

A06 – RELAZIONE GEOTECNICA

REALIZZAZIONE DISTRIBUTORE CARBURANTI E
IMPIANTO AUTOLAVAGGIO LUNGO LA STRADA
PROVINCIALE N. 9 A CASALGUIDI
IN COMUNE DI SERRAVALLE PISTOIESE

Pistoia, 17 maggio 2019

Dott. Geol. Gaddo Mannori

A red circular stamp from the Italian Geological Association (Associazione Nazionale Geologi della Toscana). The text inside the stamp reads "ASSOCIAZIONE NAZIONALE GEOLOGI DELLA TOSCANA", "DOTT. GEOL.", "GADDO", "MANNORI", and "N° 550". A red handwritten signature is written over the stamp.

Mannori & Associati Geologia Tecnica
Largo San Biagio, 149 - 51100 Pistoia
Tel. 0573368448 – Email mannori@mannorieassociati.it

1 – PREMESSA

Nella presente relazione è riportata la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo, in ottemperanza al D.M. 17.01.18, relativamente allo studio eseguito a supporto del progetto per la realizzazione di un distributore carburanti con impianto di autolavaggio, lungo la Strada Provinciale n. 9 a Casalguidi in Comune di Serravalle P.se.

Viene inoltre trattato il tema della liquefazione e sono assegnate le categorie di sottosuolo e topografica.

Per l'ubicazione dell'area, i dettagli progettuali e la ricostruzione del modello geologico si fa riferimento al documento A05 – Relazione Geologica.

2 – MODELLO GEOTECNICO

Come descritto nella Relazione Geologica, dall'analisi dei risultati delle indagini geognostiche eseguite per la ricostruzione del modello geologico, è stato possibile ricostruire la seguente stratigrafia di sottosuolo (Fig. 5):

Livello A: tra 0 m e 1,0 m, terreno vegetale;

Livello B: tra 1,0 m e 2,6 m, limi sabbioso argillosi;

Livello C: tra 2,6 m e 9,0 m, limi argillosi;

Livello D: tra 9,0 m e 11,4 m, limi sabbiosi;

Livello E: tra 11,4 m e 15,0 m, sabbie limose con ghiaietto.

Livello F: tra 5,3 m e 6,3 m, sabbie grossolane molto addensate: lente incontrata soltanto lungo la verticale del sondaggio.

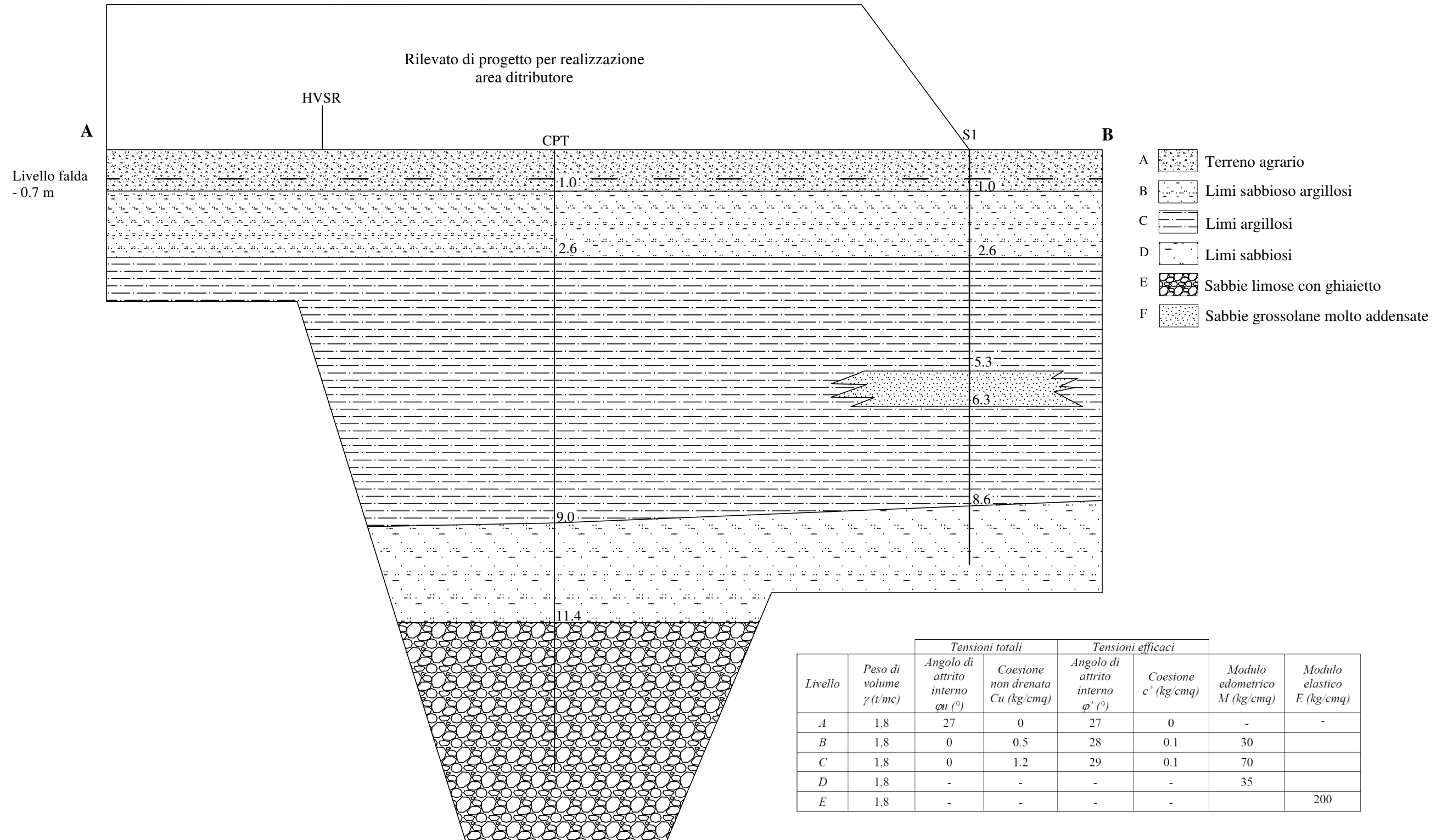
Per l'attribuzione dei parametri geotecnici del terreno si utilizzano i risultati della prova penetrometrica e delle analisi di laboratorio.

Livello A

Questo livello, equiparato a terreno agrario rimaneggiato, viene parametrizzato in modo cautelativo tenendo conto della sua intrinseca eterogeneità, considerando un comportamento di tipo granulare. Correlando i risultati della prova statica con il numero di colpi N_{spt} ed applicando successivamente la relazione $\varphi = 0.3 \times N_{spt} + 27$ (Japanese National Railway) si ottiene cautelativamente $\varphi = 27^\circ$;

Figura 5
Sezione litotecnica

Scala orizzontale 1:500
Scala verticale 1:100



Livello B

In termini di tensioni totali, per l'attribuzione dei parametri a breve termine, l'angolo di attrito (ϕ) dovrà evidentemente essere considerato uguale a 0, mentre per quanto riguarda la coesione non drenata (C_u) si osserva:

- in base alla prova CPT, attraverso la correlazione Q_c / β con $\beta=25$, si ottiene $C_u=0.5$ kg/cmq;
- sulla base delle analisi di laboratorio, per il campione di terreno compreso tra 1.0 e 1.5 m, dalla prova di espansione laterale libera, si ottiene $C_u=0,8$ kg/cmq;
- considerando la variabilità granulometrica evidenziata con il sondaggio a carotaggio continuo in corrispondenza del livello B, si considera maggiormente indicativo il valore ricavato dai risultati della prova penetrometrica e si assegna pertanto $C_u=0.5$ kg/cmq.

Per i parametri a lungo termine si osserva:

- correlando i risultati della prova statica con il numero di colpi N_{spt} ed applicando successivamente la relazione $\phi = 0.3 \times N_{spt} + 27$ (Japanese National Railway) si ottiene $\phi' = 28^\circ$;
- dalle analisi di laboratorio sul campione n. 1, compreso tra 1,0 m e 1,5 m, dalla prova di taglio diretto si ottiene il valore $\phi' = 28^\circ$;
- sulla base dei risultati ottenuti vista la coerenza dei risultati ottenuti, si assegna un parametro ϕ' pari a 28° ;
- per quanto riguarda la coesione drenata, sulla base delle analisi di laboratorio si assegna $c' = 0,1$ kg/cmq.

Per il modulo edometrico si osserva:

- dalla prova penetrometrica, tramite la correlazione $M = Q_c \times \alpha$ con $\alpha = 2,5$ si ottiene $M = 30$ kg/cmq;
- la prova edometrica realizzata in corrispondenza del campione n. 1 (Livello B), per carichi compresi tra 0.5 e 1.0 kg/cmq fornisce valori del modulo edometrico compresi tra 24 e 36 kg/cmq;
- si assegna pertanto il valore di $M = 30$ kg/cmq.

Livello C

In termini di tensioni totali, per l'attribuzione dei parametri a breve termine, l'angolo di attrito (ϕ) dovrà evidentemente essere considerato uguale a 0, mentre per quanto riguarda la coesione non drenata (C_u), in base alla prova CPT, attraverso la correlazione Q_c / β con $\beta=25$, si ottiene $C_u=1,2$ kg/cmq. Tale valore è confrontabile con quanto ricavato dalle prove PP realizzate sulle carote di terreno.

Per i parametri a lungo termine si osserva:

- correlando i risultati della prova statica con il numero di colpi N_{spt} ed applicando successivamente la relazione $\phi = 0.3 \times N_{spt} + 27$ (Japanese National Railway) si ottiene $\phi' = 30.6^\circ$, cautelativamente si assegnano 29° ;
- per quanto riguarda la coesione drenata, si assegna in maniera cautelativa $c' = 0,1$ kg/cmq.

Per il modulo edometrico, dalla prova penetrometrica, tramite la correlazione $M = Q_c \times \alpha$ con $\alpha = 2,5$ si ottiene $M = 70$ kg/cmq.

Sulla base di quanto detto, ai livelli di terreno sopra indicati, si attribuiscono i seguenti parametri fisico-meccanici caratteristici:

Livello	Peso di volume γ (t/mc)	Tensioni totali		Tensioni efficaci		Modulo edometrico M (kg/cmq)	Modulo elastico E (kg/cmq)
		Angolo di attrito interno ϕ_u ($^\circ$)	Coesione non drenata C_u (kg/cmq)	Angolo di attrito interno ϕ' ($^\circ$)	Coesione c' (kg/cmq)		
A	1,8	27	0	27	0	-	-
B	1,8	0	0.5	28	0.1	30	
C	1,8	0	1.2	29	0.1	70	
D	1,8	-	-	-	-	35	
E	1,8	-	-	-	-		200

3 – CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Per la determinazione della Categoria del suolo di fondazione, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/18 indicano 5 classi definite nella tabella seguente:

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Sulla base dei dati ottenuti attraverso l'indagine sismica, il livello di alterazione del substrato roccioso è presente entro 20 – 25 m di profondità ed è caratterizzato da $V_s < 800$ m/sec; il sottosuolo dell'area in esame è caratterizzato da depositi con valori di V_s equivalente (V_{s30}) pari a 240 m/s; si attribuisce pertanto la **Categoria C**.

4 – CATEGORIA TOPOGRAFICA

Visto che l'area di intervento risulta praticamente pianeggiante si assegna la **Categoria topografica T1**.

5 – LIQUEFAZIONE

Ai sensi di quanto previsto al paragrafo 7.11.3.4 del D.M. 17/01/2018 è stata eseguita la verifica della liquefazione, per la quale sono stati utilizzati i risultati della prova penetrometrica statica. L'analisi è stata condotta confrontando differenti metodi di calcolo presenti all'interno di un foglio elettronico predisposto dalla Sezione Geotecnica della Facoltà di Ingegneria di Firenze. I metodi sono i seguenti:

1. Nceer (2001);
2. Robertson (2009);
3. Idriss & Boulanger (2008)

4. J&A1 (2010);
5. Moss (2006);
6. AGI (Associazione Geotecnica Italiana, 2005)

I dati al contorno sono:

- $A_{\max} = a_g \times S \times \eta \times F_0 = 0,138 \times 1,500 \times 0,417 \times 2,418 = 0,209$ g; questo valore tiene conto della Categoria di Suolo C e della Categoria Topografica T1.
- Magnitudo $M = 6,14$.
- Profondità della falda = 0,7 metri dal p.c.

Per la verticale utilizzata per l'analisi sono stati inseriti i valori della resistenza penetrometrica di punta e laterale (Q_c e F_s) con passo 20 centimetri; i risultati dell'elaborazione contengono l'individuazione dei livelli sabbiosi potenzialmente liquefacibili, mediante il criterio di Robertson, ed il valore di FSL (coefficiente di liquefazione) per ciascun livello. Nell'ambito di uno studio di dettaglio come questo il calcolo di FSL di ogni singolo livello (magari di spessore limitato) può costituire un elemento scarsamente significativo non solo a causa dell'entità dello spessore, ma soprattutto a causa della profondità di questo stesso livello.

Per questo vari autori, tra cui Sonmez 2003, hanno proposto di assegnare all'intera verticale di indagine un singolo valore che tenesse conto dello spessore dei livelli liquefacibili, della loro profondità e dell'entità dei valori di **FSL** sull'intera verticale. In sintesi questi valori risultano in qualche modo pesati e sintetizzati in un solo valore per ciascuna prova penetrometrica, che prende il nome di **Potenziale di Liquefazione** o **Rischio di Liquefazione**; in questo modo si ricava con facilità una valutazione analitica della effettiva propensione alla liquefazione del terreno.

Nella tabella che segue è riportata la valutazione del potenziale di liquefazione in rapporto ai valori numerici ricavati dal modello.

LPI	Potenziale di liquefazione
0	Non liquefacibile ($FSL \geq 1.2$)
$0 < LPI \leq 2$	Basso
$2 < LPI \leq 5$	Moderato
$5 < LPI \leq 15$	Alto
$15 < LPI$	Molto alto

I risultati della verifica sulla CPT realizzata sono espressi nella tabella allegata (sintesi di FSL per la liquefazione), mentre di seguito è riportata una tabella riassuntiva dei valori e del rischio di liquefazione, oltre che l'indicazione dei livelli di terreno interessati:

Metodo	1	2	3	4	5	6
	NCEER	Rob	I&B	J&AI	Moss	AGI
$LPI_{10} =$	0.00	0.00	0.12	0.23	0.02	0.00
Rischio di liquefazione:	basso	basso	basso	basso	basso	basso
$z_{min} (m) =$	11.40	9.00	3.20	9.00	6.60	11.40
$z_{max} (m) =$	14.60	14.60	14.60	14.60	14.60	14.60
$SH_L (m) =$	0.80	0.80	2.60	1.60	1.20	2.00

Si osserva che i metodi utilizzati forniscono risultati concordi nell'indicare un **rischio di liquefazione basso** per l'area di intervento, con spessori di terreno compresi tra 0.8 m e 2.6 m.

Pistoia, 17 maggio 2019

Dott. Geol. Gaddo Mannori

Appendice

- **Sintesi di FSL per la liquefazione**

Sintesi di FSL per la liquefazione

z (m)	FSL _(NCEER)	FSL _(Rob)	FSL _(I&B)	FSL _(J&A)	FSL _(Moss)	FSL _(AGI)
0.20	0	0	0	0	0	0
0.40	0	0	0	0	0	0
0.60	999	999	999	999	999	999
0.80	999	2.391726056	999	1.877816312	999	999
1.00	999	9.206982584	999	999	999	999
1.20	999	6.700023764	999	999	999	999
1.40	999	5.439941204	999	999	999	999
1.60	999	5.13060782	999	999	999	999
1.80	999	999	999	999	999	999
2.00	999	11.16800679	999	999	999	999
2.20	999	6.676927188	999	999	999	999
2.40	999	999	999	999	999	999
2.60	999	14.43106994	999	999	999	999
2.80	999	13.58121822	999	999	999	999
3.00	999	999	999	999	999	999
3.20	999	999	1.079389451	999	999	13.12587649
3.40	999	999	1.184459502	999	1.274691341	7.489095996
3.60	999	999	999	999	999	999
3.80	999	999	999	999	999	999
4.00	999	999	1.044783602	999	999	11.43134427
4.20	999	999	999	999	999	999
4.40	999	17.93872813	999	999	999	999
4.60	999	999	999	999	999	8.284782618
4.80	999	999	999	999	999	999
5.00	999	999	999	999	999	999
5.20	999	999	999	999	999	999
5.40	999	999	999	999	999	999
5.60	999	999	999	999	999	999
5.80	999	999	999	999	999	999
6.00	999	11.33945844	999	999	999	999
6.20	999	999	999	999	999	999
6.40	999	999	999	999	999	999
6.60	999	999	0.939184254	999	1.028549183	2.392692884
6.80	999	999	999	999	999	999
7.00	999	999	999	999	999	999
7.20	999	999	999	999	999	999
7.40	999	999	999	999	999	999
7.60	999	11.19399956	999	999	999	999
7.80	999	999	999	999	999	999
8.00	999	10.34834964	999	999	999	999
8.20	999	6.210422822	999	999	999	999
8.40	999	5.281384624	999	999	999	999
8.60	999	2.849169274	999	999	999	999
8.80	999	3.543126037	999	999	999	999
9.00	999	1.096231675	999	0.423811064	999	999
9.20	999	3.038218426	999	999	999	999
9.40	999	2.977330624	999	999	999	999
9.60	999	2.920208423	999	999	999	999
9.80	999	2.863953771	999	999	999	999
10.00	999	3.156846641	999	999	999	999
10.20	999	3.441553587	999	999	999	999
10.40	999	999	999	1.365898166	999	999
10.60	999	6.953563557	999	999	999	999
10.80	999	6.530556173	999	999	999	999
11.00	999	5.476146802	999	999	999	999

11.20	999	5.718944252	999	999	999	999
11.40	0.724261276	0.726836105	0.729149428	0.505346405	0.751564477	0.648810962
11.60	0.594334784	0.597869041	0.738010381	0.464365567	0.801149921	0.489939134
11.80	999	8.000324229	999	999	999	999
12.00	1.305756936	1.317441802	0.797856086	2.106796625	0.92346896	1.101826502
12.20	1.382088159	1.398884602	1.103228372	1.4194621	1.360598277	1.123497689
12.40	1.219087424	1.240169719	1.217576817	1.022959677	1.587340467	1.02142063
12.60	1.627847725	1.651086252	1.016354988	2.373673536	1.286601186	1.290596804
12.80	999	999	999	999	999	999
13.00	1.72694958	1.760928516	1.152557743	2.34794914	1.533279327	1.353310412
13.20	2.515582819	999	0.927340285	999	1.327759121	1.998671145
13.40	1.281319103	1.321527824	1.296122611	1.106382022	1.784305174	1.078405034
13.60	1.341335716	1.394487361	1.363685615	1.239193011	2.171218222	1.1042708
13.80	1.537415995	1.591190463	1.445299599	1.516056669	2.062761188	1.240817578
14.00	1.346366187	1.398387915	1.358291669	1.194827222	1.92597462	1.127704839
14.20	999	10.17947537	999	999	999	999
14.40	0.821245344	1.319400691	0.658282796	0.84481969	0.724563569	0.799537445
14.60	0.925236264	0.965061927	0.853278207	0.752683032	0.978602833	0.865736494
14.80	999	8.417286998	999	999	999	999
15.00	999	8.070129198	999	999	999	999