

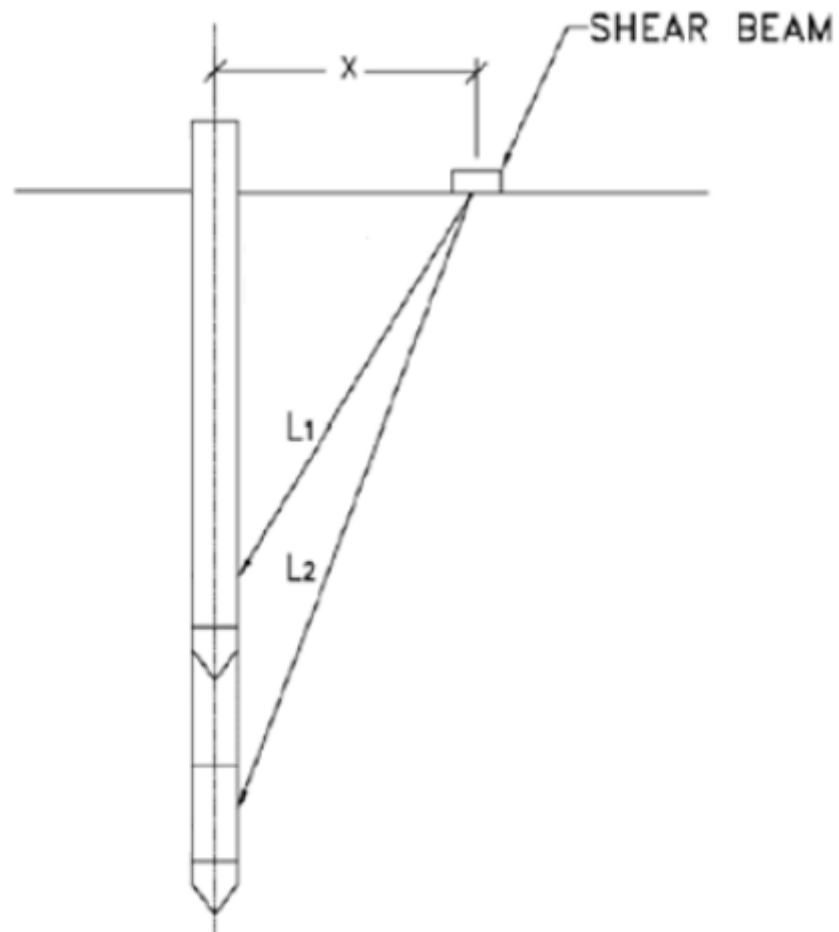
STATISTICA DEI RISULTATI GEOFISICI

Il mondo sconosciuto della attendibilità
del risultato...
La vera storia del dato non vero





Incertezza sperimentale



Ipotizziamo che la distanza $L=10$ m
Incertezza nella distanza $\Delta L=0,1$ m
Ipotizziamo tempo di arrivo $t=0,025$ s
Incertezza nel tempo $\Delta t=0,001$ s



Incertezza sperimentale

$$s = v \cdot t$$

$$s + \Delta s = (v + \Delta v) \cdot (t + \Delta t)$$

$$s + \Delta s = v \cdot t + v \cdot \Delta t + t \cdot \Delta v + \Delta v \cdot \Delta t$$

$$\Delta v \cdot \Delta t \ll v, t$$

$$s + \Delta s \cong v \cdot t + v \cdot \Delta t + t \cdot \Delta v$$

$$\frac{s}{t} + \frac{\Delta s}{t} = v + v \cdot \frac{\Delta t}{t} + \Delta v$$

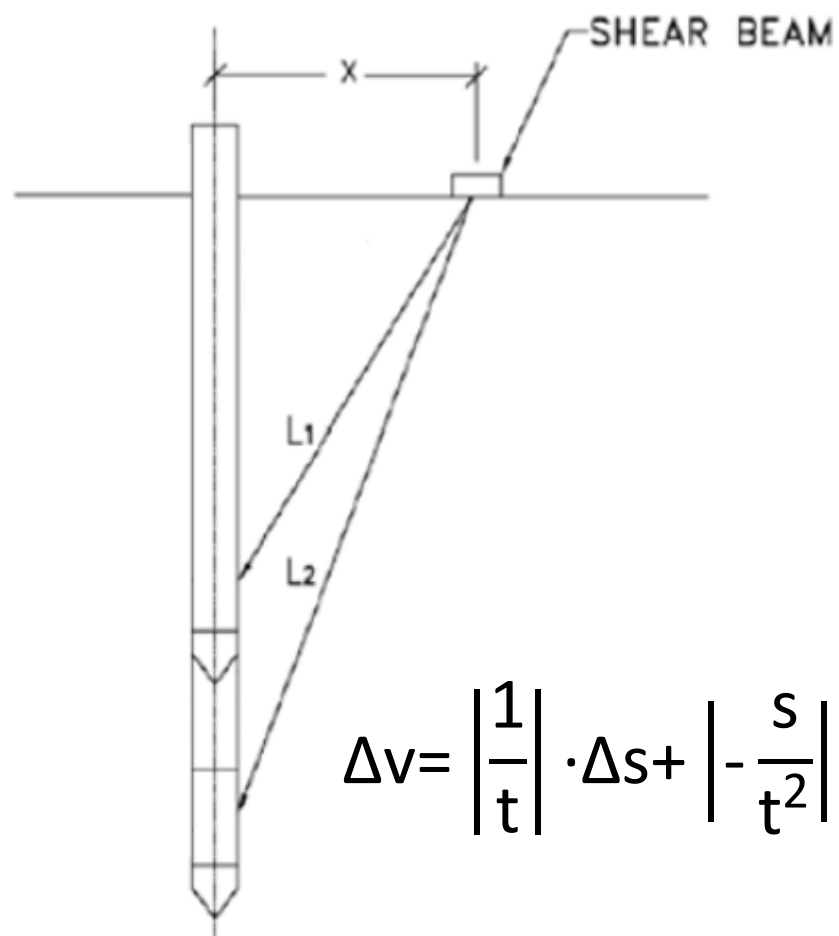
$$\Delta v = \frac{\Delta s}{t} - \frac{s}{t} \cdot \frac{\Delta t}{t}$$

$$\Delta v = \frac{\Delta s}{t} - s \cdot \frac{\Delta t}{t^2}$$

$$\Delta v = \left| \frac{1}{t} \right| \cdot \Delta s + \left| -\frac{s}{t^2} \right| \cdot \Delta t$$



Incertezza sperimentale



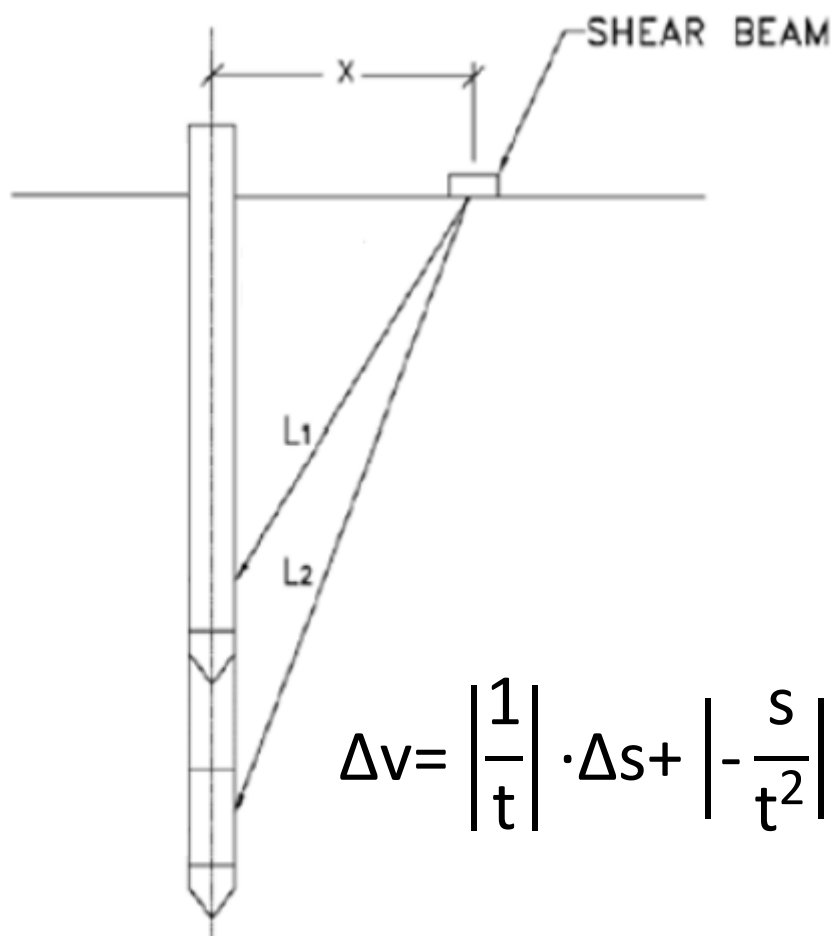
Ipotizziamo che la distanza $L=10$ m
Incertezza nella distanza $\Delta L=0,1$ m
Ipotizziamo tempo di arrivo $t=0,025$ s
Incertezza nel tempo $\Delta t=0,001$ s

$$v = \frac{10}{0,025} = 400 \text{ m/s}$$

$$\Delta v = \left| \frac{1}{t} \right| \cdot \Delta s + \left| -\frac{s}{t^2} \right| \cdot \Delta t = \left| \frac{1}{0,025} \right| \cdot 0,1 + \left| -\frac{10}{0,025^2} \right| \cdot 0,002 = \pm 36 \text{ m/s}$$



Incertezza sperimentale



Ipotizziamo che la distanza $L=10$ m

Incertezza nella distanza $\Delta L=0,1$ m

Ipotizziamo tempo di arrivo $t=0,025$ s

Incertezza nel tempo $\Delta t=0,002$ s

$$v = \frac{10}{0,025} = 400 \text{ m/s}$$

$$\Delta v = \left| \frac{1}{t} \right| \cdot \Delta s + \left| -\frac{s}{t^2} \right| \cdot \Delta t = \left| \frac{1}{0,025} \right| \cdot 0,1 + \left| -\frac{10}{0,025^2} \right| \cdot 0,001 = \pm 20 \text{ m/s}$$



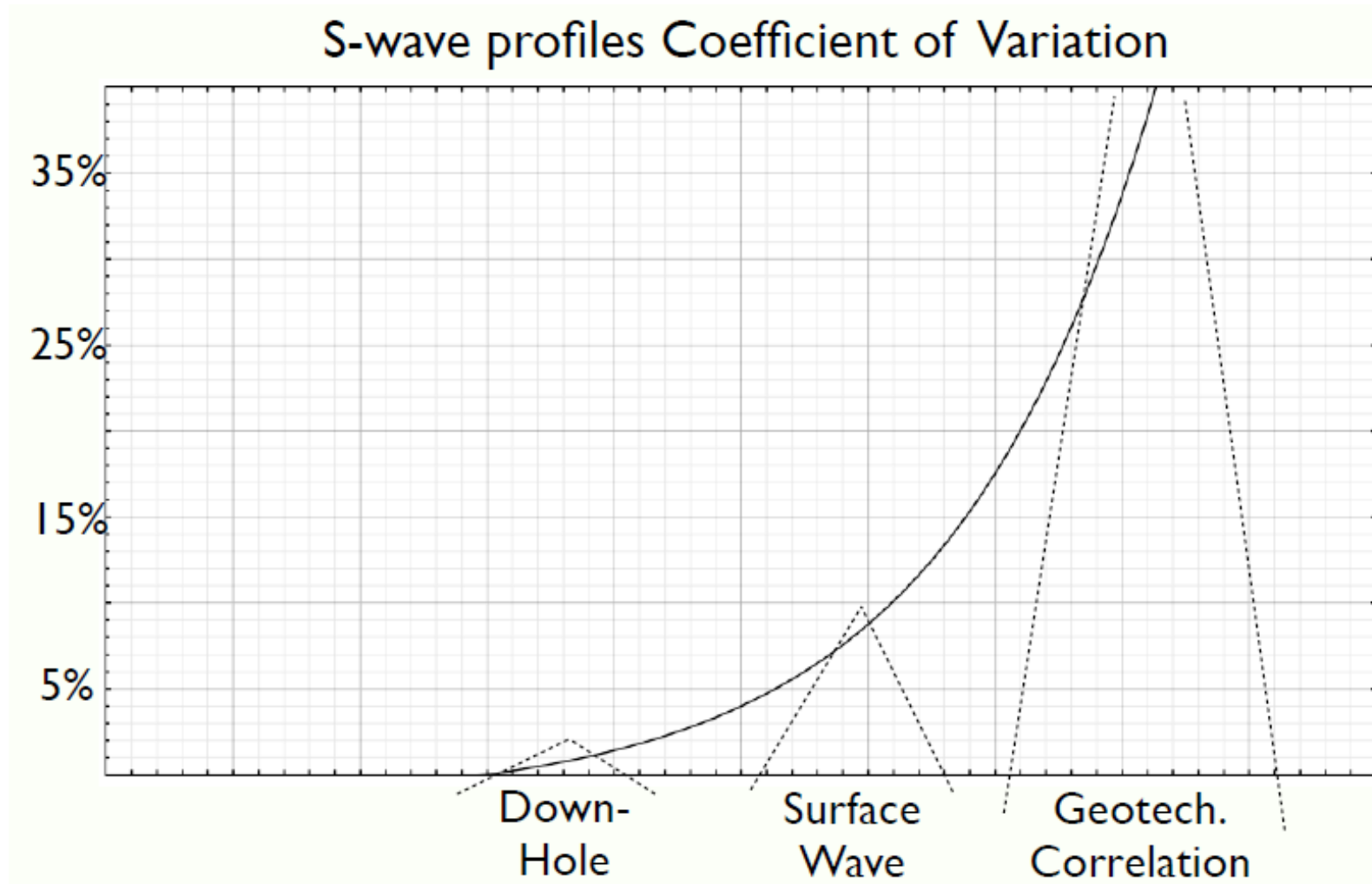
Incertezza sperimentale

- › Questo esempio ci dimostra che in ogni misura si commettono errori.
- › Più la catena di misura è lunga e maggiori sono gli errori che si commettono.
- › Legge di propagazione degli errori:

$$\Delta f = \sum_{j=1}^k \left| \frac{\partial f}{\partial x_j} \right|_{x_j = x_{j0}}$$



Incertezza sperimentale



Tratto da:
Metodologie per la
definizione di modelli di V_s
del sottosuolo e loro
influenza nella risposta
sismica di sito.
J. Boaga e V. Iliceto
Mod. S. Moss 2008



Misure geofisiche

- › Tutte le misure geofisiche (DH, MASW, H/V) sono affette da errori, ma quasi mai queste «incertezze» sono state evidenziate.

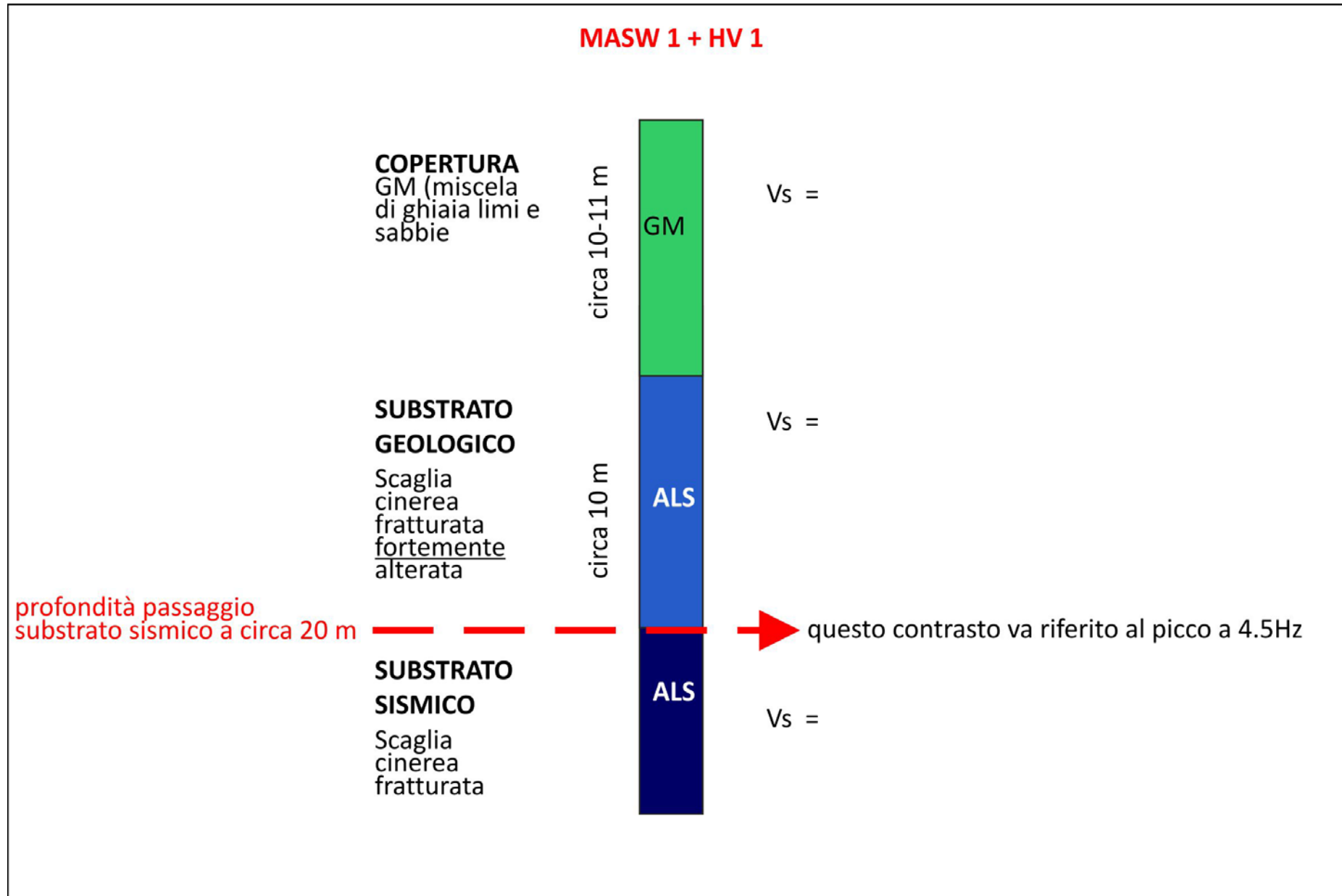
Nessun dato andrebbe presentato privo di deviazione standard

(o altri parametri di deviazione)

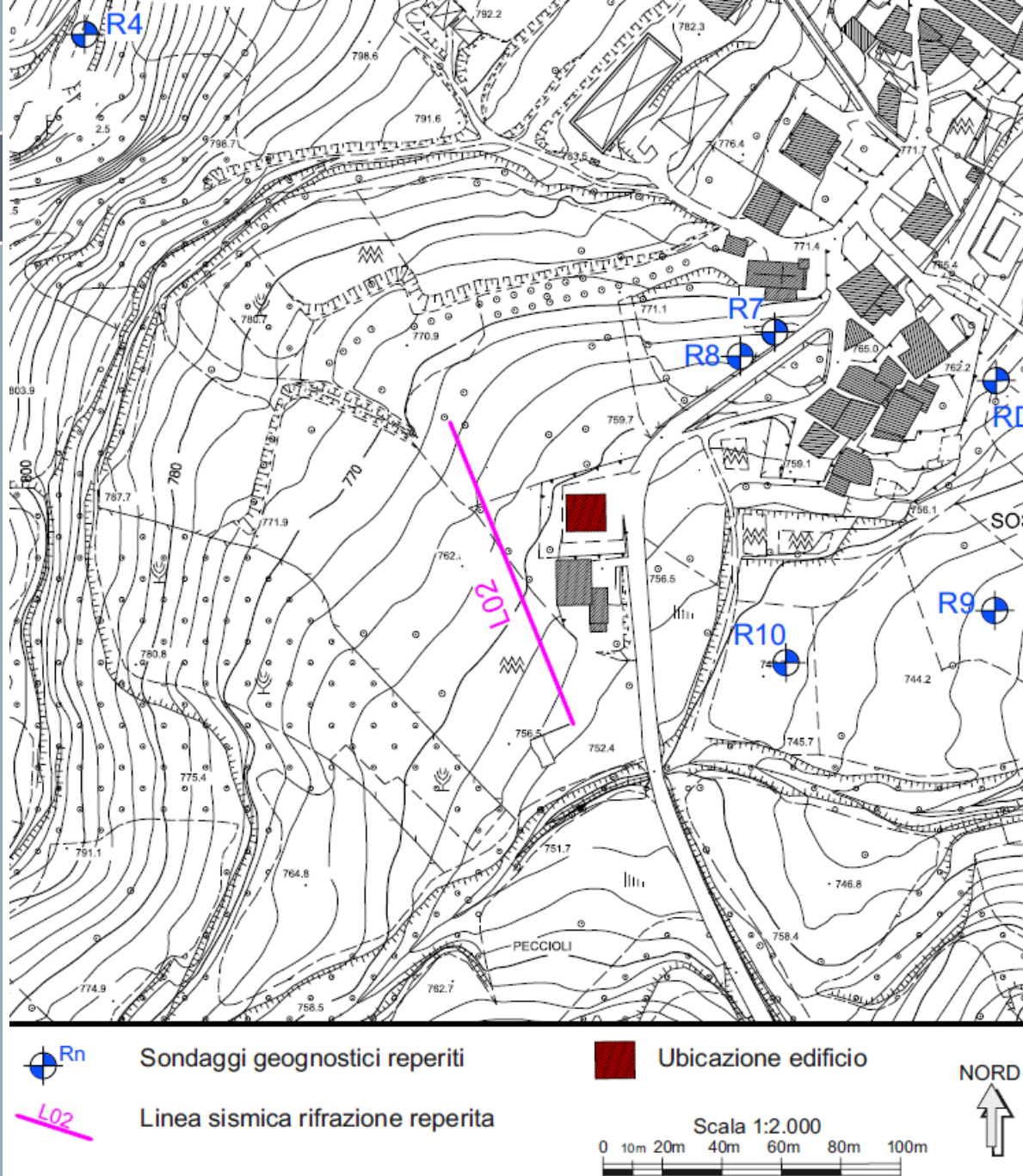
Nessun confronto statistico/scientifico può essere fatto in mancanza di una stima della deviazione del dato.

Silvia Castellaro – Sismica applicata alla sismologia (rovereto 24-25 giugno 2009)

MODELLO GEOLOGICO

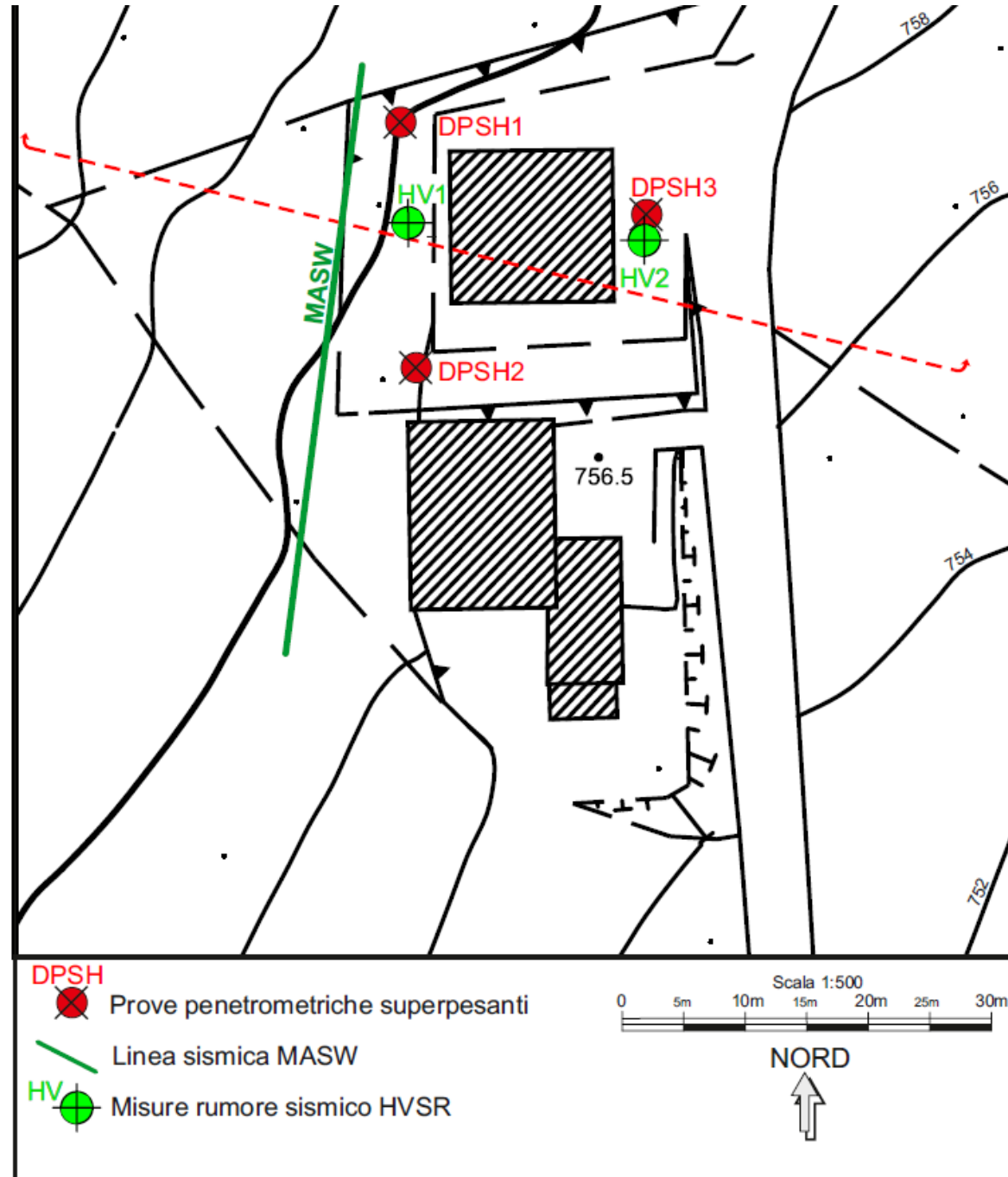


Sondaggi reperiti

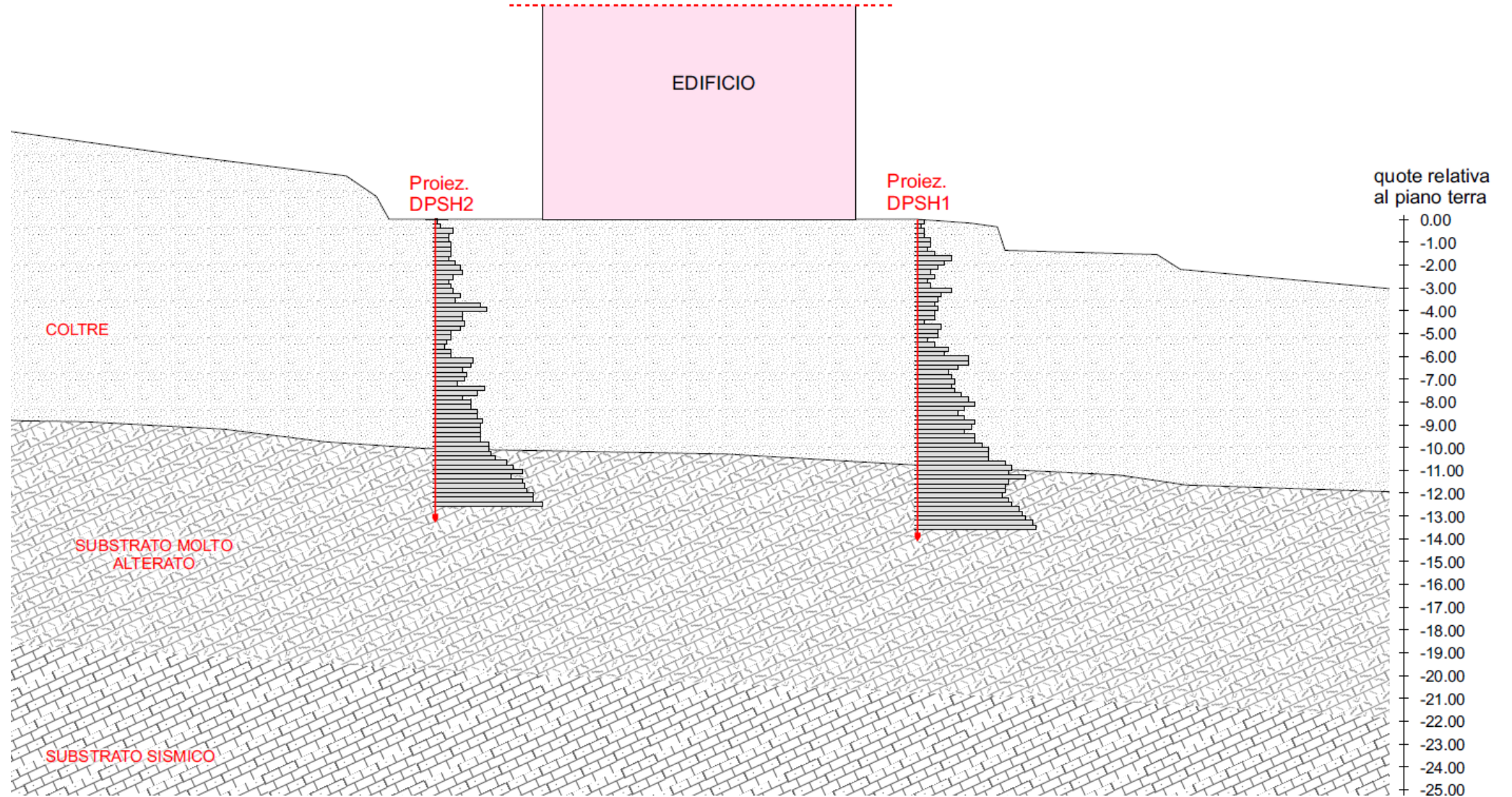




Prove effettuate



Sezione





Quali dati sono necessari

INTERVALLI DI V_s				
	$z_{iniziale}$	z_{finale}	$V_{s,minimo}$	$V_{s,maximo}$
	[m]		[m/s]	
CL / CH	0	10	150	250
	10	25	250	400
	> 25		400	650
ML	0	5	200	350
	5	10	300	450
	> 10		300	530
MH	0	30	150	300
OL / OH	0	30	250	300
SM / SC	0	10	150	300
	10	15	300	450
	> 15		450	550
GW / GP (*)	0	5	280	500
	5	10	500	700
	> 10		700	850
GM / GC (*)	0	5	200	500
	5	10	300	600
	10	20	380	780
	> 20		600	850
(*)	Le ghiaie di Pioraco, Sefro e Serravalle di Chienti rappresentano condizioni particolari pertanto si raccomanda di fare riferimento ai risultati della prova DH eseguita nel sito			

	FRATTURATO		INTEGRO	
	$V_{s,minimo}$	$V_{s,maximo}$	$V_{s,minimo}$	$V_{s,maximo}$
	[m/s]		[m/s]	
Schlier (SCH)	430	780	820	1350
Calcarei diasprigni (CDU)	1200 (*)		-	
Marne del Monte Serrone	510	790	1300 (*)	
Arenarie di Camerino (litofacies pelitico-arenaceo)	350	550	490	770
Arenarie di Camerino (litofacies arenaceo-pelitico)	-		620	1170
Corniola (COI)	-		1430 (*)	
Arenarie di Borello (ARGILLE AZZURRE) - formazione marina	290 (*)		530	900
Gessoso-Solfifera (GES)	380	450	600 (*)	
Scaglia Bianca (SBI)	-		1025 (*)	
Scaglia Cinerea (SCC)	510	640	1070	1580
Scaglia Rossa (SAA)	-		1290 (*)	
Maiolica (MAI)	730 (*)		1140 (*)	
Formazione a Colombacci (FCO) (litofacies pelitico-arenacea)	460 (*)		590	695
(*)	Valore desunto da un'unica verticale			



Inversione congiunta risultati

Parametri di ingresso

Spessore min (m)	Spessore max (m)	VP min (m/sec)	VP max (m/sec)	VS min (m/sec)	VS max (m/sec)	Densitym in (kg/m ³)	Densitym ax (kg/m ³)	Poisson ratio min	Poisson ratio max
1	3	300	1000	250	300	1800	1950	0.15	0.45
5	10	400	1000	250	350	1850	2000	0.15	0.45
10	30	800	2000	350	1000	1900	2050	0.15	0.45
10	30	900	2500	400	1000	1950	2100	0.15	0.45
semispazio	-	1000	2800	450	1200	2000	2200	0.15	0.45



Inversione congiunta risultati

1 modellazione

<i>Spessore min (m)</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>VP (m/sec)</i>	<i>VS (m/sec)</i>	<i>Density ρ (kg/m³)</i>
2.5	2.5	465.9	297.1	1924
12	14.5	485.8	298.3	1945
21.4	35.8	1350	828	2040
14.2	50	2150	956.3	2250
<i>semispazio</i>	-	1804	1022	2248



Inversione congiunta risultati

2 modellazione

<i>Spessore (m)</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>VP (m/sec)</i>	<i>VS (m/sec)</i>	<i>Density ρ (kg/m³)</i>
2.5	2.5	462	292.2	1923
9.5	11.9	470.4	293	1917
10.1	22	816.6	472.9	2027
24.9	46.9	1661	812.6	2056
<i>semispazio</i>	-	2544	859.7	2081



Inversione congiunta risultati

3 modellazione

<i>Spessore (m)</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>VP (m/sec)</i>	<i>VS (m/sec)</i>	<i>Density ρ (kg/m³)</i>
1.5	1.5	457	287	1944
7.9	9.4	455	288	1990
10.3	19.7	816	390	1906
21	40.6	1398	812	2076
<i>semispazio</i>	-	1589	848	2011



Elaborazione statistica dei risultati

N VALORE	STRATO 1				STRATO 2				STRATO 3			
	γ_n (kN/m ³)	Vp [m/s]	Vs [m/s]	SPESSORE [m]	γ_n (kN/m ³)	Vp [m/s]	Vs [m/s]	SPESSORE [m]	γ_n (kN/m ³)	Vp [m/s]	Vs [m/s]	SPESSORE [m]
1	19.30	475.00	298.00	14.50	20.40	900.00	500.00	21.00	22.50	2150.00	956.00	14.00
2	19.20	465.00	293.00	12.00	20.27	816.00	473.00	10.00	20.55	1660.00	813.00	25.00
3	19.70	455.00	288.00	9.50	19.05	820.00	390.00	11.00	20.76	1368.00	812.00	21.00
4	19.00	460.00	270.00	10.00	19.50	790.00	420.00	8.00	20.80	1550.00	900.00	18.00
5	19.20	470.00	280.00	12.00	19.20	850.00	440.00	12.00	20.90	1480.00	850.00	17.00
6	19.30	480.00	275.00	13.00	19.50	900.00	500.00	15.00	21.00	1600.00	910.00	16.00
7	19.70	440.00	270.00	14.00	19.90	920.00	520.00	20.00	21.50	1530.00	920.00	22.00
8	19.90	450.00	290.00	9.00	19.50	870.00	490.00	15.00	21.70	1650.00	950.00	25.00
9	19.50	460.00	260.00	10.00	19.30	810.00	390.00	12.00	21.90	1580.00	890.00	28.00
10	19.40	470.00	270.00	12.00	19.50	910.00	440.00	16.00	22.00	1610.00	870.00	27.00
N. VALORI	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
VALORE MASSIMO	20	480	298	14.50	20	920	520	21.00	23	2150	956	28.00
VALORE MINIMO	19	440	260	9.00	19	790	390	8.00	21	1368	812	14.00
MEDIA	19	463	279	11.60	20	859	456	14.00	21	1618	887	21.30
MEDIANA	19	463	278	12.00	20	860	457	13.50	21	1590	895	21.50
DEVIAZ.STANDARD	0.28	12.08	12.38	1.91	0.44	47.63	47.06	4.22	0.65	205.90	50.86	4.90
COV	1.4%	2.6%	4.4%	16.5%	2.3%	5.5%	10.3%	30.1%	3.0%	12.7%	5.7%	23.0%
METODO	Auto ▼	Auto ▼	Auto ▼	Auto ▼	Auto ▼	Auto ▼	Auto ▼	Auto ▼	Mean ▼	Auto ▼	Auto ▼	Auto ▼
VALORE MEDIO	19	463	279	11.60	20	859	456	14.00	21	1618	887	21.30
VALORE MINIMO	19	457	274	9.88	19	838	434	12.16	21	1479	865	15.43
VALORE MASSIMO	20	468	285	13.32	20	879	478	15.84	22	1756	909	27.17



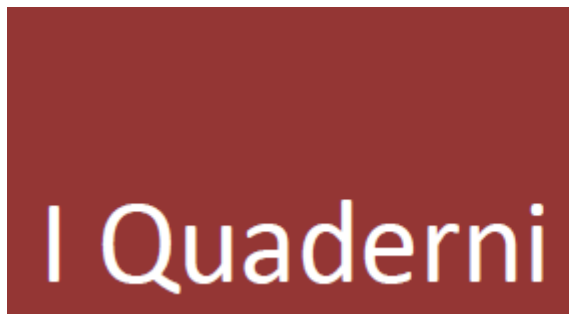
Elaborazione statistica dei risultati

N VALORE	STRATO 4				STRATO 5				STRATO 6			
	γ_n (kN/m ³)	Vp [m/s]	Vs [m/s]	SPESSORE [m]	γ_n (kN/m ³)	Vp [m/s]	Vs [m/s]	SPESSORE [m]	γ_n (kN/m ³)	Vp [m/s]	Vs [m/s]	SPESSORE [m]
1	22.50	1800.00	1022.00									
2	20.80	2544.00	860.00									
3	20.11	1590.00	850.00									
4	20.50	2400.00	910.00									
5	20.60	2200.00	950.00									
6	21.00	2100.00	930.00									
7	21.50	1920.00	890.00									
8	20.50	1950.00	1050.00									
9	20.40	2000.00	1030.00									
10	20.30	2120.00	920.00									
N. VALORI	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VALORE MASSIMO	23	2544	1050	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
VALORE MINIMO	20	1590	850	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
MEDIA	21	2062	941	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
MEDIANA	21	2050	925	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
DEVIAZ.STANDARD	0.71	278.57	71.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
COV	3.4%	13.5%	7.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
METODO	Auto ▼	Auto ▼	Auto ▼	Auto ▼	Auto ▼	Auto ▼	Auto ▼	Auto ▼	Auto ▼	Auto ▼	Auto ▼	Auto ▼
VALORE MEDIO	21	2062	941	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
VALORE MINIMO	21	1860	910									
VALORE MASSIMO	21	2265	972									



NTC 2018

Le elaborazioni sono state fatte :



Commissione Interregionale NTC

Revisione scientifica: Prof. Eros Aiello

Con il patrocinio del Consiglio Nazionale dei Geologi

quaderno di approfondimento alle Linee Guida NTC 08-Gruppo Interregionale Ordine dei Geologi

Capitolo 1 – D.M. 14 GENNAIO 2008, EUROCODICE 7:UNA
METODOLOGIA PER LA SCELTA DEI PARAMETRI GEOTECNICI
CARATTERISTICI

A cura di R. Carbone



Elaborazione statistica dei risultati

Per strati di terreno dove il parametro geotecnico considerato non mostra una significativa e sistematica variabilità in direzione orizzontale o con la profondità, senza la presenza di significative zone di terreno con proprietà più scadenti, il valore caratteristico X_c può essere determinato, sulla base di una serie di valori ottenuti da prove geotecniche di laboratorio, con la seguente espressione (Frank et al., 2004):

$$X_c = X_{\text{mean}} * (1 - K_{\text{mean}} * s)$$

dove:

X_c = valore caratteristico del parametro geotecnico considerato

X_{mean} = valore medio aritmetico relativo ad una serie n di risultati ottenuti da prove di laboratorio eseguite sui campioni ritenuti dal professionista come afferenti al volume di terreno interessato;

K = variabile dipendente dalla legge di distribuzione di Student e della probabilità di non superamento adottata;

$s = d_v/X_{\text{mean}}$ = deviazione standard della distribuzione/valore medio della distribuzione.¹

CASO 1 - Mean - $\text{COV} \leq 10\%$

Limitata fluttuazione dei dati

Assenza parti di terreno con proprietà scadenti

Grande volume di terreno coinvolto

Fabbricato in grado di sopportare cedimenti differenziali

CASO 2 - Low - $\text{COV} \geq 30\%$

Importante fluttuazione dei dati

Terreno non omogeneo

Piccolo volume di terreno coinvolto

Fabbricato piccolo e non in grado di assorbire forti cedimenti differenziali

CASO 3 - Auto - $10\% \leq \text{COV} \leq 30\%$

sceglie in maniera automatica

CASO 4 - Cherubini

Nessun valore disponibile

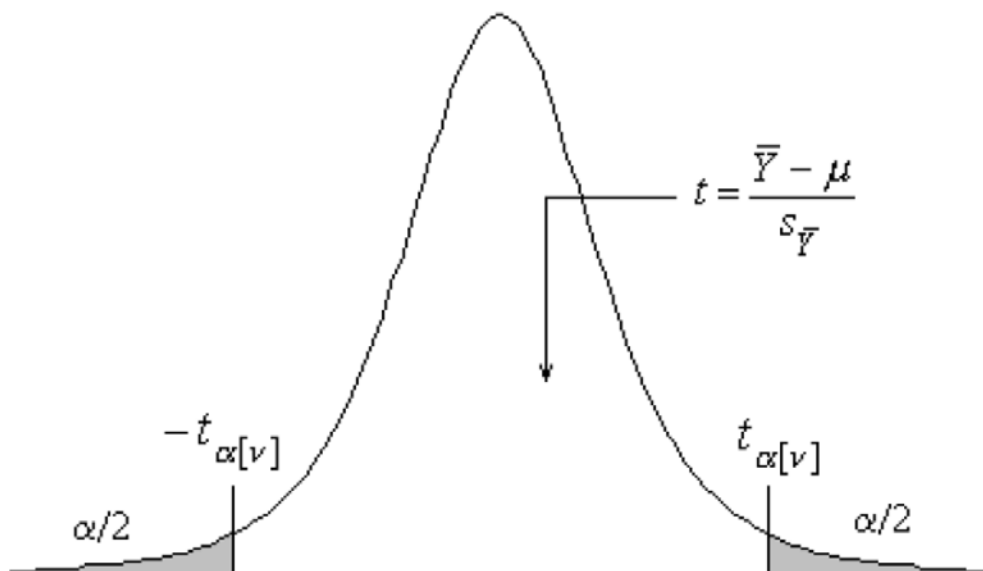
pos. 1 - il valore minimo stimato

pos. 2 - il valore più probabile

pos. 3 - il valore massimo stimato



Elaborazione statistica dei risultati



$$-t_{\alpha[V]} < \frac{\bar{Y} - \mu}{\sigma_{\bar{Y}}} < t_{\alpha[V]}$$

$$\bar{Y} - \sigma_{\bar{Y}} \cdot t_{\alpha[V]} < \mu < \bar{Y} + \sigma_{\bar{Y}} \cdot t_{\alpha[V]}$$

$$L_1 = \bar{Y} - \sigma_{\bar{Y}} \cdot t_{\alpha[V]} = \bar{Y} \cdot \left[1 - \frac{\sigma_{\bar{Y}}}{\bar{Y}} \cdot t_{\alpha[V]} \right] = \bar{Y} \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{1}{n}} \cdot t_{\alpha[V]} \cdot \frac{s}{\bar{Y}} \right]$$

$$L_2 = \bar{Y} + \sigma_{\bar{Y}} \cdot t_{\alpha[V]} = \bar{Y} \cdot \left[1 + \frac{\sigma_{\bar{Y}}}{\bar{Y}} \cdot t_{\alpha[V]} \right] = \bar{Y} \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{1}{n}} \cdot t_{\alpha[V]} \cdot \frac{s}{\bar{Y}} \right]$$

CASO 1 - Mean - COV ≤ 10%

Limitata fluttuazione dei dati

Assenza parti di terreno con proprietà scadenti

Grande volume di terreno coinvolto

Fabbricato in grado di sopportare cedimenti differenziali

CASO 2 - Low - COV ≥ 30%

Importante fluttuazione dei dati

Terreno non omogeneo

Piccolo volume di terreno coinvolto

Fabbricato piccolo e non in grado di assorbire forti cedimenti differenziali

CASO 3 - Auto - 10% ≤ COV ≤ 30%

sceglie in maniera automatica

CASO 4 - Cherubini

Nessun valore disponibile

pos. 1 - il valore minimo stimato

pos. 2 - il valore più probabile

pos. 3 - il valore massimo stimato



Elaborazione statistica dei risultati

$$-t_{\alpha,[v]} < \frac{\bar{Y} - \mu}{\sigma_{\bar{Y}}} < t_{\alpha,[v]}$$

$$\bar{Y} - \sigma_{\bar{Y}} \cdot t_{\alpha,[v]} < \mu < \bar{Y} + \sigma_{\bar{Y}} \cdot t_{\alpha,[v]}$$

$$L_1 = \bar{Y} - \sigma_{\bar{Y}} \cdot t_{\alpha,[v]} = \bar{Y} \cdot \left[1 - \frac{\sigma_{\bar{Y}}}{\bar{Y}} \cdot t_{\alpha,[v]} \right] = \bar{Y} \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{1}{n}} \cdot t_{\alpha,[v]} \cdot \frac{s}{\bar{Y}} \right]$$

$$L_2 = \bar{Y} + \sigma_{\bar{Y}} \cdot t_{\alpha,[v]} = \bar{Y} \cdot \left[1 + \frac{\sigma_{\bar{Y}}}{\bar{Y}} \cdot t_{\alpha,[v]} \right] = \bar{Y} \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{1}{n}} \cdot t_{\alpha,[v]} \cdot \frac{s}{\bar{Y}} \right]$$

$t_{\alpha,[v]}$ = la formulazione indica la percentuale di superamento $[\alpha]$ e il numero di gradi di libertà $[v]$ pari al numero di elementi diminuito di uno $[n-1]$.

n campioni	$\cdot t_{\alpha,[n-1]}$	$K_{\text{mean}} = \sqrt{\frac{1}{n}} \cdot t_{\alpha,[n-1]}$	n n campioni	$\cdot t_{\alpha,[n-1]}$	$K_{\text{mean}} = \sqrt{\frac{1}{n}} \cdot t_{\alpha,[n-1]}$
3	2.920	1.686	10	1.833	0.580
4	2.353	1.177	15	1.761	0.455
5	2.132	0.953	20	1.729	0.387
6	2.015	0.823	25	1.711	0.342
8	1.895	0.670	30	1.699	0.310

CASO 1 - Mean - COV ≤ 10%

Limitata fluttuazione dei dati

Assenza parti di terreno con proprietà scadenti

Grande volume di terreno coinvolto

Fabbricato in grado di sopportare cedimenti differenziali

CASO 2 - Low - COV ≥ 30%

Importante fluttuazione dei dati

Terreno non omogeneo

Piccolo volume di terreno coinvolto

Fabbricato piccolo e non in grado di assorbire forti cedimenti differenziali

CASO 3 - Auto - 10% ≤ COV ≤ 30%

sceglie in maniera automatica

CASO 4 - Cherubini

Nessun valore disponibile

pos. 1 - il valore minimo stimato

pos. 2 - il valore più probabile

pos. 3 - il valore massimo stimato



Elaborazione statistica dei risultati

$$-t_{\alpha,[V]} < \frac{\bar{Y} - \mu}{\sigma_{\bar{Y}}} < t_{\alpha,[V]}$$

$$\bar{Y} - \sigma_{\bar{Y}} \cdot t_{\alpha,[V]} < \mu < \bar{Y} + \sigma_{\bar{Y}} \cdot t_{\alpha,[V]}$$

$$L_1 = \bar{Y} - \sigma_{\bar{Y}} \cdot t_{\alpha,[V]} = \bar{Y} \cdot \left[1 - \frac{\sigma_{\bar{Y}}}{\bar{Y}} \cdot t_{\alpha,[V]} \right] = \bar{Y} \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{1}{n}} \cdot t_{\alpha,[V]} \cdot \frac{s}{\bar{Y}} \right]$$

$$L_2 = \bar{Y} + \sigma_{\bar{Y}} \cdot t_{\alpha,[V]} = \bar{Y} \cdot \left[1 + \frac{\sigma_{\bar{Y}}}{\bar{Y}} \cdot t_{\alpha,[V]} \right] = \bar{Y} \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{1}{n}} \cdot t_{\alpha,[V]} \cdot \frac{s}{\bar{Y}} \right]$$

La condizione Low tiene conto della modifica fatta dall'EC7 per le condizioni di importante fluttuazione dei dati o terreno non omogeneo o piccolo volume di terreno coinvolto o fabbricato piccolo e non in grado di assorbire forti cedimenti differenziali e introduce la correzione

$$K_{low} = \sqrt{1 + \frac{1}{n} \cdot t_{\alpha,[V]}^2}$$

Che comporta un valore più cautelativo del valore.

n campioni	$t_{\alpha,[n-1]}$	$K_{low} = \sqrt{1 + \frac{1}{n} \cdot t_{\alpha,[n-1]}^2}$	n n campioni	$t_{\alpha,[n-1]}$	$K_{low} = \sqrt{1 + \frac{1}{n} \cdot t_{\alpha,[n-1]}^2}$
3	2.920	3.371	10	1.833	1.922
4	2.353	2.631	15	1.761	1.819
5	2.132	2.335	20	1.729	1.772
6	2.015	2.176	25	1.711	1.745
8	1.895	2.010	30	1.699	1.727

CASO 1 - Mean - COV ≤ 10%

Limitata fluttuazione dei dati

Assenza parti di terreno con proprietà scadenti

Grande volume di terreno coinvolto

Fabbricato in grado di sopportare cedimenti differenziali

CASO 2 - Low - COV ≥ 30%

Importante fluttuazione dei dati

Terreno non omogeneo

Piccolo volume di terreno coinvolto

Fabbricato piccolo e non in grado di assorbire forti cedimenti differenziali

CASO 3 - Auto - 10% ≤ COV ≤ 30%

sceglie in maniera automatica

CASO 4 - Cherubini

Nessun valore disponibile

pos. 1 - il valore minimo stimato

pos. 2 - il valore più probabile

pos. 3 - il valore massimo stimato



Elaborazione statistica dei risultati

Infine è stata inserita la condizione quando non è disponibile nessun valore da prove, il valore caratteristico viene determinato con approccio Bayesiano secondo le quanto studiato da Cherubini e Orr (1999):

$$x_k = x_m * (1 - CV / 2)$$

dove:

x_k = valore caratteristico

x_m = valore medio = $(a + 4b + c)/6$

CV = coefficiente di variazione = $(c - a) / (a + 4b + c)$

a = valore minimo stimato

b = valore più probabile

c = valore massimo stimato

CASO 1 - Mean - COV $\leq 10\%$

Limitata fluttuazione dei dati

Assenza parti di terreno con proprietà scadenti

Grande volume di terreno coinvolto

Fabbricato in grado di sopportare cedimenti differenziali

CASO 2 - Low - COV $\geq 30\%$

Importante fluttuazione dei dati

Terreno non omogeneo

Piccolo volume di terreno coinvolto

Fabbricato piccolo e non in grado di assorbire forti cedimenti differenziali

CASO 3 - Auto - $10\% \leq \text{COV} \leq 30\%$

sceglie in maniera automatica

CASO 4 - Cherubini

Nessun valore disponibile

pos. 1 - il valore minimo stimato

pos. 2 - il valore più probabile

pos. 3 - il valore massimo stimato



Parametri caratteristici

PARAMETRI FISICI	percentuale di superamento: 10% ▼
------------------	-----------------------------------

N° Ordine	Rif. interno	Sondaggio	Campione	Profon. (m)	γ_n (kN/m ³)	Wn (%)	γ_s	LL (%)	LP (%)	I.P. (%)	I.C.	Analisi granulom.			
												G	S	L	A
1					19.50	30.00	2.68	64.50	35.40	29.10	0.90	12.00	24.50	36.30	27.20
2					20.00	32.00	2.69	60.40	29.70	30.70	0.98	15.30	20.20	30.50	34.00
3					20.50	32.00	2.72	74.30	34.80	39.50	0.95	3.50	18.30	36.80	41.40
4					20.20	32.00	2.67	57.30	29.10	28.20	0.89	18.30	26.40	44.40	10.90
5					20.10	32.00									
6					19.20	34.00									
7					20.00										
8					20.50										
9															
1															
N. VALORI					8.00	6.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
VALORE MASSIMO					20.50	34.00	2.72	74.30	35.40	39.50	0.98	18.30	26.40	44.40	41.40
VALORE MINIMO					19.20	30.00	2.67	57.30	29.10	28.20	0.89	3.50	18.30	30.50	10.90
MEDIA					20.00	32.00	2.69	64.13	32.25	31.88	0.93	12.28	22.35	37.00	28.38
MEDIANA					20.05	32.00	2.69	62.45	32.25	29.90	0.93	13.65	22.35	36.55	30.60
DEVIAZ. STANDARD					0.45	1.26	0.02	7.40	3.31	5.19	0.04	6.39	3.74	5.70	13.01
COV					2.3%	4.0%	0.8%	11.5%	10.3%	16.3%	4.6%	52.1%	16.8%	15.4%	45.9%
METODO					Low ▼	Mean ▼	Mean ▼	Mean ▼	Mean ▼	Low ▼	Mean ▼	Mean ▼	Auto ▼	Low ▼	Low ▼
VAL. CARATTERISTICO					19.32	31.24	2.67	58.07	29.54	22.38	0.90	7.04	17.65	26.56	4.55



Parametri caratteristici

PARAMETRI GEOMECCANICI

N° Ordine	Rif. interno	Sondaggio	Campione	Profon. (m)	c' (kPa)	ϕ' (°)	tg ϕ'	ϕ_r (°)	tg ϕ_r	Cu (kPa)
1					18.10	38.40	0.7926	29.10	0.5566	45.00
2					18.50	30.30	0.5844	30.70	0.5938	56.00
3					18.80	36.70	0.7454	39.50	0.8243	78.00
4					18.00	32.30	0.6322	28.20	0.5362	42.00
5										
6										
7										
8										
9										
1										
N. VALORI					4.00	4.00	4.0000	4.00	4.0000	4.00
VALORE MASSIMO					18.80	38.40	0.7926	39.50	0.8243	78.00
VALORE MINIMO					18.00	30.30	0.5844	28.20	0.5362	42.00
MEDIA					18.35	34.43	0.6886	31.88	0.6277	55.25
MEDIANA					18.30	34.50	0.6888	29.90	0.5752	50.50
DEVIAZ. STANDARD					0.37	3.76	0.0968	5.19	0.1332	16.32
COV					2.0%	10.9%	14.1%	16.3%	21.2%	29.5%
METODO					Mean ▼	Low ▼	Low	Low ▼	Low	Low ▼
VAL. CARATTERISTICO					18.05	27.53	0.5114	22.38	0.3838	25.37
						inv tg ϕ'	27.09	inv tg ϕ_r	21.00	

CASO 1 - Mean - COV $\leq$ 10%

Limitata fluttuazione dei dati
Assenza parti di terreno con proprietà scadenti
Grande volume di terreno coinvolto
Fabbricato in grado di sopportare cedimenti differenziali

CASO 2 - Low - COV $\geq$ 30%

Importante fluttuazione dei dati
Terreno non omogeneo
Piccolo volume di terreno coinvolto
Fabbricato piccolo e non in grado di assorbire forti cedimenti differenziali

CASO 3 - Auto - 10% $\leq$ COV $\leq$ 30%

sceglie in maniera automatica

CASO 4 - Cherubini

Nessun valore disponibile
pos. 1 - il valore minimo stimato
pos. 2 - il valore più probabile
pos. 3 - il valore massimo stimato

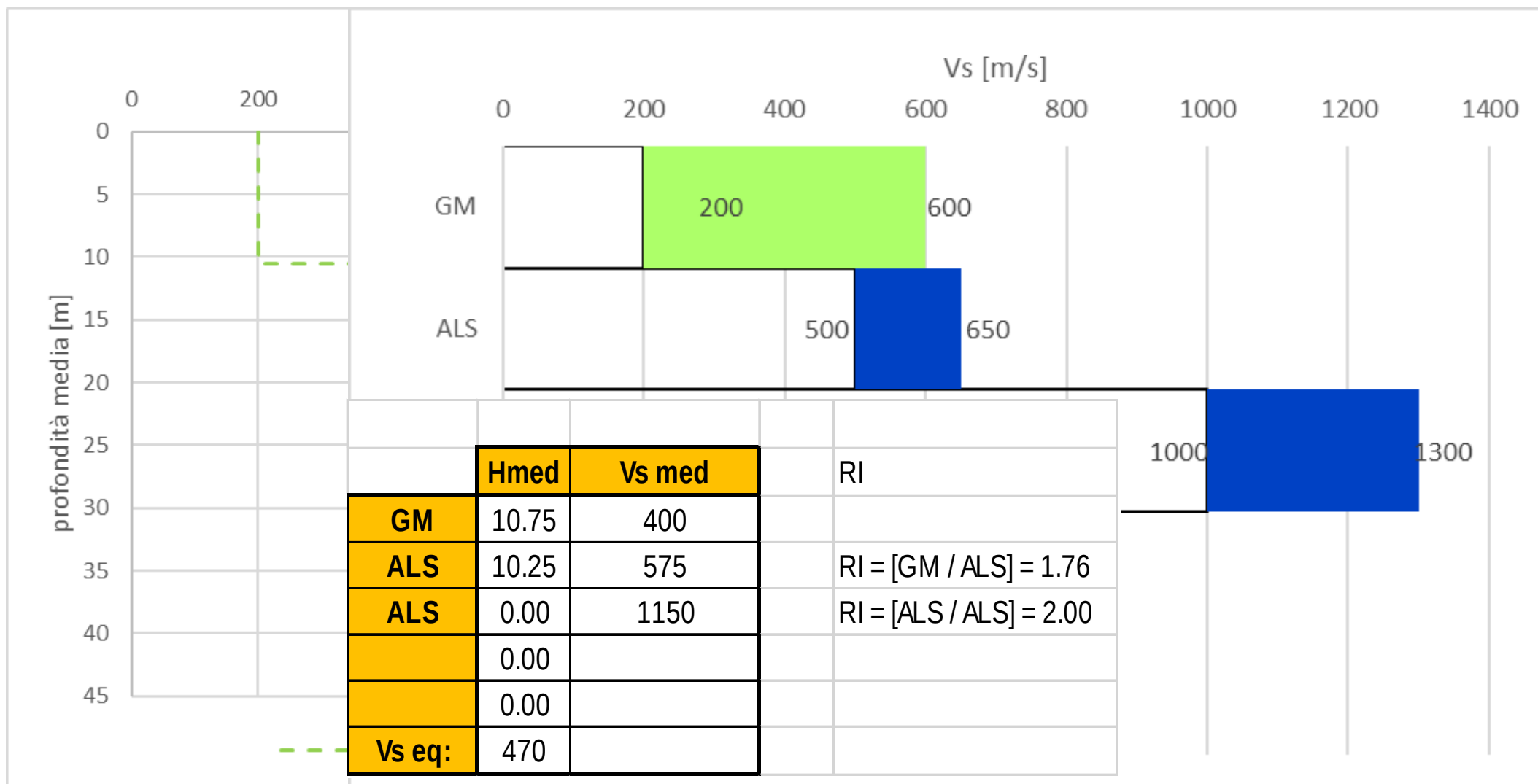


Quali dati sono necessari

stratigrafia				TIPO_GT	gen	SIGLA GEOL o Descrizione	LOG	Vs med (m/s)	Vs Min (m/s)	Vs max (m/s)	peso
				GM				400	200	600	18
				ALS		SG		575	500	650	22
				ALS		SS		1150	1000	1300	22
				TIPO_GT		SIGLA GEOL o Descrizione	LOG	CURVA DECADIMENTO			
				GM				M1-Rollins et al. (1998) [GW-GP-GM-GC] (D0= 0.949%)			
				ALS		SG		M1-SUBSTRATO FRATTURATO Vs<800 (D0=1%)			
				ALS		SS		SS - D0=0.5%			
								-			
								-			
				TIPO_GT	gen	SIGLA GEOL o Descrizione	LOG	spessore min [m]	spessore max [m]	profondità min [m]	profondità max [m]
				GM				10	11		
				ALS		SG		10	10		
				ALS		SS				21	21
				1) somma min strati <= min. prof. Bedrock							
				2) somma max strati >= max prof. Bedrock							
				3) la somma di un max con tutti i min < max prof. Bedrock							
				4) ogni max strato < max prof. Bedrock							



Grafici velocità





Modellazione statistica in STRATA

- › Anche nella modellazione 1D con STRATA è opportuno effettuare una variazione dei dati
- › spessore delle coperture;
- › variazione delle velocità;
- › variazione della profondità del bedrock;
- › eventualmente anche una variazione delle curve di decadimento;
- › Tale variazione comporta almeno 100/200 variazioni per i 7 accelerogrammi (700/1400 iterazioni).



Modellazione statistica in STRATA

Site Profile							
	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)	Varied
1	0.00	11.00	6_Treia (tutti ML)	200.00	☒ 120.00	☒ 300.00	☒
2	11.00	20.00	Substrato fratturato (lineare)	600.00	☒ 320.00	☒ 800.00	☒
3	31.00	Half-Space	Bedrock	1000.00	☒ 810.00	☒ 1200.00	☒

Soil Types				
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model
1	1_Apiro (CLfd, CLec, CLcd)	20.50	1_Apiro (CLfd, CLec, CLcd)	1_Apiro (CLfd, CLec, CLcd)
2	2_Esanatoglia (MLtf, MLca, MLfl, MLcc, MLlc)	18.50	2_Esanatoglia (MLtf, MLca, MLfl, MLcc, MLlc)	2_Esanatoglia (MLtf, MLca, MLfl, MLcc, MLlc)
3	3_Sefro_C3 (tutti OL e OH)	13.00	3_Sefro (tutti OL e OH)	3_Sefro (tutti OL e OH)
4	4_Fabiano (CLtf, CLca, CLfl, CLcc, CLlc)	19.50	4_Fabiano (CLtf, CLca, CLfl, CLcc, CLlc)	4_Fabiano (CLtf, CLca, CLfl, CLcc, CLlc)
5	4_Camerino (tutti CH)	19.50	4_Camerino (tutti CH)	4_Camerino (tutti CH)
6	5_Fiuminata, Matelica, Sefro_C4 (tutti MH)	17.50	5_Fiuminata, Matelica, Sefro (tutti MH)	5_Fiuminata, Matelica, Sefro (tutti MH)
7	6_Castelsimondo (MLtf, MLca, MLfl, MLcc, MLlc)	20.00	6_Castelsimondo (MLtf, MLca, MLfl, MLcc, MLlc)	6_Castelsimondo (MLtf, MLca, MLfl, MLcc, MLlc)
8	6_Treia (tutti ML)	20.00	6_Treia (tutti ML)	6_Treia (tutti ML)
9	Idriss (1990) (SW, SP, SM, SC)	19.00	Idriss (1990) (SW, SP, SM, SC)	Idriss (1990) (SW, SP, SM, SC)
10	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)
11	Rollins et al. (1998) (riporto)	18.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)
12	Conglomerati e breccie alterati	21.00	Modoni & Gazzellone (2010)	Modoni & Gazzellone (2010)
13	Conglomerati e breccie non alterati	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)
14	Substrato fratturato (lineare)	22.50	SUB_FRATTURATO_VS<800	SUB_FRATTURATO_VS<800
15	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)

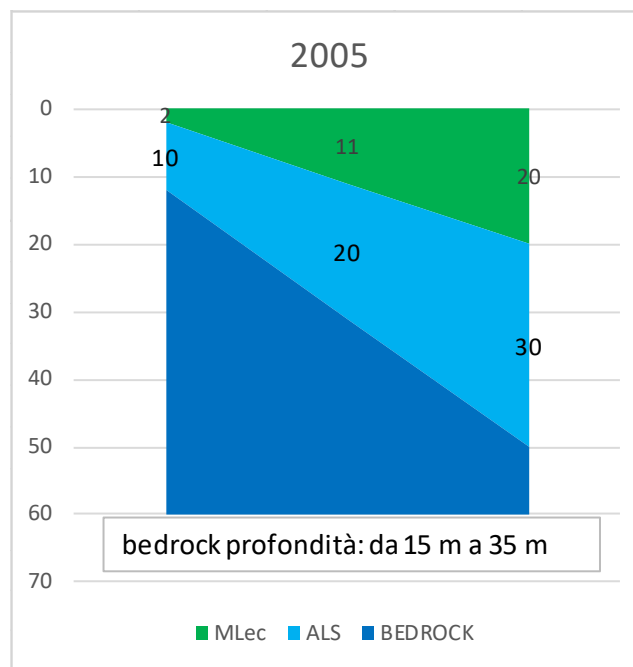
Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %



Modellazione statistica in STRATA

- › Fondamentale lo schema che mi permette di poter in ogni momento riprodurre la procedura:



TIPO_GT	SIGLA GEOL o Descrizione	LOG	Vs med (m/s)	Vs Min (m/s)	Vs max (m/s)
ML ec	MUS b2	TC	200	120	300
ALS	Substrato Geologico SCC, BIS, SCH	SG	600	320	800
ALS	Substrato Sismico SCC, BIS, SCH	SS	1000	810	1200

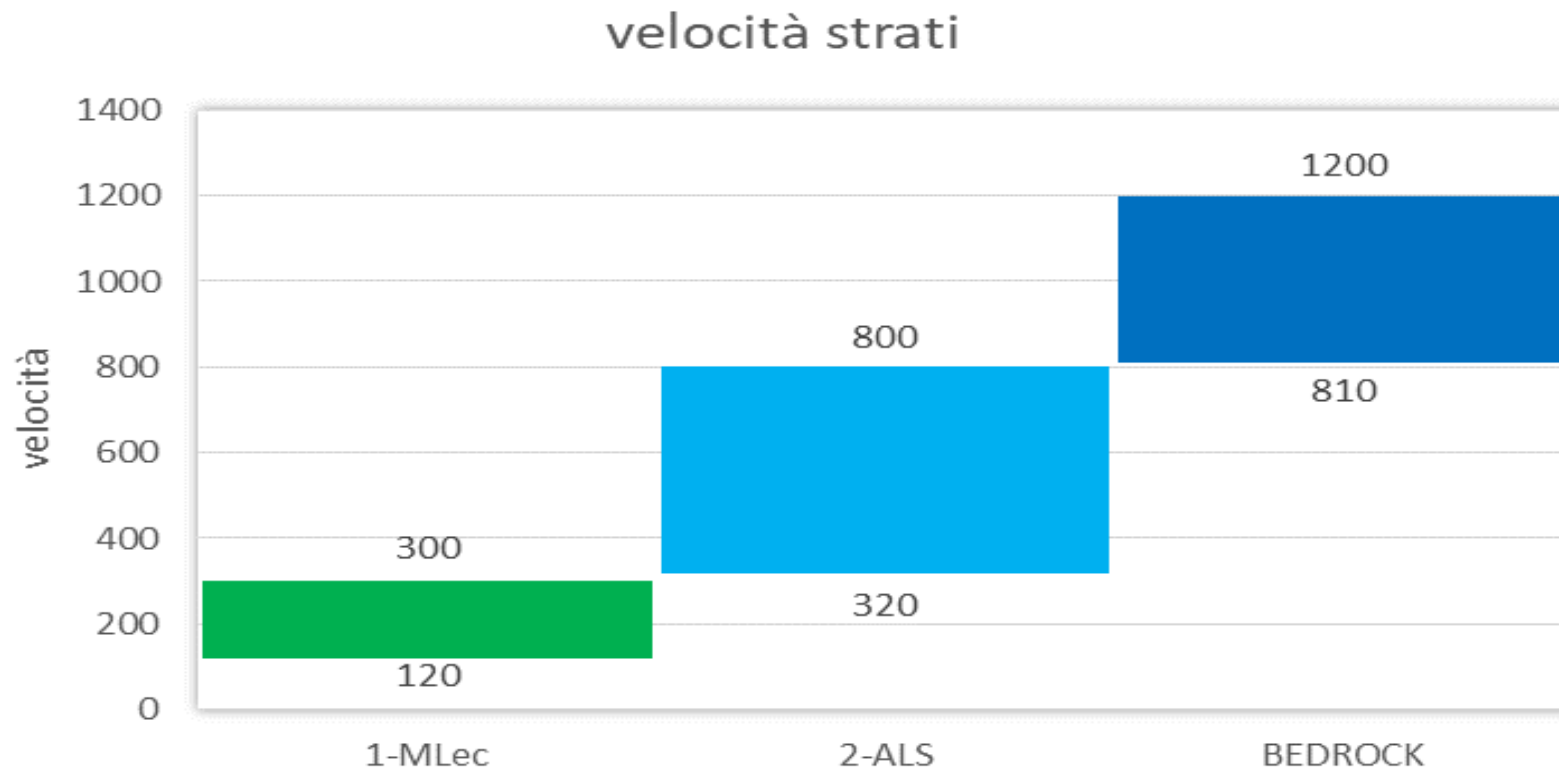
TIPO_GT	SIGLA GEOL o Descrizione	LOG	CURVA DECADIMENTO
ML ec	MUS b2	TC	6 - TREIA (D0=2,49%)
ALS	Substrato Geologico SCC, BIS, SCH	SG	SUBSTRATO FRATTURATO LINEARE (D0=1%)
ALS	Substrato Sismico SCC, BIS, SCH	SS	D0=0,5%

TIPO_GT	SIGLA GEOL o Descrizione	LOG	spessore min [m]	spessore max [m]	profondità min [m]	profondità min [m]
ML ec	MUS b2	TC	2	20		
ALS	Substrato Geologico SCC, BIS, SCH	SG	10	30		
ALS	Substrato Sismico SCC, BIS, SCH	SS			15	35



Modellazione statistica in STRATA

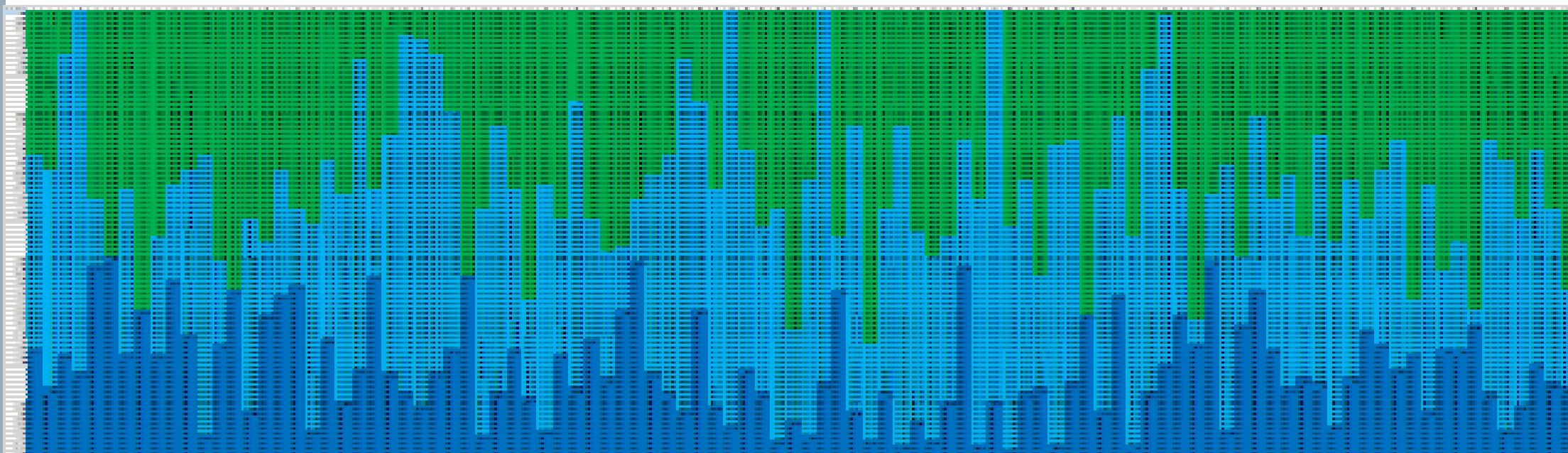
› Variazione di velocità, senza sovrapposizione:





Modellazione statistica in STRATA

- › Fondamentale il controllo della coerenza del modello numerico con il modello geologico fornito:

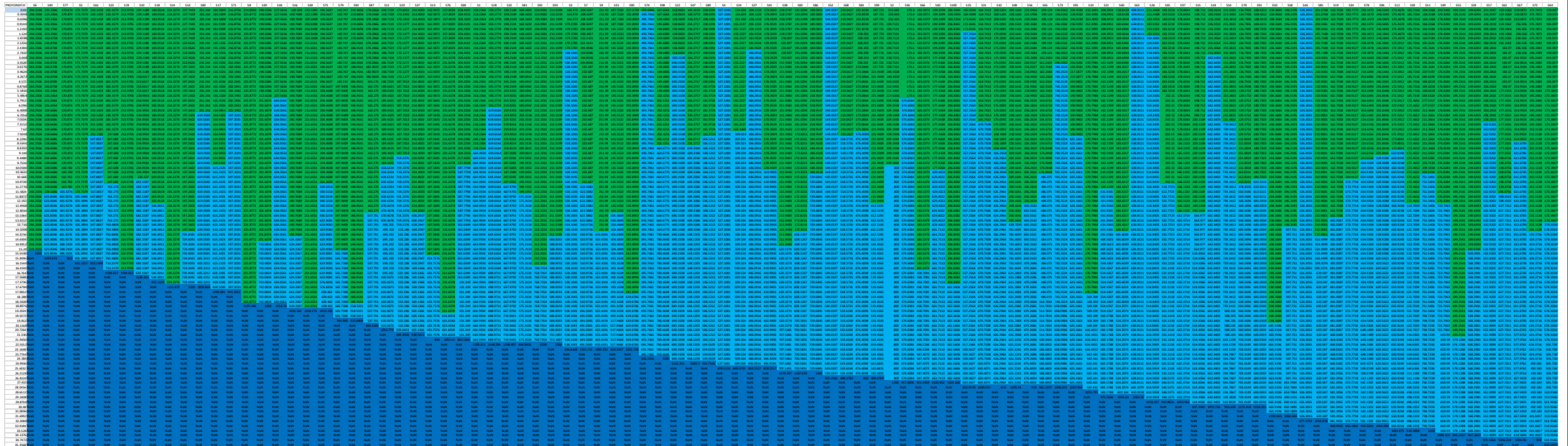


- › Variazione delle velocità/variazione spessore



Modellazione statistica in STRATA

› variazione in ordine decrescente della profondità del bedrock:

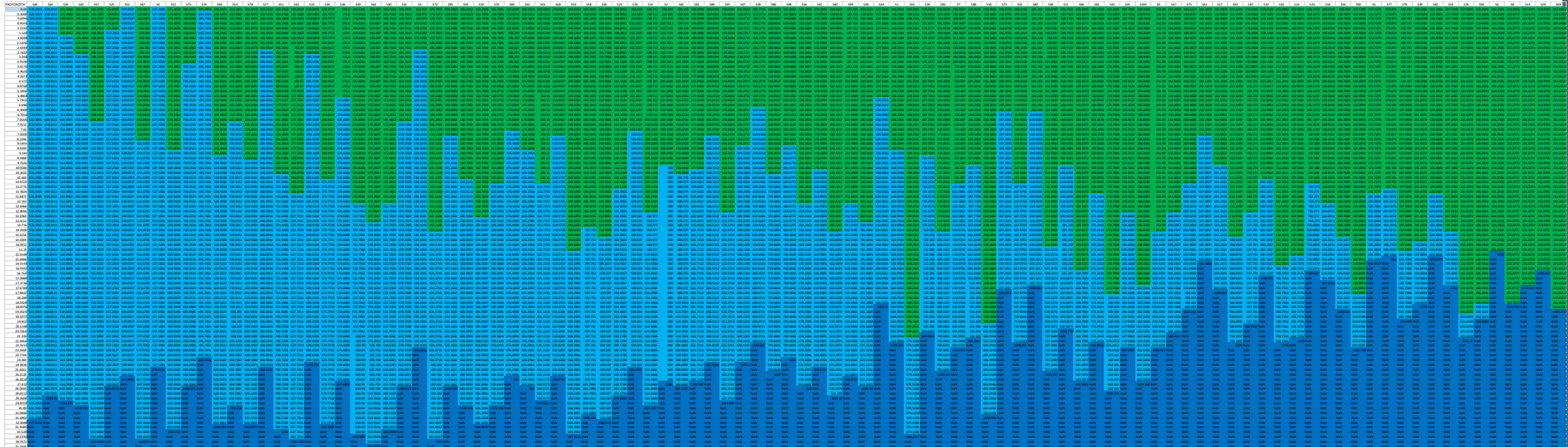


	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	C33	C34	C35	C36	C37	C38	C39	C40	C41	C42	C43	C44	C45	C46	C47	C48	C49	C50	C51	C52	C53	C54	C55	C56	C57	C58	C59	C60	C61	C62	C63	C64	C65	C66	C67	C68	C69	C70	C71	C72	C73	C74	C75	C76	C77	C78	C79	C80	C81	C82	C83	C84	C85	C86	C87	C88	C89	C90	C91	C92	C93	C94	C95	C96	C97	C98	C99	C100	C101	C102	C103	C104	C105	C106	C107	C108	C109	C110	C111	C112	C113	C114	C115	C116	C117	C118	C119	C120	C121	C122	C123	C124	C125	C126	C127	C128	C129	C130	C131	C132	C133	C134	C135	C136	C137	C138	C139	C140	C141	C142	C143	C144	C145	C146	C147	C148	C149	C150	C151	C152	C153	C154	C155	C156	C157	C158	C159	C160	C161	C162	C163	C164	C165	C166	C167	C168	C169	C170	C171	C172	C173	C174	C175	C176	C177	C178	C179	C180	C181	C182	C183	C184	C185	C186	C187	C188	C189	C190	C191	C192	C193	C194	C195	C196	C197	C198	C199	C200	C201	C202	C203	C204	C205	C206	C207	C208	C209	C210	C211	C212	C213	C214	C215	C216	C217	C218	C219	C220	C221	C222	C223	C224	C225	C226	C227	C228	C229	C230	C231	C232	C233	C234	C235	C236	C237	C238	C239	C240	C241	C242	C243	C244	C245	C246	C247	C248	C249	C250	C251	C252	C253	C254	C255	C256	C257	C258	C259	C260	C261	C262	C263	C264	C265	C266	C267	C268	C269	C270	C271	C272	C273	C274	C275	C276	C277	C278	C279	C280	C281	C282	C283	C284	C285	C286	C287	C288	C289	C290	C291	C292	C293	C294	C295	C296	C297	C298	C299	C300	C301	C302	C303	C304	C305	C306	C307	C308	C309	C310	C311	C312	C313	C314	C315	C316	C317	C318	C319	C320	C321	C322	C323	C324	C325	C326	C327	C328	C329	C330	C331	C332	C333	C334	C335	C336	C337	C338	C339	C340	C341	C342	C343	C344	C345	C346	C347	C348	C349	C350	C351	C352	C353	C354	C355	C356	C357	C358	C359	C360	C361	C362	C363	C364	C365	C366	C367	C368	C369	C370	C371	C372	C373	C374	C375	C376	C377	C378	C379	C380	C381	C382	C383	C384	C385	C386	C387	C388	C389	C390	C391	C392	C393	C394	C395	C396	C397	C398	C399	C400	C401	C402	C403	C404	C405	C406	C407	C408	C409	C410	C411	C412	C413	C414	C415	C416	C417	C418	C419	C420	C421	C422	C423	C424	C425	C426	C427	C428	C429	C430	C431	C432	C433	C434	C435	C436	C437	C438	C439	C440	C441	C442	C443	C444	C445	C446	C447	C448	C449	C450	C451	C452	C453	C454	C455	C456	C457	C458	C459	C460	C461	C462	C463	C464	C465	C466	C467	C468	C469	C470	C471	C472	C473	C474	C475	C476	C477	C478	C479	C480	C481	C482	C483	C484	C485	C486	C487	C488	C489	C490	C491	C492	C493	C494	C495	C496	C497	C498	C499	C500	C501	C502	C503	C504	C505	C506	C507	C508	C509	C510	C511	C512	C513	C514	C515	C516	C517	C518	C519	C520	C521	C522	C523	C524</
--	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	--------



Modellazione statistica in STRATA

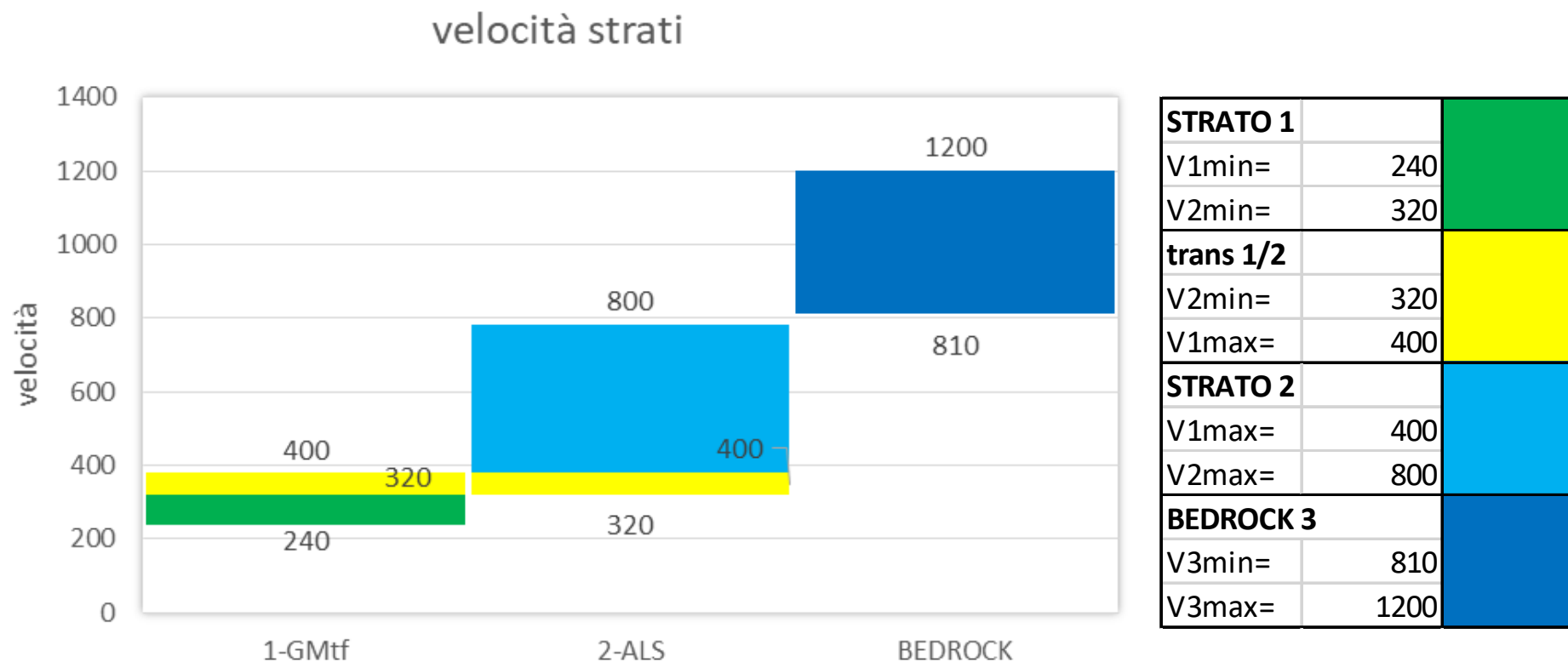
› variazione in ordine decrescente dello spessore del secondo strato:





Modellazione statistica in STRATA

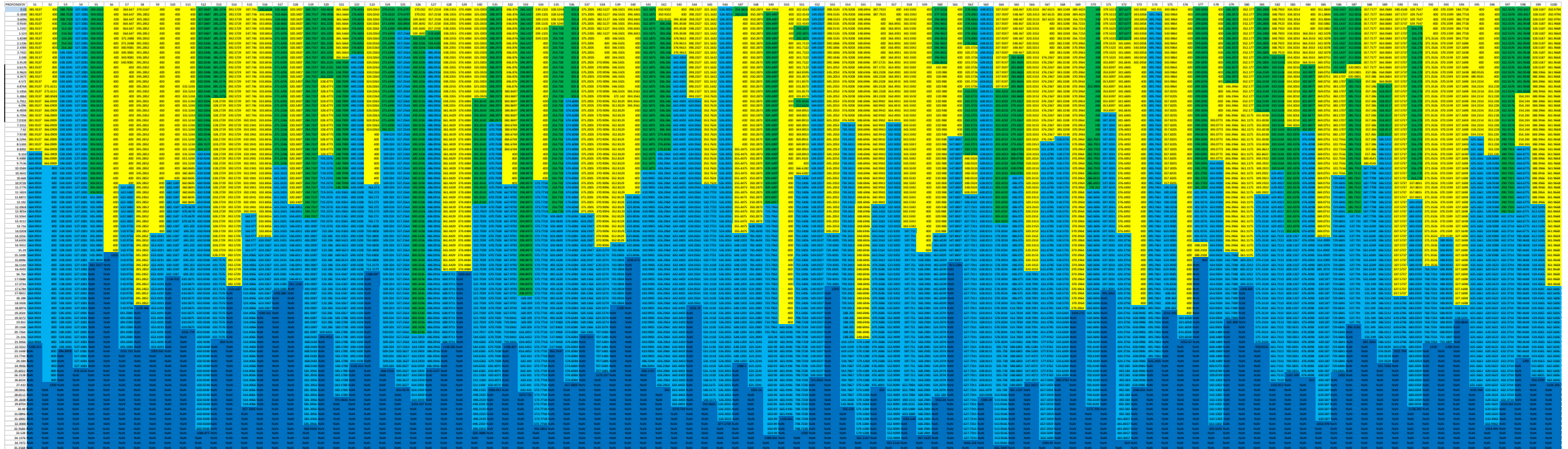
- › Ci possono essere dei casi più complessi dove ci sono sovrapposizione di velocità:



Modellazione statistica in STRATA



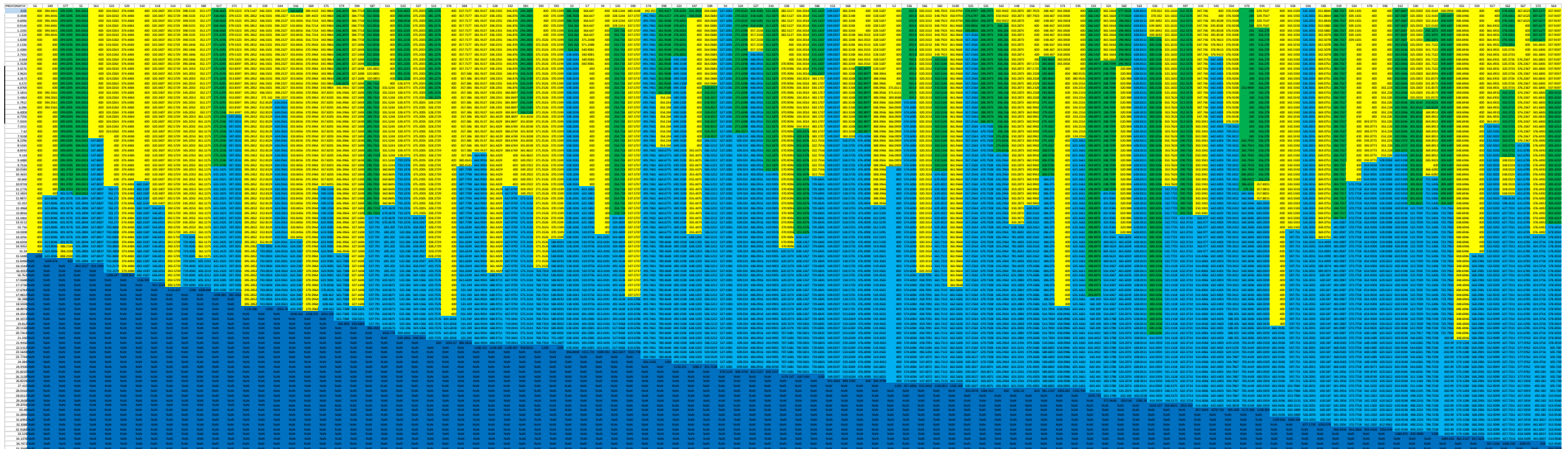
- › Diagramma delle variazioni delle velocità/variazione spessore/profondità:





Modellazione statistica in STRATA

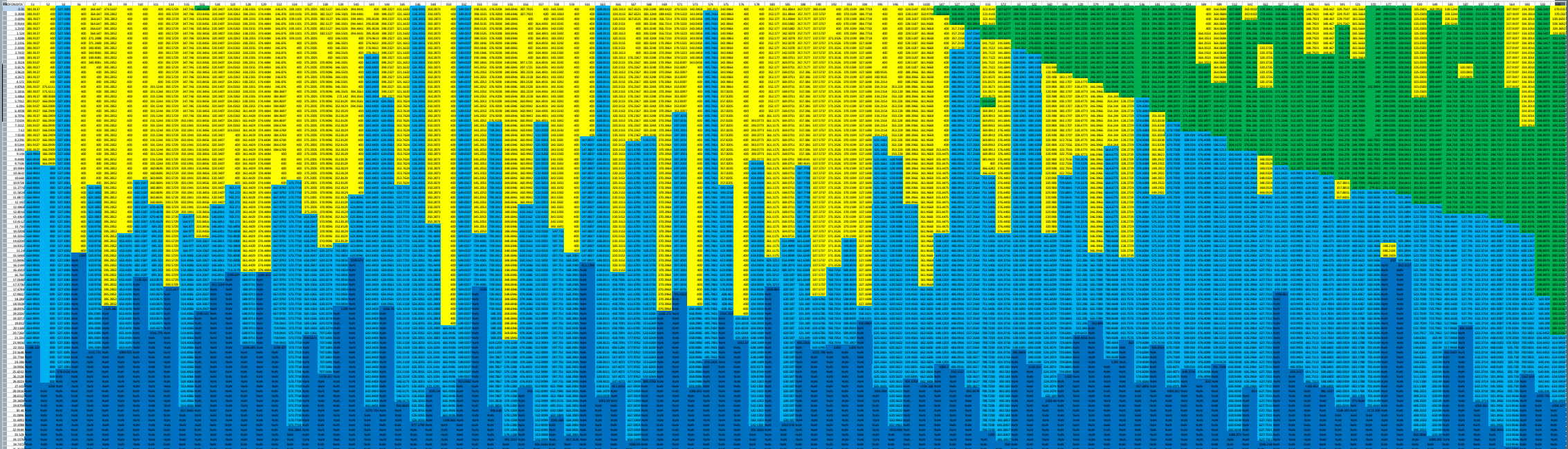
› variazione in ordine decrescente della profondità del bedrock:



Modellazione statistica in STRATA



› variazione in ordine decrescente dello max profondità dello strato con $V_s < 320$ m/s:

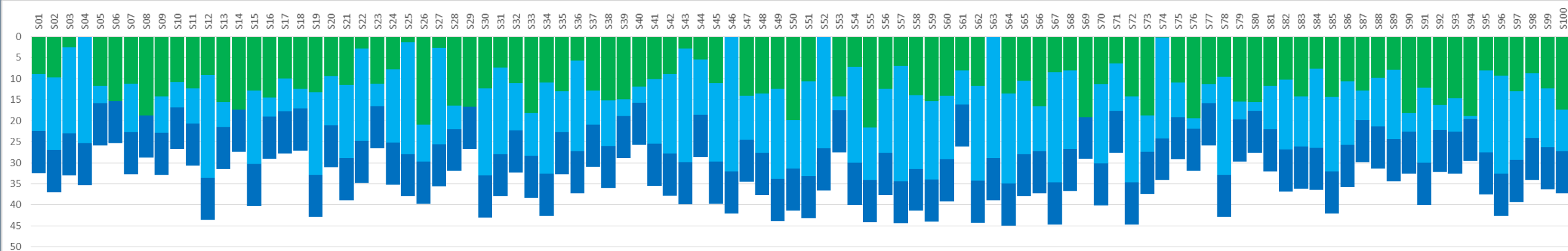


› In questo caso non è così chiaro il controllo del modello geologico



Modellazione statistica in STRATA

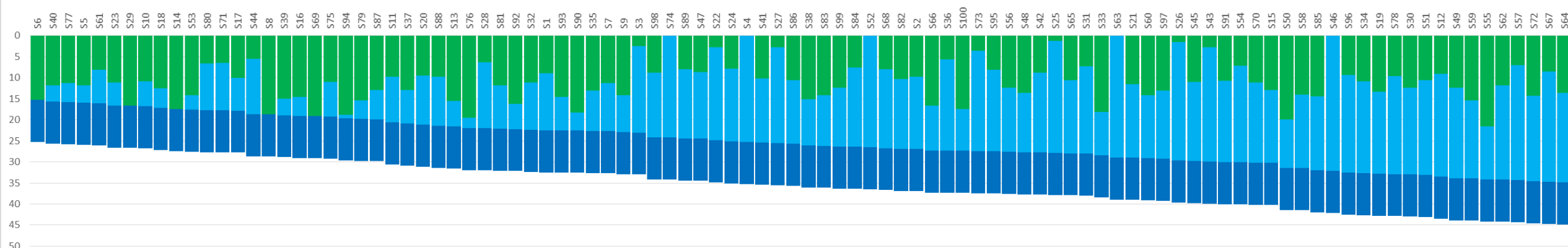
- › Per valutare al meglio la variazione degli strati si è analizzato l'output di STRATA con “loggin level Higt” tale elaborazione porta ai seguenti risultati, estrapolazione delle variazione di profondità/spessore degli strati:





Modellazione statistica in STRATA

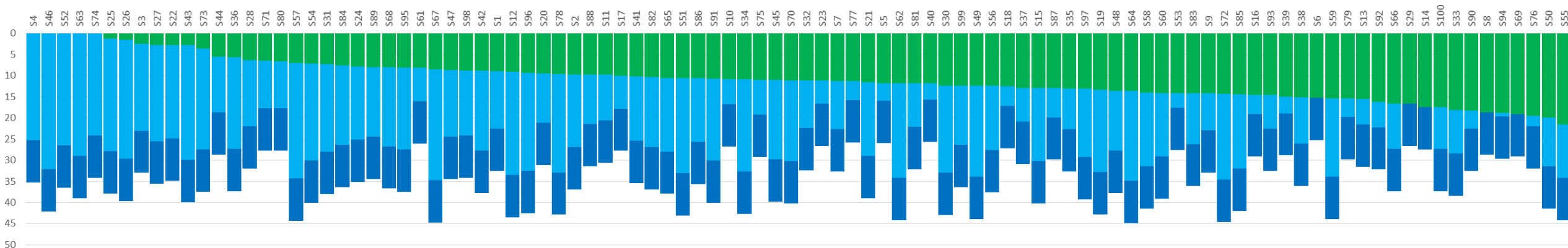
› Variazione dei profondità del bedrock:





Modellazione statistica in STRATA

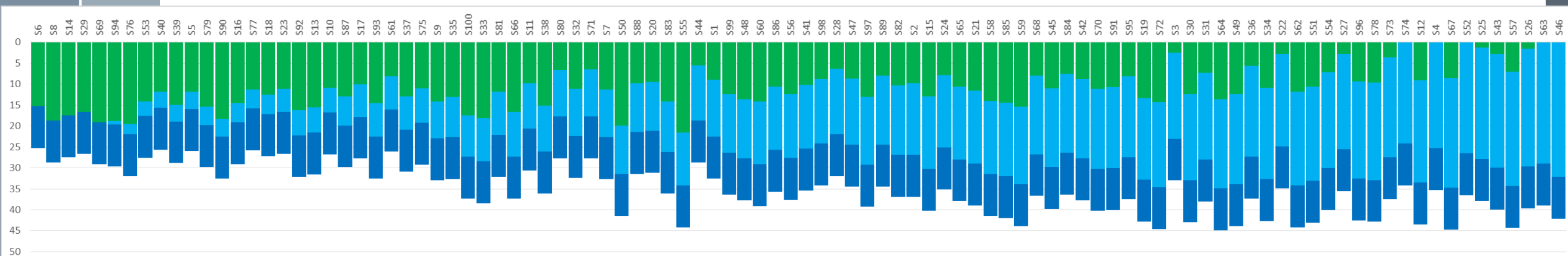
› Variazione di profondità/spessore della prima copertura:





Modellazione statistica in STRATA

› Variazione di spessore della seconda copertura:





CONCLUSIONI

LA CONOSCENZA DEL MODELLO GEOLOGICO È FONDAMENTALE:

- › Conoscenza degli spessori delle unità geologiche (strati) e della loro variabilità;
- › Conoscenza delle caratteristiche litotecniche e delle loro variabilità;
- › Conoscenza dei valori di V_S e della loro variabilità.

**NESSUN DATO DOVREBBE ESSERE PRESENTATO
PRIVO DI DEVIAZIONE STANDARD
(o altro parametro che misuri la variabilità del dato stesso)**



Fine



Grazie per l'attenzione