

**Microzonazione Sismica di**  
**livello 2**

**ai Sensi della D.G.R.1112 del 18/09/2012**

**del Comune di Arrone**

**Dott. Geologo Stefano Bisogno**

**Servizio Geologo e sismico**

30/01/2016 *Stf*

## 1. INTRODUZIONE

Il Servizio Geologico e Sismico della Regione Umbria, nell'ambito degli interventi di prevenzione del Rischio Sismico ha provveduto alla riedizione dello studio di micro zonazione sismica di secondo livello della loc. Arrone Capoluogo in Provincia di Terni.

Infatti nella sopra citata delibera si stabilisce che: "per i comuni di Ferentillo, Polino, Arrone e Montefranco, dove sono state eseguite già indagini di micro zonazione 2 e 3 per i centri urbani, finanziate con alte risorse, il servizio Geologico e Sismico curerà direttamente la Riedizione, secondo gli standard ICMS08, delle indagini di micro zonazione sismica già eseguite".

In particolare l'area dell'abitato di Arrone era stata precedentemente sottoposta ad analisi di micro zonazione sismica in base al programma di prevenzione sismica anno 2002 (art.3 L.R. 18/02 approvato con D.G.R. N.195/2002)

Lo studio in oggetto prevede anche l'analisi per le condizioni limite per l'emergenza (CLE) degli insediamenti urbani, la cui realizzazione è stata curata dal servizio di Protezione Civile.

Lo svolgimento delle attività hanno avuto come criterio ed indirizzo le indicazioni della Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907).

Come previsto dalla D.G.R. 1112, per la redazione degli elaborati sono state osservate le indicazioni contenute negli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" della Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione Civile (Gruppo di lavoro MS, 2008. Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd.); inoltre degli aggiornamenti derivanti da standard di rappresentazione e archiviazione informatica

versione 2.0 (Roma, giugno 2012).

## 2. CLASSIFICAZIONE SISMICA.

Con l'ordinanza P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003, aggiornata al 16/01/2006 con le indicazioni delle regioni, venivano delegati gli enti locali ad effettuare la classificazione sismica di ogni singolo comune, in modo molto dettagliato, al fine di prevenire eventuali situazioni di danni a edifici e persone a seguito di un eventuale terremoto. Inoltre, in base alla zona di classificazione sismica, i nuovi edifici costruiti in un determinato comune, così come quelli già esistenti durante le fasi di ristrutturazioni, devono adeguarsi alle corrispondenti normative vigenti in campo edilizio.

Secondo il provvedimento legislativo del 2003, i comuni italiani sono stati classificati in 4 categorie principali, in base al loro rischio sismico, calcolato in base al PGA (Peak Ground Acceleration, ovvero picco di accelerazione al suolo) e per frequenza ed intensità degli eventi. La classificazione dei comuni è in continuo aggiornamento man mano che vengono effettuati nuovi studi in un determinato territorio, venendo aggiornata per ogni comune dalla regione di appartenenza.

- Zona 1: sismicità alta, PGA oltre 0,25g. Comprende 708 comuni.
- Zona 2: sismicità media, PGA fra 0,15 e 0,25g. Comprende 2.345 comuni (in Toscana alcuni comuni ricadono nella zona 3S che ha lo stesso obbligo di azione sismica della zona 2).
- Zona 3: sismicità bassa, PGA fra 0,05 e 0,15g Comprende 1.560 comuni.
- Zona 4: sismicità molto bassa, PGA inferiore a 0,05g..Comprende 3.488 comuni.

Con la D.G.R. n.1111 del 18/09/2012 è stato effettuato un aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria in base a tale classificazione l'abitato di Arrone risulta essere in zona 1



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

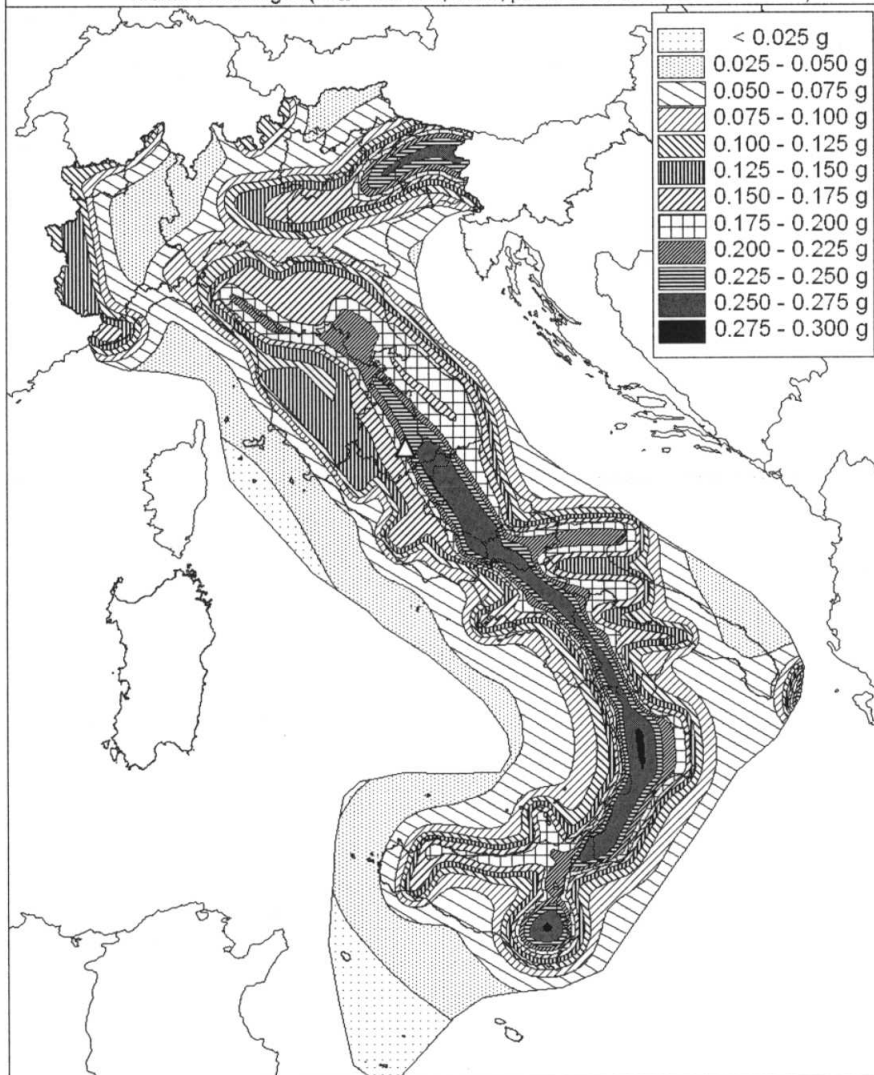
### Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ( $V_{s0} > 800$  m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



Δ Ubicazione di Arrone

D.G.R. n. 1111 del 18/09/2012 aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale

### 3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

La geologia di Ferentillo è il risultato di una storia deformativa complessa articolata in due fasi tettoniche principali:

- fase compressiva (Langhiano- Tortoniano) che ha portato alla formazione di pieghe e di sovrascorrimenti che hanno prodotto un raccorciamento della successione carbonatica; gli stadi terminali di tale deformazione hanno sviluppato dei sistemi di faglia trascorrente tra loro trasversali.
- fase distensiva ( Pliocene inferiore- Pleistocene inferiore) ha generato dei graben e dei bacini intermontani dove lo sviluppo di faglie distensive di neoformazione è stato accompagnato dalla riattivazione di preesistenti strutture trascorrenti.

Nell'Umbria meridionale dove è collocata l'area oggetto di studio si assiste all'interferenza fra dei sistemi di faglie normali a direzione appenninica che delimitano la valle del Naja-Tevere e la conca di Rieti con le strutture transtensive destre ad orientazione N100 che bordano a nord la conca di Terni e di Rieti e con le strutture transtensive sinistre (direzione NS) corrispondenti alla faglia Sabina, alla faglia di Cottanello a quella di Valserra.

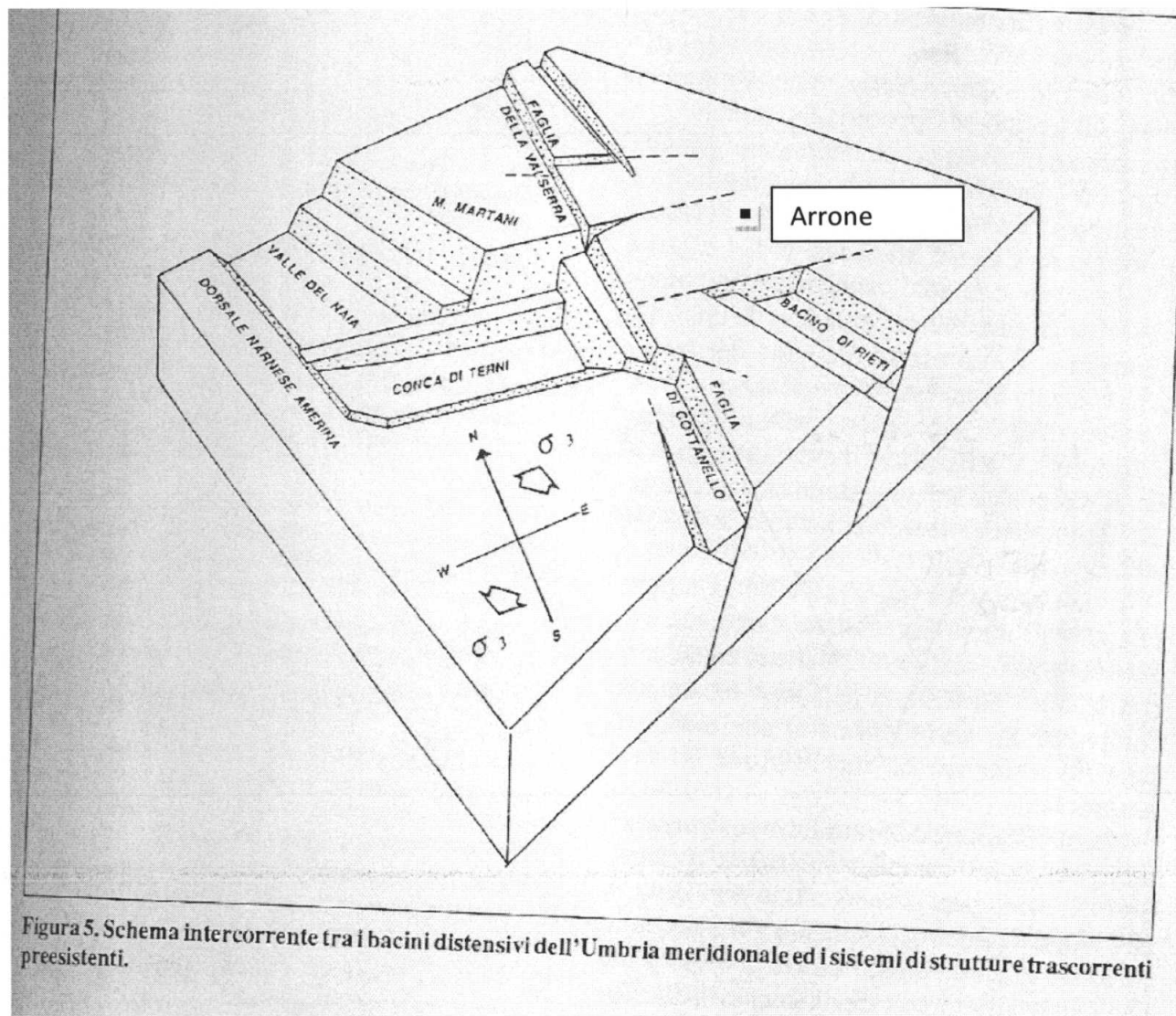


Figura 5. Schema intercorrente tra i bacini distensivi dell'Umbria meridionale ed i sistemi di strutture trascorrenti preesistenti.

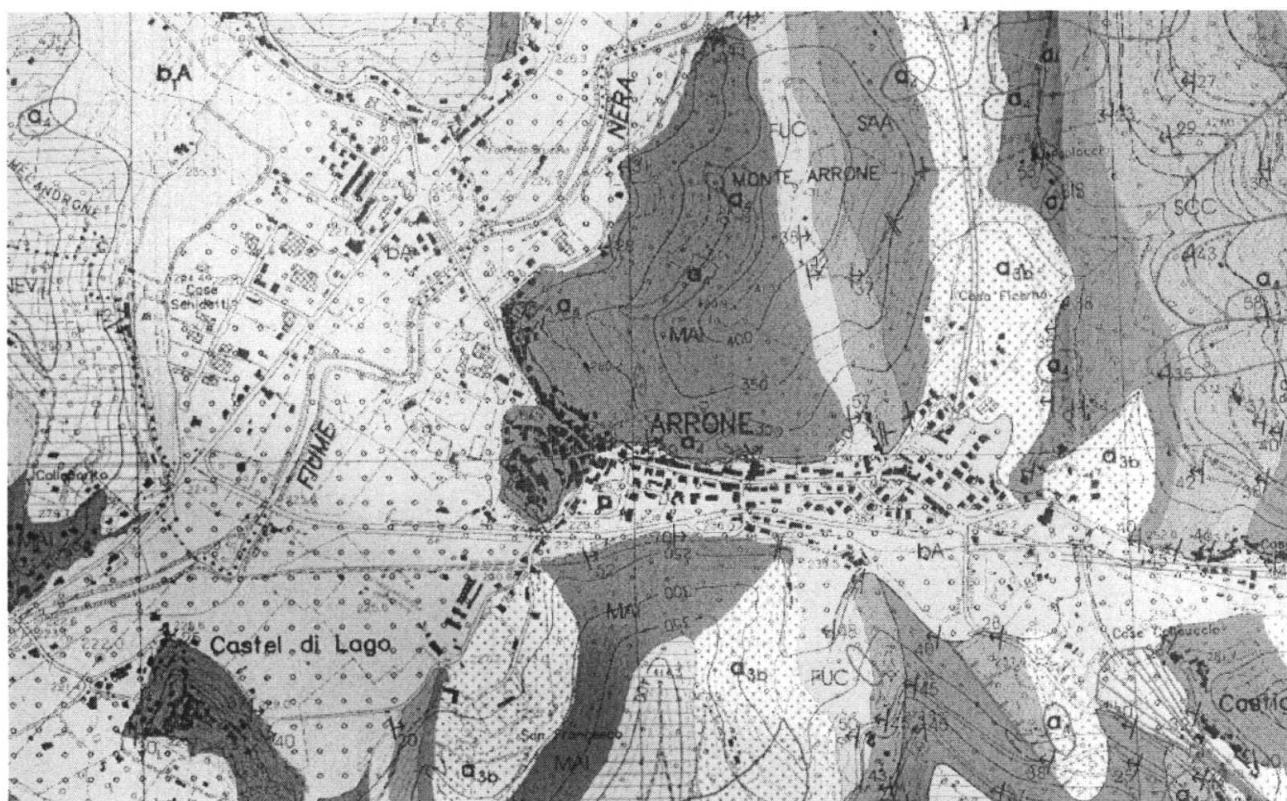
La figura 5 è stata tratta dal volume "Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi-10 La conca Ternana".

Riguardo al centro abitato di Arrone, questo è collocato sul fianco occidentale della sinclinale Palombare-Forca dell'Arrone (il cui asse localmente presenta un andamento

prevalente nord sud) caratterizzata dai terreni giurassico cretacei della successione umbro-marchigiana. T

Il centro abitato di Arrone giace in parte sulla formazione calcarea della Maiolica ed in parte sui depositi alluvionali recenti del fiume Nera (vedi carta geologica sottostante) che localmente taglia in senso prevalentemente trasversale la struttura sinclinalica sopra citata

STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA SCALA 1/10000 SEZIONE ARRONE (reperibile presso gli archivi del servizio geologico e sismico della regione Umbria)



Nello stralcio di carta geologica che caratterizza il centro abitato di Arrone, sono rappresentate le seguenti unità geologiche:

MAIOLICA (MAI): (Turonico p.p. Aptiano p.p.)

Calcarei micritici bianchi o grigi-chiari a frattura concoide, in strati regolari da sottili a medi (20/50 cm), contenenti liste e noduli di selce bruna nera. Il passaggio ai Calcari Diasprigni è abbastanza brusco.

MARNE A FUCOIDI (FUC) (Aptiano p.p. - Albiano p.p.)

Marne e calcari marnosi sottilmente stratificati (10/30 cm) grigi, viola o verdastri, con impronte organiche (Fucoidi Condrites), alternati interstrati pelitici spesso bituminosi. La potenza della formazione non supera i 50 metri. Passaggio graduale alla sottostante

*Maiolica. Ambiente di sedimentazione temporaneamente anossico. Contengono foraminiferi platonici e radiolari.*

SCAGLIA BIANCA (SBI) (Albianop.p-Turoniano p.p)

*Calcarei micritici bianchi, in strati regolari di 10/25 cm con abbondanti liste di selce, che nella parte alta si presenta bruna, grigio scura o nera di spessore di circa 50 metri. Contengono il livello bituminoso Bonarelli che presenta lo spessore massimo di un metro. Passaggio graduale alle marne a fucoidi.*

SCAGLIA ROSSA (SAA) (Turoniano p.p-Eocene medio p.p)

*Calcarei micritici rosati, più raramente biancastri, alternati a interstrati pelitici molto sottili. Liste e noduli di selce rosso-amaranto. Parte cretacea della formazione quasi esclusivamente calcarea e caratterizzata da strati più spessi (10/40 centimetri); la parte paleogenica a strati più sottili e con intercalazioni marnoso-argillose relativamente più spesse, di un colore rosso-mattone più intenso di quello calcareo.*

SCAGLIA VARIEGATA (VAS) (Eocene medio p.p.-Eocene superiore p.p)

*Calcarei marnosi rosati o policromi in strati al massimo di 10 centimetri, a frattura scheggiata, alternati ad orizzonti di marne argillose. Passaggio alla sottostante Scaglia rossa abbastanza graduale: con diminuzione progressiva della componente argillosa, aumento dello spessore medio degli strati e omogeneizzazione del colore dei toni del rosso.*

SCAGLIA CINEREA (SCC) (Eocene superiore p.p – Aquitaniano p.p)

*Marne calcaree sottilmente stratificate, grigio-cenere nella parte basale, verde marcio (quasi ocraceo all'alterazione) nella parte alta, Passaggio graduale per alternanze in uno spazio di 7/8 metri alla scaglia variegata.*

BISCIARO (BIS) (Aquitaniano p.p- Burdigaliano)

*Marne e calcari marnosi ocracei a stratificazione poco evidente con liste e noduli di selce nera. Orizzonti arrossati volcano derivati a vari livelli stratigrafici. Passaggio stratigrafico alla Scaglia Cinerea contrassegnato da straterelli di 15/20 centimetri di marne più scure e molto compatte e a volte da veri e propri orizzonti arenacei fini.*

SUBSISTEMA DI MONTEFRANCO E COLLESCIPOLI (NEV1) (Pleistocene inferiore p.p Pleistocene medio p.p)

*Ghiaie e conglomerati in matrice sabbiosa, conglomerati poco coerenti a clasti calcarei da poco a ben evoluti, localmente con evidenti embricature, osservabili sotto forma di banconi di spessore metrico o in livelli con evidente organizzazione interna ma anche con aspetto caotico. Sono pure presenti livelli di sabbie limose o argille, crostoni induriti ed ossidati e/o tracce di pedogenesi. Aluoghi i clasti mostrano patine nerastre di ossidi.*

DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI (bn) (Pleistocene olocene)

*Depositi alluvionali non in rapporto con la morfologia attuale. A) Con prevalenza di ghiaie e ghiaie sabbiose.*

COPERTURE (a4):

*Coperture derivanti da processi gravitativi di degradazione del versante (prog. IFFI).*

DETRITI DI FALDA (A3b) (Olocene)

*Depositi essenzialmente gravitativi, a granulometria variabile, da ben classificati a fortemente etero metrici. I clasti sono prevalentemente carbonatici, a spigoli vivi o moderatamente arrotondati, in accumuli massivi o grossolanamente stratificati. Depositi non in rapporto con la dinamica attuale ma in conformità morfologica con A.*

**Raccolta delle indagini pregresse**

Nel caso specifico si sono reperiti i risultati di n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo eseguiti dalla ditta Tecnodrill s.a.s che hanno fatto parte di un programma di indagini eseguito dal Comune di Arrone

Sintesi delle analisi stratigrafiche:

**Committente:** Comune di Arone (NO)  
**Condirettore:** Arone (ragazzo scuola elementare)  
**Indagine:** Carotaggio continuo diametro 100 mm

**Sondaggio:** 5 F  
**Quota:** 109,02/104,4  
**Data:** 22.1 metri c.m.  
**Responsabile:**  
**Operatore:**

Profondità (m)	Sezione	Struttura	50° Carotaggio	DT	Profondità (m)	Sezione	Struttura	50° Carotaggio	DT
0					0				
1					1				
2					2				
3					3				
4					4				
5					5				
6					6				
7					7				
8					8				
9					9				
10					10				
11					11				
12					12				
13					13				
14					14				
15					15				
16					16				
17					17				
18					18				
19					19				
20					20				
21					21				
22					22				
23					23				
24					24				
25					25				
26					26				
27					27				
28					28				
29					29				
30					30				
31					31				
32					32				
33					33				
34					34				

Carotaggio 5 Facci: 109,02/104,4  
 Profondità: 22,1 metri c.m.  
 Carotaggio: 109,02/104,4  
 Carotaggio: 109,02/104,4  
 Carotaggio: 109,02/104,4

Sondaggio ..... : 5 2  
Quota..... : 115 metri s.l.m.  
Data..... : 12/02/2004  
Responsabile..... :  
Operatore..... :

[illegible]

Correspondence: Stefano SODDI, Dipartimento di Neurologia, Università di Padova, Via dell'Università 4, 35131 Padova, Italy. E-mail: stefano.soddi@unipd.it

#### 4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Sono stati raccolti i dati delle 2 prove sismiche in foro, dalla Tecnodrill s.a.s di Fioroni e Duranti.

La prima è stata condotta fino alla profondità di 24 m in prossimità della scuola elementare di Arrone, la seconda fino alla profondità di 36 metri in prossimità dell'asilo.

Mediamente con la prima prova sono stati individuati 2 intervalli di velocità sismiche.

La stratigrafia che caratterizza la seconda prova sismica presenta una buona somiglianza con la stratigrafia della prima prova, l'unica differenza sostanziale è che nella seconda prova non viene raggiunto il substrato in quanto nel punto dove è stata realizzata la seconda prova, il substrato, si trova a profondità maggiori.

Sostanzialmente nella prima prova vengono individuati 2 intervalli:

- Il primo che va da 0 a 21 metri di profondità circa che individua terreni con velocità di propagazione delle onde di taglio comprese tra 100 e 200 metri al secondo
- Il secondo intervallo a profondità maggiori di 21 metri individuato da velocità maggiori di 400 metri al secondo.

Il primo intervallo è ragionevolmente associabile alla prima frazione di terreni di riporto e ai terreni limosi che caratterizzano le profondità comprese tra 3 e 21 metri circa

Il conseguente sensibile aumento delle velocità  $V_s$  è invece ragionevolmente imputabile al raggiungimento del substrato costituito dalla maiolica.

Nella seconda prova per la profondità compresa tra 0 e 26 metri si hanno mediamente velocità delle  $v_s$  comprese tra 100 e 300 metri al secondo, tali velocità sono in linea con i depositi limosi che caratterizzano tutta la stratigrafia del sondaggio.

Si riscontra un modesto picco di velocità delle  $v_s$  in superficie dove queste arrivano a superare i 400 metri al secondo, questo è probabilmente imputabile ad una parziale cementazione locale dei limi probabilmente legata alla circolazione dei fluidi intergranulari.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva delle velocità delle onde p ed s in funzione delle profondità con i relativi tempi di arrivo.

DIAGRAMMA DATI TEMPI DI ARRIVO E VELOCITA' SISMICHE IN FUNZIONE DELLA PROFONDITA' DI MISURA

DH1 Vp		
Depth, m	TP1	Vp m/s
0		
-2		
-3		773
-4	3.88	909
-5	4.98	794
-6	6.24	926
-7	7.32	350
-8	10.18	397
-9	12.70	338
-10	15.66	318
-11	18.60	397
-12	21.32	625
-13	22.92	726
-14	24.30	833
-15	25.50	833
-16	26.70	417
-17	29.10	581
-18	30.82	533
-19	32.40	455
-20	34.60	435
-21	36.90	526
-22	38.80	667
-23	40.30	1667
	40.90	

Vp = Velocità Onde P (m/s)

DH1 Vs		
Depth, m	TS1	Vs m/s
0		
-2		110
-3	18.22	136
-4	25.60	154
-5	32.10	103
-6	41.78	87
-7	53.26	95
-8	63.80	106
-9	73.20	111
-10	82.20	104
-11	91.82	173
-12	97.60	152
-13	104.20	135
-14	111.60	133
-15	119.12	176
-16	124.80	142
-17	131.82	152
-18	138.40	147
-19	145.20	185
-20	150.60	221
-21	155.12	439
-22	157.40	625
-22.5	159.00	

Vs = Velocità Onde S (m/s)

DH2 Vp		
Depth, m	TP2	Vp m/s
0		
-2		354
-3	5.50	1351
-4	6.24	1316
-5	7.00	667
-6	8.50	625
-7	10.10	581
-8	11.82	439
-9	14.10	549
-10	15.92	1316
-11	16.66	1282
-12	17.46	1042
-13	18.42	1250
-14	19.22	952
-15	20.26	893
-16	21.38	521
-17	23.30	633
-18	24.88	581
-19	26.60	794
-20	27.86	952
-21	28.90	1020
-22	29.88	1067
-23	30.80	633
-24	32.38	588
-25	34.08	725
-26	35.46	833
-27	36.66	820
	37.88	

DH2 Vs		
Depth, m	TS2	Vs m/s
0		
-2		95
-3	21.08	301
-4	24.40	417
-5	26.80	92
-6	37.64	97
-7	48.00	135
-8	55.40	149
-9	62.10	130
-10	69.78	142
-11	75.80	129
-12	84.54	130
-13	92.24	180
-14	97.80	217
-15	102.40	248
-16	106.44	266
-17	110.20	270
-18	113.90	294
-19	117.30	309
-20	120.54	289
-21	124.00	309
-22	127.24	296
-23	130.60	171
-24	136.44	174
-25	142.20	185
-26	147.60	185
-27	153.00	291
	156.44	

TP1 = Tempi di arrivo onde P sondaggio n. 1  
 TP2 = Tempi di arrivo onde P sondaggio n. 2  
 TS1 = Tempi di arrivo onde S sondaggio n. 1  
 TS2 = Tempi di arrivo onde S sondaggio n. 2

## 5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

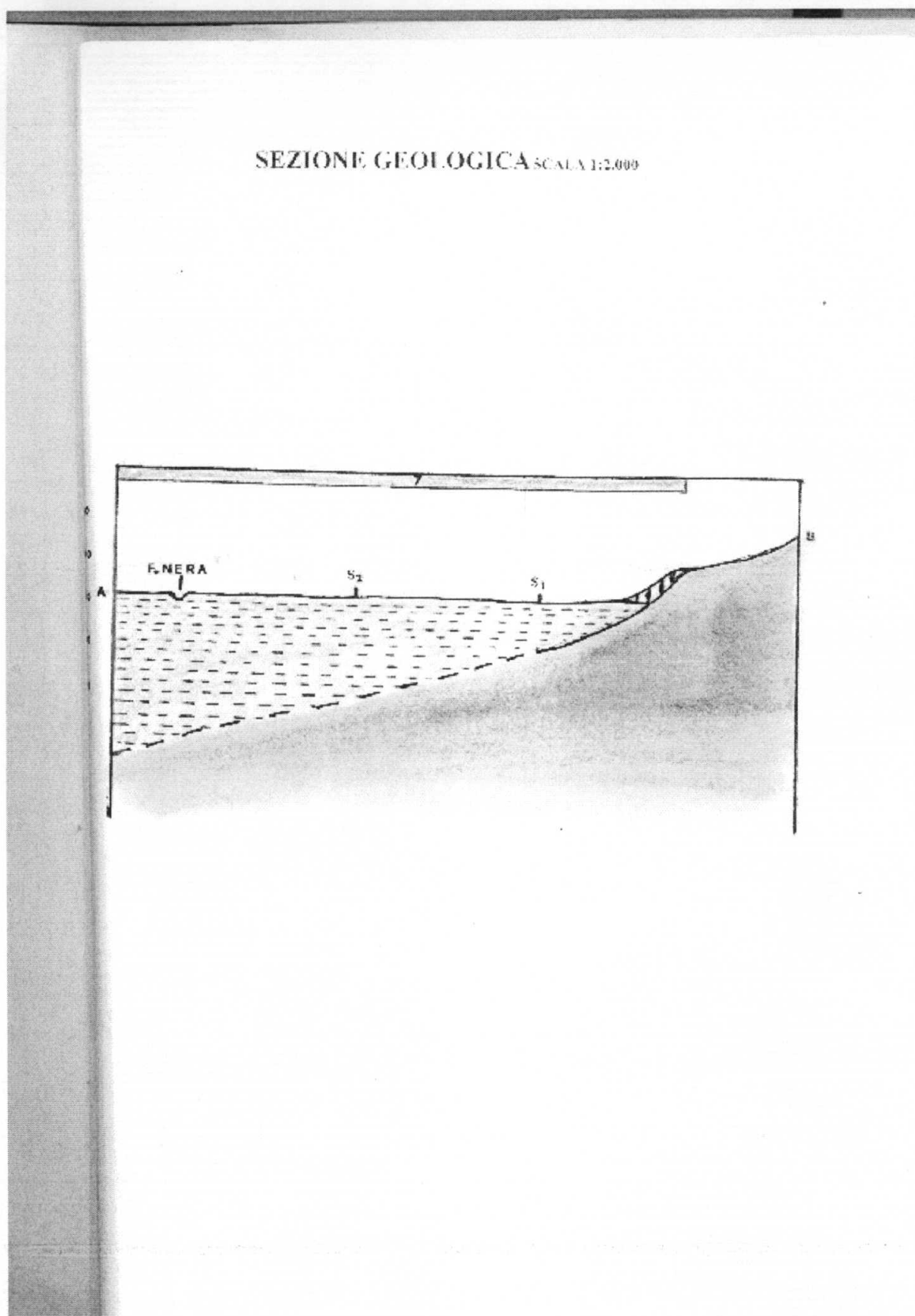
I 2 sondaggi che sono stati realizzati, come già sopra esposto, presentano una buona similitudine, in quanto in entrambi i casi la litologia prevalente è costituita da limi, .

La down hole eseguita in corrispondenza del sondaggio s1 mostra una velocità abbastanza costante compresa orientativamente tra 100 e 200 m/s, fino alla profondità di 20 metri, dove incontra il substrato fratturato.

La down Hole eseguita in corrispondenza del sondaggio s2 mostra 2 inversioni di velocità abbastanza evidenti la prima a 4 metri di profondità, la seconda a 22 metri di profondità e non esiste nessun dato che possa far escludere inversioni di velocità a profondità maggiori.

Da questo ne consegue che ragionevolmente il bed rok sismico possa coincidere col substrato geologico che nel primo sondaggio viene intercettato (substrato alterato) indicativamente alla profondità di 25/30 metri, nel secondo sondaggio viene stimato dalla sezione geologica prodotta nella relazione (Microzonazione sismica finalizzata all'individuazione di edifici strategici posto su aree con elevata pericolosità sismica locale ai sensi del D.G.R.n°1925 del 30/12/2002)(vedi figura di seguito) dell'elaborato presente negli archivi del servizio geologico e sismico.

La profondità stimata del substrato geologico dalla sezione geologica sopra citata è di circa 45 metri.



La caratterizzazione del terreno dal punto di vista sismico in particolare e dinamico in generale ha permesso di conoscere il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  degli strati di terreno presenti nel sito, fino alla profondità di 30 m dal piano campagna, secondo quanto richiesto dalle normative.

Lo scopo è di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E) secondo quanto indicato dalla nuova normativa sismica (OPCM 3274 e s.m.i.) e dagli euro codici 7 e 8.

#### **Tipi di suolo**

**A** - *Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati d'alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.

**B** - *Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti*, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica N SPT > 50, o coesione non drenata cu > 250 kPa).

**C** - *Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza*, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di VS30 compresi tra 180 e 360 m/s (15 < N SPT < 50, 70 < cu < 250 kPa).

**D** - *Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti*, caratterizzati da valori di Vs30 < 180 m/s (N SPT < 15, cu < 70 kPa).

**E** - *Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali*, con valori di VS30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con VS30 > 800 m/s.

VS30 è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata a partire dalla velocità delle onde di taglio con la seguente formula:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

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

**Per il sondaggio 1 spinto fino alla profondità di 22 metri la Vs30 calcolata dai dati della Down Hole eseguita da un valore di 174, mentre per il sondaggio S2 spinto fino alla profondità di 27 metri la Vs30 calcolata risulta pari a 179.96.**

**Dato che i valori di vs non crescono gradualmente con la profondità e dato che i valori di Vs30 ottenuti sono vicini al limite superiore del tipo di suolo D, la categoria sismica di terreno risulta essere di tipo D**

## **6. INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE**

Le indagini pregresse di tipo geognostico e geofisico pur essendo di numero ridotto rispetto all'ampiezza areale presa in considerazione per eseguire lo studio di micro zonazione sismica di 2° livello, hanno rappresentato comunque una tipologia d'indagine puntuale ed estremamente dettagliata; le prove geofisiche Down Hole hanno raggiunto l'obiettivo di misurare direttamente le Vs consentendo di ricavare un modello geofisico che si può ritenere valido per buona parte del centro abitato di Arrone..

Il livello 2 prevede l'impiego di parametri che quantificano le variazioni del moto sismico in superficie determinati con metodi semplificati.

I parametri sono organizzati in abachi applicabili a seconda del modello stratigrafico e geofisico che s'intende utilizzare; mentre le amplificazioni saranno espresse tramite i fattori (Fa) per le ordinate spettrali a basso periodo, (Fv) alto periodo.

Le indagini che sono state utilizzate per la definizione del modello geofisico sono state eseguite nello studio di micro zonazione sismica finalizzato all'individuazione di edifici strategici posti su aree con elevata pericolosità sismica locale, presente presso gli archivi del servizio geologico e sismico

In tale studio è stata prodotta anche una carta della micro zonazione sismica che è stata utilizzata come riferimento sia nella realizzazione della Mops sia nella realizzazione della carta delle microzone omogenee.

## **7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI**

Il livello 2 di studio di microzonazione sismica prevede la possibilità di impiegare degli abachi di riferimento per conoscere l'amplificazione sismica di un sito espressa dai fattori di amplificazione  $F_a$  ed  $F_v$ .

Detti abachi sono la sintesi di analisi numeriche mono dimensionali di propagazione delle onde sismiche di taglio di tipo non lineare equivalente condotte su un modello di sottosuolo costituito da terreni stratificati orizzontalmente.

Per la zona di Arrone viene assunto un profilo di velocità costante (dato che le indagini non hanno evidenziato un progressivo aumento delle velocità con la profondità) ed una litologia argillosa per l'area avente come riferimento la Down1 e la Down2.

Vengono inoltre considerati gli abachi con un valore di  $a_g(g)$  di 0.18 in linea col valore dell'accelerazione sismica dell'area di Arrone.

Le profondità del basamento sismico è stata raggiunta nella down hole 1 ed è stata stimata dalla sezione geologica (del lavoro di micro zonazione sismica già effettuato per il comune di Arrone)

Dagli abachi si sono determinati i seguenti valori di  $F_a$  ed  $F_v$ :

<b><i>Down Hole</i></b>	<b><i>FA</i></b>	<b><i>FV</i></b>
<b><i>Down Hole 1</i></b>	<b><i>1.40</i></b>	<b><i>2.77</i></b>
<b><i>Down Hole 2</i></b>	<b><i>1.33</i></b>	<b><i>2.33</i></b>

grado di amplificazione		Tipo di terreno		$a_g$ (g)		Profilo di velocità					
		$N_0$		kg		Costante					
		$V_0$ (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.7	1.85	1.55	1.35	1.25	1.15	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00
10	2.7	2.15	1.85	1.65	1.55	1.45	1.35	1.25	1.15	1.05	1.00
15		2.45	2.15	1.95	1.85	1.75	1.65	1.55	1.45	1.35	1.25
20	1.40	2.75	2.45	2.25	2.15	2.05	1.95	1.85	1.75	1.65	1.55
25		3.05	2.75	2.55	2.45	2.35	2.25	2.15	2.05	1.95	1.85
30		3.35	3.05	2.85	2.75	2.65	2.55	2.45	2.35	2.25	2.15
35		3.65	3.35	3.15	3.05	2.95	2.85	2.75	2.65	2.55	2.45
40		3.95	3.65	3.45	3.35	3.25	3.15	3.05	2.95	2.85	2.75
50		4.55	4.25	4.05	3.95	3.85	3.75	3.65	3.55	3.45	3.35
60		5.15	4.85	4.65	4.55	4.45	4.35	4.25	4.15	4.05	3.95
70		5.75	5.45	5.25	5.15	5.05	4.95	4.85	4.75	4.65	4.55
80		6.35	6.05	5.85	5.75	5.65	5.55	5.45	5.35	5.25	5.15
90		6.95	6.65	6.45	6.35	6.25	6.15	6.05	5.95	5.85	5.75
100		7.55	7.25	7.05	6.95	6.85	6.75	6.65	6.55	6.45	6.35
110		8.15	7.85	7.65	7.55	7.45	7.35	7.25	7.15	7.05	6.95
120		8.75	8.45	8.25	8.15	8.05	7.95	7.85	7.75	7.65	7.55
130		9.35	9.05	8.85	8.75	8.65	8.55	8.45	8.35	8.25	8.15
140		9.95	9.65	9.45	9.35	9.25	9.15	9.05	8.95	8.85	8.75
150		10.55	10.25	10.05	9.95	9.85	9.75	9.65	9.55	9.45	9.35

Fattore di amplificazione	Tipo di terreno N <sub>0</sub> U <sub>0</sub>	a <sub>g</sub> (g) U <sub>0</sub>		Profilo di velocità Costante							
		V <sub>0</sub> (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.7	1.15	1.11	1.07	1.03	0.99	0.95	0.91	0.87	0.83	0.80
10	2.7	1.35	1.31	1.27	1.23	1.19	1.15	1.11	1.07	1.03	1.00
15	2.7	1.55	1.51	1.47	1.43	1.39	1.35	1.31	1.27	1.23	1.20
20	2.77	1.75	1.71	1.67	1.63	1.59	1.55	1.51	1.47	1.43	1.40
25	2.77	1.95	1.91	1.87	1.83	1.79	1.75	1.71	1.67	1.63	1.60
30	-	2.15	2.11	2.07	2.03	1.99	1.95	1.91	1.87	1.83	1.80
35	-	2.35	2.31	2.27	2.23	2.19	2.15	2.11	2.07	2.03	2.00
40	-	2.55	2.51	2.47	2.43	2.39	2.35	2.31	2.27	2.23	2.20
50	-	2.95	2.91	2.87	2.83	2.79	2.75	2.71	2.67	2.63	2.60
60	-	3.35	3.31	3.27	3.23	3.19	3.15	3.11	3.07	3.03	3.00
70	-	3.75	3.71	3.67	3.63	3.59	3.55	3.51	3.47	3.43	3.40
80	-	4.15	4.11	4.07	4.03	3.99	3.95	3.91	3.87	3.83	3.80
90	-	4.55	4.51	4.47	4.43	4.39	4.35	4.31	4.27	4.23	4.20
100	-	4.95	4.91	4.87	4.83	4.79	4.75	4.71	4.67	4.63	4.60
110	-	5.35	5.31	5.27	5.23	5.19	5.15	5.11	5.07	5.03	5.00
120	-	5.75	5.71	5.67	5.63	5.59	5.55	5.51	5.47	5.43	5.40
130	-	6.15	6.11	6.07	6.03	5.99	5.95	5.91	5.87	5.83	5.80
140	-	6.55	6.51	6.47	6.43	6.39	6.35	6.31	6.27	6.23	6.20
150	-	6.95	6.91	6.87	6.83	6.79	6.75	6.71	6.67	6.63	6.60

Fattore di amplificazione	Tipo di terreno		$a_g$ (g)		Profilo di velocità		Costante			
	$\beta$		$\beta$		$\beta$		$\beta$		$\beta$	
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.4	1.8	1.5	1.2	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4
10	2.2	1.6	1.3	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
15	2.0	1.4	1.1	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1
20	1.8	1.2	0.9	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1
25	1.6	1.0	0.7	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
30	1.4	0.8	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
35	1.2	0.7	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
40	1.0	0.6	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
50	0.8	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
60	0.6	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
70	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
80	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
90	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
100	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
110	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
120	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
130	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
140	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
150	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

1.33

Fattore di amplificazione	Tipo di terreno		$a_g$ (g)		Profilo di velocità		Costante			
	$\beta$		$\beta$		$\beta$		$\beta$		$\beta$	
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.4	1.8	1.5	1.2	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4
10	2.2	1.6	1.3	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
15	2.0	1.4	1.1	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1
20	1.8	1.2	0.9	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1
25	1.6	1.0	0.7	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
30	1.4	0.8	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
35	1.2	0.7	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
40	1.0	0.6	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
50	0.8	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
60	0.6	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
70	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
80	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
90	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
100	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
110	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
120	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
130	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
140	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
150	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

2.33