

Orosolare S.r.l.

Impianto Agrivoltaico denominato "Argenta 2" da 168.461,3 kWp, opere connesse ed infrastrutture indispensabili

Comuni di Argenta, Comacchio e Portomaggiore (FE)

Progetto Definitivo Impianto Agrivoltaico ed Opere Elettriche di Utenza

Allegato C.05 App.04 Studio di Risposta Sismica Locale



Professionista incaricato: Dott.ssa Geol. Sara Bedeschi – Ordine Regionale dei Geologi della Regione Emilia-Romagna Sez. A n. 1194

Rev. 0

Ottobre 2023

COMUNE DI ARGENTA

Provincia di Ferrara

Impianto agrivoltaico denominato "Argenta 2" da 168.461,3 kWp, opere connesse ed infrastrutture indispensabili

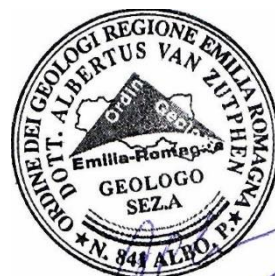
Analisi di **Risposta Sismica Locale**

Committente: Geol. Sara Bedeschi

SGT Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas.
di Van Zutphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com

Ottobre, 2023



ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

LA MODELLAZIONE STRATA

La modellazione numerica dei dati, ottenuti dalle diverse prove dirette ed indirette, è stata realizzata tramite l'ausilio del software STRATA (2008), sviluppato da Albert Kottke.

Nel corso dei passati terremoti, si è osservato che il comportamento dei terreni dipende dalle condizioni locali. Le amplificazioni, dovute agli effetti locali, sono simulate usando numerosi programmi che assumono condizioni di suolo semplificate, come strati di terreno orizzontali ed estesi infinitamente.

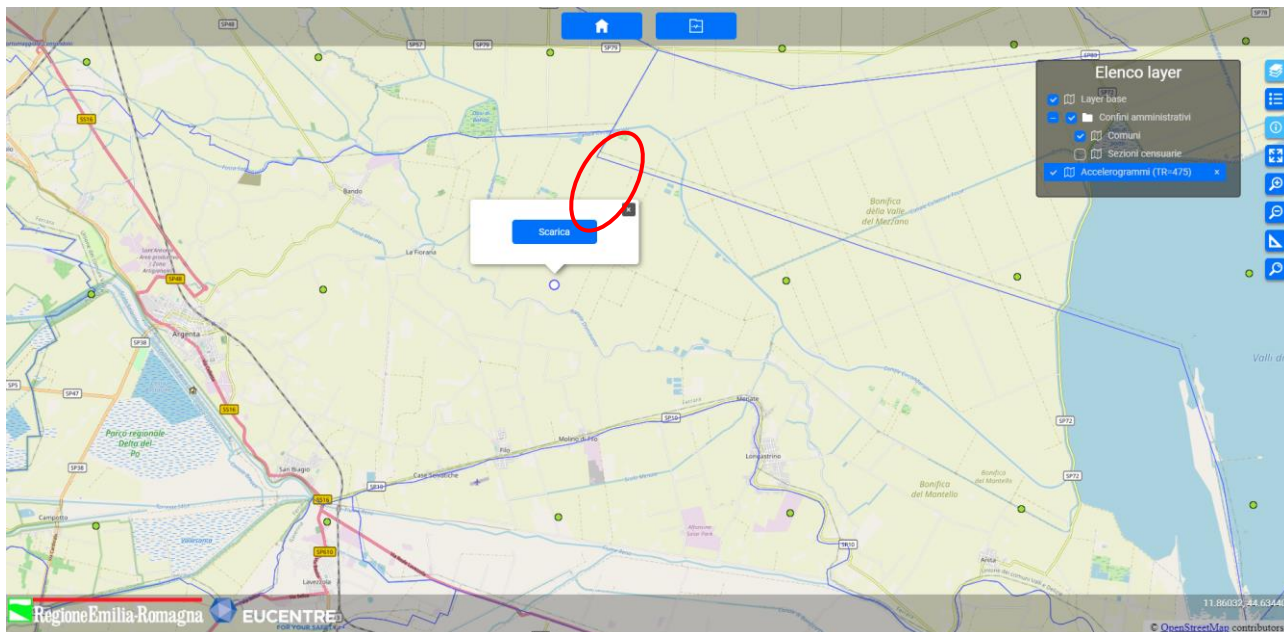
Uno dei programmi sviluppati per questo scopo è stato STRATA che calcola la risposta dinamica monodimensionale (1D) di una colonna di terreno utilizzando un modello di propagazione lineare delle onde, con proprietà variabili in funzione del livello deformativo. Il programma permette di eseguire analisi lineari elastiche (EL), dove le proprietà elastiche e lo smorzamento sono mantenuti costanti, o analisi equivalenti lineari (EQL) dove le proprietà elastiche e lo smorzamento vengono fatti variare in funzione del livello deformativo.

Il progenitore dei programmi 1D che utilizzano il metodo EQL è il programma SHAKE di Schnabel et al. (1972).

La verifica monodimensionale dell'amplificazione locale, tramite l'utilizzo di STRATA si compone di due fasi: elaborazione del modello, simulazione degli effetti indotti dal sisma di progetto. La prima fase consiste nell'inserire i dati (accelerazione, intervalli di tempo), relativi ai segnali di riferimento.

Le analisi di RSL sono state condotte considerando sia lo SLV.

Per lo SLV si è fatto riferimento ai sette accelerogrammi selezionati dalla Regione Emilia-Romagna in un nodo più prossimo al sito di interesse TR475_ID16295.



N.	Magnitude (Mw)	Epic. Distance (km)	Scalin Factor	Source file name
1	6.2	29.9	1.97 %	ESM EU.HRZ..HNE.D.19790524.172317.C.ACC.ASC
2	5.74	12.57	1.29 %	NGA RSN146_COYOTELK_G01320.AT2
3	5.99	54.21	2.43 %	NGA RSN703_WHITTIER.A_A-VAS000.AT2
4	6.93	83.53	1.43 %	NGA RSN804_LOMAP_SSF205.AT2
5	6.69	38.07	1.08 %	NGA RSN1091_NORTHR_VAS090.AT2
6	6.6	31	0.61 %	KiKnet SMNH100010061330.EW2
7	5.9	14.4	2.57 %	ESM IT.SLO..HGE.D.20161026.191806.C.ACC.ASC

Dopo aver determinato gli input sismici, si è proceduto alla costruzione della colonna di sottosuolo di riferimento rappresentata da strati (layer) a differente tessitura e da diversi valori delle onde di taglio S (Vs).

La stratigrafia che caratterizza il profilo stratigrafico è stata derivata dalle indagini geognostiche e geofisiche realizzate nel sito di interesse e ricavate dai dati del sottosuolo della zona in esame riportati in letteratura.

Dopo aver determinato gli input sismici, si è proceduto alla costruzione della colonna di riferimento rappresentata da strati (layer) a differente tessitura e da diversi valori delle onde di taglio S (Vs).

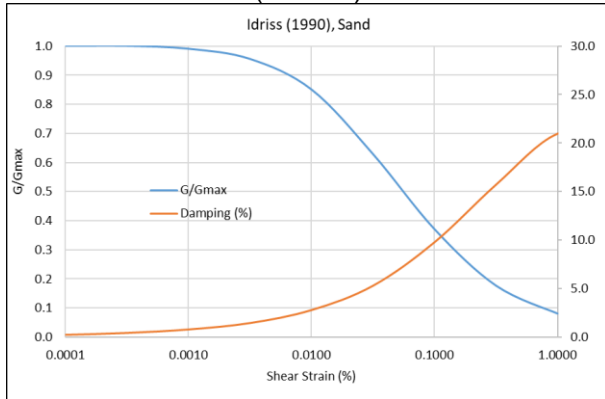
La stratigrafia di input che caratterizza il profilo stratigrafico è stata derivata dalle indagini geognostiche e geofisiche realizzate sul sito di interesse e ricavate dai dati del sottosuolo della zona in esame riportati in letteratura.

Nel caso specifico, in considerazione delle caratteristiche litologiche delle formazioni della zona di interesse, si è fatto riferimento al seguente modello litostratigrafico.

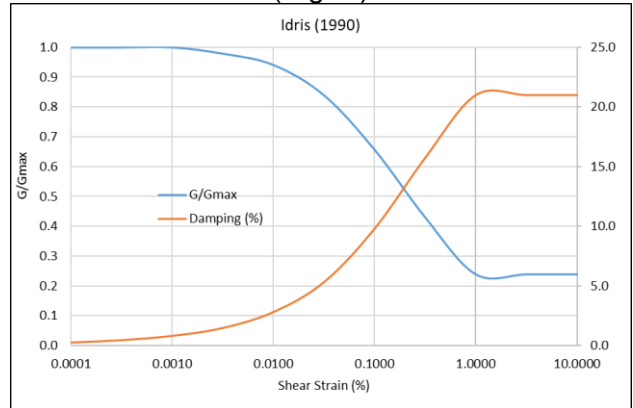
Stratigrafia di input:

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)	Varied
1	0.00	0.60	argille	100.00	<input checked="" type="checkbox"/> 90.00	<input checked="" type="checkbox"/> 130.00	<input checked="" type="checkbox"/>
2	0.60	10.00	argille	160.00	<input checked="" type="checkbox"/> 150.00	<input checked="" type="checkbox"/> 170.00	<input checked="" type="checkbox"/>
3	10.60	5.00	sabbie	330.00	<input checked="" type="checkbox"/> 250.00	<input checked="" type="checkbox"/> 350.00	<input checked="" type="checkbox"/>
4	15.60	15.00	argille	330.00	<input checked="" type="checkbox"/> 280.00	<input checked="" type="checkbox"/> 350.00	<input checked="" type="checkbox"/>
5	30.60	14.00	argille	380.00	<input checked="" type="checkbox"/> 350.00	<input checked="" type="checkbox"/> 400.00	<input checked="" type="checkbox"/>
6	44.60	100.00	suoli media prof (GEI 250 - 500 ft)	590.00	<input checked="" type="checkbox"/> 550.00	<input checked="" type="checkbox"/> 650.00	<input checked="" type="checkbox"/>
7	144.60	Half-Space	Bedrock	880.00	<input checked="" type="checkbox"/> 800.00	<input checked="" type="checkbox"/> 950.00	<input checked="" type="checkbox"/>

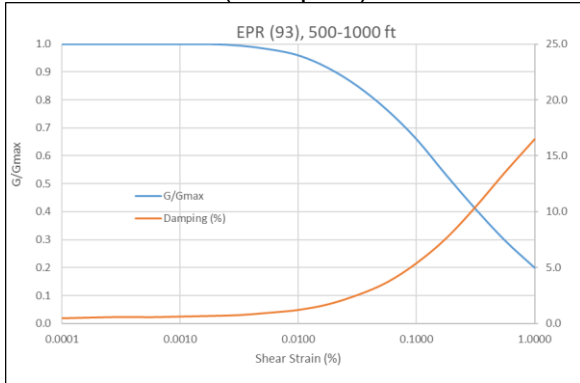
**Sand Mean (Seed & Idriss)
(Sabbia)**



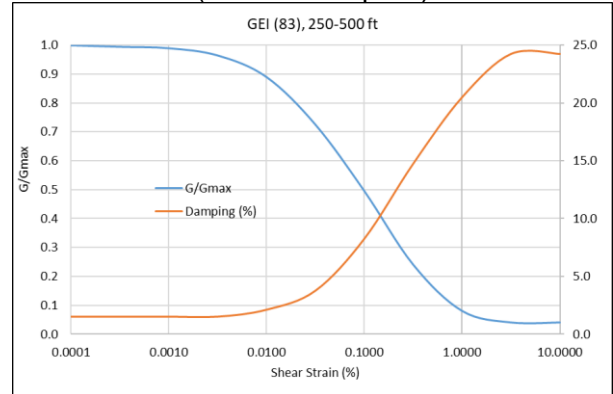
**Clay (Seed & Idriss)
(argilla)**



**EPR(93), 500-1000 ft
(suoli prof.)**



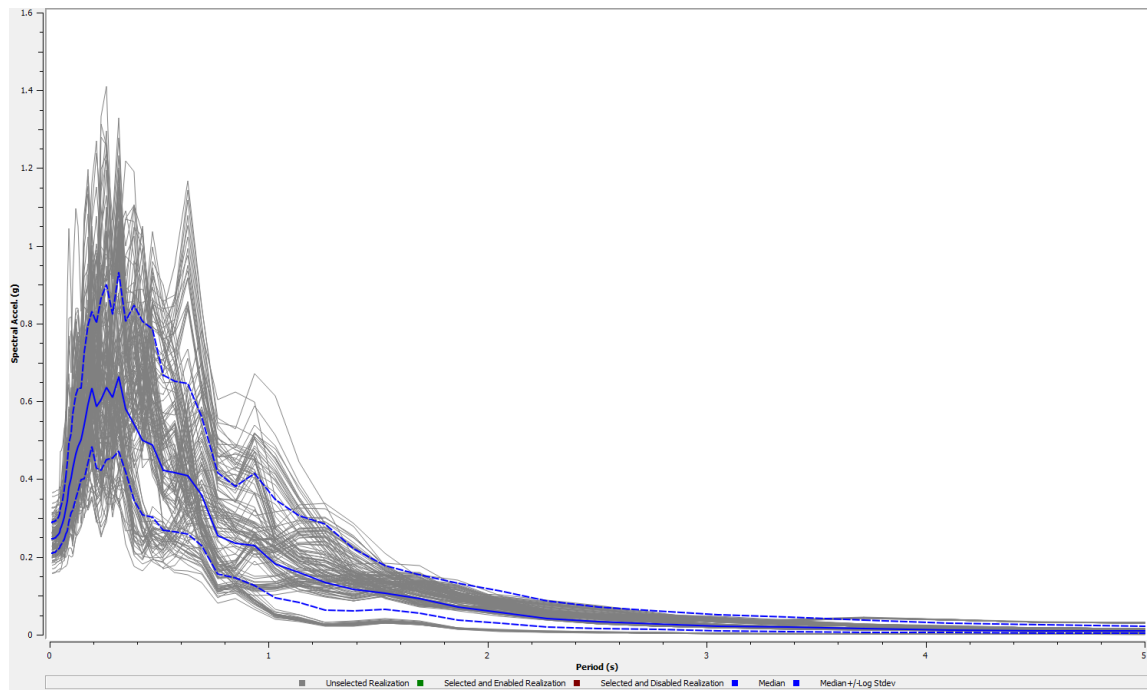
**GEI (83), 250-500 ft
(suoli media prof.)**



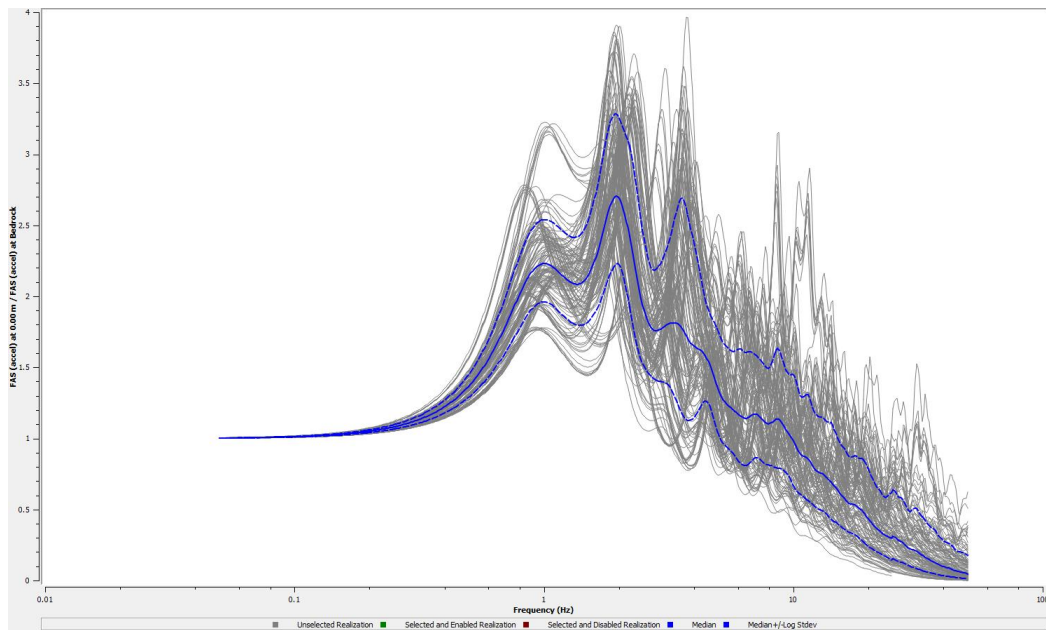
Utilizzando il programma STRATA si riportano i dati ricavati dalla modellazione numerica monodimensionale. Nella modellazione si è proceduto ad una analisi probabilistica facendo variare in modo automatico le velocità delle onde di taglio per ogni strato, il profilo stratigrafico, le caratteristiche dei terreni. Sono stati elaborati n. 20 scenari.

Stato Limite della Vita – SLV

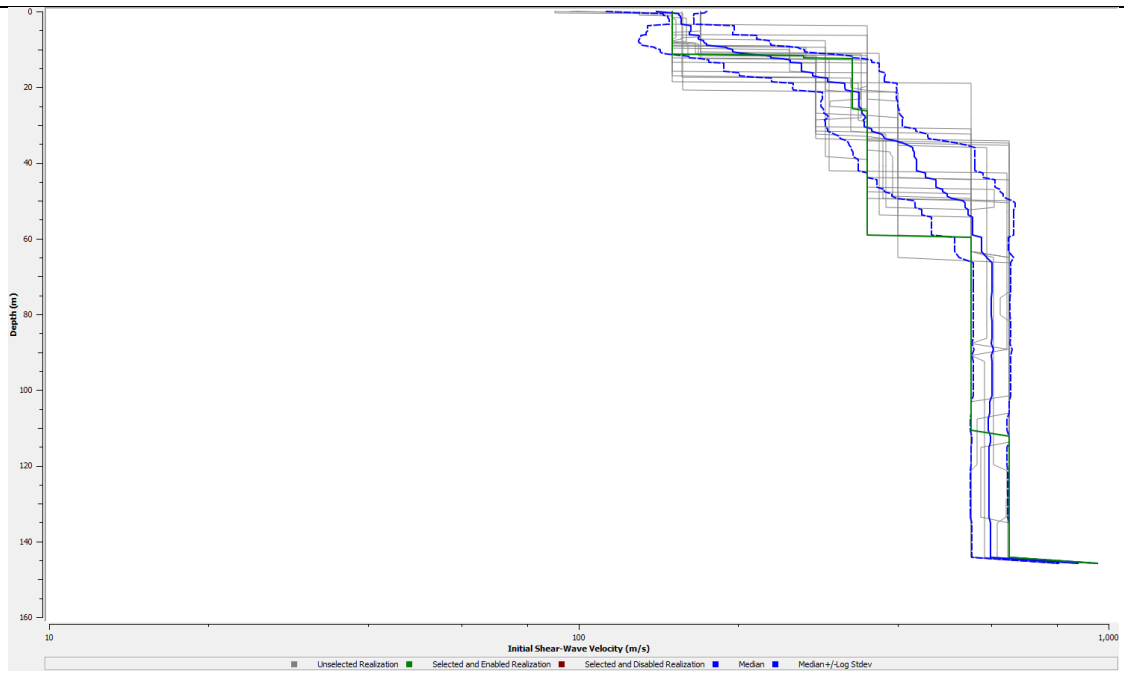
Spettri elastici relativi ai possibili scenari in base alla variazione della V_s , delle curve di smorzamento dei materiali e alla variazione dello spessore degli strati e del bedrock – n.20 scenari



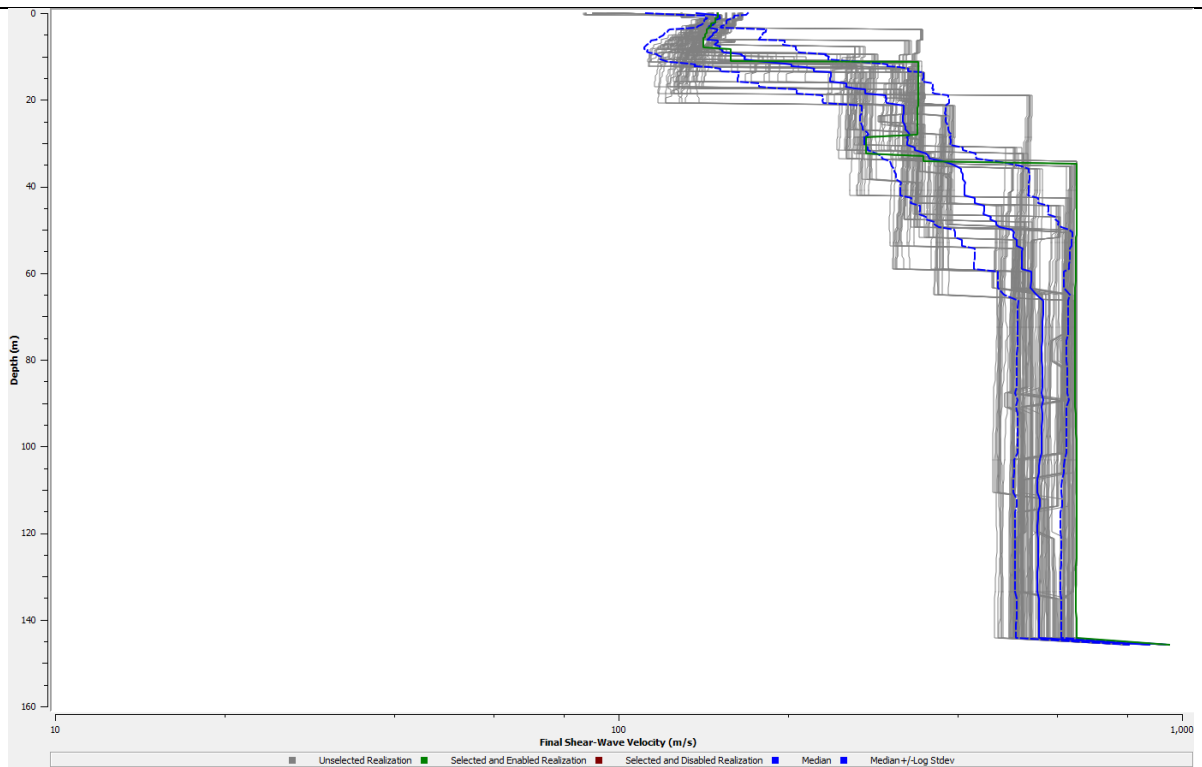
Funzione di trasferimento substrato sismico- superficie



Profilo di Vs iniziale considerato nel Modello STRATA

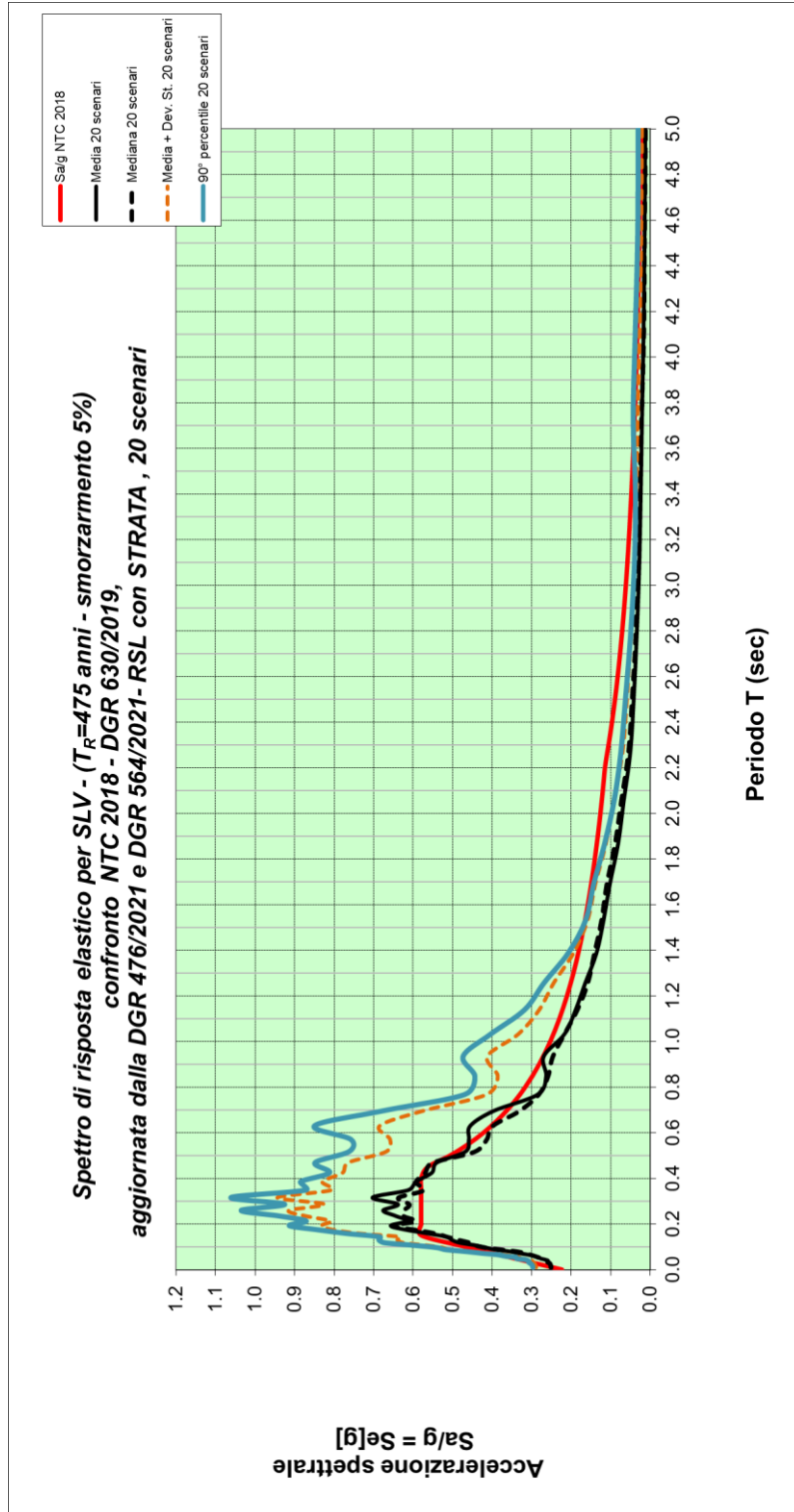


Profilo di Vs finale considerato nel Modello STRATA



Facendo riferimento ai venti scenari elaborati, si osserva:

T (sec)	mediana	media	Stdev (σ)	media + σ	90° percentile	Massima accelerazione al suolo
0.00	0.251g	0.249g	0.039	0.289g	0.297g	0.366g



MODELLO STRATA $S_e/g(T) = S_a(T)$: ACCELERAZIONE DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE: valore medio di tutti i 20 scenari elaborati

T(sec)	mediana	media	Stdev (σ)	media + σ	90° percentile	max
0.0100	0.251	0.249	0.039	0.289	0.297	0.366
0.0110	0.251	0.250	0.039	0.289	0.297	0.366
0.0122	0.251	0.250	0.039	0.289	0.297	0.366
0.0134	0.251	0.250	0.039	0.289	0.297	0.366
0.0148	0.251	0.250	0.039	0.290	0.298	0.366
0.0164	0.252	0.250	0.040	0.290	0.298	0.366
0.0181	0.252	0.251	0.040	0.290	0.298	0.367
0.0199	0.252	0.251	0.040	0.291	0.299	0.367
0.0220	0.252	0.251	0.040	0.291	0.300	0.368
0.0243	0.253	0.252	0.040	0.292	0.302	0.368
0.0268	0.254	0.253	0.040	0.293	0.303	0.369
0.0296	0.256	0.254	0.040	0.294	0.306	0.370
0.0327	0.259	0.257	0.040	0.297	0.308	0.372
0.0361	0.259	0.258	0.040	0.298	0.307	0.372
0.0398	0.260	0.259	0.040	0.300	0.311	0.372
0.0439	0.266	0.267	0.043	0.309	0.318	0.397
0.0485	0.276	0.277	0.049	0.326	0.338	0.473
0.0535	0.282	0.281	0.051	0.332	0.339	0.471
0.0590	0.290	0.293	0.055	0.348	0.367	0.487
0.0652	0.301	0.309	0.066	0.375	0.386	0.529
0.0719	0.316	0.333	0.078	0.410	0.427	0.573
0.0794	0.334	0.356	0.099	0.454	0.467	0.876
0.0876	0.371	0.393	0.118	0.511	0.518	1.045
0.0967	0.415	0.417	0.109	0.526	0.541	0.868
0.1067	0.442	0.443	0.125	0.569	0.600	0.912
0.1178	0.455	0.483	0.144	0.626	0.673	1.097
0.1300	0.483	0.502	0.139	0.641	0.687	1.052
0.1435	0.513	0.516	0.118	0.634	0.684	0.832
0.1583	0.542	0.563	0.174	0.737	0.769	1.083
0.1747	0.594	0.619	0.186	0.805	0.843	1.196
0.1929	0.655	0.657	0.176	0.833	0.913	1.161
0.2128	0.594	0.615	0.195	0.809	0.870	1.271
0.2349	0.624	0.644	0.229	0.873	0.939	1.333
0.2593	0.625	0.676	0.239	0.915	1.035	1.410
0.2861	0.610	0.638	0.186	0.825	0.925	1.078
0.3158	0.638	0.703	0.241	0.944	1.061	1.330
0.3486	0.574	0.612	0.195	0.807	0.871	1.219
0.3847	0.593	0.593	0.237	0.830	0.885	1.192
0.4246	0.570	0.552	0.226	0.779	0.811	1.051
0.4686	0.553	0.540	0.225	0.765	0.848	1.037
0.5172	0.445	0.467	0.201	0.668	0.762	0.898
0.5708	0.414	0.459	0.200	0.659	0.758	0.950
0.6300	0.399	0.455	0.230	0.685	0.850	1.168
0.6953	0.331	0.396	0.180	0.576	0.677	0.848
0.7674	0.282	0.285	0.130	0.414	0.469	0.605
0.8469	0.258	0.263	0.123	0.386	0.444	0.625
0.9347	0.246	0.269	0.143	0.413	0.473	0.672
1.0316	0.217	0.217	0.117	0.334	0.404	0.615
1.1386	0.184	0.188	0.093	0.281	0.318	0.444
1.2566	0.157	0.164	0.080	0.244	0.269	0.337
1.3869	0.141	0.136	0.059	0.195	0.207	0.287
1.5307	0.123	0.118	0.041	0.159	0.164	0.209
1.6894	0.109	0.102	0.037	0.139	0.143	0.178
1.8645	0.089	0.081	0.032	0.113	0.116	0.141
2.0578	0.072	0.066	0.025	0.092	0.091	0.103
2.2711	0.054	0.050	0.020	0.070	0.074	0.088
2.5066	0.045	0.041	0.018	0.059	0.062	0.076
2.7665	0.036	0.034	0.015	0.049	0.050	0.058
3.0533	0.033	0.028	0.013	0.041	0.041	0.047
3.3698	0.026	0.024	0.011	0.035	0.037	0.039
3.7192	0.021	0.021	0.012	0.032	0.043	0.045
4.1048	0.015	0.017	0.010	0.027	0.038	0.039
4.5303	0.013	0.014	0.009	0.023	0.032	0.033
5.0000	0.011	0.012	0.009	0.021	0.030	0.031

SPETTRO ELASTICO NORMALIZZATO (Orizzontale)

	T	Se(T)rsI	Se(T)norm
0s<T<Tb	0.01	0.249*g	0.291*g
0.019	0.02	0.251*g	0.311*g
	0.04	0.258*g	0.348*g
	0.06	0.281*g	0.386*g
	0.08	0.333*g	0.423*g
	0.10	0.393*g	0.460*g
	0.12	0.443*g	0.498*g
	0.13	0.502*g	0.535*g
	0.15	0.516*g	0.573*g
	0.17	0.563*g	0.610*g
	0.19	0.619*g	0.647*g
Tb<T<Tc	0.22	0.615*g	0.703*g
0.008	0.23	0.615*g	0.703*g
	0.24	0.644*g	0.703*g
	0.24	0.644*g	0.703*g
	0.25	0.644*g	0.703*g
	0.26	0.676*g	0.703*g
	0.27	0.676*g	0.703*g
	0.28	0.676*g	0.703*g
	0.28	0.676*g	0.703*g
	0.29	0.638*g	0.703*g
	0.30	0.638*g	0.703*g
	0.31	0.638*g	0.703*g
	0.32	0.703*g	0.703*g
	0.32	0.703*g	0.703*g
	0.33	0.703*g	0.703*g
	0.34	0.703*g	0.703*g
	0.35	0.703*g	0.703*g
	0.36	0.612*g	0.703*g
	0.36	0.612*g	0.703*g
	0.37	0.612*g	0.703*g
	Tc<T<Td	0.38	0.612*g
0.067	0.45	0.552*g	0.597*g
	0.51	0.540*g	0.519*g
	0.58	0.459*g	0.459*g
	0.65	0.455*g	0.411*g
	0.72	0.396*g	0.372*g
	0.78	0.285*g	0.340*g
	0.85	0.263*g	0.313*g
	0.92	0.263*g	0.290*g
	0.99	0.269*g	0.271*g
	1.05	0.217*g	0.253*g
	1.12	0.217*g	0.238*g
	1.19	0.188*g	0.225*g
	1.26	0.188*g	0.213*g
	1.32	0.164*g	0.202*g
	1.39	0.136*g	0.192*g
	1.46	0.136*g	0.183*g
1.53	0.136*g	0.175*g	
1.59	0.118*g	0.168*g	
1.66	0.118*g	0.161*g	
1.73	0.102*g	0.155*g	
1.80	0.102*g	0.149*g	
1.86	0.102*g	0.143*g	
1.93	0.081*g	0.138*g	
2.00	0.081*g	0.134*g	
2.07	0.066*g	0.129*g	
2.13	0.066*g	0.125*g	
Td<T	2.20	0.066*g	0.121*g
0.867	3.07	0.028*g	0.062*g
	3.93	0.021*g	0.038*g
	4.80	0.014*g	0.025*g

