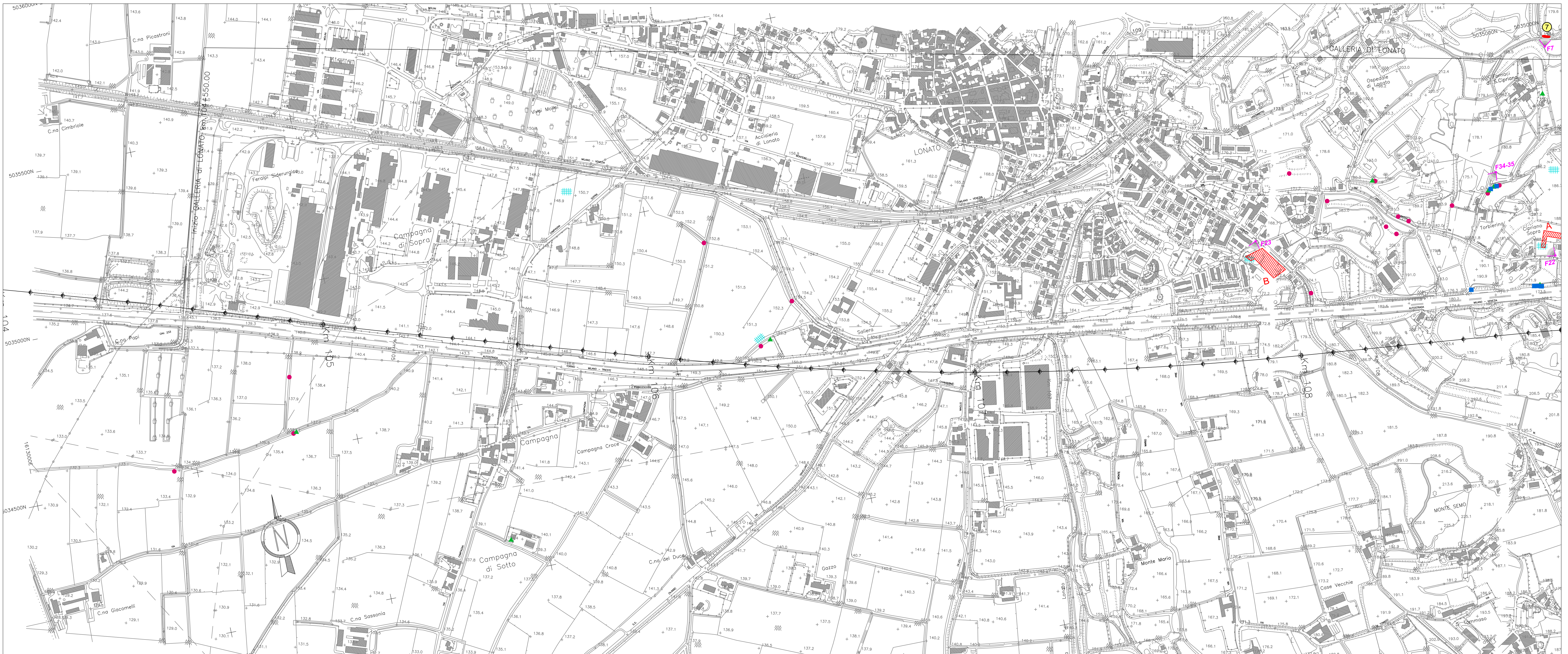
GENERAL CONTRACTOR: **Cepav due**

**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**  
**LINEA A.V./A.C. TORINO - VENEZIA Tratta MILANO - VERONA**  
 Lotto funzionale Brescia-Verona  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**GALLERIA NATURALE LONATO**  
**UBICAZIONE MASSI ERRATICI E AFFIORAMENTI NELL'AREA DELLA**  
**ALLEGATO 1**  
**TAVOLA 1 di 2**

ALTA SORVEGLIANZA				Verificato	Data	Approvato	Data
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERAZIONE	PROGR.	REV.
INO5	00	D	E2	P7			

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR								Autorezzato/Date
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data
0								
1								
2								
3								



**LEGENDA**

- Tracciato linea Alta Capacità.
- Massi erratici di dimensione compresa tra 50 e 100 cm.
- ▲ Massi erratici di dimensione compresa tra 100 e 150 cm.
- Massi erratici di dimensione maggiore di 150 cm.
- Accumulo antropico di blocchi.
- Ⓢ Affioramenti e relativo numero di riferimento per la scheda descrittiva.
- F10 Punto di vista fotografico e progressivo immagine.
- A Scavo di cui è stato possibile calcolare il volume.

**NOTE GENERALI**

**CARATTERISTICHE DEI MATERIALI**

COMMITTENTE: **RFI**  
 RETE FERROVIARIA ITALIANA  
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANO

ALTA SORVEGLIANZA: **ITALFERR**  
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANO

GENERAL CONTRACTOR: **Cepav due**

**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**  
**LINEA A.V./A.C. TORINO - VENEZIA Tratta MILANO - VERONA**  
 Lotto funzionale Brescia-Verona  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**GALLERIA NATURALE LONATO**  
**UBICAZIONE MASSI ERRATICI E AFFIORAMENTI NELL'AREA DELLA ALLEGATO 1**  
**TAVOLA 2 di 2**

ALTA SORVEGLIANZA				Verificato	Data	Approvato	Data
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TPO.DOC.	OPERAC/OPINA	PROGR.	REV.
INO5	00	D	E2	P7			

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR								Scala
								1:5000
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data
0								
1								
2								
3								

