

S.S. 38 - LOTTO 4: VARIANTE DI TIRANO DALLO SVINCOLO DI STAZZONA (COMPRESO) ALLO SVINCOLO DI LOVERO (CON COLLEGAMENTO ALLA DOGANA DI POSCHIAVO)

**S.S. 38 - LOTTO 4: NODO DI TIRANO -
TRATTA "A" (SVINCOLO DI BIANZONE - SVINCOLO LA GANDA)
E TRATTA "B" (SVINCOLO LA GANDA - CAMPONE IN TIRANO),
AI SENSI DEL PROTOCOLLO D'INTESA DEL 05/11/2007**

PROGETTO ESECUTIVO

 STUDIO CORONA Ing. Renato Vaira (Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4663 W)	 Ing. Valerio Bajetti Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211	ING. RENATO DEL PRETE Ing. Renato Del Prete Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073	 Arch. Nicoletta Frattini Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433	 Ing. Gabriele Incecchi Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102
	 Società designata: GA&M Prof. Ing. Matteo Ranieri Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137	SETAC Srl Servizi & Engineering Trasporti Ambiente Costruzioni Prof. Ing. Luigi Monterisi Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771	ARKE' INGEGNERIA s.r.l. Via Immacolata Casa Trovatore n. 2 - 70124 Bari Ing. Gioacchino Angarano Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970	DOTT. GEOL. DANILO GALLO Dott. Geol. Danilo Gallo Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588

VISTO: IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO

RESPONSABILE
DELL'INTEGRAZIONE DELLE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

GEOLOGO

IL COORDINATORE DELLA
SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Giancarlo LUONGO

Ing. Valerio BAJETTI

Dott. Geol. Francesco AMANTIA SCUDERIP

Ing. Gaetano RANIERI

BB 01

GEOLOGIA, GEOTECNICA E SISMICA

BB - SISMICA

Relazione Sismica

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

M | **3** | **2** | **4** **E** **1** | **8** | **0** | **1**

NOME FILE

BA02-P00GE00GEORE02_A.dwg

REVISIONE

SCALA:

CODICE ELAB. **P** | **0** | **0** | **G** | **E** | **0** | **0** | **G** | **E** | **N** | **R** | **E** | **0** | **1**

B

C

B

A

REV.

REVISIONE PER ISTRUTTORIA ANAS

EMISSIONE

DESCRIZIONE

FEBBRAIO 2020

FEBBRAIO 2019

DATA

DOTT. F.
AMANTIA

DOTT. F.
AMANTIA

REDATTO

PROF. ING.
VITTORIO RANIERI

PROF. ING.
VITTORIO RANIERI

VERIFICATO

ING. VALERIO
BAJETTI

ING. VALERIO
BAJETTI

APPROVATO

**“S.S. 38 – LOTTO 4: NODO DI TIRANO
TRATTA “A” (SVINCOLO DI BIANZONE – SVINCOLO LA GANDA)
E TRATTA “B” (SVINCOLO LA GANDA – CAMPONE IN TIRANO)**

RELAZIONE SISMICA

INDICE

1. STORIA SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI TIRANO	3
2. SISMICITA'	15
3. PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	23
3.1. Normativa Nazionale.....	23
3.2. Normativa Regione Lombardia	32
4. MICROZONAZIONE SISMICA.....	36
4.1. Carte della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica	38
4.1.1. Pericolosità sismica locale.....	39
4.1.2. Microzonazione sismica	41
4.1.3. Definizione delle categorie del sottosuolo.....	44
5. CARTE TEMATICHE	47

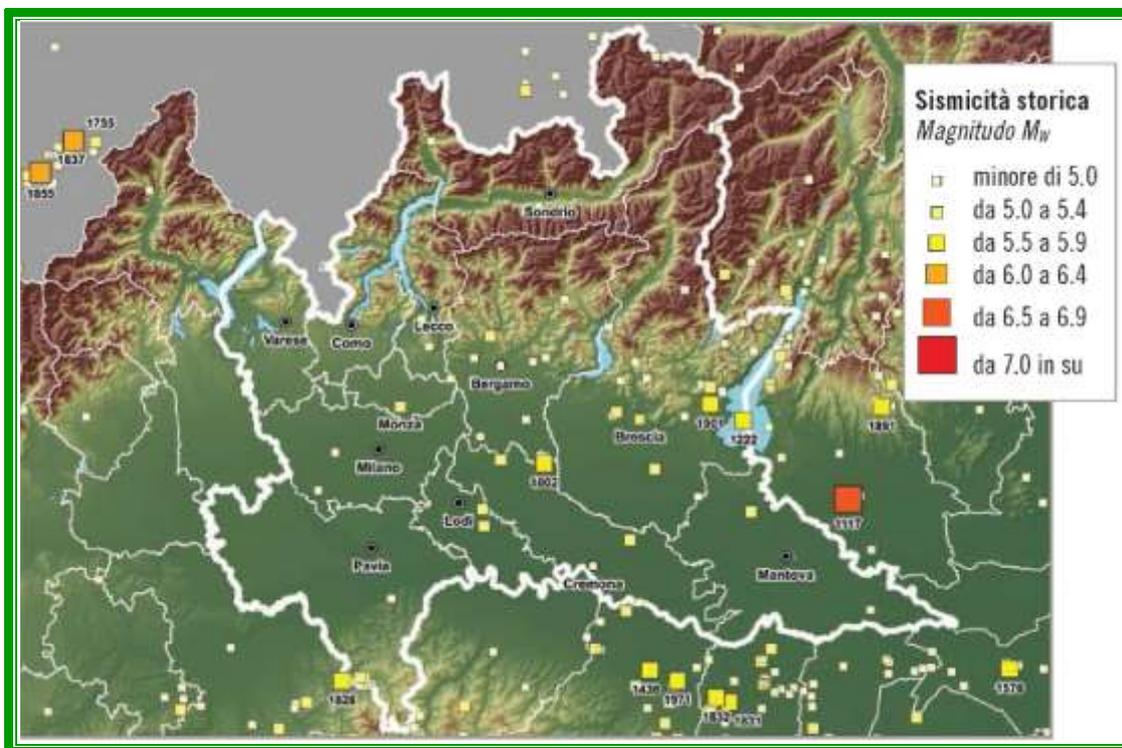
1. STORIA SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI TIRANO

La configurazione geologica della Regione Lombardia è meno complessa che in molte altre regioni italiane, cosicché in generale il livello di pericolosità sismica è *basso o molto basso*, eccetto l'area del Lago di Garda che ha una storia sismica segnata da eventi più significativi.

Uno dei segni indicatori della sismicità di un'area è anche lo stato di conservazione del patrimonio edilizio, che nel caso della Lombardia nel suo insieme può essere considerato da buono a ottimo (con esclusione di edifici storici); uno dei terremoti più forti è quello di e il Salò del 24/11/2004 (grado Mercalli di 7/8), che ha causato danni ingenti, tuttavia non paragonabili ai danni provocati da terremoti in altre zone della penisola, come in Umbria, Marche e Molise.

Nella Figura 1.1 sono riportati tutti i terremoti di cui si ha una testimonianza storica in Lombardia a partire dall'anno 476 aC.

Figura 1.1 – Principali terremoti in Lombardia



La sismicità maggiore sembra concentrarsi nella fascia prealpina orientale, dove i cataloghi dei terremoti collocano tra l'altro i sismi del 1117 e del 1222. Un discreto livello di sismicità è presente nelle zone dell'Oltrepò, mentre una modesta attività è presente in Alta Valtellina e nel Mantovano. Gli epicentri dei terremoti storici per il settore Lombardo sono prevalentemente concentrati in una fascia allungata in direzione E-W lungo il margine pedemontano, in corrispondenza dell'asse Bergamo-Brescia-Lago di Garda. Gli eventi storici più importanti sono il terremoto del 1222 con area epicentrale nel bresciano e magnitudo (MS) stimata pari a 5.9, il terremoto di Salò del 1901 (MS=5.5), il terremoti localizzati nel bergamasco (1661,

MS=5.2) e a Soncino (1802, MS=5.5). La parte più meridionale della regione risente della sismicità di origine appenninica, comprensiva dell'area dell'Oltrepo pavese, definita come una zona di transfer [Scandone et al., 1992], contiene eventi storici con magnitudo massima stimata pari a MS=5.5 (Terremoto della Valle Scrivia, 1541).

La storia sismica del territorio del comune di Tirano è condensata Database Macrosismico Italiano dei terremoti [DBMI15 dell'INGV – (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)], di cui in Tabella 1.1 si riporta solo l'elenco relativo ad un territorio esteso anche alla parte meridionale della Svizzera, dall'anno 1295 al 1991.

Tabella 1.1 – Database macrosismico italiano – Territorio in esame

N	Year	Mo	Da	EpicentralArea	LatDef	LonDef	IoDef	Imax	LatM	LonM
61	1295	09	03	Grigioni, Churwalden	46,780	9,540	8	HD		
232	1498	04		Berna						
233	1498	09	03	Berna						
272	1512	02	08	Valchiavenna	46,322	9,402	6	6	46,322	9,402
395	1599	11	02	Grigioni						
572	1695	09	11	Grigioni, Region Praettigau	46,880	9,670	6			
674	1729	01	13	Berna, Frutigen	46,630	7,630	6			
996	1805	11	30	Grigioni, Albula	46,570	9,780	4			
1019	1811	06	06	Grigioni, Chur	46,867	9,533	5			
1075	1827	11	21	Berna, Wengen	46,583	7,900	5-6			
1131	1835	04	18	Berna, Interlaken	46,683	7,833	5			
1146	1837	01	24	Berna, Birgisch	46,320	7,970	7			
1213	1851	02	05	Valtellina	46,157	9,768	5	5-6	46,157	9,768
1219	1851	08	24	Berna, Grone	46,250	7,450	6			
1408	1878	04	14	Grigioni, Val Lischana-Scuol	46,780	10,320	5			
1502	1885	04	13	Berna, Zweisimmen	46,570	7,380	7			
1580	1891	12	22	Valtellina	46,139	9,829	5-6	5-6	46,139	9,829
1714	1897	09	18	Grigioni, Chur	46,870	9,530	5			
1731	1898	05	06	Berna, Kandersteg	46,600	7,680	6			
1889	1905	12	25	Grigioni, Domat-Ems	46,810	9,480	6			
1890	1905	12	26	Grigioni, Tamins	46,880	9,430	6			
2238	1919	09	16	Alta Valtellina	46,450	9,933	4-5	5		
2557	1940	01	07	Grigioni, Lenzerheide	46,700	9,600	5			
2884	1964	05	28	Grigioni, Trun	46,683	9,033	5			
3672	1991	11	20	Grigioni, Vaz	46,731	9,527	6	6		

Nelle Tabelle 1.2 ed 1.3 sono invece riportate le osservazioni sismiche disponibili ricavate dal database DOM4.1 del GNDT (Gruppo Nazionale per La Difesa dei Terremoti) per i comuni di Sondrio e di Tirano.

Nelle Figure 1.2 ed 1.3 sono riportati i diagramma disponibili della storia sismica dei suddetti due comuni, sempre ricavati dal database DOM4.1.

Tabella 1.2 – Osservazioni sismiche per il Comune di Sondrio

Osservazioni sismiche (15) disponibili per
 SONDRIO (SO) [46.171, 9.872]

Data					Effetti	in occasione del terremoto di:		
Ye	Mo	Da	Ho	Mi	Is (MCS)	Area epicentrale	Ix	Ms
1891	12	22			55	SONDRIO	55	42
1901	10	30	14	49	50	SALO`	80	55
1914	10	27	09	22	50	GARFAGNANA	70	58
1927	08	13	00	57	50	ALTA ENGADINA	50	43
1891	06	07			45	VERONESE	80	55
1882	02	27	06	30	40	ROVETTA	65	47
1972	10	25	21	56	35	PASSO CISA	50	47
1785	11	18			F	BASSA ENGADINA	65	47
1918	04	24	14	21	F	LECCHESE	60	47
1887	02	23			30	LIGURIA OCC.	100	64
1892	01	05			30	GARDA OCC.	75	47
1894	11	27			30	FRANCIACORTA	65	47
1909	01	13	00	45	30	BASSA PADANA	65	54
1917	12	09	21	40	30	ALTA ENGADINA	70	47
1920	09	07	05	55	20	GARFAGNANA	100	65

Tabella 1.3 – Osservazioni sismiche per il Comune di Tirano

Osservazioni sismiche (8) disponibili per
 TIRANO (SO) [46.215, 10.169]

Data					Effetti	in occasione del terremoto di:		
Ye	Mo	Da	Ho	Mi	Is (MCS)	Area epicentrale	Ix	Ms
1914	10	27	09	22	50	GARFAGNANA	70	58
1927	08	13	00	57	50	ALTA ENGADINA	50	43
1917	12	09	21	40	45	ALTA ENGADINA	70	47
1882	02	27	06	30	40	ROVETTA	65	47
1891	06	07			40	VERONESE	80	55
1895	06	10	01	47	30	VALDOBBIADENE	65	47
1920	09	07	05	55	20	GARFAGNANA	100	65
1976	12	13	05	24	20	RIVA DEL GARDA	70	41

Figura 1.2 – Diagramma della storia sismica del Comune di Sondrio

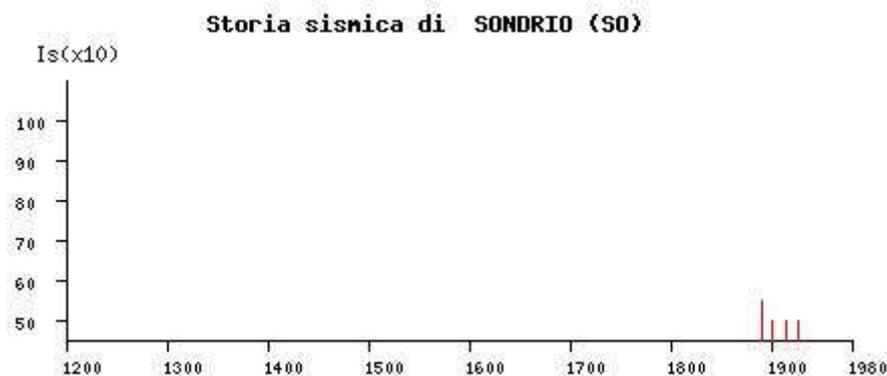
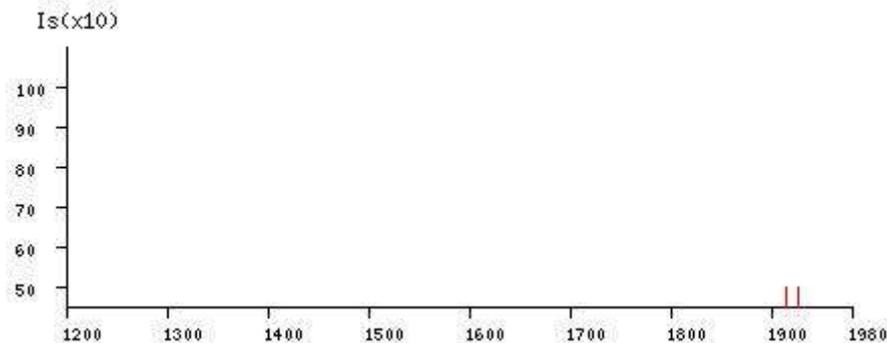


Figura 1.3 – Diagramma della storia sismica del Comune di Tirano

Storia sismica di TIRANO (SO)



Di particolare rilievo sono i dati pubblicati dal Centro Geofisico Prealpino (Associato all'Istituto Nazionale di Geofisica) inerenti agli eventi sismici registrati nella zona di Bormio (Sondrio) Alta Valtellina, per il periodo dicembre 1999 - gennaio 2000, esposti nella seguente Tabella 1.4.

Tabella 1.4 – Zona di Bormio - Elenco dei terremoti dicembre 1999 – Gennaio 2000

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)				
n. progres. scossa	Giorno	ora	LATIT. N	LONG. E	Prof. in Km	Rif. in carta	Magnitudo tipo	Valore	Intensità Mercalli	ENTE di riferimento	AREA EPICENTRALE	OSSERVAZIONI
1	29-dic	21-42'	46° 30'	10° 24'	5	1	ML	4.9	VII	SED	Bormio, Cresta di Reit	Avvertita sensibilmente dal Piemonte al Trentino, in Svizzera fino a Bellinzona - BOATO a Bormio e S.Caterina Valfurva
1(*)	29-dic	21 42'	46° 42'	10° 12'			MD	4.3	VI	ING	25 Km nord di Bormio	
2	30-dic	04 21'	46° 30'	10° 12'	10	2	ML	2.2	II	SED	La Vallaccia, P.sso Foscagno	Avvertita da qualche persona a Bormio
3	30-dic	07 59'	46° 36'	10° 18'	10	3	ML	1.6	STRUM.	SED	Val Müstair - S.Maria (CH)	non avvertita
4	30-dic	11 02'	46° 36'	10° 18'	10	3	ML	1.6	STRUM.	SED	Val Müstair - S.Maria (CH)	non avvertita
5	30-dic	18 06'	46° 30'	10° 18'	10	4	ML	1.7	STRUM.	SED	Isolaccia, Semogo, Premadio	non avvertita
6	30-dic	18 50'	46° 36'	10° 12'	4	7	ML	1.7	STRUM.	SED	P.dell'Acqua-P.Quattervals (CH-I)	non avvertita
7	30-dic	21 50'	46° 30'	10° 18'	11	4	ML	1.6	STRUM.	SED	Isolaccia, Semogo, Premadio	non avvertita
8	31-dic	03 41'	46° 30'	10° 18'	6	4	ML	0.9	STRUM.	SED	Isolaccia, Semogo, Premadio	non avvertita
9	31-dic	05 55'	46° 30'	10° 30'	10	6	ML	4.2	VI	SED	Massiccio dell'Ortles-confini Lombardia-Trentino	Avvertita sensibilmente da molte persone in zona Bormio
10	31-dic	06 23'	46° 30'	10° 18'	5	4	ML	1.3	STRUM.	SED	Isolaccia, Semogo, Premadio	non avvertita
11	31-dic	07 10'	46° 30'	10° 18'	11	4	ML	1.3	STRUM.	SED	Isolaccia, Semogo, Premadio	non avvertita
12	31-dic	09 06'	46° 30'	10° 18'	7	4	ML	1.7	STRUM.	SED	Isolaccia, Semogo,	non avvertita

											Premadio	
13	31-dic	09 16'	46° 36'	10° 18'	11	3	ML	1.4	STRUM.	SED	Val Müstair - S.Maria (CH)	non avvertita
14	31-dic	10 55'	46° 30'	10° 18'	5	4	ML	0.7	STRUM.	SED	Isolaccia, Semogo, Premadio	non avvertita
15	31-dic	10 56'	46° 30'	10° 18'	11	4	ML	0.7	STRUM.	SED	Isolaccia, Semogo, Premadio	non avvertita
16	31-dic	11 19'	46° 30'	10° 18'	9	4	ML	1.3	STRUM.	SED	Isolaccia, Semogo, Premadio	non avvertita
17	31-dic	16 01'	46° 36'	10° 12'	10	7	ML	2.3	II	SED	P.dell'Acqua- P.Quattervals(CH-I)	non avvertita
18	01- gen	03 02'	46° 36'	10° 18'	10	3	ML	0.9	STRUM.	SED	Val Müstair - S.Maria (CH)	non avvertita
19	01- gen	05 02'	46° 30'	10° 18'	7	4	ML	1.2	STRUM.	SED	Isolaccia, Semogo, Premadio	non avvertita
20	01- gen	19 24'	46° 36'	10° 30'	5	5	ML	1.7	STRUM.	SED	Piz Chavalatsch - S.Maria (CH-I)	non avvertita
21	01- gen	22 31'	46° 36'	10° 18'	9	3	ML	1.1	STRUM.	SED	Val Müstair - S.Maria (CH)	non avvertita
22	02- gen	13 26'	46° 30'	10° 30'	12	6	ML	1.8	STRUM.	SED	Massiccio dell'Ortles- confine Lombardia- Trentino	non avvertita
23	03- gen	05 39'	46° 30'	10° 24'	10	1	ML	2.2	II	SED	Bormio, Cresta di Reit	non avvertita
24	04- gen	06 13'	46° 30'	10° 30'	14	6	ML	2.3	II	SED	Massiccio dell'Ortles- confine Lombardia- Trentino	non avvertita
25	04- gen	13 58'	46° 30'	10° 18'	3	4	ML	1.8	STRUM.	SED	Isolaccia, Semogo, Premadio	non avvertita
26	05- gen	12 44'	46° 36'	10° 18'	4	3	ML	1.4	STRUM.	SED	Val Müstair - S.Maria (CH)	non avvertita
27	08- gen	17 38'	46° 30'	10° 12'	5	2	ML	2.4	II	SED	La Vallaccia, P.sso Foscagno	non avvertita
28	08- gen	21 59'	46° 36'	10° 12'	5	7	ML	1.9	STRUM.	SED	P.dell'Acqua- P.Quattervals(CH-I)	non avvertita
29	09- gen	13 20'	46° 36'	10° 12'	5	7	ML	2.3	II	SED	P.dell'Acqua- P.Quattervals(CH-I)	non avvertita
30	11- gen	21 33'	46° 30'	10° 18'	3	4	ML	2.2	II	SED	Isolaccia, Semogo, Premadio	Avvertita da alcune persone in Bormio. Segnalazioni anche da Valdidentro e Semogo
31	12- gen	22 40'	46° 36'	10° 00'	5	8	ML	1.6	STRUM.	SED	P.Quattervals, Valle Inn(CH)	non avvertita
32	16- gen	14 03'	46° 36'	10° 18'	8	3	ML	2.3	II	SED	Val Müstair - S.Maria (CH)	non avvertita
33	16- gen	15 13'	46° 36'	10° 18'	10	3	ML	1.5	STRUM.	SED	Val Müstair - S.Maria (CH)	non avvertita
34	16- gen	17 01'	46° 36'	10° 18'	13	3	ML	1.7	STRUM.	SED	Val Müstair - S.Maria (CH)	non avvertita
35	16- gen	21 07'	46° 36'	10° 18'	11	3	ML	1.4	STRUM.	SED	Val Müstair - S.Maria (CH)	non avvertita

L'area Alpina della Valtellina è una zona considerata a bassissimo rischio sismico; infatti, negli archivi storici, si possono contare rari eventi tellurici moderati, comunque tutti con una magnitudo inferiore a 4.9 della Scala Richter.

Le Alpi costituiscono la catena montuosa più importante dell'Europa situate nell'Europa centrale a cavallo dei confini di Italia, Francia, Svizzera, Liechtenstein, Germania, Austria, Slovenia

e Ungheria. Essendo quindi così estese e comprendendo vari Paesi diventa impossibile generalizzare. Proprio per questo la catena è frazionata, sia in Italia che all'estero, in tanti sottogruppi, i quali racchiudono le vette più alte del continente centrale europeo.

SISMICITÀ DELLE ALPI SUD OCCIDENTALI

Normalmente per la storia sismica delle Alpi Sud Occidentali si conviene che siano esposte ad un rischio maggiore rispetto all'area della Valtellina, compresa nelle Alpi Centrali. Infatti, sul confine fra Liguria, Piemonte e la regione francese della Provenza, molte sono le testimonianze storiche di eventi anche intensi, causa, nel corso dei secoli, di gravi crolli e anche, purtroppo, di diverse vittime.

SISMICITÀ DELLE ALPI NORD OCCIDENTALI

E' ancora più interessante, percorrendo la catena da ovest verso est, la storia sismica delle Alpi Nord Occidentali.

Secondo la classificazione del nostro territorio, il versante italiano di questa porzione delle Alpi è da considerarsi a basso rischio sismico. Poco più a nord, invece, si hanno testimonianze di terremoti anche intensi, con epicentro a pochissimi chilometri dal confine con la Valle D'Aosta.

L'area del Vallese, infatti, situata nella zona sud-occidentale del territorio Svizzero, è da considerarsi soggetta ad eventi sismici molto intensi, capaci di produrre danni considerevoli anche ai comuni italiani più prossimi al confine.

Eventi più significativi

Il 9 Dicembre 1755 si verificò una violenta scossa di magnitudo 5.9 a Brig, Svizzera, solo 33 chilometri a NE di Domodossola, in Lombardia. Il terremoto provocò ingenti danni non solo a Brig, ma anche a Visp e Naters. In territorio italiano la scossa causò alcuni danni a Milano: vi furono leggere lesioni nei muri e la caduta di comignoli in alcuni edifici; nel collegio di Brera si aprirono delle fenditure in un'aula; nelle abitazioni si rovesciarono mobili e caddero oggetti. La scossa fu avvertita molto fortemente anche a Novara e a Varese. Non si hanno notizie di vittime.

Il 25 Luglio 1855 un'altra forte scossa di magnitudo 5.8 si abbatté sulla Valle di Visp, causando ingenti danni ad edifici pubblici (specialmente alle chiese più vicine all'epicentro) e privati. Provocò il distacco di una grossa frana vicino a Sankt Niklaus. Provocò alcuni danni gravi anche nelle zone alpine della Val d'Ossola e della Val d'Aosta. Un uomo, proprio in Valle d'Aosta, precipitò da una roccia e perse la vita.

Il 29 Aprile 1905 un terremoto di magnitudo 5.7 colpisce il confine fra Svizzera, Francia e Valle d'Aosta, a soli 25 chilometri a nord-est di Courmayeur. Martigny fu il paese svizzero più colpito, dove si verificarono gravi crolli e lesioni. Solo lievi danni e piccole crepe nelle zone italiane che hanno risentito della potenza delle onde sismiche.

Il 25 Gennaio 1946, nell'immediato dopoguerra, vi fu una violenta scossa di magnitudo 6.1 con epicentro fra Sion e Leuk, che interruppe il traffico ferroviario e provocò il panico generale nella Valle del Rodano. Vi furono molti danni nel Vallese e il sisma fu percepito in molte zone dell'Europa centrale e del nord Italia. Fortunatamente non vi fu nessuna vittima.

SISMICITÀ NELLE ALPI CENTRALI

Le Alpi Centrali sono considerate a bassissimo rischio sismico sul versante italiano, per via della scarsità di eventi verificatisi nel tempo. Mentre, invece, il versante svizzero può essere considerato a rischio moderato, in particolare le Alpi Glaronesi e Grigioni.

Eventi più significativi

Il 3 Settembre 1295 si verifica un terremoto di magnitudo 5.8; per via della sua datazione è difficile ricostruire con coerenza gli avvenimenti, quindi non si hanno notizie certe di danni o vittime.

L'8 Settembre 1601 una violenta scossa di magnitudo 6.0 colpisce la città di Engelberg, provocando notevoli danni in diverse aree della Svizzera centro-meridionale.

Il 20 Aprile 1796 un altro forte terremoto di magnitudo 6.0 scuote la zona a nord delle Alpi Glaronesi e provoca danni anche nell'ovest del Liechtenstein.

SISMICITÀ NELLE PREALPI CENTRO ORIENTALI

In questo settore alpino italiano le cose si complicano, poiché si trovano dei segmenti di faglie attive che possono dare origine a terremoti anche di intensità considerevole, soprattutto nelle prealpi bresciane in Lombardia, del veronese e del trevigiano in Veneto.

Eventi più significativi

L'evento più remoto risale al 778, quando un forte sisma colpì la città di Treviso, uccidendo migliaia di persone.

Un altro terremoto antico che fa discutere è quello del 1046. I dati infatti non sono certi; alcuni studi lo collocherebbero in una zona imprecisata nella Media Valle dell'Adige, che comprende il vasto territorio fra Salorno (20 km a nord di Trento) e la Chiusa di Ceraino. Molto probabilmente il sisma si è verificato sul confine fra il basso trentino e l'alto veronese. Si riportano testimonianze frammentarie di danni gravi e il crollo totale di 30 castelli. Secondo alcune informazioni il terremoto avrebbe causato la morte di centinaia di persone in diversi villaggi.

Il 3 Gennaio del 1117 un tremendo terremoto di magnitudo (stimata) intorno a 6.5 funestò l'intero nord Italia. L'epicentro del sisma fu a Oppeano; La scossa causò danni e devastazioni non solo a Verona, ma anche a Pavia, Mantova, Padova, Milano, Brescia e, con molte probabilità, anche Trento. Le vittime furono 30 mila.

Il 25 Dicembre del 1222 si verificò un violento sisma di magnitudo 6.1 a Brescia. Il terremoto sembra aver provocato gravi danni nella città e un numero indefinito di morti nella provincia lombarda e nel vicino veronese.

Il 25 Febbraio 1695 una scossa di magnitudo 6.6, la più forte avvenuta in Veneto, colpì Asolo, a sud del Monte Grappa. Studi moderni confermano l'elevata gravità dei danni causati dal terremoto, attestando l'intensità a IX-X° (MCS). Parecchie furono le vittime.

SISMICITÀ NELLE ALPI SUD-ORIENTALI

Questo settore, secondo la classificazione sismica del nostro territorio, è quello più soggetto ad eventi di forte intensità, capaci di generare immensi danni al patrimonio architettonico e mietere vittime. Le aree più interessate sono quelle occupate dalle Alpi Giulie, Alpi Carniche, quelle di Tolmezzo e il gruppo dolomitico della Schiara, quindi il Friuli Venezia-Giulia e l'alto Veneto.

Eventi più significativi

Il 25 Gennaio 1348 un violentissimo terremoto di magnitudo 6.7 colpì Clauzetto in provincia di Pordenone, poco distante dal confine sloveno e uccise migliaia di persone, producendo danni in città anche molto lontane, fra cui Firenze e persino Roma.

Il 26 Marzo 1511 un'altra potente scossa di magnitudo 6.5 distrusse interi paesi situati nelle Alpi Giulie e Carniche. Il sisma produsse enormi danni agli edifici del Friuli, del Veneto e della Slovenia, uccidendo circa 10.000 persone.

Il 12 Marzo 1873 un violento sisma interessò la provincia di Belluno, distruggendo molti edifici storici della città alpina e uccidendo decine e decine di persone, anche nel trevigiano.

Il 14 Aprile 1895 un terremoto di magnitudo 6.3 a soli 10 chilometri da Lubiana produsse gravi danni nella zona. Fu il più distruttivo mai abbattutosi nell'area. Non vi furono vittime.

Il 6 Maggio 1976 il violentissimo terremoto di magnitudo 6.4 colpì Gemona del Friuli, uccidendo 989 persone, solo in territorio italiano e provocando danni e vittime anche in suolo sloveno.

SISMICITÀ NELLE ALPI NORD ORIENTALI

Il confine fra Austria e Germania del sud è zona alpina a bassissimo rischio sismico, con pochissimi eventi inferiori a magnitudo 5.0, mentre l'Austria centro-meridionale è zona ad alto rischio sismico, dove si sono verificati, in tempi storici, numerosi eventi pari o superiori al sesto grado della scala Richter.

Eventi più significativi

Il 4 Maggio 1201 un forte terremoto di magnitudo 6.0 scuote Steiermark e crea dei danni notevoli nella zona centro-meridionale dell'Austria.

Il 24 Gennaio 1556 una violentissima scossa di terremoto di magnitudo 6.6 si verificò in Stiria. Distrusse anche alcuni paesi del nord della Slovenia. Numerose le vittime.

Il 4 Dicembre 1690 un terremoto di magnitudo 6.0 distrusse Kaernten, al confine con Italia e Slovenia.

Quindi possiamo concludere dicendo che le zone a più elevato rischio sismico della catena montuosa più grande d'Europa sono le Alpi Orientali, che detengono il maggior numero di eventi e di vittime, sia sui versanti.

Nel tratto di territorio in studio i terremoti di cui si hanno notizie più dettagliate sono i seguenti:

- Aprile 1907
- Settembre 2012
- Maggio 2019
- Giugno 2019

Terremoto del 20 Aprile 1907

Alle ore 14:23 del giorno 20 aprile 1907 fu avvertita a Bormio una scossa "sussultoria" di 4 secondi. La scossa fu avvertita da tutti, anche fuori dal paese, produsse "tremolio forte di invetriate e porte" e la "rovina di una casa vecchia, mal costruita e disabitata a 2 km. dal paese".

A Livigno, alle ore 15:27, una scossa venne avvertita da tutti quelli che si trovavano in casa, produsse tremolio di vetri e di mobili e si udì un sensibile rumore sotterraneo. Il corrispondente da Bormio del "Corriere della Valtellina" (1907) conferma che alle ore 14:30 venne "notata in quasi tutto il mandamento" una forte scossa durata alcuni secondi. Secondo questa fonte la scossa determinò il distacco di qualche masso "dai dirupi della Reit" e causò qualche "screpolatura in alcuni vecchi edifici" e "vetri e stoviglie infrante". Notizie sostanzialmente analoghe riporta il giornale "La Valtellina" (1907).

Per quanto riguarda il territorio svizzero, De Quervain, nella cronaca dei terremoti svizzeri per il 1907, riporta che alle ore 14:25 una scossa fu avvertita in Val Müstair. A S.Maria si ebbero due scosse a meno di 1 secondo di intervallo che produssero un breve ma forte traballamento per la durata di 2-3 secondi: i quadri e i campanacci appesi alle pareti si mossero, e ceppi di legno caddero. Le persone si spaventarono e molti furono svegliati dal sonnellino del dopopranzo. A Valchava, altra località della valle, i quadri caddero, e una stufa si mosse; a Lu una scossa fece dondolare un lampadario. Quasi nello stesso tempo si udì un forte rumore simile a una raffica di vento o a una valanga che scende. A Müstair la scossa fu più debole.

Per quanto concerne il territorio dell'attuale Trentino, le informazioni raccolte da P. Zini (1909) per conto della "Erdbeben Kommission" di Vienna riferiscono effetti relativi a una ventina di località, in particolare delle valli di Sole e di Non. A Malé, alle ore 14:28 fu avvertita una scossa di breve durata, accompagnata da rumore come di tuono: i vetri tintinnarono e la popolazione allarmata si

precipitò all'aperto. Non si ebbero danni. A Pejo, alle ore 14:31 la scossa fu nettamente avvertita all'interno delle case (dal piano terra al terzo piano) e all'aperto da tutti gli abitanti, che spaventati si misero a fuggire: durò circa 18 secondi accompagnata da fortissimo rumore. Gli oggetti si mossero, i lampadari dondolarono, le porte cigolarono e i vetri tintinnarono, pezzi d'intonaco caddero e si produssero crepe nei muri. Ad Arco, alle ore 14:27 fu sentita una scossa di circa 2-3 secondi, da persone che si trovavano ai primi piani; a Riva fu avvertita alle ore 14:25 da un osservatore che era a letto e durò due secondi.

Terremoto del 20 Settembre 2012

Poco prima delle 10 (ora Italiana) e precisamente alle 9:59, è stata registrata una piccola scossa di terremoto in Provincia di Sondrio. Stando ai primi rilievi, l'epicentro è stato localizzato a 38Km a Nord-Est di Sondrio, a pochi chilometri dalla famosa località sciistica di Bormio e ancor più vicino a Livigno. La scossa, di magnitudo locale pari a 2.3° si è generata ad una profondità di 9.6Km. Ecco il bollettino emesso da Ingv:

Un terremoto di magnitudo(MI) 2.3 è avvenuto alle ore 09:59:05 italiane del giorno 20/Set/2012 (07:59:05 20/Set/2012 - UTC).

Il terremoto è stato localizzato dalla Rete Sismica Nazionale dell'INGV nel distretto sismico: Alpi_Retiche.

I valori delle coordinate ipocentrali e della magnitudo rappresentano la migliore stima con i dati a disposizione. Eventuali nuovi dati o analisi potrebbero far variare le stime attuali della localizzazione e della magnitudo.

Terremoto del 26 Maggio 2019

Terremoto in Valtellina (ML=2,3) con epicentro zona di Aprica

Avvertito in tutti i Comuni valtellinesi in un raggio di 20 km dall'epicentro

Dall'INGV: Un terremoto di magnitudo ML 2.3 è avvenuto nella zona: 7 km SW Aprica (SO), il 26-05-2019 08:03:56 (UTC +02:00) ora italiana con coordinate geografiche (lat, lon) 46.1, 10.12 ad una profondità di 11 km.

Le distanze dell'epicentro (calcolate dalla posizione del Municipio):

7 km Aprica; 9 Km Teglio Castello Bianzone; 12 Km Villa di Tirano; 13 Km Chiuro; 14 Km Ponte e Tirano; 15 Km Aprica Sernio; 16 Km Tresivio; 17 Km Poggiridenti Lovero Faedo; 19 Km Montagna Tovo; 20 Km Vervio-

Terremoto del 15 Giugno 2019

Val Venosta e Alta Valle, l'INGV segnala il terremoto di magnitudo ML 2.1 che è avvenuto nella zona: V3 Val Venosta (ITALIA, SVIZZERA, AUSTRIA), in data 15-06-2019 alle 3:57:02 con

coordinate geografiche dell'epicentro (lat, on) 46.76, 10.31 ad una profondità di 8 km. (2,3 per il Servizio Sismico Svizzero)

Distano dall'epicentro circa 35 km sia Prato allo Stelvio che Livigno, circa 40 Km Bormio

Terremoto del Dicembre 1999 – Gennaio 2000

29-31 Dicembre 1999 ore 21.43' (italiane) - Osservatorio sismico VAI - Rete Istituto Nazionale di Geofisica.

Prima scossa (secondo Servizio Sismico Svizzero):

Latitudine : 46° 30' Nord

Longitudine: 10° 24' Est da Greenwich

Distanza dalla stazione di Campo dei Fiori: 120 km NE

Intensita' del Sisma (Prima scossa): Magnitudo 4.9° Scala Richter = VII Mercalli

Area epicentrale - Localita' interessate: Area attorno a Bormio, Alta Valtellina .

Avvertito con spavento come una scossa del VI grado: forte Boato a Bormio e S.Caterina Valfurva.

Oscillazione oggetti appesi, forte tremore di oggetti e spavento generalizzato.

In Lombardia: Avvertito con spavento in tutte le provincie di Varese, Como, Lecco, Bergamo, Brescia, Sondrio, ai piani alti delle case Centinaia di telefonate al CGP, Prefetture e VVFF della Lombardia.

Nel resto d'Italia:

Avvertito in modo variabile in gran parte dell'Italia Settentrionale, da Biella al Trentino.

Si è trattato di un evento di intensità massima pari a quelle storicamente registrate in questa zona (1874 - 1897).

Profondita' calcolata: entro 10 Km – Si tratta di evento superficiale evidenziato anche dal boato avvertito a S.Caterina Valfurva e a Bormio. Per questo motivo l'area di risentimento è molto vasta (da Biella al Trentino).

E' il più forte terremoto registrato in tempi recenti in Lombardia- L'ultimo evento di intensità simile avvertito in Lombardia fu registrato il 20 novembre 1991, ma con epicentro in Svizzera, a Piz Platta (sud di Coira) che ebbe magnitudo 4.4 Richter, pari al 6^a Mercalli e fu avvertito in tutta la Lombardia, e dal Piemonte al Veneto.

Repliche:

30 Dicembre 1999 - ore 04 21'

Magnitudo 2.2° Scala Richter = II Mercalli - localizzata a "La Vallaccia", Passo Foscagno

Avvertita da qualche persona in zona Bormio

31 Dicembre 1999 - ore 05 55'

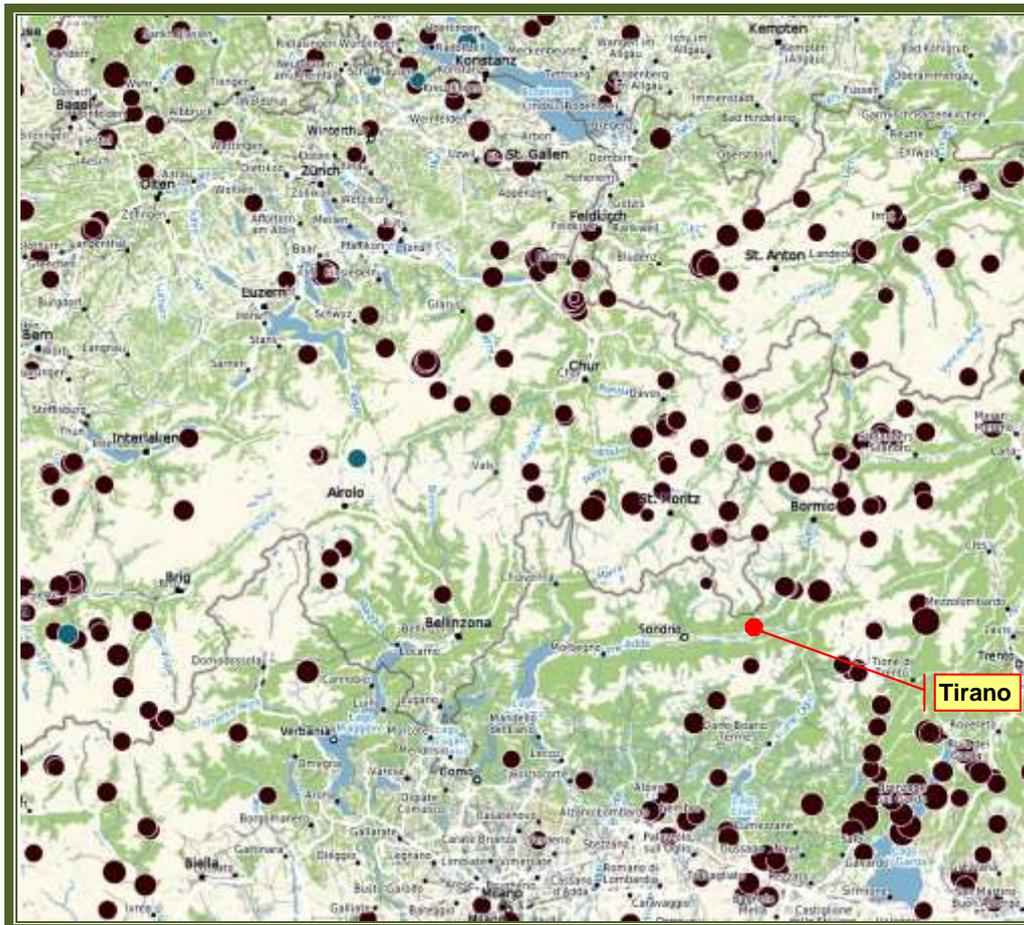
Magnitudo 4.2° Scala Richter = VI Mercalli - localizzata nel Massiccio dell'Ortles- confine lombardia-Trentino; Avvertita da molte persone in zona Bormio

11 gennaio 2000 - ore 21 33'

Magnitudo 2.2° Scala Richter = Il Mercalli - localizzata a Isolaccia, Semogo, Premadio
 Avvertita da qualche persona in zona Bormio, Valdidentro e Semogo.

Nella Figura 1.4 è riportata la distribuzione degli epicentri dei terremoti nel tratto di territorio in esame ed in territorio svizzero (tratto dal Servizio Sismico Svizzero)

Figura 1.4 – Distribuzione degli epicentri nel territorio in studio



2. SISMICITA'

Per ridurre gli effetti del terremoto è stata effettuata la classificazione del territorio in base all'intensità e frequenza dei terremoti del passato e sull'applicazione di speciali norme per le costruzioni nelle zone classificate sismiche.

La legislazione antisismica italiana, allineata alle più moderne normative a livello internazionale prescrive norme tecniche in base alle quali un edificio debba sopportare senza gravi danni i terremoti meno forti e senza crollare i terremoti più forti, salvaguardando prima di tutto le vite umane.

Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione.

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003.

Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 – "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale:

- Zona 1 – E' la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti
- Zona 2 – In questa zona possono verificarsi forti terremoti
- Zona 3 – In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari
- Zona 4 – È la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari

Nella seguente Tabella 2.1 è riportato l'elenco dei comuni del territorio in studio con relativi valori di $A_g\text{Max}(g)$ e della Zona, con evidenziate le località che verranno interessate dall'opera in progetto.

Tabella 2.1 – *Elenco dei comuni e dei valori di $A_g(g)$*

ISTAT	PROVINCIA	COMUNE	ZONA SISMICA	AgMax
3014001	SO	ALBAREDO PER SAN MARCO	3	0,053347
3014002	SO	ALBOSAGGIA	3	0,086569
3014003	SO	ANDALO VALTELLINO	4	0,047003
3014004	SO	APRICA	3	0,075794
3014005	SO	ARDENNO	3	0,063134
3014006	SO	BEMA	3	0,052543
3014007	SO	BERBENNO DI VALTELLINA	3	0,081161
3014008	SO	BIANZONE	3	0,096149
3014009	SO	BORMIO	3	0,114276
3014010	SO	BUGLIO IN MONTE	3	0,087354
3014011	SO	CAIOLO	3	0,077068
3014012	SO	CAMPODOLCINO	3	0,05689
3014013	SO	CASPOGGIO	3	0,111299
3014014	SO	CASTELLO DELL'ACQUA	3	0,089322
3014015	SO	CASTIONE ANDEVENNO	3	0,087498
3014016	SO	CEDRASCO	3	0,070338
3014018	SO	CHIAVENNA	3	0,052982
3014019	SO	CHIESA IN VALMENCO	3	0,116744
3014020	SO	CHIURO	3	0,115891
3014021	SO	CINO	4	0,048683
3014022	SO	CIVO	3	0,056749
3014023	SO	COLORINA	3	0,065297
3014024	SO	COSIO VALTELLINA	3	0,050478
3014025	SO	DAZIO	3	0,055575
3014026	SO	DELEBIO	4	0,046559
3014027	SO	DUBINO	4	0,047425
3014028	SO	FAEDO VALTELLINA	3	0,08789
3014029	SO	FORCOLA	3	0,060385
3014030	SO	FUSINE	3	0,067744
3014031	SO	GEROLA ALTA	3	0,052069
3014032	SO	GORDONA	4	0,047887
3014033	SO	GROSIO	3	0,117506
3014034	SO	GROSOTTO	3	0,109352
3014036	SO	LANZADA	3	0,121423
3014037	SO	LIVIGNO	3	0,124326
3014038	SO	LOVERO	3	0,085643
3014035	SO	MADESIMO	3	0,061481
3014039	SO	MANTELLIO	4	0,0479
3014040	SO	MAZZO DI VALTELLINA	3	0,092902
3014041	SO	MELLO	3	0,052259
3014042	SO	MENAROLA	4	0,047285
3014043	SO	MESE	4	0,049258
3014044	SO	MONTAGNA IN VALTELLINA	3	0,116117
3014045	SO	MORBEGNO	3	0,054589

3014046	SO	NOVATE MEZZOLA	3	0,061394
3014047	SO	PEDESINA	4	0,049591
3014048	SO	PIANTEDO	4	0,045247
3014049	SO	PIATEDA	3	0,091284
3014050	SO	PIURO	3	0,067387
3014051	SO	POGGIRIDENTI	3	0,095563
3014052	SO	PONTE IN VALTELLINA	3	0,110205
3014053	SO	POSTALESIO	3	0,084843
3014054	SO	PRATA CAMPORTACCIO	3	0,052531
3014055	SO	RASURA	4	0,049698
3014056	SO	ROGOLO	4	0,047467
3014057	SO	SAMOLACO	4	0,048408
3014058	SO	SAN GIACOMO FILIPPO	3	0,055222
3014059	SO	SERNIO	3	0,087006
3014060	SO	SONDALO	3	0,099382
3014061	SO	SONDRIO	3	0,096737
3014062	SO	SPRIANA	3	0,105372
3014064	SO	TARTANO	3	0,058096
3014065	SO	TEGLIO	3	0,102374
3014066	SO	TIRANO	3	0,087693
3014067	SO	TORRE DI SANTA MARIA	3	0,10655
3014068	SO	TOVO DI SANT'AGATA	3	0,077225
3014069	SO	TRAONA	3	0,050832
3014070	SO	TRESIVIO	3	0,110029
3014074	SO	VAL MASINO	3	0,087081
3014071	SO	VALDIDENTRO	3	0,124056
3014072	SO	VALDISOTTO	3	0,114386
3014073	SO	VALFURVA	3	0,10297
3014075	SO	VERCEIA	3	0,050987
3014076	SO	VERVIO	3	0,094635
3014077	SO	VILLA DI CHIAVENNA	3	0,058608
3014078	SO	VILLA DI TIRANO	3	0,091544

L'attuazione dell'ordinanza n.3274 del 2003 ha permesso di ridurre notevolmente la distanza fra la conoscenza scientifica consolidata e la sua traduzione in strumenti normativi e ha portato a progettare e realizzare costruzioni nuove, più sicure ed aperte all'uso di tecnologie innovative.

Le novità introdotte con l'ordinanza sono state pienamente recepite e ulteriormente affinate, grazie anche agli studi svolti dai centri di competenza (Ingv, Reluis, Eucentre). Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'OPCM 3274/03, è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006.

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'OPCM n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche, come da seguente suddivisione, in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06)

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018), infatti, hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona – e quindi territorio comunale – precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

In sintesi qui di seguito è riportata la zona sismica per il territorio di Tirano, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Lombardia dell'11 luglio 2014 n.2129 entrata in vigore il 10 aprile 2016.

Zona sismica 3	In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari
AgMax 0,087693	Accelerazione massima presente all'interno del territorio comunale.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o

pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni, come da seguente Tabella 2.2.

Tabella 2.2 – Zone sismiche in base ad $A_g(g)$

Zona sismica	Descrizione	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]	Accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag]	Numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$ag > 0,25 g$	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < ag \leq 0,25 g$	0,25 g	2.225
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < ag \leq 0,15 g$	0,15 g	2.810
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$ag \leq 0,05 g$	0,05 g	2.186

Nella valutazione della sismicità e del rischio sismico è consigliabile tener anche conto dei terremoti che si verificano in territorio svizzero, che hanno significative ripercussioni nell'area in esame.

Particolarmente a rischio sono il Canton Vallese, l'area di Basilea, la valle del Reno nel canton San Gallo, l'Engadina e la Svizzera centrale. In Svizzera non esistono regioni dove non sussiste il rischio di terremoto. In questo paese i terremoti non hanno un'alta frequenza ma possono verificarsi eventi sismici anche molto importanti.

Uno dei terremoti più forti avvenuti in Svizzera risale al 1295: si tratta del terremoto di *Churwalden* (3 settembre 1295), nel cantone dei Grigioni. La magnitudo di quel sisma, uno dei più forti della storia sismica della Svizzera, fu di 6.2 secondo le ricostruzioni effettuate a posteriori.

Terremoti di magnitudo superiore a 6.0 si sono verificati quasi ogni secolo nella zona svizzera dell'arco alpino, con intensità massime raggiunte dell'VIII grado nella scala MCS. Il più distruttivo fu però – probabilmente anche per via della maggior densità di costruzioni ed abitanti – quello di Basilea del 18 ottobre 1356, in un'area situata a nord dell'arco alpino. Il sisma più forte avvenuto in Svizzera recentemente è invece il terremoto di Sierre (M 5.8) del 25 gennaio 1946, nel canton Vallese.

Negli ultimi quarant'anni, nel Vallese e nelle sue dirette vicinanze si sono verificati 62 terremoti di magnitudo 3 o superiore. Tutti sono stati percepiti dalla popolazione locale. Sei di essi hanno raggiunto una magnitudo superiore a 4 e sono stati percepiti su un'area più ampia. La scossa più forte registrata in questo periodo è stata quella di Vallorcine, al confine con la Francia tra Martigny e Chamonix, che si verificò l'8 settembre 2005 e raggiunse una magnitudo Richter di 4.9 così come un'intensità epicentrale di V. Quest'ultimo valore significa che il terremoto causò danni come crepe nei muri a diversi edifici come pure alcune piccole cadute massi e frane lungo le scarpate che costeggiano le strade. Negli anni precedenti si erano già verificate nella stessa zona

epicentrale piccole scosse non avvertite dalla popolazione. Al terremoto principale di Vallorcine seguì una lunga serie di numerose scosse di assestamento; ancora nel 2014 fu registrata in quella zona una scossa con magnitudo di 3.2.

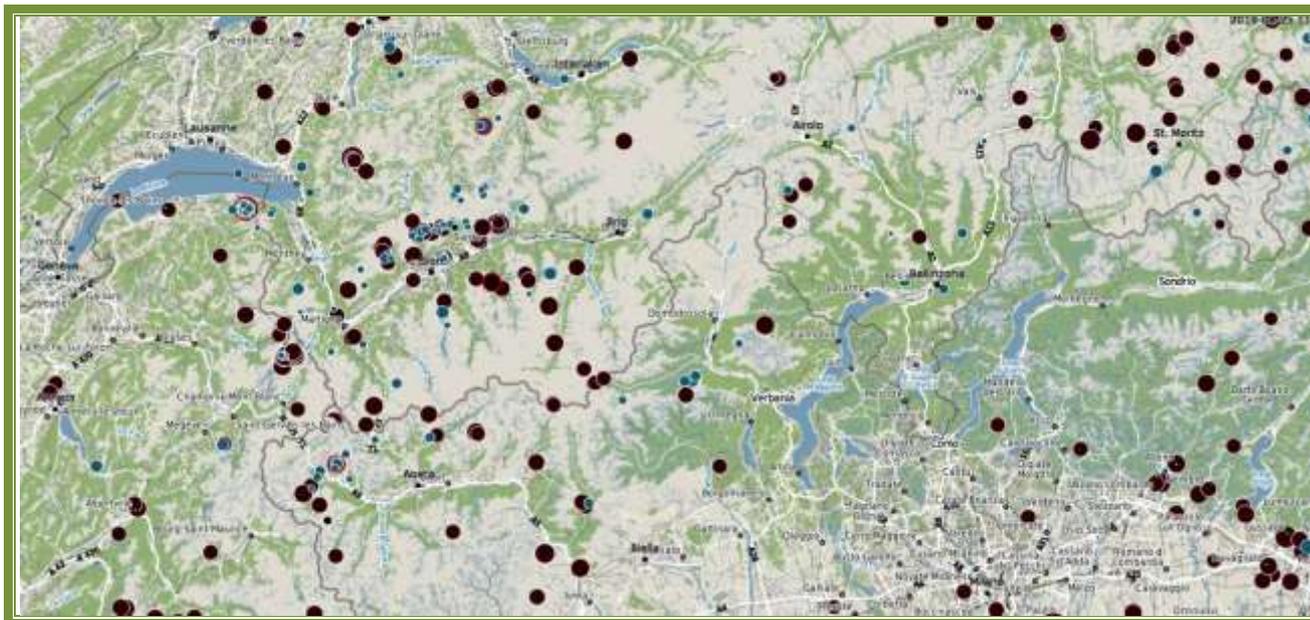
La distribuzione degli epicentri dei terremoti registrati dagli strumenti nel Vallese e nei dintorni tra il 1975 e il 2014 è molto variabile (cfr. Figura 2.1): mentre gli ipocentri erano più diffusi a sud della valle del Rodano con alcuni cumuli puntuali, l'attività sismica si concentrava a nord della valle del Rodano lungo una zona che si estendeva più o meno in parallelo ad essa da ovest sud ovest (WSW) e est nord est (ENE). Inoltre era osservabile una notevole frequenza di scosse in direzione di Chamonix al confine con la Francia (Vallorcine) così come a est di Zermatt (Cima di Jazzi). Degno di nota è il fatto che la valle del Rodano stessa non presenta praticamente nessun ipocentro, sebbene corrisponda a una zona di interferenza che divide due diverse unità tettoniche regionali e che nel passato geologico doveva essere attiva dal punto di vista sismico.

Le tradizioni storiche sono le uniche informazioni che abbiamo sui terremoti che si sono verificati in passato. La forza di questi terremoti può essere ricostruita sulla base dei danni documentati e calcolata sotto forma di intensità. Anche se sostanzialmente è possibile calcolare una magnitudo dalle intensità osservate, questo calcolo è legato a notevoli incertezze.

Dagli inizi del XVI secolo sono noti nel Vallese e nei dintorni trenta terremoti con intensità compresa tra VI e VIII. Tutti questi sismi hanno causato da lievi a gravi danni agli edifici e in parte il ferimento o la morte di persone. Di questi trenta terremoti, otto fanno parte della serie del 1855 a sud di Visp e cinque della serie del 1946 a nord di Sierre. Sulla base dei resoconti contenuti nelle fonti storiche, in Svizzera sono noti complessivamente nove terremoti con intensità di almeno VIII, di cui cinque si sono verificati nel Vallese:

Data	Intensità	Località
??..04.1524	VII	Ardon
11.03.1584	VIII	Aigle
09.12.1755	VIII	Brig / Naters
25.07.1855	VIII	Stalden / Visp
25.01.1946	VIII	Sierre / Ayant

Figura 2.1 – Epicentri dei terremoti più forti in Svizzera



Nel corso degli ultimi 500 anni si è verificato in media ogni secolo un terremoto che nel Vallese ha provocato notevoli danni agli edifici. Più si va indietro con gli anni, più incomplete sono le informazioni disponibili. Si può comunque supporre che anche nel periodo antecedente al 1500 si siano verificati nel Vallese terremoti che avevano il potenziale di provocare gravi danni agli edifici. Nel Vallese l'ultimo terremoto catastrofico è stato quello del 23 marzo 1960 presso Briga, che ha raggiunto un'intensità di VII. Da allora la situazione è stata comparativamente tranquilla, visto che nessun terremoto ha superato l'intensità di V.

Per il terremoto di Visp del 25 luglio 1855 – con una magnitudo stimata di 6.2 – è stato possibile ricostruire esattamente l'entità dei danni. Ciò vale sia per l'estensione geografica dell'area danneggiata, sia per l'entità dei danni all'interno delle località direttamente interessate. Nella valle della Vispa il terremoto raggiunse un'intensità massima di VIII e devastò ampie porzioni delle località di Visp, Stalden, Törbel, Grächen e St. Niklaus. L'evento provocò decine di feriti e una vittima. Centinaia di macigni si staccarono dalle montagne, interi pendii scivolarono sprofondando a valle, seppellirono le strade, esaurirono le sorgenti esistenti e ne crearono di nuove. Gli effetti del terremoto si manifestarono con un'intensità di IV persino a Ginevra, Basilea, Zurigo e Sciaffusa, dove si registrarono lievi danni agli edifici, mentre il sisma fu percepito a Parigi, Lione, Genova, Ingolstadt e Magonza. Una serie formata da centinaia di scosse di assestamento percepibili dalla popolazione si è protratta per gli anni successivi, tra cui fino alla fine del 1855 otto scosse con intensità comprese tra VI e VIII che hanno provocato ulteriori danni agli edifici.

Il terremoto di Sierre del 25 gennaio 1946 è quello più intenso che si è mai verificato in Svizzera nel XX secolo. Da un paio di sismogrammi registrati all'estero è stata calcolata una magnitudo momento di 5.8, che corrisponde a una magnitudo Richter all'incirca di **6.1**. Il terremoto causò tre vittime e gravi danni a circa 3'500 edifici di Sierre, Sion e dintorni. Solo sino alla fine del

1946 seguirono oltre 500 scosse di assestamento percepibili dalla popolazione, di cui 4 raggiunsero le intensità di VI e VII. Degna di rilievo è la scossa di assestamento del 30 maggio 1946 che causò un'enorme frana sul Rawilhorn, le cui tracce sono visibili ancora oggi. Siccome già prima nella più ampia zona epicentrale del terremoto del 1946 furono documentate ripetute scosse, è possibile che anche la concentrazione degli epicentri a nord di Sion e Sierre, visibile ancora oggi nelle carte degli eventi registrati dagli strumenti, abbia un nesso con il sisma del 1946.

Per lo studio della microzonazione sismica del territorio in esame si fa riferimento al terremoto del 29 Dicembre 1999 con **Magnitudo Macrosismica 4,9**, il cui epicentro si colloca all'incirca in prossimità della Cresta di Reit, a 21,5 Km dal centro abitato di Tirano (cfr. Figura 2.2).

Figura 2.2 – Planimetria con ubicazione dell'epicentro del terremoto del 29 Dicembre 1999



3. PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

3.1. Normativa Nazionale

Le azioni sismiche attese in un certo sito si prevedono, su base probabilistica, tramite la pericolosità sismica che è funzione delle caratteristiche di sismicità regionali e del potenziale sismogenetico delle sorgenti sismiche; la valutazione della pericolosità sismica porta poi alla valutazione del rischio sismico di un sito in termini di danni attesi a cose e persone come prodotto degli effetti di un evento sismico. La pericolosità sismica valutata all'interno di un sito deve essere stimata come l'accelerazione orizzontale massima al suolo in un dato periodo di tempo, definendo i requisiti progettuali antisismici per le nuove costruzioni nel sito stesso.

- **OPCM 20 marzo 2003**

Sulla base del documento Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale elaborato dal Gruppo di Lavoro costituito dalla Commissione Naz. Di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi (23 aprile 1997) e successive precisazioni, sono state individuate in tutto il territorio nazionale 4 zone sismiche, secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. La valutazione di a_g è stata calcolata con metodologie internazionali aggiornate periodicamente con procedure trasparenti e riproducibili.

La zonizzazione sismica dell'intero territorio nazionale è stata effettuata secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/03 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8/05/03 Supplemento Ordinario n. 72: *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*. Costituiscono parte integrante dell'ordinanza:

Allegato 1 - *Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*

Allegato 2 - *Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici*

Allegato 3 - *Norme tecniche per il progetto sismico dei ponti*

Allegato 4 - *Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazioni e di sostegno dei terreni.*

Secondo questa zonizzazione (cfr. Figura 3.1) tutto il territorio dell'area in studio si trova in zona 4 (colore verde), cioè nella zona, tra quelle individuate, di minor rischio sismico.

- **OPCM 28 aprile 2006**

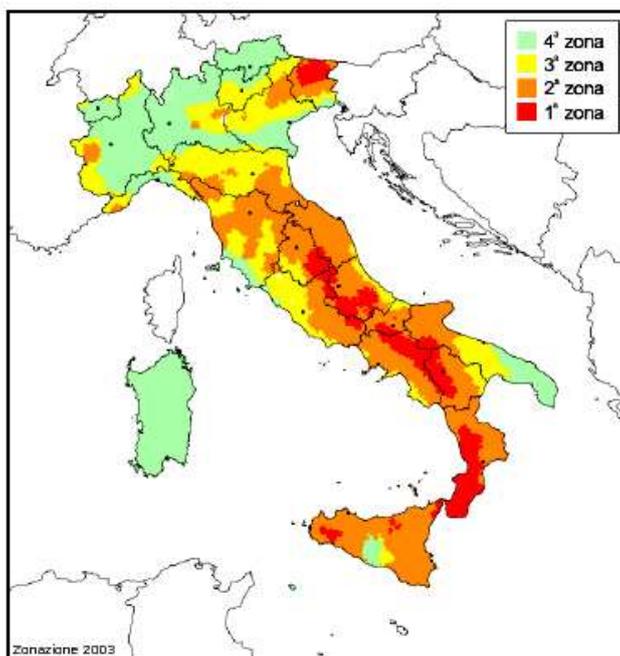
L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28/04/06 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell'11/05/06 Serie Generale Anno 147° n. 108 (*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*) adotta come riferimento ufficiale una nuova mappa di pericolosità sismica e definisce i criteri generali per la classificazione delle zone sismiche. Costituiscono parte integrante dell'ordinanza:

Allegato 1A - *Criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*

Allegato 1B - *Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale.*

La mappa della Figura 3.2 rappresenta graficamente la pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (ag), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi caratterizzati da VS30 > 800 m/s.

Figura 3.1 – *Zonizzazione territorio nazionale - OPCM 20 marzo 2003*



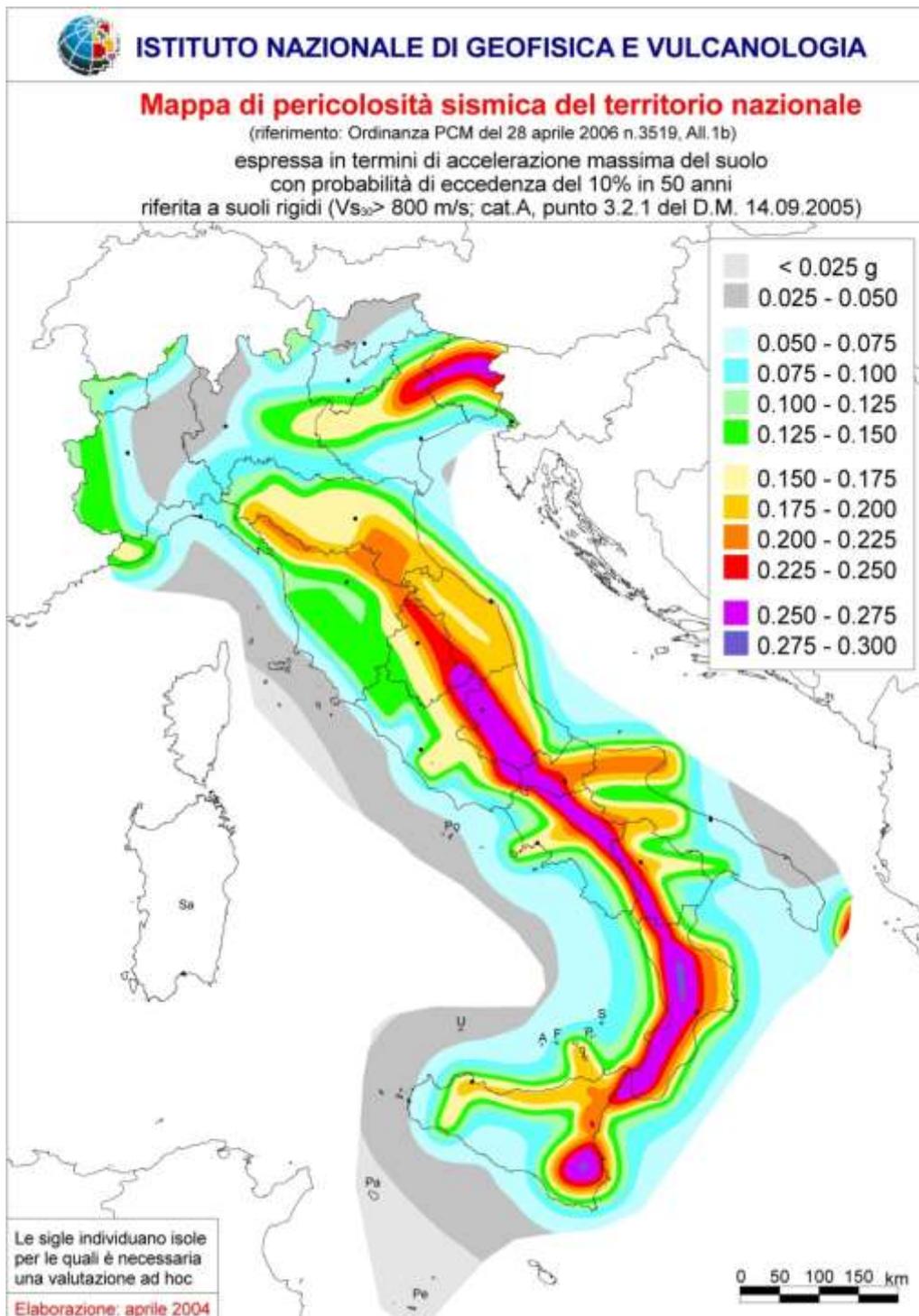
- **D.M. 14 gennaio 2008 (NTC 2008)**

Dal 1° luglio 2009 la progettazione antisismica in Italia è regolata dal D.M. 14/01/08 per tutte le zone sismiche e per tutte le tipologie di edifici. Il D.M. 14 gennaio 2008 (Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni), pubblicato sulla G.U. n. 29 del 04/02/08, in vigore dal 5 marzo 2008, sostituisce il precedente D.M. 14 settembre 2005, fatto salvo il periodo di monitoraggio di 18 mesi di cui al comma 1 dell'art. 20 della L. 28 febbraio 2008, n. 31.

Queste nuove Norme Tecniche per la Costruzioni definiscono i criteri definitivi per la classificazione sismica del territorio nazionale; tali criteri prevedono la valutazione dell'azione sismica definita puntualmente al variare del sito e del periodo di ritorno considerati, in termini di accelerazione del suolo ag e di forma dello spettro di risposta. Costituiscono parte integrante del decreto:

- Allegato A - *Pericolosità sismica*
- Allegato B - *Tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica.*

Figura 3.2 – Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale



Diversamente dalla precedente normativa l'azione sismica non viene più valutata riferendosi ad una zona sismica (territorialmente coincidente con più entità amministrative), ad un'unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale per tutte le costruzioni, ma viene valutata sito per sito e costruzione per costruzione. Secondo l'allegato A l'azione sismica sulle costruzioni viene valutata a partire da una pericolosità sismica di base in condizioni ideali di

sito di riferimento rigido (categoria di sottosuolo A) con superficie topografica orizzontale (categoria T1).

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta con sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; i risultati dello studio di pericolosità devono essere forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata in funzione delle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo e morfologiche della superficie; tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

Le azioni sismiche di progetto si ricavano dalle accelerazioni del suolo a_g e dalle relative forme dello spettro di risposta. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno TR considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica
- F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione,

- le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{VR} associate a ciascuno degli stati limite considerati.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione al periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N (definita al paragrafo 2.4.1 e in Tabella 2.4.I del D.M. 14/01/08) per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso è definito, al variare della classe d'uso (definita al paragrafo 2.4.2 del D.M. 14/01/08), come riportato in Tabella 2.4.II del D.M. 14/01/08.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} cui riferirsi per individuare l'azione sismica in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate in Tabella 3.2.I del D.M. 14/01/08.

Per individuare, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche, per tutte le vite di riferimento e tutti gli stati limite considerati dalle NTC, è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{VR} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$$

Le tabelle dell'allegato B riportano i valori dei parametri a_g , F_o , T_c relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento .

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p (a_g , F_o , T_c *) di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto (come indicato nell'Allegato A al D.M. 14/01/08) possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento indicate nella tabella 3.2.II, di cui al punto 3.2.2 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche, capitolo 3 Azioni sulle costruzioni del D.M. 14/01/2008.

Sono state definite cinque classi di terreni (A, B, C, D, E) identificabili in base ai valori della velocità equivalente $V_{S,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della provapenetrometrica dinamica N_{SPT} nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ nei terreni prevalentemente a grana fina.

Condizioni topografiche

Nel caso di configurazioni semplici è possibile adottare la classificazione riportata in Tabella 3.1.

Tabella 3.1. - *Categoria Caratteristiche della superficie topografica*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Valutazione dell'azione sismica

Ai fini delle NTC l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali (X e Y) e una verticale (Z) da considerare tra di loro indipendenti e ortogonali. Nelle Zone 3 e 4 la componente verticale non viene considerata.

Le due componenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore dell'accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} . Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento considerata, lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{array}{ll}
 0 \leq T \leq T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot [T/T_B + (1/\eta \cdot F_o) \cdot (1 - T/T_B)] \\
 T_B \leq T \leq T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T \leq T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot (T_C/T) \\
 T_D \leq T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot (T_C T_D/T^2)
 \end{array}$$

dove:

T periodo di vibrazione

S_e accelerazione spettrale orizzontale

S coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione: $S = S_s \cdot S_T$

η fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5% mediante la relazione: $\xi = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0.55$, dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione

T_C periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante: $T_C = C_C \cdot T_C$

T_B periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante: $T_B = T_C / 3$

T_D periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante, espresso in secondi mediante la relazione: $T_D = 4.0 \cdot (a_g/g) + 1.6$

Per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione definite al punto 3.2.2 del D.M. 14/01/2008, la forma spettrale su sottosuolo di categoria A è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_s , il coefficiente topografico S_T e il coefficiente C_C che modifica il valore del periodo T_C .

Amplificazione stratigrafica

Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti S_s e C_C possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_C relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella tabella 3.2.V, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche ed in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati in tabella 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento (cfr. tabella X.X).

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_T assume valore unitario.

- D.M. 17/1/2018 (NTC 2018)

La nuova normativa NTC 2018 ha risolto molti problemi della precedente normativa ed ha fatto chiarezza su molti punti che creavano dei dubbi.

In estrema sintesi i cambiamenti toccano i seguenti argomenti, che riguardano aspetti di rilevanza generale o puntuale.

L'approccio metodologico non è cambiato: pertanto il professionista non dovrà confrontarsi con un cambiamento radicale nell'impostazione della norma, come è avvenuto con le NTC 2008

- E' stata data maggior rilievo alle verifiche di duttilità
- Sono state specificate le modalità di verifica in campo sostanzialmente elastico, che coinvolgono, in particolare, le opere di fondazione e le strutture non dissipative
- E' stato incrementato il fattore di struttura per le opere non dissipative

- Sono stati rivisti i minimi di norma e i dettagli costruttivi, in particolare per i pilastri, le pareti in cemento armato e per i nodi trave-pilastro (che ora coinvolgono anche le strutture in classe di duttilità bassa e le strutture non dissipative)
- E' stato aumentato il coefficiente di sovraresistenza a pressoflessione nell'applicazione della gerarchia delle resistenze trave-pilastro (c.a.) per classe di duttilità bassa.
- Viene dato maggior rilievo e fornite indicazioni di calcolo più precise per gli elementi secondari e per quelli non strutturali
- Sono stati introdotti criteri di verifica più severi per le strutture prefabbricate
- Nel capitolo 8, che riguarda gli edifici esistenti, viene modificato l'indirizzo generale: si tende ora a privilegiare, realisticamente, gli interventi di miglioramento rispetto a quelli di adeguamento, che si riferiscono a cambiamenti significativi nell'impianto strutturale
- Per le strutture in legno si possono adottare coefficienti di sicurezza meno gravosi per materiali prodotti con linee di produzione di qualità
- Sono stati introdotti criteri più severi per le prove di accettazione dei materiali in cantiere (ad esempio per le opere in muratura)
- Sono scomparsi i riferimenti alle zone sismiche sostituiti da indicazioni sui valori di accelerazione di sito
- Per zone a bassa sismicità è ancora previsto un calcolo semplificato

Per quanto attiene agli argomenti di stretta attinenza con il presente lavoro (sismicità e geotecnica) in particolare si rileva che:

- Nel cap. 6 è stata introdotta la semplificazione dell'utilizzo del sistema di Approccio 2 sia per fondazioni su pali che per fondazioni superficiali, relegando il sistema di approccio 1 solo a gallerie e paratie. E' stato introdotto l'effetto gruppo per la verifica delle palificate, in funzione delle caratteristiche del terreno e della disposizione dei pali. Sono stati anche introdotti vari aggiustamenti e precisazioni in campo geotecnico.
- Periodo di riferimento dell'azione sismica

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Nelle NTC 2018 scompare la limitazione di 35 anni come periodo minimo di riferimento per la valutazione dell'azione sismica. Questo comporta valutazioni differenti del periodo di ritorno TR per le Costruzioni temporanee e provvisorie.

Rimangono inalterati i valori del coefficiente d'uso.

- Categorie del sottosuolo

Per la valutazione dell'azione sismica secondo l'approccio semplificato riconducibile alle categorie di sottosuolo non si fa più riferimento a $V_{S,30}$, bensì a $V_{S,eq}$.

$$V_{S,eq} = H / (\sum_{i=1..N} (h_i / V_{S,i})) \quad \text{NTC 2018}$$

- h_i spessore dell'i-esimo strato
- V_{S,i} velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato
- N numero di strati
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia e terreno molto rigido, caratterizzato da V_S non inferiore a 800 m/s.

La profondità H del substrato è calcolata a partire dal piano di imposta per le fondazioni superficiali, dalla testa dei pali per le fondazioni profonde e a partire dalla testa dell'opera per le opere di sostegno.

$$V_{S,eq} = V_{S,30} \text{ quando la profondità } H \text{ del substrato è superiore a } 30 \text{ m}$$

Nelle Categorie del sottosuolo scompaiono le categorie S1 ed S2 (cfr. Tabella 3.2).

Tabella 3.2. – Categorie del sottosuolo (NTC 2018)

A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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.	800	-
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	360	800
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti 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.	180	360
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, 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 m/s e 180 m/s.	100	180
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.	-	-

Nelle nuove NTC, per le verifiche allo Stato Limite Ultimo delle opere che interagiscono con il terreno, si è deciso di definire univocamente l'Approccio progettuale per tipologia di opera, indicando l'Approccio 2 (A1+M1+R3) per le fondazioni (superficiali e profonde) e per i muri di sostegno e l'Approccio 1 per tutte le altre opere. In questo modo per le fondazioni e i muri di sostegno si è evitata l'ambiguità prima esistente e si è eliminato l'obbligo della doppia verifica STR e GEO, poiché l'Approccio 2 consente di eseguire la verifica sia geotecnica che strutturale (cfr schema in Figura X.X.).

Figura 3.3. – Schema delle verifiche

STABILITÀ DEI PENDII NATURALI	TUTTE LE VERIFICHE		
	Approccio 1-Comb.2 (A2+M2+R2)		
	A2=M2=1		
OPERE DI MATERIALI SCIOLTI E FRONTI DI SCAVO	TUTTE LE VERIFICHE		
	Approccio 1-Comb.2 (A2+M2+R2)		
FONDAZIONI SUPERFICIALI	STABILITÀ GLOBALE	ALTRE VERIFICHE (Azioni assiali e trasversali)	
	Approccio 1-Comb.2 (A2+M2+R2)	Approccio 2 (A1+M1+R3)	
FONDAZIONI SU PALI	STABILITÀ GLOBALE	ALTRE VERIFICHE (Azioni assiali e trasversali)	
	Approccio 1-Comb.2 (A2+M2+R2)	Approccio 2 (A1+M1+R3)	
MURI DI SOSTEGNO	STABILITÀ GLOBALE	ALTRE VERIFICHE	
	Approccio 1-Comb.2 (A2+M2+R2)	Approccio 2 (A1+M1+R3)	
PARATIE	STABILITÀ GLOBALE	VERIFICHE (STR)	VERIFICHE (GEO)
	Approccio 1-Comb.2 (A2+M2+R2)	Approccio 1-Comb.1 (A1+M1+R1)	Approccio 1-Comb.2 (A2+M2+R1)
TIRANTI DI ANCORAGGIO	TUTTE LE VERIFICHE		
	Approccio 2 (A1+M1+R3)		
OPERE IN SOTTERRANEO	VERIFICHE (STR)	VERIFICHE (GEO)	
	Approccio 1-Comb.1 (A1+M1+R1)	Approccio 1-Comb.2 (A2+M2+R2)	
	γ_r dei gruppi R1 e R2 pari all'unità		

3.2. Normativa Regione Lombardia

D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003 - La Regione Lombardia con D.G.R. n. 14964 del 7/11/03 prende atto della classificazione fornita in prima applicazione dalla citata ordinanza 3274/03 ed impone l'obbligo della progettazione antisismica per i comuni che ricadono in zona 2,

zona 3 ed in zona 4 esclusivamente per gli edifici strategici e rilevanti, così come individuati dal D.D.U.O. n. 19904 del 21/11/03. D.G.R. n. 9/2616 del 30 novembre 2011.

Per l'analisi della pericolosità sismica di tutto il territorio l'esame si è fatto riferimento all'Allegato 5 (*Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.*) della D.G.R. n. 9/2616 del 30/11/11 pubblicata sul Bollettino Ufficiale del 15/12/11 Serie Ordinaria n. 50: *Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374.*

Tale allegato illustra la metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale che prevede tre livelli di approfondimento, di seguito sintetizzati:

- 1° livello, riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche sia di dati esistenti
- 2° livello, caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima di risposta sismica nei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa)
- 3° livello, definizione degli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi più approfondite.

Il primo livello è obbligatorio per tutti i comuni. Prevede l'assegnazione dello scenario di pericolosità sismica locale (PSL) del territorio tramite la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, in base alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche, secondo quanto riportato nella Tabella 1 dell'Allegato 5 alla D.G.R. n. 9/2616 del 30/11/11.

Nella Tabella 3.3 sono riportati gli Scenari di pericolosità sismica locale (tratta da Allegato 5 DGR 9/2616).

In riferimento alle diverse situazioni tipo, riportate nella suddetta tabella, in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale – PSL) si effettua l'assegnazione diretta della classe di pericolosità e conseguentemente dei successivi livelli di approfondimento necessari.

All'interno delle aree classificate come scenario Z1 o Z2 non è necessario realizzare l'analisi di 2° livello ma si passa immediatamente all'analisi di 3° livello.

All'interno delle aree classificate come scenario Z3 o Z4, si potrà realizzare (nei casi sotto riportati) l'analisi di 2° livello e, conseguentemente ai suoi risultati, si potrà realizzare (dove necessario) l'analisi di 3° livello in fase progettuale.

Tabella 3.3 – *Scenari di pericolosità sismica*

Sigla	SCENARIO DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	

Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ...)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio $H > 10m$ (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco...)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio - lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio - colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico - meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Lungo le aree classificate come scenario Z5 non è necessaria la valutazione quantitativa a livelli di approfondimento maggiore in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzione a cavallo dei due litotipi; in fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

Il secondo livello è obbligatorio in fase pianificatoria:

- per i comuni ricadenti in zona sismica 4, negli scenari PSL Z3 e Z4 nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti di cui al D.D.U.O. n. 19904 del 21/11/03;
- per i comuni ricadenti in zona sismica 2 o 3, negli scenari PSL suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4) se interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica.

Il 2° livello permette la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi, suscettibili di amplificazione (zone Z3 e Z4), di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici. La procedura di analisi di 2° livello messa a punto per la D.G.R. 8/7374 fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

Il terzo livello è obbligatorio in fase progettuale:

- nelle aree indagate con il 2° livello quando F_a calcolato risulta maggiore del valore di soglia comunale;
- per i comuni ricadenti in zona sismica 4, negli scenari PSL Z1 e Z2 nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti di cui al D.D.U.O. n. 19904 del 21/11/03;
- per i comuni ricadenti in zona sismica 2 o 3, negli scenari PSL caratterizzati da effetti di instabilità (Z1), cedimenti e/o liquefazione (Z2);

- per costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

Il 3° livello permette sia la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi per le sole aree in cui la normativa nazionale risulta inadeguata, sia la quantificazione degli effetti di instabilità dei versanti (zone Z1) e dei cedimenti e/o liquefazioni (zone Z2). Dovranno essere progettati adottando criteri antisismici di cui al D.M. 14 gennaio 2008, definendo le azioni sismiche di progetto a mezzo di analisi di approfondimento di 3° livello tutte le strutture cui all'Allegato A (Elenco degli edifici e delle opere di competenza regionale) del D.D.U.O. 19904 del 21 novembre 2003 Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all'art. 2, commi 3 e 4 dell'ordinanza p.c.m. n. 3274 del 20 marzo, in attuazione della d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003, ovvero edifici ed opere infrastrutturali di interesse strategico di competenza regionale la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile (punto 1. Edifici ed opere strategiche), edifici ed opere infrastrutturali di competenza regionale che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (punto 2. Edifici ed opere rilevanti).

4. MICROZONAZIONE SISMICA

Per la valutazione di dettaglio delle intensità sismiche locali, variabili anche in relazione a diverse configurazioni stratigrafiche e tettoniche, si è adottato il metodo della *microzonazione sismica*, che consente di stimare la variazione dell'entità delle azioni sismiche anche nell'ambito di distanze molto ridotte.

L'attendibilità di tale metodo dipende dal grado di conoscenza delle strutture tettoniche, della stratigrafia del sito, dell'intensità del sisma di riferimento, della distanza dell'epicentro e delle caratteristiche fisiche ed elastiche dei vari litotipi.

Per la valutazione dell'incremento locale di intensità sismica si adotta il metodo di MEDVEDEV (1965), derivante da correlazioni empiriche effettuate in siti con differenti successioni stratigrafiche.

In tale metodo riveste fondamentale importanza la definizione della *rigidità sismica* (R) (o *impedenza sismica*), definita dalla seguente relazione:

$$R \text{ (ton/m.s) } = \gamma \times V_s$$

in cui:

γ peso di volume del terreno considerato (ton/m³)

V_s velocità delle onde S (m/sec)

La determinazione delle V_s può essere effettuata con due metodi:

a) sulla scorta delle *basi sismiche* di superficie, che consentono la misura delle onde V_p , secondo la relazione:

$$V_s = V_p \left[\frac{(1 - 2\nu)}{(2 - 2\nu)} \right]^{1/2}$$

in cui

ν modulo di Poisson

b) sulla scorta delle prove *Standard Penetration Test* (SPT) per i materiali incoerenti, secondo la relazione

$$V_s = a N_{spt}^b$$

in cui «a» e «b» sono due parametri variabili in relazione alla granulometria dei sedimenti.

I valori proposti da IMAI, FUMOTO E YOKOTA (1976) sono i seguenti:

$$a = 97 \quad b = 0,314$$

Nei calcoli viene assunto come livello di riferimento il substrato roccioso (*bedrock*) o, se assente, il livello stratigrafico noto inferiore, purchè abbia una velocità delle onde $V_s > 700$ m/sec.

L'incremento d'intensità sismica (n_1) che si ha al passaggio tra il *bedrock* e la copertura è dato da

$$n_1 = 1,67 \ln \left(\frac{R'}{R} \right)$$

in cui:

R' impedenza sismica del terreno di copertura;

R impedenza sismica del substrato di riferimento.

Nel caso di terreno di copertura stratificato l'impedenza sismica R' sarà data dalla media pesata delle impedenze sismiche dei singoli strati:

$$R' = \frac{(\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \dots + \gamma_n V_{sn} H_n)}{H_{tot}}$$

in cui:

H₁, H₂, H_n spessori (m) dei singoli strati

H_{tot} spessore totale della copertura

La presenza della falda idrica comporta un ulteriore incremento dell'intensità sismica (n₂), valutabile secondo la relazione

$$n_2 = e^{-0,04 \cdot h^2}$$

con h = profondità dal p.c. della superficie freatica (m).

Successivamente sono stati introdotti altri due fattori che tengono conto dell'inclinazione del pendio (n₃) e dell'inclinazione del substrato di riferimento (n₄), secondo le relazioni:

$$n_3 = 1 + \ln[1 + \text{sen}(i)]$$

$$n_4 = 1 + \ln[1 + \text{sen}(\alpha)]$$

essendo rispettivamente

i inclinazione media del pendio;

α inclinazione media del substrato di riferimento

Nel caso che il sito esaminato sia prossimo ad una faglia si pone α = 90°.

L'incremento di intensità sismica totale (dI) è dato dalla seguente espressione:

$$dI = (n_1 + n_2) \cdot 3 \cdot \text{Log}(n_3 \cdot n_4)$$

La valutazione dell'intensità sismica totale (I_s) risulta dalla somma dell'intensità sismica nel *bedrock* (I_r) e dell'incremento di intensità sismica (dI):

$$I_s = I_r + dI$$

Il valore di I_r può essere ricavato direttamente dalle carte della distribuzione delle intensità sismiche; in mancanza di queste ultime si può ricavare dalla relazione

$$I_r = I' - aI$$

in cui

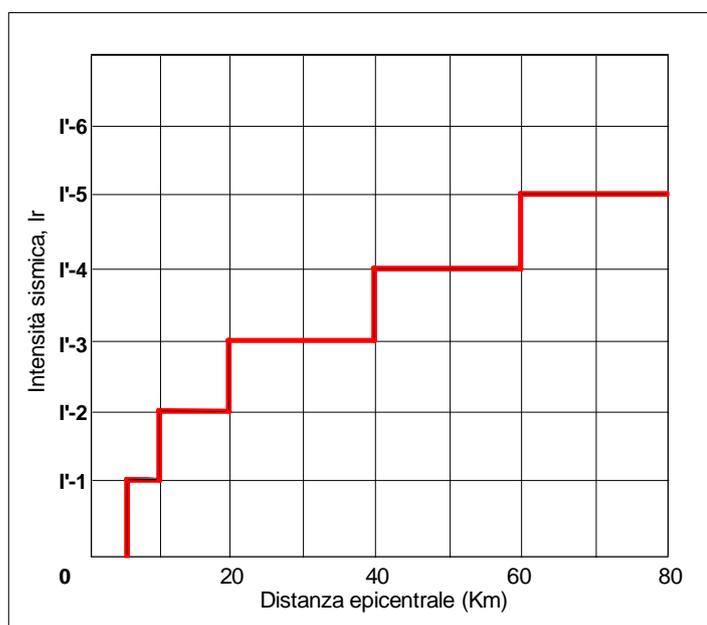
- l' intensità sismica epicentrale;
- al attenuazione dell'intensità sismica con la distanza.

Il valore di «al» può essere ricavato dal diagramma a scalini utilizzato per la realizzazione delle *Carte Preliminari della Scuotibilità del territorio nazionale* (C.N.R., 1979), che rappresenta una legge di attenuazione media nazionale, analiticamente espressa dalla seguente relazione:

$$aI = -1,96^{-5} \cdot R^3 + 0,003 \cdot R^2 - 0,185 \cdot R - 0,274$$

e rappresentata nel grafico a gradini della Figura 4.1.

Figura 4.1 – Diagramma dell'attenuazione sismica con la distanza



Legge di attenuazione media nazionale

Infine viene valutata l'accelerazione sismica al *bedrock* (A(g)) ed al suolo (A'(g)) con le seguenti espressioni:

$$A(g) = \frac{10^{(I/3)-1}}{9,81}$$

$$A'(g) = A(g) \{ [1 + \text{Ln}(n_1 + n_2)] (n_1 n_2) \}$$

4.1. Carte della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica

Sulla scorta di quanto esposto nel precedente paragrafo sono state elaborate le carte della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, su base topografica in scala

1:2.000 in cui si è tenuto conto sia delle strutture morfotettoniche, sia delle successioni stratigrafiche locali e della presenza della falda idrica.

4.1.1. Pericolosità sismica locale

Per la *pericolosità sismica locale* sono state redatte le apposite carte tematiche negli allegati di cui sopra, con riferimento alla normativa della Regione Lombardia, finalizzate ad individuare le zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono prevedibili, con buona attendibilità, sulla base di osservazioni geologiche, dei dati disponibili (cartografia topografica di dettaglio, cartografia geologica e dei dissesti ed i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche).

Gli scenari sono quelli della pericolosità sismica locale, di seguito riassunti nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – *Scenari di pericolosità sismica locale*

Sigla	SCENARIO DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili,...)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H>10m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco...)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio - lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio - colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico - meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

In funzione delle caratteristiche dei terreni presenti nel territorio in esame si distinguono due grandi tipi di effetti locali; quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità.

a) Effetti di sito o di amplificazione sismica locale: tali effetti interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese, e sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento) relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti al bedrock a causa dell'interazione delle onde sismiche con particolari condizioni locali.

Tali effetti si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito.

- Effetti di amplificazione topografica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentata da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo e seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello di fatto; se l'irregolarità topografica è rappresentata dal substrato roccioso si verifica solo l'effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiale non roccioso l'effetto amplificatorio è la risultante tra affetto topografico e litologico.
- Effetti di amplificazione litologica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno e fenomeni di risonanza.

b) Effetti di instabilità: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti:

- nel caso di versanti in equilibrio precario si possono verificare fenomeni di riattivazione e neoformazione di movimenti franosi per cui il sisma rappresenta un fenomeno d'innesco sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.

- nel caso di aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici quali faglie sismogenetiche, si possono verificare movimenti relativi verticali o orizzontali tra diversi settori
- nel caso di terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico meccaniche si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo, per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per terreni fini sabbiosi saturi sono possibili fenomeni di liquefazione.

4.1.2. Microzonazione sismica

Per l'elaborazione delle carte di microzonazione sismica si è adottata la seguente metodologia:

- a) determinazione dell'*accelerazione sismica in superficie*, in corrispondenza di *Siti* a stratigrafia nota, rilevata dai sondaggi geognostici, dalle indagini geofisiche effettuati o dai profili litologici;
- b) valutazione qualitative dell'eventuale incremento di intensità sismica in relazione a particolari conformazioni morfologiche (es.: forme a cupola con elevato rapporto altezza/larghezza).

Per la determinazione dell'*accelerazione sismica al bedrock* ($A(g)$) ed al suolo ($A'(g)$) è stato adoperato un programma di calcolo, elaborato su foglio elettronico *Excel 5.0*, in cui i dati di input sono i seguenti:

- a) per ciascun terreno vengono inseriti: modulo di Poisson (ν), peso di volume γ (ton/m^3); velocità (m/sec) delle onde sismiche longitudinali (V_p) rilevate dalle indagini sismiche o, in assenza di queste, valutate in relazione alla litologia del livello in esame;
- b) valori N_{spt} rappresentativi, se disponibili, per i livelli incoerenti;
- c) spessore (H) in m di ciascuno strato;
- d) profondità dal p.c. in m della falda idrica, se presente;
- e) inclinazione ($^\circ$) del pendio;
- f) inclinazione ($^\circ$) del *bedrock*; in prossimità di faglie si pone l'inclinazione del *bedrock* = 90°
- g) intensità sismica epicentrale;

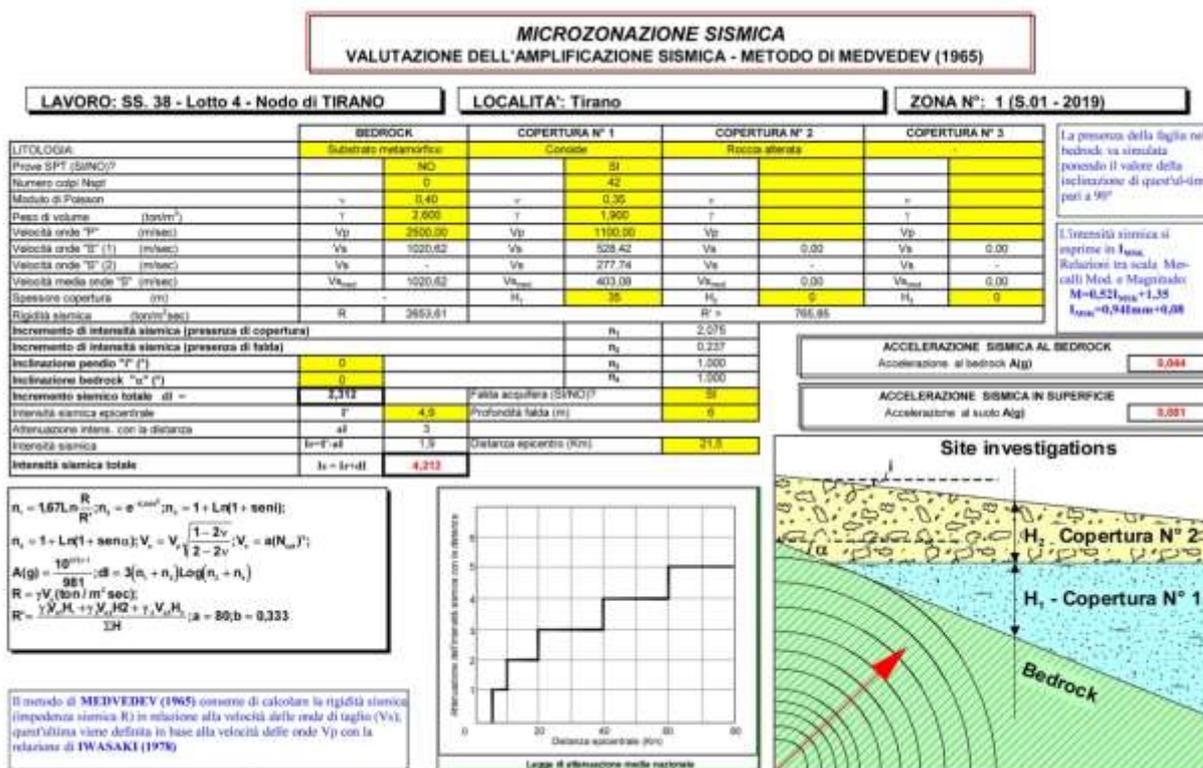
h) distanza in Km dell'epicentro.

Il programma calcola in automatico:

- ✓ la velocità delle onde trasversali (V_s) in m/sec
- ✓ la rigidità sismica del *bedrock* (R) e della copertura (R')
- ✓ i vari incrementi di intensità sismica dovuti alla presenza della copertura (n_1), alla presenza delle falda (n_2), all'inclinazione del pendio (n_3) e del *bedrock* (n_4)
- ✓ l'incremento totale di intensità sismica (dl)
- ✓ l'attenuazione dell'intensità con la distanza dall'epicentro (a)
- ✓ l'accelerazione sismica al *bedrock* ($A(g)$) ed al suolo ($A'(g)$).

I dati di ciascuno dei siti analizzati sono riportati nelle apposite schede di calcolo in Appendice "A", di cui nella Figura 4.2 si riporta un esempio.

Figura 4.2 – Esempio di scheda di calcolo di microzonazione sismica



I dati adottati per il calcolo sono i seguenti:

- a) intensità sismica epicentrale $l' = 4,9$ (Terremoto del 29 Dicembre 1999);

- b) distanza dell'epicentro circa 21,5 Km;
- c) velocità delle onde V_p nella maggior parte dei casi valutata sulla scorta delle indagini sismiche effettuate;
- d) peso di volume (γ) ricavato o dalle analisi geotecniche di laboratorio o valutato in relazione al litotipo;
- e) modulo di Poisson (ν) valutato in relazione alla litologia.

Nelle seguenti Tabelle 4.2 e 4.3 sono riportati in sintesi tutti i dati relativi alle due carte tematiche [cfr. All. 1MS (Tav. 1 di 2) e 2MS (Tav. 2 di 2)]:

- N° del Sito analizzato;
- N° del Sondaggio, se presente, alla cui stratigrafia si fa riferimento;
- litologia degli strati;
- spessori degli strati;
- peso di volume di ciascun terreno;
- profondità della falda acquifera;
- velocità delle onde V_p

Tabella 4.2 – Sintesi dei dati della Carta Microzonazione Sismica (Tav. 1 di 2)

MICROZONAZIONE SISMICA (Metodo di MEDVEDEV, 1965)								
SITO/ZONA	Indagine	Anno	Inclinazione pendio	Presenza di faglia	Accelerazione al suolo A(g)	A(g) < 0,070	0,070 ≤ A(g) < 0,090	A(g) ≥ 0,090
1	S.01	2019	0°		0,081			
2	SP.10	2009	0°		0,074			
3	S.02DH	2019	0°		0,078			
4	SP.9	2009	0°		0,083			
5	SD.8	2009	0°		0,083			
6	S.03	2009	0°		0,078			
7	S.04PZ	2019	0°		0,080			
8	S.05	2019	0°		0,082			
9	S.6	2002	0°	X	0,133			
10	SP.10	2009	0°	X	0,131			
11	MASW 1	2019	0°	X	0,129			
12	S.2	2009	0°		0,075			
13	S.06DH	2019	0°		0,077			
14	S.07PZ	2019	0°		0,075			
15	S.08PZ	2019	0°		0,077			
16	SP.11	2002	0°		0,093			

Tabella 4.3 – Sintesi dei dati della Carta Microzonazione Sismica (Tav. 2 di 2)

MICROZONAZIONE SISMICA (Metodo di MEDVEDEV, 1965)								
SITO/ZONA	Indagine	Anno	Inclinazione pendio	Presenza di faglia	Accelerazione al suolo A(g)	A(g) < 0,070	0,070 ≤ A(g) < 0,09	A(g) ≥ 0,090
16	SP.11	2002	0°		0,093			
17	S.3	2009	0°		0,062			
18	BS.01	2019	0°		0,052			
19	BS.03	2019	0°		0,060			
20	LS.08	2002	0°		0,093			
21	LS.09	2002	0°		0,085			
22	BS.02	2019	0°		0,051			
23	SP.4	2009	0°		0,052			
24	BS.05	2009	0°		0,060			
25	S.05	2009	0°		0,070			
26	SP.12	2002	0°		0,089			
27	LS.15	2002	0°		0,088			
28	LS.9	2009	0°		0,079			
29	LS.18	2002	0°		0,097			
30	LS.19	2002	0°		0,093			
31	S.2	2002	0°		0,085			
32	S.11DH	2019	0°		0,079			
33	SP.13	2002	0°		0,079			

4.1.3. Definizione delle categorie del sottosuolo

La definizione della categoria del sottosuolo necessita di indagini che permettano di effettuare una opportuna caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo. La classificazione si ottiene sulla base dei valori misurati della velocità equivalente ($V_{s,eq}$) di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità ed in base a questi valori si distinguono 5 categorie di sottosuolo.

Tali valori sono stati ottenuti dalle prove in sito, Down Hole, Re. MI. e MASW, che hanno evidenziato che i depositi indagati presentano velocità tali da essere collocati in classe B secondo la normativa italiana vigente (cfr. analisi sismiche). Gli ammassi rocciosi affioranti rientrano in categoria A.

Per quanto riguarda invece la distinzione delle categorie topografiche il territorio in esame rientra prevalentemente nelle categorie T1, piana di fondovalle, e T2, zona di versante; solo in località Il Dosso è stata evidenziata una categoria tipo T4.

Nelle tre campagne di indagini geognostiche (2002, 2009 e 2019) sono state eseguite delle indagini geofisiche, consistenti sia in stendimenti di sismica a rifrazione, sia in prove Down Hole per la definizione del $V_{s,eq}$ (Prova Down Hole), come da Tabelle 4.4, 4.5 e 4.6.

Tabella 4.4 – Indagini geofisiche del 2002

Anno	Traverse sismica	Terreno di copertura	Depositi addensati	Basamento
	N°	V1p (m/sec)	V2p (m/sec)	V3p (m/sec)
2002	LS1	482		2695
	LS2	445		2581
	LS3	563		3942
	LS4	390	1127	
	LS5	396	1145	
	LS6	464	1157	
	LS7	382	1126	
	LS8	450	787	3588
	LS9	464	1158	2709
	LS10	435	966	3256
	LS11	472	890	3681
	LS12	354	913	4755
	LS13	382	987	4565
	LS14	347	840	3569
	LS15	446	956	4615
	LS16	450	845	3286
	LS17	433		2932
	LS18	342		2725
	LS19	463		2634
	LS20	677		2426
	LS21	472	829	2756
	LS22	367	1138	2450
2019	BS01	300÷1000	1000÷1800	1800÷2600
	BS02	300÷1000	1000÷1800	
	BS03	300÷1000	1000÷1800	1800÷2800
	BS04	300÷1000	1000÷2000	2000÷2200
	BS05	300÷1000	1000÷1600	> 1600
	BS06	300÷1000	1000÷2000	> 2000
Range Velocità Terreno di copertura			V1p (m/sec)	342 ÷ 1000
Range Velocità Depositi addensati			V2p (m/sec)	787 ÷ 2000
Range Velocità Basamento			V3p (m/sec)	1800 ÷ 4755

Tabella 4.5 – Determinazione del $V_{s,eq}$ (anno 2009)

Traversa Sismica	Prova Re.Mi. ¹	M.A.S.W. ²	Classe Terreno
N°	m/sec	m/sec	
LS.1	408	465	B
LS.2	426	470	B
LS.3	580	567	B
LS.4	429	449	B
LS.5	578	539	B
LS.6	530	533	B
LS.7	765	663	B
LS.8	531	512	B
LS.9	523	760	B
LS.10	662	600	B

¹ = Refraction Microtremor

² = Multi-channel Analysis of Surface Waves

Tabella 4.6 – Determinazione del $V_{s,eq}$ (anno 2019)

Down Hole	V _{s,eq}	Classe Terreno
N°	m/sec	
S.02DH	463	B
S.06DH	439	B
S.11DH	405	B

MASW	V _{s,eq}	Classe Terreno
N°	m/sec	
1	625	B
2	449	B

In tutte le prove i terreni investigati ricadono nella **classe B**, essendo stato determinato un range di velocità delle onde S

$$408 \leq V_s \leq 765 \text{ m/sec}$$

Dalla prova Down Hole del sondaggio S.8 (anno 2009), sulla scorta delle velocità delle onde di taglio (V_{S_h}) si può riferire il valore del V_{s,eq}:

$$V_{s,30} = 436 \text{ m/sec}$$

che conferma come l'area investigata può collocarsi sempre in **classe B**, secondo la vigente normativa sismica.

5. CARTE TEMATICHE

Sulla scorta di quanto e posto nei precedenti paragrafi sono state elaborate N° 2 carte tematiche di “*Pericolosità sismica locale e microzonazione sismica*” su base topografica in scala 1:2.000.

Ciascuna carta è costituita da 3 livelli di dati, che dal basso verso l’alto sono:

- Zone a differente pericolosità sismica locale, con legenda di cui alla Figura 5.1; nella carta sono presenti solo alcune delle suddette zone.

Figura 5.1 – *Legenda della Pericolosità sismica locale*

ZONE A DIFFERENTE PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE con codifica delle aree suscettive di amplificazione sismica (Regione Lombardia, D.G.R. 2616/2011)		EFFETTO
Z1a	<i>Zone con movimenti franosi attivi</i> Instabilità	Instabilità
Z1b	<i>Zone caratterizzate da movimenti franosi quiescenti</i> Instabilità	
Z1c	<i>Zone a potenziale rischio di frana</i> Instabilità	
Z3a	<i>Zone di orlo di scarpata con H > 10 m</i> Amplificazione sismica per configurazione topografica	Amplificazioni topografiche
Z3b	<i>Zone di creste e/o alti morfologici</i> Amplificazione sismica per configurazione topografica	
Z4a	<i>Zone di fondovalle con accumulo di depositi alluvionali</i> Amplificazione sismica per configurazione morfologica e litologica	Amplificazioni litologiche
Z4b	<i>Zone pedemontane di falde di detrito e/o conoidi</i> Amplificazione sismica per configurazione morfologica e litologica	
Z4c	<i>Zone moreniche</i> Amplificazione sismica per configurazione morfologica e litologica	
Z5	<i>Zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisiche molto differenti</i> Amplificazione sismica per comportamento differenziale	Amplificazioni differenziali

- Topografia e tracciato stradale
- Microzonazione sismica, con ubicazione dei siti con differente accelerazione sismica al suolo Ag(g)

Dall’elaborazione delle suddette carte si possono trarre le seguenti considerazioni:

a) *Pericolosità sismica locale*

La distribuzione areale delle aree a differente pericolosità sismica locale è riassunta nella Tabella 5.1, dove sono riportate le presenze percentuali di ciascuna delle zone di cui alla Figura 5.1.

Tabella 5.1 – Distribuzione percentuale delle zone a differente pericolosità sismica locale

Distribuzione percentuale delle aree a differente pericolosità sismica locale		
Zone	(Km ²)	Percentuali totali %
Z1a	0,010140	0,129
Z1b	0,101544	1,292
Z1c	0,000000	0,000
Z2a	0,000000	0,000
Z2b	0,000000	0,000
Z3a	0,000000	0,000
Z3b	0,000000	0,000
Z4a	3,100544	39,456
Z4b	2,072377	26,372
Z4c	2,278793	28,999
Z4d	0,000000	0,000
Z5	0,294848	3,752

Dalla suddetta tabella si può desumere che:

- la zona più estesa è la **Z4a** che occupa, relativamente al tratto di territorio analizzato (poco meno di 8 Km²), circa 3,1 Km², pari al 39,5% dell'intera area. Si tratta delle aree pianeggianti della pianura fluviale, che possono dar luogo ad amplificazioni per cause legate alla litologia;
- la zona **Z4c** occupa circa 2,3 Km² del suddetto territorio, pari al 29% circa dell'intera area; si tratta di *zona moreniche con presenza di depositi granulari e/o coesivi*, che possono dar luogo ad amplificazioni per cause legate alla litologia;
- la zona **Z4b** occupa circa 2,1 Km² del suddetto territorio, pari al 26,4% circa dell'intera area; si tratta di *falde di detrito o di conoidi*, che possono dar luogo ad amplificazioni per cause legate alla litologia;
- la zona **Z1a** occupa circa 0,01 Km² del suddetto territorio, pari al 0,13% circa dell'intera area; si tratta di *zone di limitata con presenza di aree instabili*, di limitata estensione ;
- la zona **Z1b** occupa circa 0,1 Km² del suddetto territorio, pari al 1,3% circa dell'intera area; si tratta di *zone caratterizzate da movimenti franosi quiescenti*, che possono dar luogo ad instabilità;
- la zona **Z5** occupa circa 0,3 Km² del suddetto territorio, pari al 3,8% circa dell'intera area; si tratta di *zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse*, che possono dar luogo a comportamenti differenziali;

b) Pericolosità sismica locale

Dalle carte di microzonazione sismica, in cui sono state riportati i siti con differenti ranges di accelerazione sismica al suolo, si possono sintetizzare i seguenti dati:

- Tav. 1 di 2

Accelerazione al suolo $A_g(g)$	N° Siti
$A(g) < 0,070$	0
$0,070 < A(g) < 0,090$	12
$A(g) > 0,090$	4

- Tav. 2 di 3

Accelerazione al suolo $A_g(g)$	N° Siti
$A(g) < 0,070$	6
$0,070 < A(g) < 0,090$	8
$A(g) > 0,090$	4

Si può, quindi, concludere che la maggior parte dei siti analizzati è caratterizzata da una accelerazione sismica al suolo compresa tra

$$0,070 \leq A_g(g) \leq 0,090$$

che rappresenta un *range* all'interno del quale ricade il valore assegnato all'area in studio dalla vigente normativa:

$$A_{g_{max}} = 0,087693$$

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

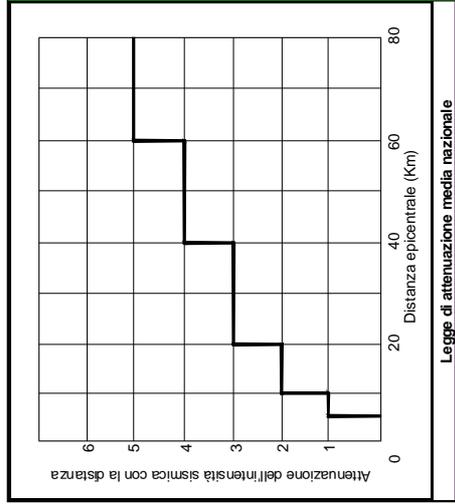
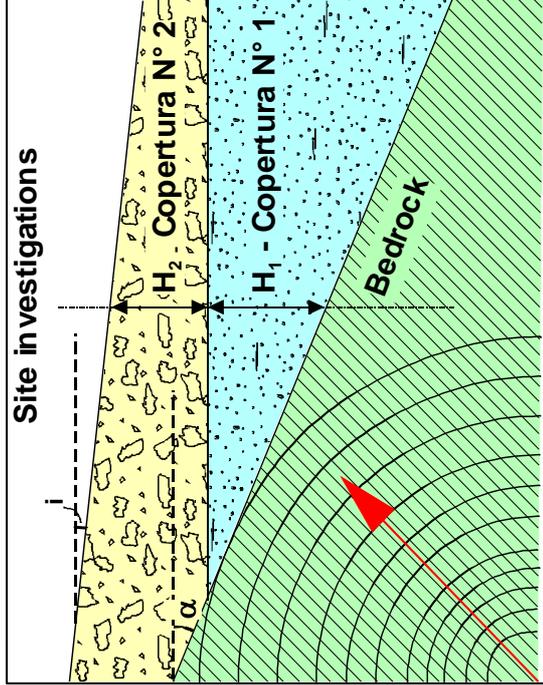
LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 1 (S.01 - 2019)

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	Concide	Roccia alterata					
Prove SPT (S/NO)?	NO	SI						
Numero colpi Nspst	0	42						
Modulo di Poisson	v	0,35						
Peso di volume (ton/m ³)	γ	2.600						
Velocità onde "P" (m/sec)	Vp	2500,00						
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	Vs	1020,62						
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	Vs	-						
Velocità media onde "S" (m/sec)	Vs _{med}	1020,62						
Spessore copertura (m)	H ₁	35						
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	2653,61						
Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)								
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)	n ₁	2,075						
Inclinazione pendio "i" (°)	n ₂	0,237						
Inclinazione bedrock "α" (°)	n ₃	1,000						
Incremento sismico totale dI =	n ₄	1,000						
Intensità sismica epicentrale	Falda acquifera (S/NO)?							
Attenuazione intens. con la distanza	I'	4,9						
Intensità sismica	aI	3						
Intensità sismica totale	I _r =I'+aI	1,9						
	I _s = I _r +dI	4,212						

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,081**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1^2}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s^2 (ton/m^2 sec);$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\Sigma H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

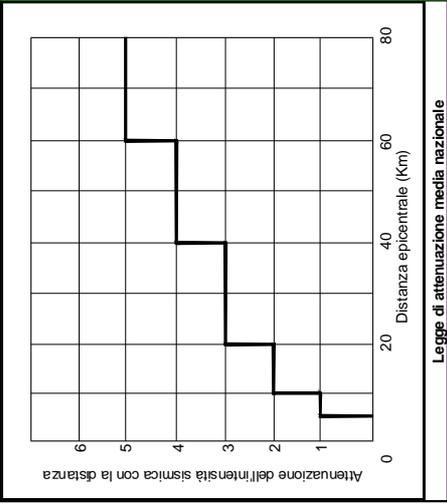
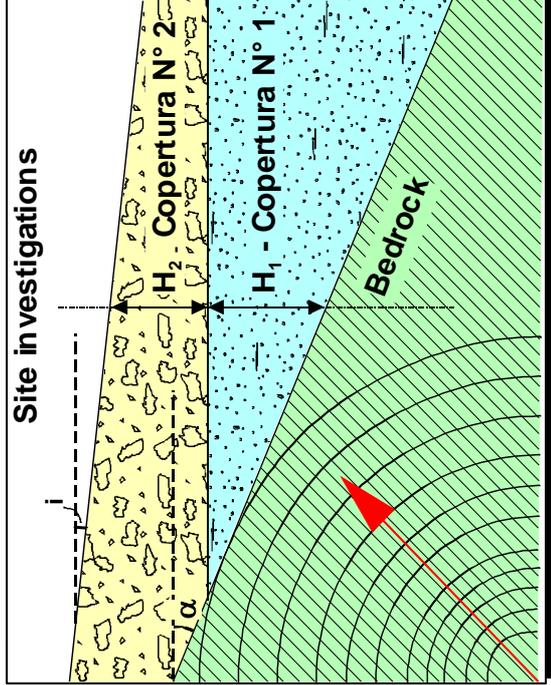
LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 2 (SP.10 - 2009)

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	Concide	Roccia alterata					
Prove SPT (S/NO)?	NO	SI						
Numero colpi Nspst	0	67						
Modulo di Poisson	0,40	0,35						
Peso di volume (ton/m ³)	2.600	1.900						
Velocità onde "P" (m/sec)	2500,00	1100,00						
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	1020,62	528,42						
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	-	324,47						
Velocità media onde "S" (m/sec)	1020,62	426,45						
Spessore copertura (m)	-	H ₁						
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	2653,61						
Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)		n ₁						
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)		n ₂						
Inclinazione pendio "i" (°)	0	n ₃						
Inclinazione bedrock "α" (°)	0	n ₄						
Incremento sismico totale dI =	1,982	Falda acquifera (S/NO)?						
Intensità sismica epicentrale	I'	Profondità falda (m)						
Attenuazione intens. con la distanza	aI							
Intensità sismica	Ir=I'-aI	Distanza epicentro (Km)						
Intensità sismica totale	Is = Ir+a dI							

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,074**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1^2}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (\text{ton/m}^2 \text{sec});$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\Sigma H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

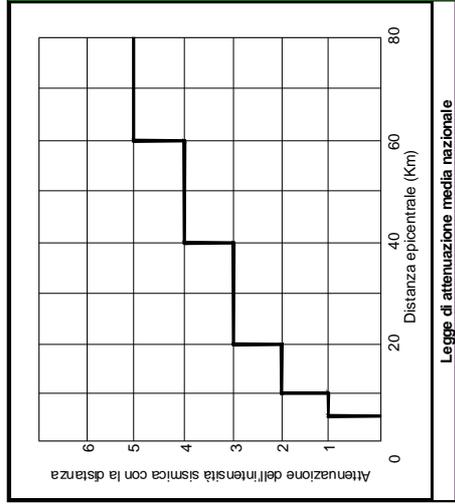
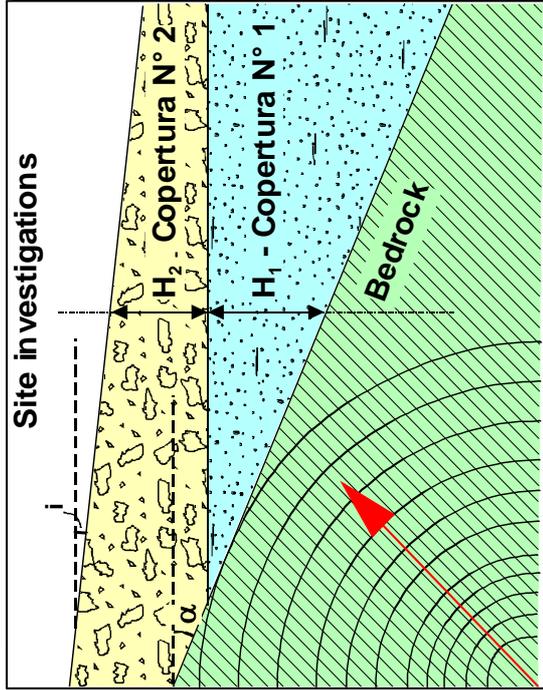
LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 3 (S.02DH - 2019)

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	NO	Depositi alluvionali	Roccia alterata				
Prove SPT (S/NO)?	NO		SI					
Numero colpi Nspst	0		67					
Modulo di Poisson	v	0,40	v		v		v	
Peso di volume (ton/m³)	γ	2,600	γ		γ		γ	
Velocità onde "P" (m/sec)	Vp	2500,00	Vp		Vp		Vp	
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	Vs	1020,62	Vs		Vs		Vs	
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	Vs	-	Vs		Vs		Vs	
Velocità media onde "S" (m/sec)	Vs _{med}	1020,62	Vs _{med}		Vs _{med}		Vs _{med}	
Spessore copertura (m)	H ₁		H ₁		H ₂		H ₃	
Rigidità sismica (ton/m²sec)	R	2653,61			R'			
Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)			n ₁		n ₂			
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)			n ₃		n ₄			
Inclinazione pendio "i" (°)	0							
Inclinazione bedrock "α" (°)	0							
Incremento sismico totale dI =	2,191							
Intensità sismica epicentrale	I'		Falda acquifera (S/NO)?					
Attenuazione intens. con la distanza	aI	4,9	Profondità falda (m)					
Intensità sismica	Ir=I'-aI	1,9	Distanza epicentro (Km)					
Intensità sismica totale	Is = Ir+aI	4,091						

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,078**



Legge di attenuazione media nazionale

$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (ton/m^2 sec);$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\Sigma H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

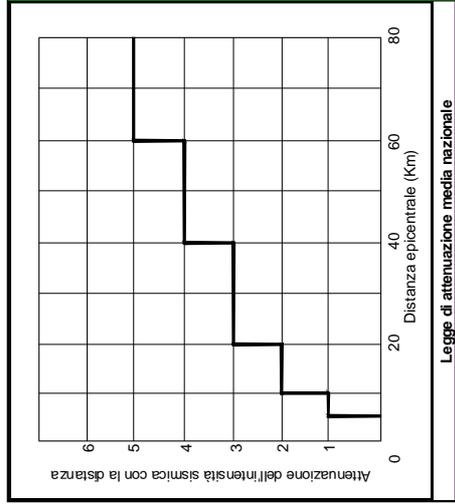
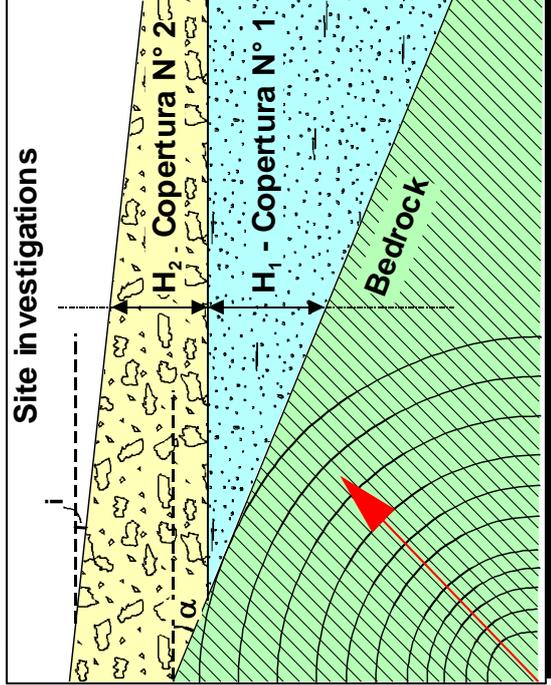
LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 4 (SP.9 - 2009)

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	Depositi alluvionali						
Prove SPT (S/NO)?	NO	SI						
Numero colpi Nspst	0	31						
Modulo di Poisson	v	0,30						
Peso di volume (ton/m ³)	γ	1,900						
Velocità onde "P" (m/sec)	Vp	800,00						
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	Vs	427,62						
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	Vs	251,02						
Velocità media onde "S" (m/sec)	Vs _{med}	339,32						
Spessore copertura (m)	H ₁	35						
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	2653,61						
Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)								
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)			n ₁					R' = 644,71
Inclinazione pendio "i" (°)	0		n ₂					2,363
Inclinazione bedrock "α" (°)	0		n ₃					0,062
Incremento sismico totale dI =	2,425		n ₄					1,000
Intensità sismica epicentrale	I'		Falda acquifera (S/NO)?				SI	
Attenuazione intens. con la distanza	aI		Profondità falda (m)				8,34	
Intensità sismica	Ir=I'-aI		Distanza epicentro (Km)				21,5	
Intensità sismica totale	Is = Ir+aI						4,325	

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,083**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (\text{ton/m}^2 \text{sec});$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\sum H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

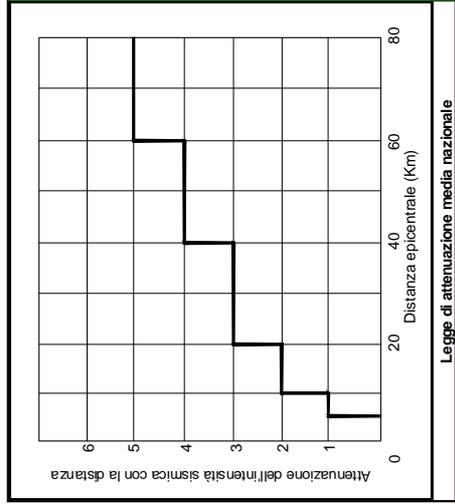
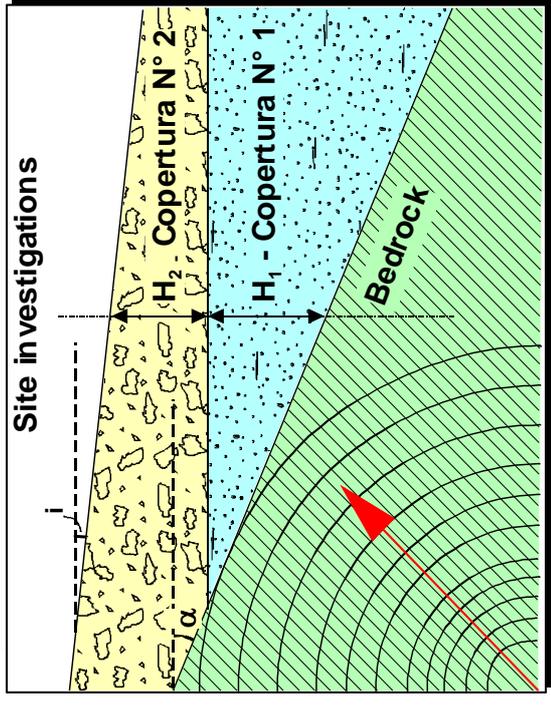
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO **LOCALITA': Tirano** **ZONA N°: 5 (SD.8 - 2009)**

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	NO	Depositi alluvionali	SI	Roccia alterata	-	-	-
Prove SPT (S/NO)?		0		37				
Numero colpi Nspst		0						
Modulo di Poisson	v	0,40	v	0,42	v	v	v	v
Peso di volume (ton/m ³)	γ	2.600	γ	1.900	γ	γ	γ	γ
Velocità onde "P" (m/sec)	Vp	2500,00	Vp	1100,00	Vp	Vp	Vp	Vp
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	Vs	1020,62	Vs	408,53	Vs	0,00	Vs	0,00
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	Vs	-	Vs	266,26	Vs	-	Vs	-
Velocità media onde "S" (m/sec)	Vs _{med}	1020,62	Vs _{med}	337,39	Vs _{med}	0,00	Vs _{med}	0,00
Spessore copertura (m)	H ₁	-	H ₁	35	H ₂	0	H ₃	0
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	2653,61						
Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)								
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)			n ₁	2,372				
Inclinazione pendio "i" (°)	0		n ₂	0,077				
Inclinazione bedrock "α" (°)	0		n ₃	1,000				
Incremento sismico totale "dI" =	2,450		n ₄	1,000				
Intensità sismica epicentrale	I'	4,9	Falda acquifera (S/NO)?	SI				
Attenuazione intens. con la distanza	aI	3	Profondità falda (m)	8				
Intensità sismica	I _r =I'-aI	1,9	Distanza epicentro (Km)	21,5				
Intensità sismica totale	I _s = I _r +dI	4,350						

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,083**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1^2}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s^2 (\text{ton/m}^2 \text{sec});$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\sum H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO **LOCALITA': Tirano** **ZONA N°: 6 (S.03 - 2009)**

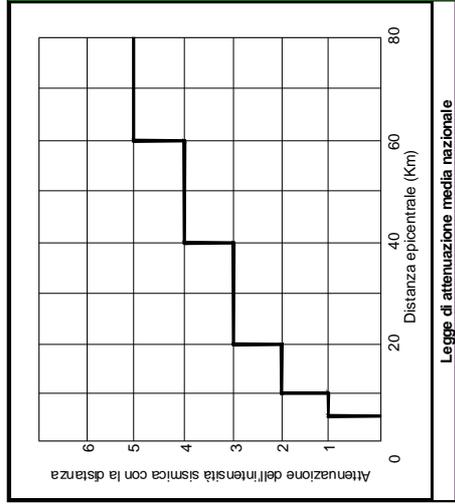
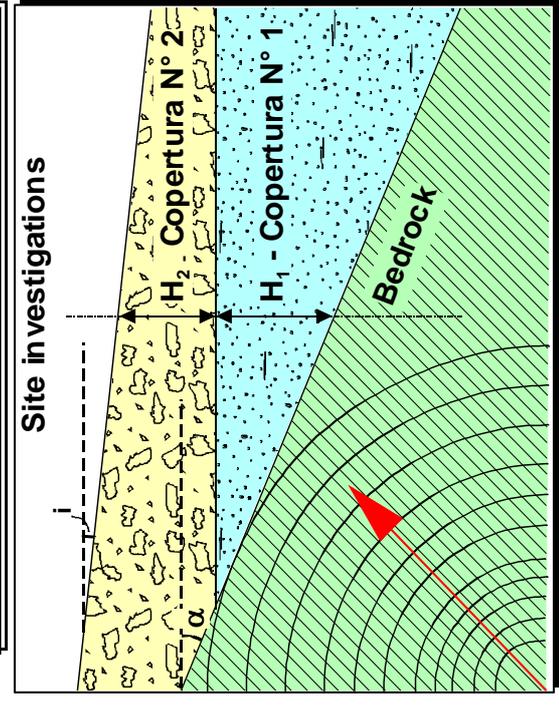
LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	NO	Depositi alluvionali	SI	Roccia alterata	-	-	-
Prove SPT (S/NO)?	NO							
Numero colpi Nspst	0			75				
Modulo di Poisson	v	0,40	v	0,42	v		v	
Peso di volume (ton/m³)	γ	2.600	γ	1.900	γ		γ	
Velocità onde "P" (m/sec)	Vp	2500,00	Vp	1100,00	Vp		Vp	
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	Vs	1020,62	Vs	408,53	Vs	0,00	Vs	0,00
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	Vs	-	Vs	336,89	Vs	-	Vs	-
Velocità media onde "S" (m/sec)	Vs _{med}	1020,62	Vs _{med}	372,71	Vs _{med}	0,00	Vs _{med}	0,00
Spessore copertura (m)	H ₁		H ₁	45	H ₂	0	H ₃	0
Rigidità sismica (ton/m²sec)	R	2653,61			R'	708,15		

Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)

Inclinazione pendio "i" (°)	0
Inclinazione bedrock "α" (°)	0
Incremento sismico totale dI =	2,206
Intensità sismica epicentrale	I'
Attenuazione intens. con la distanza	aI
Intensità sismica	Ir=I'-aI
Intensità sismica totale	Is = Ir+a dI

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,078**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (ton/m^2 sec);$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\sum H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 7 (S.04PZ - 2019)

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	NO	Depositi alluvionali	SI	Roccia alterata	-	-	-
Prove SPT (S/NO)?	NO							
Numero colpi Nspst	0			57				
Modulo di Poisson	v	0,40	v	0,42	v		v	
Peso di volume (ton/m³)	γ	2.600	γ	1.900	γ		γ	
Velocità onde "P" (m/sec)	Vp	2500,00	Vp	1100,00	Vp		Vp	
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	Vs	1020,62	Vs	408,53	Vs	0,00	Vs	0,00
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	Vs	-	Vs	307,47	Vs	-	Vs	-
Velocità media onde "S" (m/sec)	Vs _{med}	1020,62	Vs _{med}	358,00	Vs _{med}	0,00	Vs _{med}	0,00
Spessore copertura (m)	H ₁		H ₁	35	H ₂	0	H ₃	0
Rigidità sismica (ton/m²sec)	R	2653,61			R' =	680,20		

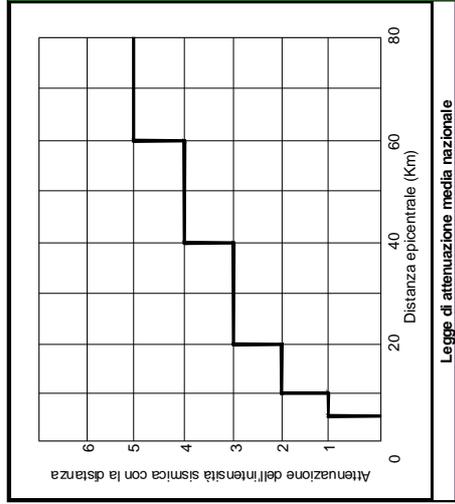
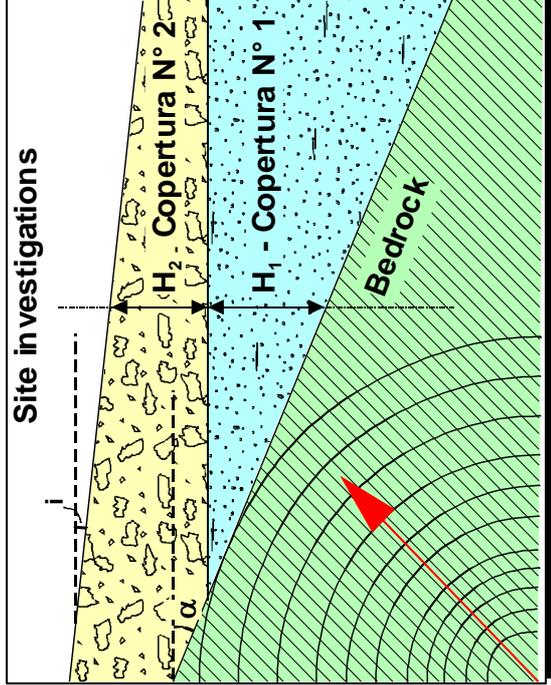
Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)

Inclinazione pendio "i" (°)
Inclinazione bedrock "α" (°)
Incremento sismico totale dI =
Intensità sismica epicentrale
Attenuazione intens. con la distanza
Intensità sismica
Intensità sismica totale

n ₁	2,273
n ₂	0
n ₃	1,000
n ₄	1,000
Falda acquifera (S/NO)?	NO
Profondità falda (m)	
Distanza epicentro (Km)	21,5

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,080**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (ton/m^2 sec);$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\sum H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO **LOCALITA': Tirano** **ZONA N°: 8 (S.05 - 2019)**

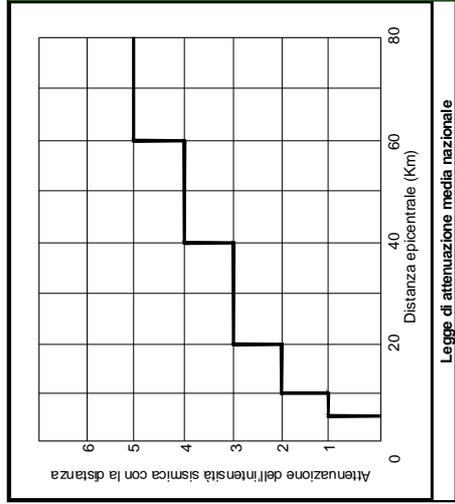
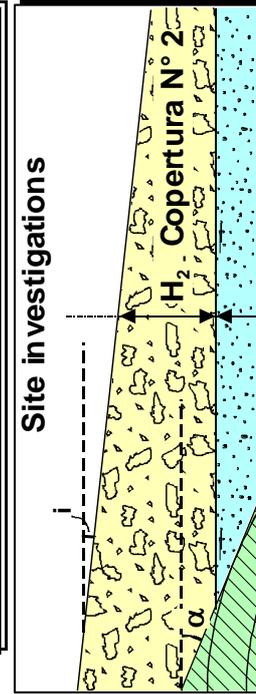
LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	NO	Depositi alluvionali	SI	Roccia alterata	-	-	-
Prove SPT (S/NO)?	NO							
Numero colpi Nspst	0			38				
Modulo di Poisson	v	0,40	v	0,42	v		v	
Peso di volume (ton/m³)	γ	2,600	γ	1,900	γ		γ	
Velocità onde "P" (m/sec)	Vp	2500,00	Vp	1100,00	Vp		Vp	
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	Vs	1020,62	Vs	408,53	Vs	0,00	Vs	0,00
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	Vs	-	Vs	288,63	Vs	-	Vs	-
Velocità media onde "S" (m/sec)	Vs _{med}	1020,62	Vs _{med}	338,58	Vs _{med}	0,00	Vs _{med}	0,00
Spessore copertura (m)	H ₁		H ₁	35	H ₂	0	H ₃	0
Rigidità sismica (ton/m²sec)	R	2653,61			R' =	643,30		

Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)

Inclinazione pendio "i" (°)	0
Inclinazione bedrock "α" (°)	0
Incremento sismico totale dI =	2,366
Intensità sismica epicentrale	I'
Attenuazione intens. con la distanza	aI
Intensità sismica	Ir = I' - aI
Intensità sismica totale	Is = Ir + dI

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,082**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (ton/m^2 sec);$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\sum H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 9 (S.6 - 2002)

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	NO	Depositi alluvionali	Roccia alterata				
Prove SPT (S/NO)?	NO		SI					
Numero colpi Nspst	0		48					
Modulo di Poisson	v	0,40	v	v	v	v	v	v
Peso di volume (ton/m ³)	γ	2.600	γ	γ	γ	γ	γ	γ
Velocità onde "P" (m/sec)	Vp	2500,00	Vp	1100,00	Vp	Vp	Vp	Vp
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	Vs	1020,62	Vs	449,07	Vs	Vs	Vs	Vs
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	Vs	-	Vs	290,36	Vs	Vs	Vs	Vs
Velocità media onde "S" (m/sec)	Vs _{med}	1020,62	Vs _{med}	369,72	Vs _{med}	0,00	Vs _{med}	0,00
Spessore copertura (m)	H ₁		H ₁		H ₂		H ₃	
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	2653,61			R' =	702,47		

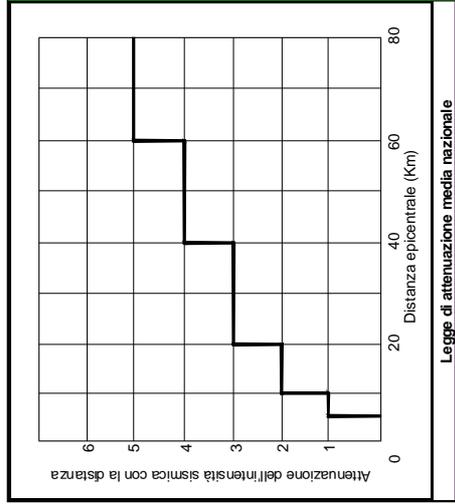
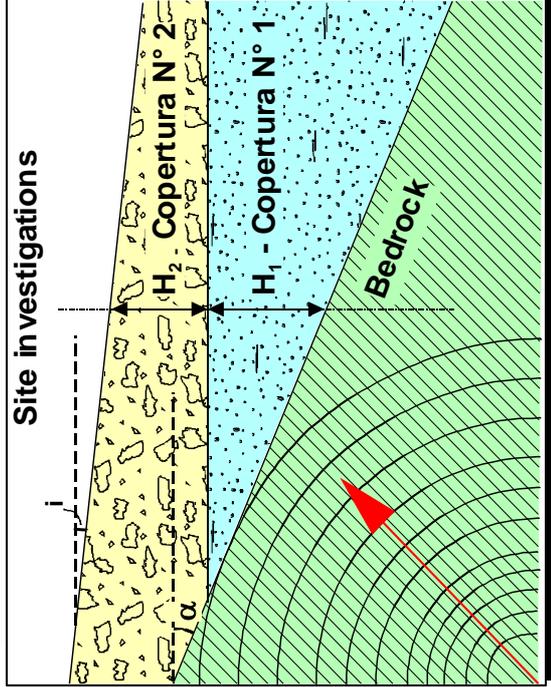
Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)

Inclinazione pendio "i" (°)
Inclinazione bedrock "α" (°)
Incremento sismico totale dI =
Intensità sismica epicentrale
Attenuazione intens. con la distanza
Intensità sismica
Intensità sismica totale

n ₁	2,220
n ₂	0
n ₃	1,000
n ₄	1,693
Falda acquifera (S/NO)?	NO
Profondità falda (m)	
Distanza epicentro (Km)	21,5

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,133**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s^2 (\text{ton/m}^2 \text{sec});$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\sum H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

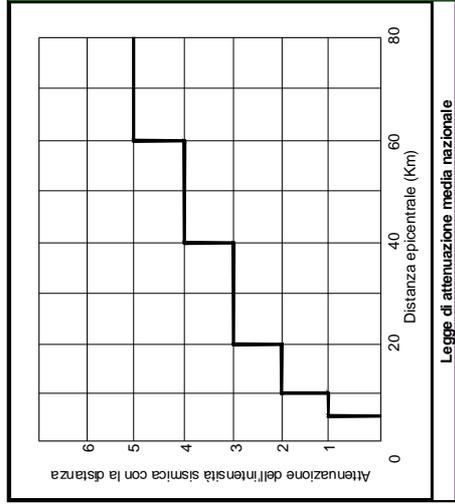
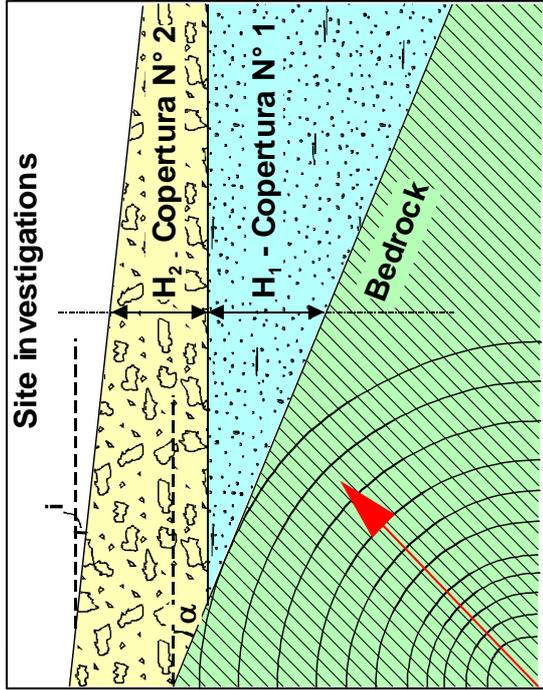
LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 10 (SP.1 - 2009)

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	Depositi alluvionali	Roccia alterata					
Prove SPT (S/NO)?	NO	SI						
Numero colpi N _{spt}	0	68						
Modulo di Poisson	v	0,40						
Peso di volume (ton/m ³)	γ	2.600						
Velocità onde "P" (m/sec)	V _p	2500,00						
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	V _s	1020,62						
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	V _s	-						
Velocità media onde "S" (m/sec)	V _{s_{med}}	1020,62						
Spessore copertura (m)	H ₁	35						
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	2653,61						
Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)			n ₁	2,141				
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)			n ₂	0				
Inclinazione pendio "i" (°)	0		n ₃	1,000				
Inclinazione bedrock "α" (°)	90		n ₄	1,693				
Incremento sismico totale dI =	1,469		Falda acquifera (S/NO)?	NO				
Intensità sismica epicentrale	I'	4,9	Profondità falda (m)					
Attenuazione intens. con la distanza	aI	3	Distanza epicentro (Km)	21,5				
Intensità sismica	I _{r=I'-aI}	1,9						
Intensità sismica totale	I _{s = I_r+dI}	3,369						

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,131**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (\text{ton/m}^2 \text{sec});$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\sum H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 11 (MASW 1 - 2019)

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	NO	Detritico	no				
Prove SPT (S/NO)?	0							
Numero colpi Nspst	0							
Modulo di Poisson	v	0,40	v	0,30	v	v	v	
Peso di volume (ton/m ³)	γ	2,600	γ	1,800	γ	γ	γ	
Velocità onde "P"	Vp	1900,00	Vp	600,00	Vp	Vp	Vp	
Velocità onde "S" (1)	Vs	775,67	Vs	320,71	Vs	0,00	Vs	0,00
Velocità onde "S" (2)	Vs	-	Vs	-	Vs	-	Vs	-
Velocità media onde "S" (m/sec)	Vs _{med}	775,67	Vs _{med}	320,71	Vs _{med}	0,00	Vs _{med}	0,00
Spessore copertura (m)	H ₁		H ₁		H ₂	0	H ₃	0
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	2016,75						577,28

Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)

Incremento di intensità sismica (presenza di falda)	n ₁	2,089
Inclinazione pendio "i" (°)	n ₂	0
Inclinazione bedrock "α" (°)	n ₃	1,000
Incremento sismico totale dI =	n ₄	1,693
Intensità sismica epicentrale	Falda acquifera (S/NO)?	NO
Attenuazione intens. con la distanza	Profondità falda (m)	
Intensità sismica	I'	4,9
Intensità sismica totale	aI	3
	I _r =I'-aI	1,9
	Is = I _r +dI	3,333
	Distanza epicentro (Km)	21,5

$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

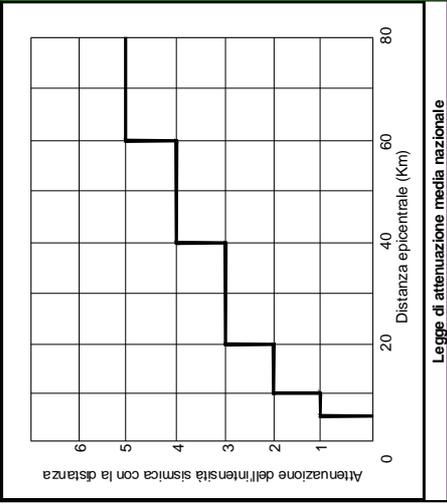
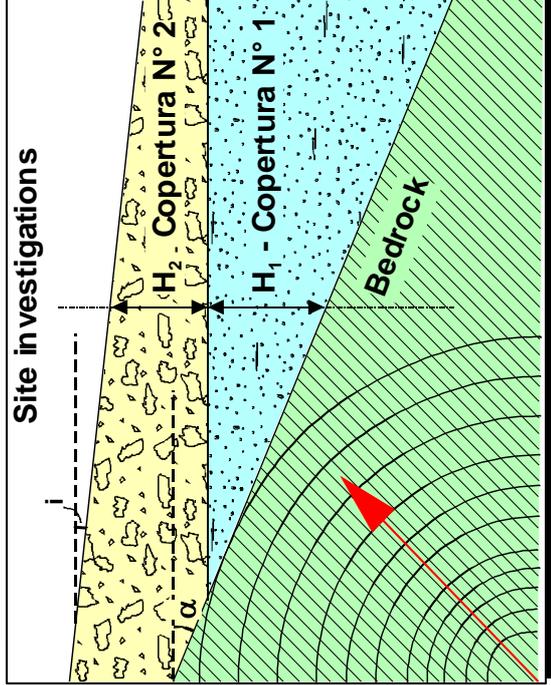
$$R = \gamma V_s^2 (\text{ton/m}^2 \text{sec});$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\sum H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,129**



MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

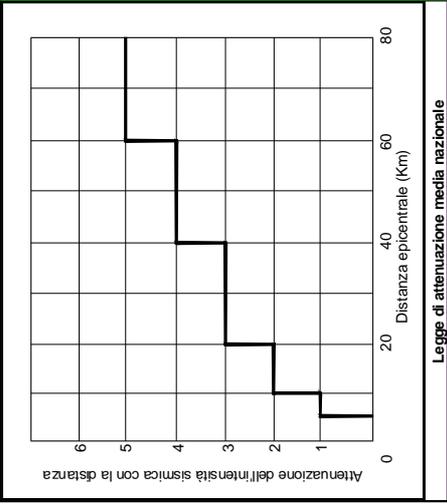
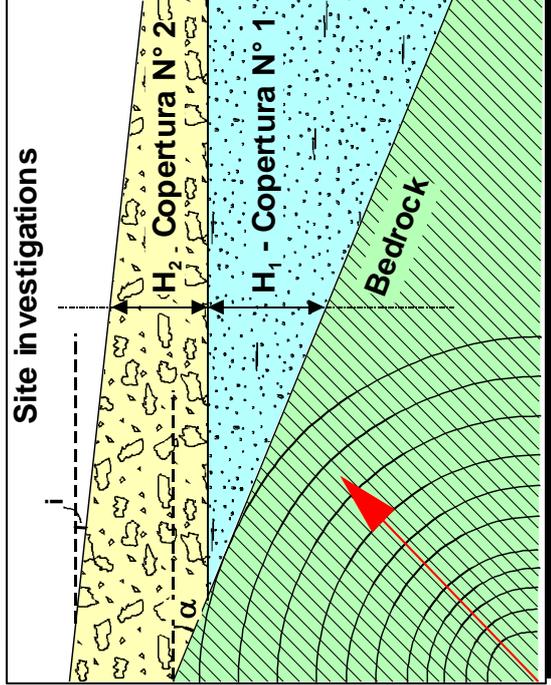
LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 12 (S.2 - 2009)

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	Concide						
Prove SPT (S/NO)?	NO	SI						
Numero colpi Nspst	0	78						
Modulo di Poisson	0,40	0,30						
Peso di volume (ton/m ³)	2.600	1.800						
Velocità onde "P" (m/sec)	2200,00	800,00						
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	898,15	427,62						
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	-	341,32						
Velocità media onde "S" (m/sec)	898,15	384,47						
Spessore copertura (m)	-	35						
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	2335,18						
Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)		n ₁						
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)		n ₂						
Inclinazione pendio "i" (°)	0	n ₃						
Inclinazione bedrock "α" (°)	0	n ₄						
Incremento sismico totale dI =	2,031	Falda acquifera (S/NO)?						
Intensità sismica epicentrale	I'	Profondità falda (m)						
Attenuazione intens. con la distanza	aI							
Intensità sismica	Ir=I'-aI	Distanza epicentro (Km)						
Intensità sismica totale	Is = Ir+a·dI							

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,075**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \cdot \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (\text{ton/m}^2 \text{ sec});$$

$$R' = \frac{\gamma V_{s1} H_1 + \gamma V_{s2} H_2 + \gamma V_{s3} H_3}{\Sigma H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

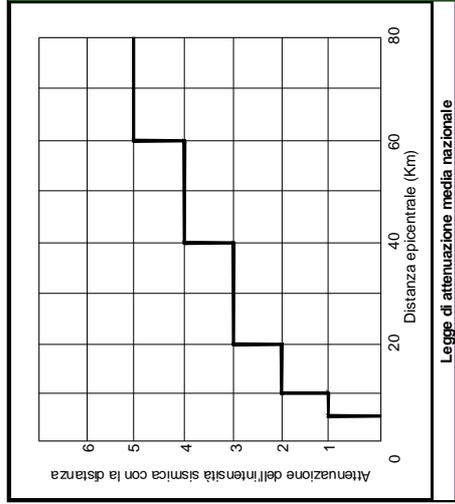
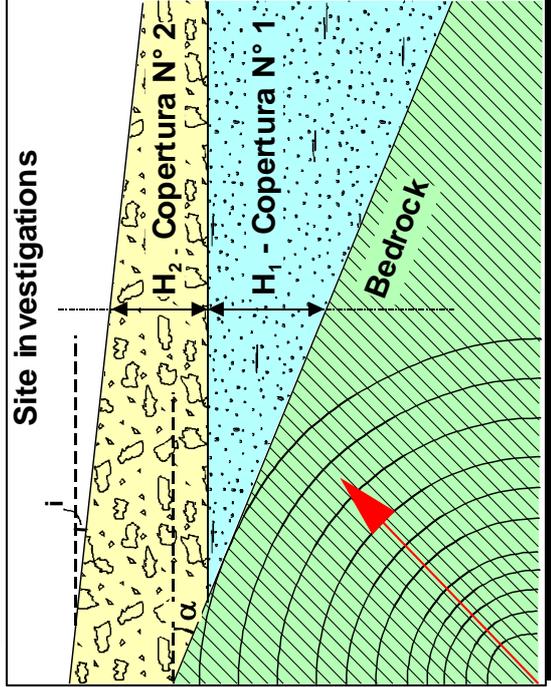
LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 13 (S.06DH - 2019)

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	Concide						
Prove SPT (S/NO)?	NO	SI						
Numero colpi N _{spt}	0	53						
Modulo di Poisson	v	0,30						
Peso di volume (ton/m ³)	γ	1,800						
Velocità onde "P" (m/sec)	V _p	2200,00						
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	V _s	898,15						
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	V _s	-						
Velocità media onde "S" (m/sec)	V _{s_{med}}	898,15						
Spessore copertura (m)	H ₁	35						
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	2335,18						
Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)			n ₁					
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)			n ₂					
Inclinazione pendio "i" (°)	0		n ₃					
Inclinazione bedrock "α" (°)	0		n ₄					
Incremento sismico totale dI =	2,123		Falda acquifera (S/NO)?					
Intensità sismica epicentrale	I'	4,9	Profondità falda (m)					
Attenuazione intens. con la distanza	aI	3	Distanza epicentro (Km)					
Intensità sismica	I _{r=I'-aI}	1,9	Distanza epicentrale (Km)					
Intensità sismica totale	I _{s = I_r+dI}	4,023	R' =		654,95			

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,077**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (ton/m^2 sec);$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\sum H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 14 (S.07PZ - 2019)

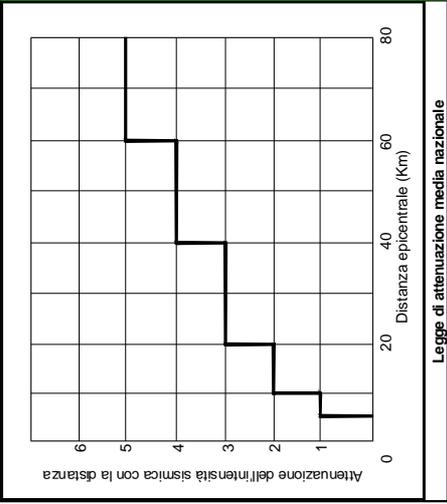
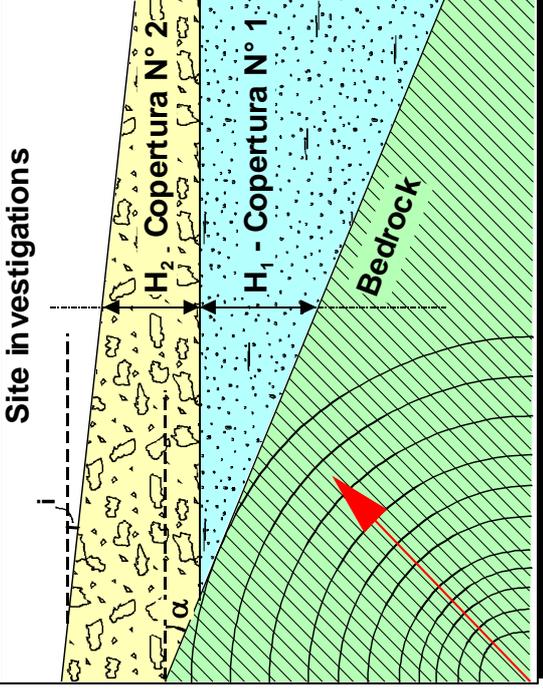
LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	Depositi alluvionali	SI	SI				
Prove SPT (S/NO)?	NO							
Numero colpi Nspst	0			80				
Modulo di Poisson	0,40		v	0,30	A+		v	
Peso di volume (ton/m³)	2.600		γ	1.800	γ		γ	
Velocità onde "P" (m/sec)	2200,00		Vp	800,00	Vp		Vp	
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	898,15		Vs	427,62	Vs	0,00	Vs	0,00
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	-		Vs	344,21	Vs	-	Vs	-
Velocità media onde "S" (m/sec)	898,15		Vs _{med}	385,91	Vs _{med}	0,00	Vs _{med}	0,00
Spessore copertura (m)	-		H ₁	35	H ₂	0	H ₃	0
Rigidità sismica (ton/m²sec)	R	2335,18						694,64

Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)

Incremento di intensità sismica (presenza di falda)	n ₁	2,025
Inclinazione pendio "i" (°)	n ₂	0
Inclinazione bedrock "α" (°)	n ₃	1,000
Incremento sismico totale "dI" =	n ₄	1,000
Intensità sismica epicentrale	Falda acquifera (S/NO)?	NO
Attenuazione intens. con la distanza	Profondità falda (m)	
Intensità sismica	I'	4,9
Intensità sismica totale	aI	3
	Ir-I'aI	1,9
	Is = Ir+dl	3,925
	Distanza epicentro (Km)	21,5

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,075**



Legge di attenuazione media nazionale

$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = 10^{(0,3)-I'}; dl = 3(n_1 + n_2)Log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (ton/m^2 sec);$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\Sigma H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 15 (S.08PZ - 2019)

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	Depositi alluvionali	SI	SI				
Prove SPT (S/NO)?	NO							
Numero colpi N _{spt}	0			50				
Modulo di Poisson	0,40		v	0,30	v		v	
Peso di volume (ton/m ³)	2,600		γ	1,800	γ		γ	
Velocità onde "P" (m/sec)	2200,00		V _p	800,00	V _p		V _p	
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	898,15		V _s	427,62	V _s	0,00	V _s	0,00
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	-		V _s	294,34	V _s	-	V _s	-
Velocità media onde "S" (m/sec)	898,15		V _{s_{med}}	360,98	V _{s_{med}}	0,00	V _{s_{med}}	0,00
Spessore copertura (m)	-		H ₁	35	H ₂	0	H ₃	0
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	2335,18						649,76

Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)

Incremento di intensità sismica (presenza di falda)

Inclinazione pendio "i" (°)

Inclinazione bedrock "α" (°)

Incremento sismico totale "dI" =

Intensità sismica epicentrale

Attenuazione intens. con la distanza

Intensità sismica

Intensità sismica totale

Is = Ir + dI

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

Is = 1,000

Is = 1,000

Is = NO

Is = 4,9

Is = 3

Is = 1,9

Is = 4,036

Is = 21,5

Is = 2,136

Is = 0

<

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

LOCALITA': Tirano

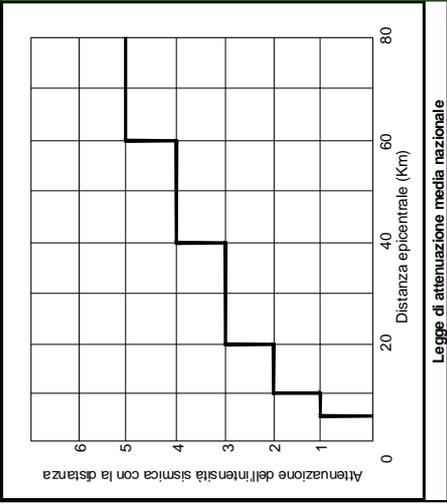
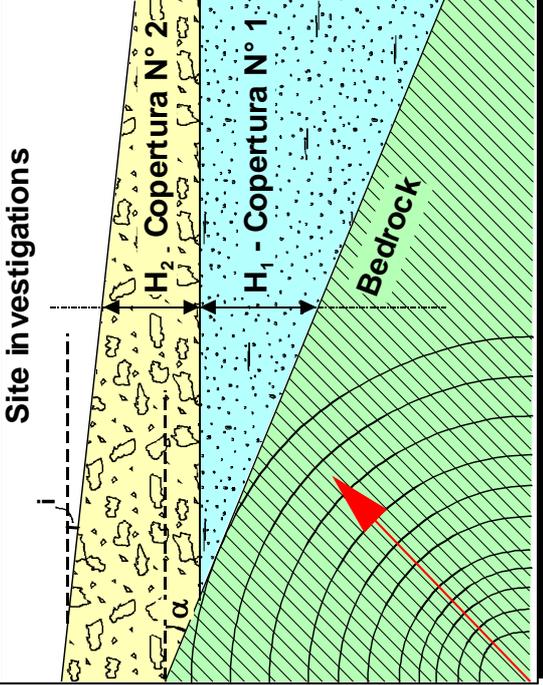
ZONA N°: 16 (SP.11 - 2002)

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	Concide						
Prove SPT (S/NO)?	NO	SI						
Numero colpi Nspst	0	29						
Modulo di Poisson	0,40	0,30						
Peso di volume (ton/m ³)	2.600	1.800						
Velocità onde "P" (m/sec)	2581,00	445,00						
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	1053,69	237,86						
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	-	245,51						
Velocità media onde "S" (m/sec)	1053,69	241,69						
Spessore copertura (m)	-	H ₁						
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	2739,59						
Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)		n ₁						
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)		n ₂						
Inclinazione pendio "i" (°)	0	n ₃						
Inclinazione bedrock "α" (°)	0	n ₄						
Incremento sismico totale dI =	3,073	Falda acquifera (S/NO)?						
Intensità sismica epicentrale	I'	Profondità falda (m)						
Attenuazione intens. con la distanza	aI							
Intensità sismica	Ir=I'-aI	Distanza epicentro (Km)						
Intensità sismica totale	Is = Ir+aII							

R' =	435,03
n ₁	3,073
n ₂	0
n ₃	1,000
n ₄	1,000
Falda acquifera (S/NO)?	NO
Profondità falda (m)	
Distanza epicentro (Km)	21,5
Intensità sismica totale	4,973

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,093**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (\text{ton/m}^2 \text{sec});$$

$$R' = \frac{\gamma V_{s1} H_1 + \gamma V_{s2} H_2 + \gamma V_{s3} H_3}{\sum H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

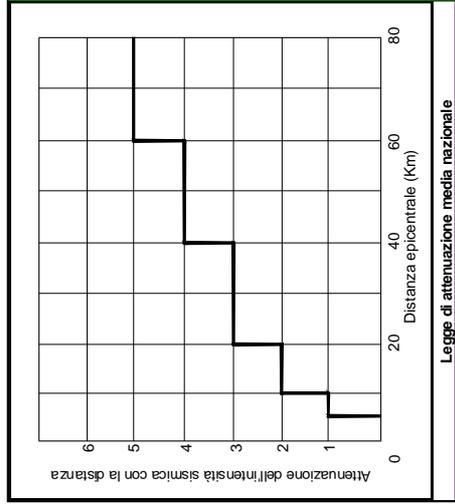
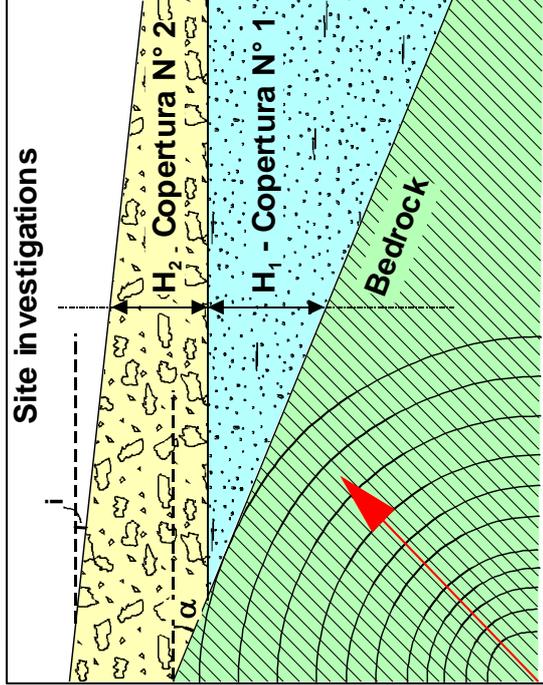
LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 17 (S.3 - 2009)

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	Roccia alterata	Conoide					
Prove SPT (S/NO)?	NO	NO						
Numero colpi Nspst	0							
Modulo di Poisson	v	0,40	v		v		v	
Peso di volume (ton/m ³)	γ	2,600	γ	2,200	γ	1,800	γ	
Velocità onde "P" (m/sec)	Vp	2581,00	Vp	1600,00	Vp	800,00	Vp	
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	Vs	1053,69	Vs	653,20	Vs	427,62	Vs	0,00
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	Vs	-	Vs	-	Vs	344,21	Vs	-
Velocità media onde "S" (m/sec)	Vs _{med}	1053,69	Vs _{med}	653,20	Vs _{med}	385,91	Vs _{med}	0,00
Spessore copertura (m)	H ₁		H ₁	10	H ₂	8	H ₃	0
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	2739,59						
Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)			n ₁	1,513				
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)			n ₂	0				
Inclinazione pendio "i" (°)	0		n ₃	1,000				
Inclinazione bedrock "α" (°)	0		n ₄	1,000				
Incremento sismico totale dI =	1,513		Falda acquifera (S/NO)?	NO				
Intensità sismica epicentrale	I'	4,9	Profondità falda (m)					
Attenuazione intens. con la distanza	aI	3						
Intensità sismica	I _r =I'-aI	1,9	Distanza epicentro (Km)					
Intensità sismica totale	I _s = I _r +dI	3,413						

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,062**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1^2}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (\text{ton/m}^2 \text{sec});$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\Sigma H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

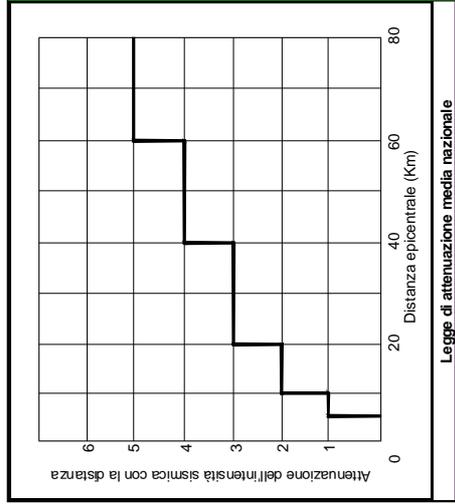
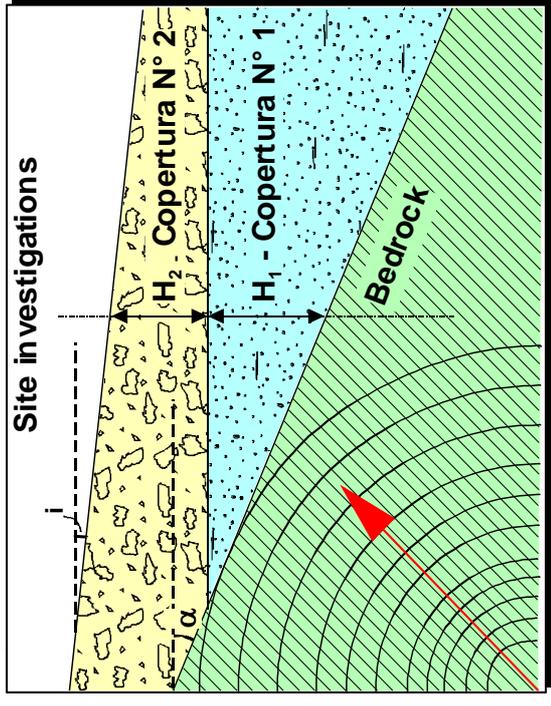
MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO **LOCALITA': Tirano** **ZONA N°: 18 (BS.01 - 2019)**

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	Depositi morenici	Derifto					
Prove SPT (S/NO)?	NO	NO						
Numero colpi Nspst	0							
Modulo di Poisson	v	0,40	v		v		v	
Peso di volume (ton/m ³)	γ	2,600	γ	2,000	γ	1,800	γ	
Velocità onde "P"	Vp	2200,00	Vp	1500,00	Vp	600,00	Vp	
Velocità onde "S" (1)	Vs	898,15	Vs	612,37	Vs	320,71	Vs	0,00
Velocità onde "S" (2)	Vs	-	Vs	-	Vs	-	Vs	-
Velocità media onde "S" (m/sec)	Vs _{med}	898,15	Vs _{med}	612,37	Vs _{med}	320,71	Vs _{med}	0,00
Spessore copertura (m)	R	2335,18	H ₁	18	H ₂	3	H ₃	0
Rigidità sismica (ton/m ² sec)								
Rigidità sismica (ton/m ² sec)								
Inclinazione pendio "i" (°)			n ₁	1,209				
Inclinazione bedrock "α" (°)	0		n ₂	0				
Inclinazione sismica epicentrale	0		n ₃	1,000				
Incremento sismico totale dI =	1,209		n ₄	1,000				
Attenuazione intens. con la distanza	I'	4,9	Falda acquifera (S/NO)?	NO				
Intensità sismica	aI	3	Profondità falda (m)					
Intensità sismica totale	Ir-I'-aI	1,9	Distanza epicentro (Km)					
	Is = Ir+aI	3,109						

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,052**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (ton/m^2 sec);$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\sum H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO **LOCALITA': Tirano** **ZONA N°: 19 (BS.03 - 2019)**

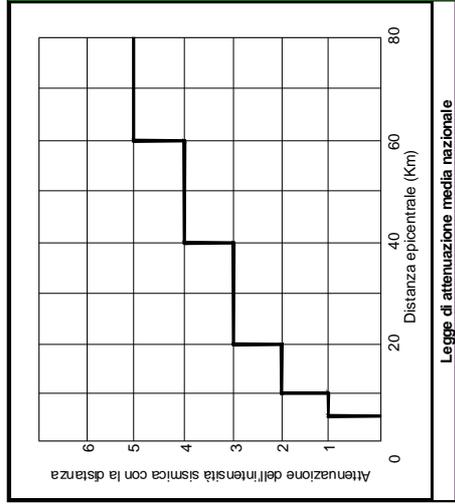
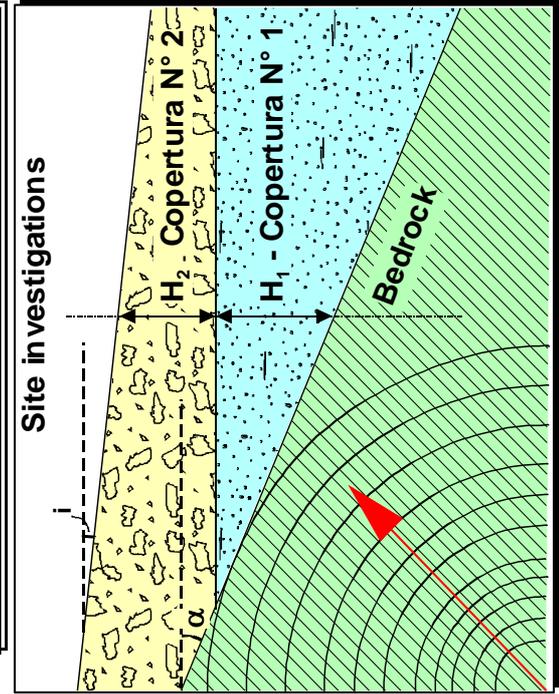
LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3		
	Substrato metamorfico	Depositi morenici	Detritico/Conoide						
Prove SPT (S/NO)?	NO	NO							
Numero colpi Nspst	0								
Modulo di Poisson	v	0,40	v	0,40	v	0,30	v		
Peso di volume (ton/m³)	γ	2,600	γ	2,000	γ	1,800	γ		
Velocità onde "P"	Vp	2200,00	Vp	1400,00	Vp	600,00	Vp		
Velocità onde "S" (1)	Vs	898,15	Vs	571,55	Vs	320,71	Vs	0,00	
Velocità onde "S" (2)	Vs	-	Vs	-	Vs	-	Vs	-	
Velocità media onde "S" (m/sec)	Vs _{med}	898,15	Vs _{med}	571,55	Vs _{med}	320,71	Vs _{med}	0,00	
Spessore copertura (m)	H ₁	18	H ₂		H ₃		H ₃		
Rigidità sismica (ton/m²sec)	R	2335,18	R'			984,67			

Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)

Inclinazione pendio "i" (°)	0
Inclinazione bedrock "α" (°)	0
Incremento sismico totale dI =	1,442
Intensità sismica epicentrale	I'
Attenuazione intens. con la distanza	aI
Intensità sismica	Ir=I'-aI
Intensità sismica totale	Is = Ir+a dI

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,060**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1^2}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (ton/m^2 sec);$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\sum H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 20 (LS.08 - 2002)

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	Depositi morenici	Derifto					
Prove SPT (S/NO)?	NO	NO						
Numero colpi Nspst	0							
Modulo di Poisson	v	0,40	v		v		v	
Peso di volume (ton/m ³)	γ	2,600	γ	2,000	γ	1,800	γ	
Velocità onde "P" (m/sec)	Vp	3588,00	Vp	787,00	Vp	450,00	Vp	
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	Vs	1464,79	Vs	321,29	Vs	240,54	Vs	0,00
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	Vs	-	Vs	-	Vs	-	Vs	-
Velocità media onde "S" (m/sec)	Vs _{med}	1464,79	Vs _{med}	321,29	Vs _{med}	240,54	Vs _{med}	0,00
Spessore copertura (m)	H ₁		H ₂		H ₃		H ₃	
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	3808,47	R'		R'		R'	

Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)

Incremento di intensità sismica (presenza di falda)

Inclinazione pendio "i" (°)

Inclinazione bedrock "α" (°)

Incremento sismico totale dI =

Intensità sismica epicentrale

Attenuazione intens. con la distanza

Intensità sismica

Intensità sismica totale

Is = Ir + dI

Is = 4,944

Is = 21,5

Is = 4,944

La presenza della faglia nel bedrock va simulata ponendo il valore della inclinazione di quest'ultimo pari a 90°

L'intensità sismica si esprime in I_{MSSK} Relazioni tra scala Mercalli Mod. e Magnitudo: M=0,52I_{MSSK}+1,35 I_{MSSK}=0,94Imm+0,08

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK

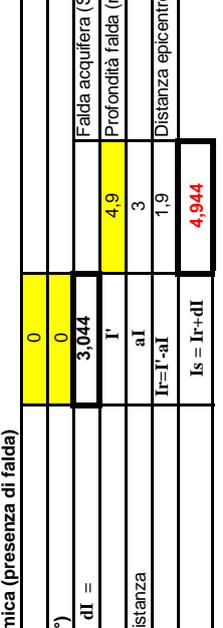
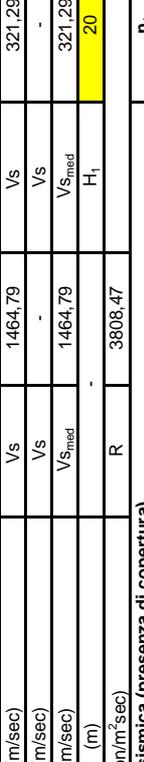
Accelerazione al bedrock A(g)

0,044

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE

Accelerazione al suolo A(g)

0,093



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1^2}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2v}{2-2v}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (ton/m^2 sec);$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\Sigma H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

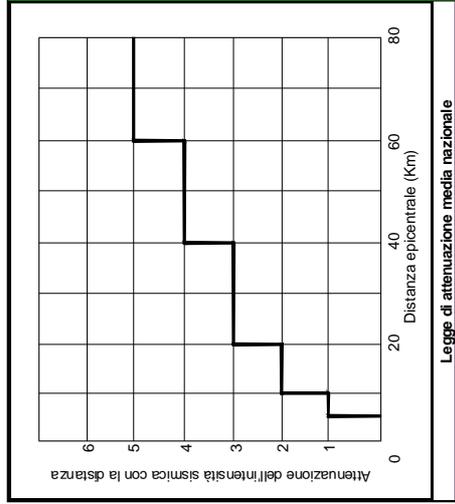
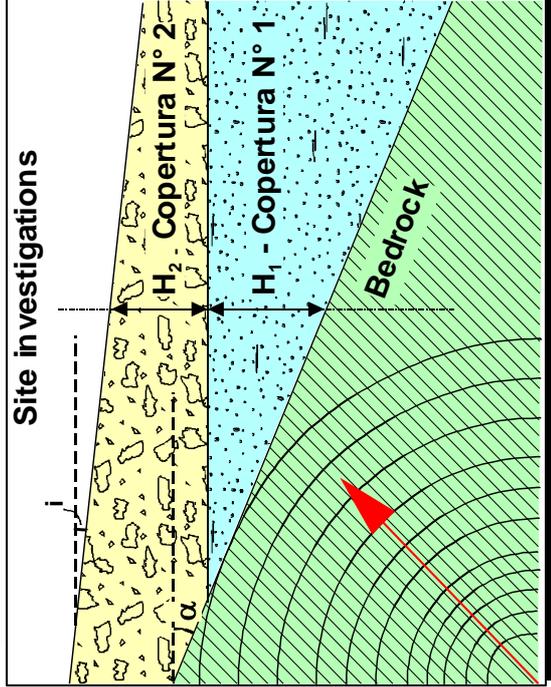
LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 21 (LS.09 - 2002)

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	Depositi morenici	Derifto					
Prove SPT (S/NO)?	NO	NO						
Numero colpi Nspst	0							
Modulo di Poisson	v	0,40	v		v		v	
Peso di volume (ton/m ³)	γ	2,600	γ	2,000	γ	1,800	γ	
Velocità onde "P" (m/sec)	Vp	3256,00	Vp	976,00	Vp	435,00	Vp	
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	Vs	1329,26	Vs	398,45	Vs	232,52	Vs	0,00
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	Vs	-	Vs	-	Vs	-	Vs	-
Velocità media onde "S" (m/sec)	Vs _{med}	1329,26	Vs _{med}	398,45	Vs _{med}	232,52	Vs _{med}	0,00
Spessore copertura (m)	H ₁		H ₂		H ₃		H ₃	
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	3456,07	R'		R'		R'	
Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)			n ₁	2,563				
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)			n ₂	0				
Inclinazione pendio "i" (°)	0		n ₃	1,000				
Inclinazione bedrock "α" (°)	0		n ₄	1,000				
Incremento sismico totale dI =		2,563	Falda acquifera (S/NO)?	NO				
Intensità sismica epicentrale	I'	4,9	Profondità falda (m)					
Attenuazione intens. con la distanza	aI	3	Distanza epicentro (Km)	21,5				
Intensità sismica	Ir=I'-aI	1,9						
Intensità sismica totale	Is = Ir+aI	4,463						

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,085**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1^2}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (\text{ton/m}^2 \text{sec});$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\sum H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 22 (BS.02 - 2019)

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	Depositi morenici	Derifto					
Prove SPT (S/NO)?	NO	NO						
Numero colpi N _{spt}	0							
Modulo di Poisson	v	0,40	v		v		v	
Peso di volume (ton/m ³)	γ	2,600	γ	2,000	γ	1,800	γ	
Velocità onde "P" (m/sec)	V _p	2000,00	V _p	1400,00	V _p	600,00	V _p	
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	V _s	816,50	V _s	571,55	V _s	320,71	V _s	0,00
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	V _s	-	V _s	-	V _s	-	V _s	-
Velocità media onde "S" (m/sec)	V _{smed}	816,50	V _{smed}	571,55	V _{smed}	320,71	V _{smed}	0,00
Spessore copertura (m)	H ₁		H ₁	25	H ₂	5	H ₃	0
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	2122,89						1048,79

Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)

Incremento di intensità sismica (presenza di falda)

Inclinazione pendio "i" (°)

Inclinazione bedrock "α" (°)

Incremento sismico totale dI =

Intensità sismica epicentrale

Attenuazione intens. con la distanza

Intensità sismica

Intensità sismica totale

Is = Ir + dI

Is = 3,078

Intensità sismica al bedrock

Accelerazione al bedrock A(g)

Accelerazione al suolo A(g)

La presenza della faglia nel bedrock va simulata ponendo il valore della inclinazione di quest'ultimo pari a 90°

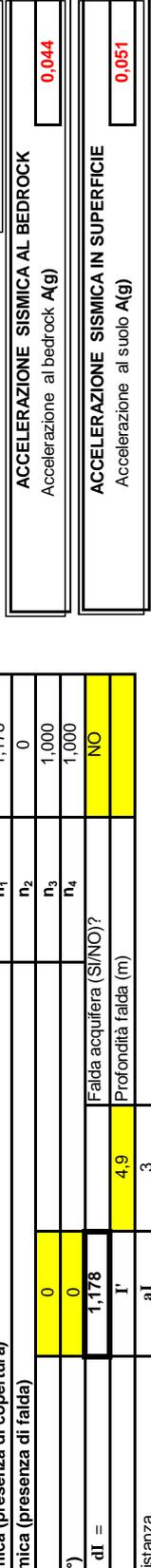
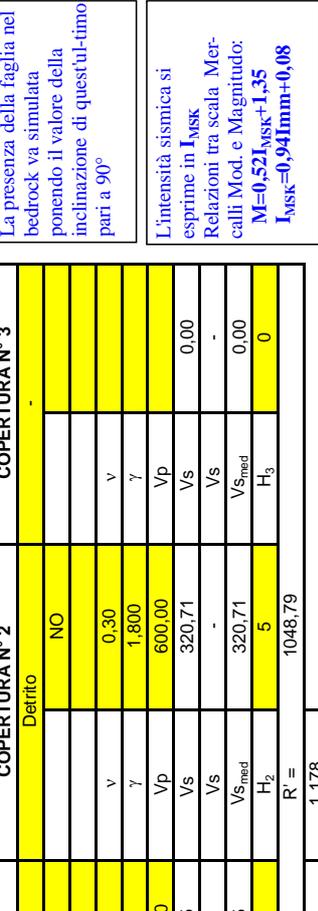
L'intensità sismica si esprime in I_{MSK} Relazioni tra scala Mercalli Mod. e Magnitudo: M=0,52I_{MSK}+1,35 I_{MSK}=0,94Imm+0,08

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g)

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g)

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g)

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g)



Legge di attenuazione media nazionale

$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1^2}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (\text{ton/m}^2 \text{ sec});$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\Sigma H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO **LOCALITA': Tirano** **ZONA N°: 23 (SP.4 - 2009)**

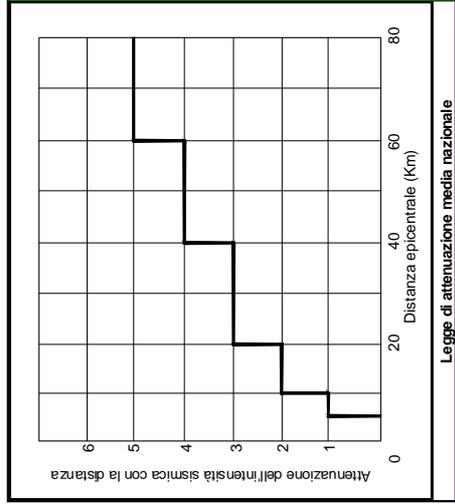
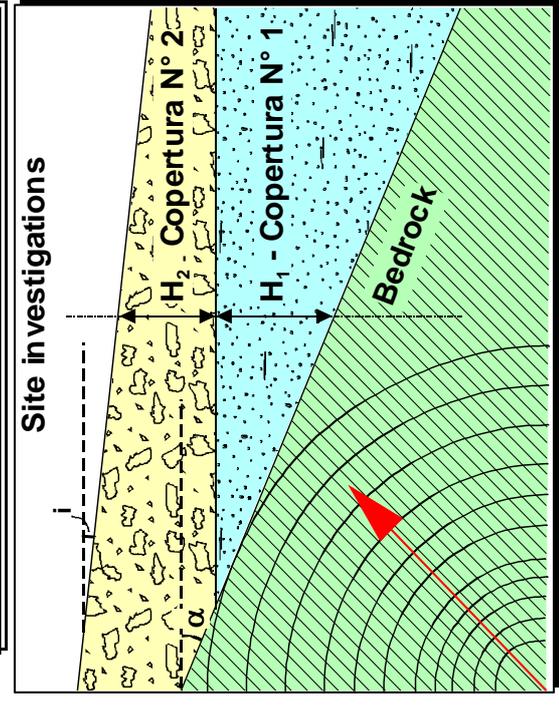
LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	Depositi morenici	Deflito		SI		-	
Prove SPT (S/NO)?	NO	NO						
Numero colpi N _{spt}	0							
Modulo di Poisson	v	0,40	v	0,40	v	0,30	v	
Peso di volume (ton/m ³)	γ	2.600	γ	2.000	γ	1.800	γ	
Velocità onde "P"	V _p	2000,00	V _p	1400,00	V _p	600,00	V _p	
Velocità onde "S" (1)	V _s	816,50	V _s	571,55	V _s	320,71	V _s	0,00
Velocità onde "S" (2)	V _s	-	V _s	-	V _s	223,93	V _s	-
Velocità media onde "S" (m/sec)	V _{smed}	816,50	V _{smed}	571,55	V _{smed}	272,32	V _{smed}	0,00
Spessore copertura (m)	H ₁		H ₁	25	H ₂	5	H ₃	0
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	2122,89			R'	1034,28		

Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)

Inclinazione pendio "i" (°)	0
Inclinazione bedrock "α" (°)	0
Incremento sismico totale dI =	1,201
Intensità sismica epicentrale	I'
Attenuazione intens. con la distanza	aI
Intensità sismica	I _r =I'-aI
Intensità sismica totale	I _s = I _r +dI

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,052**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2v}{2-2v}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (\text{ton/m}^2 \text{sec});$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\sum H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (V_s); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde V_p con la relazione di IWASAKI (1978)

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO **LOCALITA': Tirano** **ZONA N°: 24 (BS.05 - 2019)**

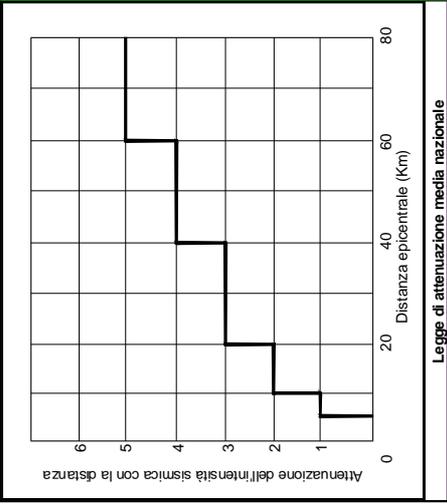
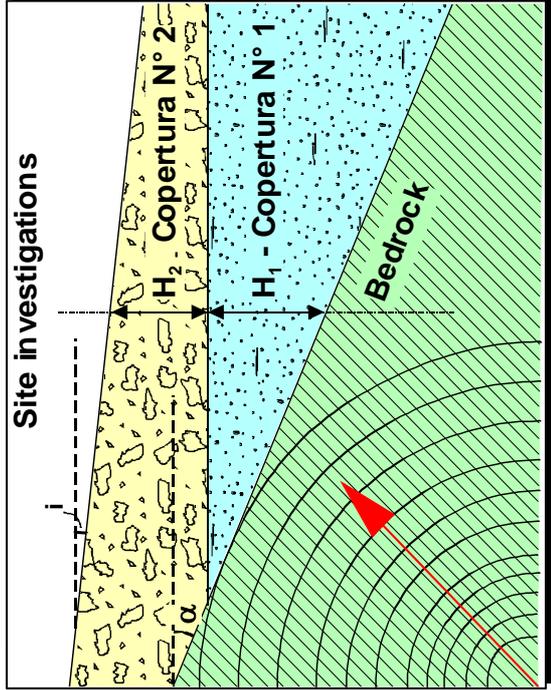
LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	NO	Depositi morenici	NO	Detritico/Conoide	NO	-	-
Prove SPT (S/NO)?	NO							
Numero colpi N _{spt}	0							
Modulo di Poisson	v	0,40	v	0,40	v	0,30	v	
Peso di volume (ton/m ³)	γ	2,600	γ	2,000	γ	1,800	γ	
Velocità onde "P"	V _p	2000,00	V _p	1300,00	V _p	650,00	V _p	
Velocità onde "S" (1)	V _s	816,50	V _s	530,72	V _s	347,44	V _s	0,00
Velocità onde "S" (2)	V _s	-	V _s	-	V _s	-	V _s	-
Velocità media onde "S" (m/sec)	V _{smed}	816,50	V _{smed}	530,72	V _{smed}	347,44	V _{smed}	0,00
Spessore copertura (m)	H ₁	-	H ₁	25	H ₂	15	H ₃	0
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	2122,89				897,93		

Incremento di intensità sismica (presenza di copertura) **Incremento di intensità sismica (presenza di falda)**

Inclinazione pendio "i" (°)	0	n ₁	1,437
Inclinazione bedrock "α" (°)	0	n ₂	0
Incremento sismico totale dI =	1,437	n ₃	1,000
Intensità sismica epicentrale	I'	n ₄	1,000
Attenuazione intens. con la distanza	aI	Falda acquifera (S/NO)?	NO
Intensità sismica	I _{r=I'-aI}	Profondità falda (m)	
Intensità sismica totale	I _{s = I_r+dI}	Distanza epicentro (Km)	21,5
			3,337

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,060**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{10^{(0,3)-1}}{2} \cdot dI = 3(n_1 + n_2) \cdot \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (ton/m^2 sec);$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\Sigma H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

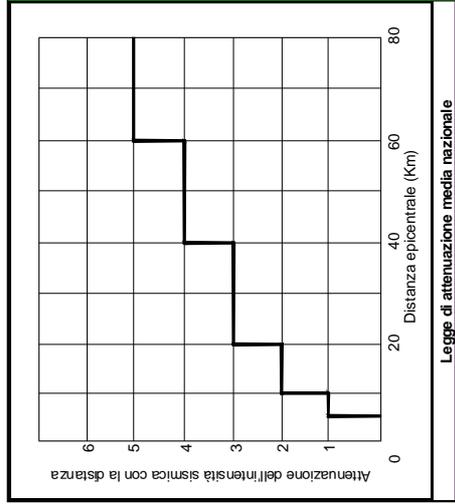
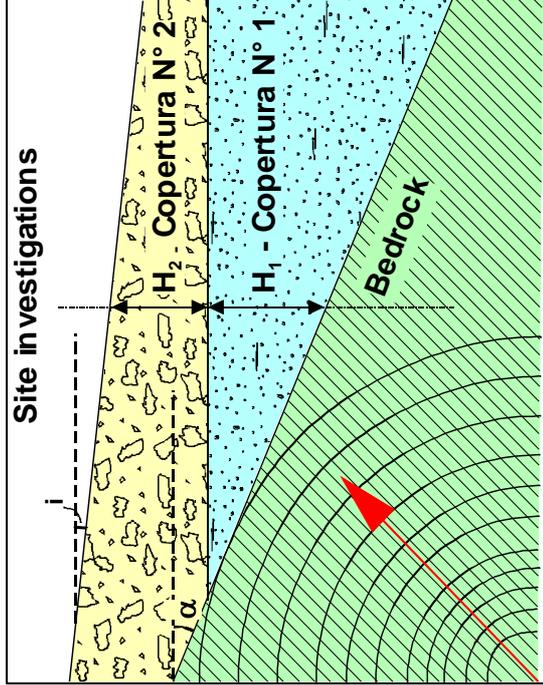
LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 25 (S.05 - 2009)

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	Depositi morenici	Deflito					
Prove SPT (S/NO)?	NO	SI						
Numero colpi N _{spt}	0	35						
Modulo di Poisson	v	0,40						
Peso di volume (ton/m ³)	γ	2,600						
Velocità onde "P" (m/sec)	V _p	2000,00						
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	V _s	816,50						
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	V _s	-						
Velocità media onde "S" (m/sec)	V _{s_{med}}	816,50						
Spessore copertura (m)	H ₁	25						
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	2122,89						
Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)			n ₁	1,800				
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)			n ₂	0				
Inclinazione pendio "i" (°)	0		n ₃	1,000				
Inclinazione bedrock "α" (°)	0		n ₄	1,000				
Incremento sismico totale dI =	1,800		Falda acquifera (S/NO)?		NO			
Intensità sismica epicentrale	I'	4,9	Profondità falda (m)					
Attenuazione intens. con la distanza	aI	3	Distanza epicentro (Km)		21,5			
Intensità sismica	I _{r=I'-aI}	1,9						
Intensità sismica totale	I _{s = I_r+dI}	3,700						

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,070**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (ton/m^2 sec);$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\Sigma H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (V_s); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde V_p con la relazione di IWASAKI (1978)

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 26 (SP.12 - 2002)

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	NO	Depositi morenici	SI	Deflito	NO		
Prove SPT (S/NO)?		NO		SI				
Numero colpi N _{spt}		0		43				
Modulo di Poisson	v	0,40	v	0,40	v	0,30	v	
Peso di volume (ton/m ³)	γ	2,600	γ	2,000	γ	1,800	γ	
Velocità onde "P" (m/sec)	V _p	3000,00	V _p	845,00	V _p	450,00	V _p	
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	V _s	1224,74	V _s	344,97	V _s	240,54	V _s	0,00
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	V _s	-	V _s	279,92	V _s	-	V _s	-
Velocità media onde "S" (m/sec)	V _{s_{med}}	1224,74	V _{s_{med}}	312,45	V _{s_{med}}	240,54	V _{s_{med}}	0,00
Spessore copertura (m)	H ₁	-	H ₁	32	H ₂	4	H ₃	0
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	3184,34			R' =	603,57		

Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)

Incremento di intensità sismica (presenza di falda)

Inclinazione pendio "i" (°)

Inclinazione bedrock "α" (°)

Incremento sismico totale dI =

Intensità sismica epicentrale

Attenuazione intens. con la distanza

Intensità sismica

Intensità sismica totale

Is = Ir + dI

Is = 4,677

n₁ = 1,67Ln $\frac{R}{R'}$; n₂ = e^{-0,04H₁}; n₃ = 1 + Ln(1 + seni);

n₄ = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p $\sqrt{\frac{1-2v}{2-2v}}$; V_s = a(N_{spt})^b;

A(g) = $\frac{10^{(0,3)-1}}{2}$; dI = 3(n₁ + n₂)Log(n₃ + n₄)

R = γV_s (ton/m²sec);

R' = $\frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\sum H}$; a = 80; b = 0,333

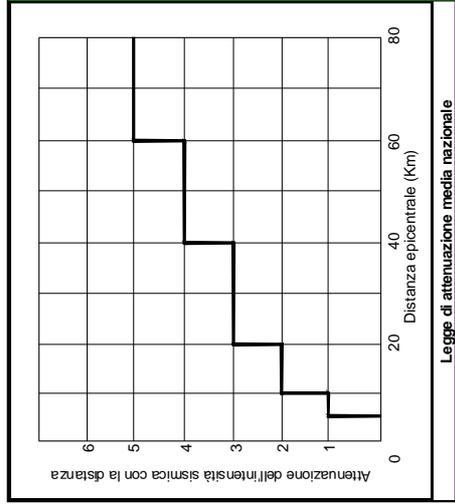
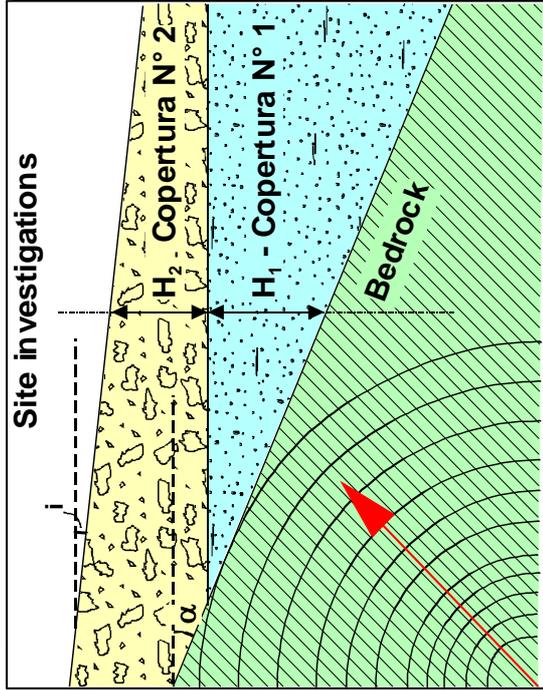
Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g)

0,044

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g)

0,089



Legge di attenuazione media nazionale

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO **LOCALITA': Tirano** **ZONA N°: 27 (LS.15 - 2002)**

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	Depositi morenici	Derifto					
Prove SPT (S/NO)?	NO	NO						
Numero colpi Nspst	0							
Modulo di Poisson	v	0,40	v		v		v	
Peso di volume (ton/m³)	γ	2,600	γ	2,000	γ	1,800	γ	
Velocità onde "P"	Vp	3334,00	Vp	962,00	Vp	446,00	Vp	
Velocità onde "S" (1)	Vs	1361,10	Vs	392,73	Vs	238,40	Vs	0,00
Velocità onde "S" (2)	Vs	-	Vs	-	Vs	-	Vs	-
Velocità media onde "S" (m/sec)	Vs _{med}	1361,10	Vs _{med}	392,73	Vs _{med}	238,40	Vs _{med}	0,00
Spessore copertura (m)	H ₁		H ₂		H ₃		H ₃	
Rigidità sismica (ton/m²sec)	R	3538,86	R'					

Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)

Inclinazione pendio "i" (°)	0
Inclinazione bedrock "α" (°)	0
Incremento sismico totale "dI" =	2,753
Intensità sismica epicentrale	I'
Attenuazione intens. con la distanza	aI
Intensità sismica	I _{r=I'-aI}
Intensità sismica totale	I _s = I _{r+dl}

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,088**

Site in investigations

$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1^2}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

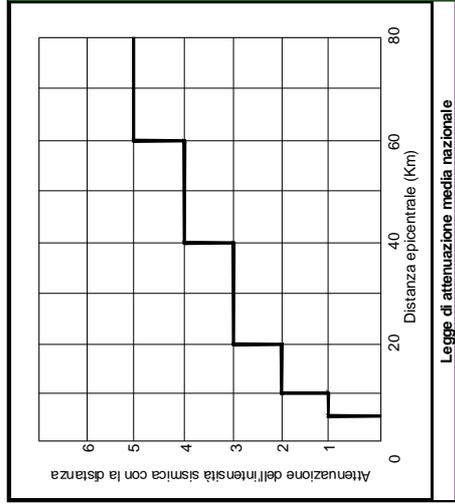
$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dl = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (\text{ton/m}^2 \text{sec});$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\Sigma H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)



MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 28 (LS.9 - 2009)

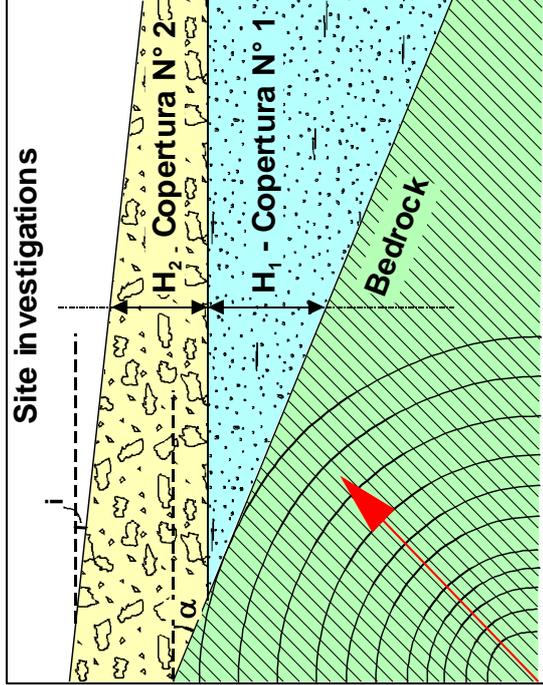
LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	Depositi morenici	Derifto					
Prove SPT (S/NO)?	NO	NO						
Numero colpi Nspst	0							
Modulo di Poisson	v	0,40	v		v		v	
Peso di volume (ton/m³)	γ	2,600	γ	2,000	γ	1,800	γ	
Velocità onde "P"	Vp	2800,00	Vp	1200,00	Vp	500,00	Vp	
Velocità onde "S" (1)	Vs	1143,10	Vs	489,90	Vs	267,26	Vs	0,00
Velocità onde "S" (2)	Vs	-	Vs	-	Vs	-	Vs	-
Velocità media onde "S" (m/sec)	Vs _{med}	1143,10	Vs _{med}	489,90	Vs _{med}	267,26	Vs _{med}	0,00
Spessore copertura (m)	H ₁	10	H ₂		H ₃		H ₃	
Rigidità sismica (ton/m²sec)	R	2972,05	R'		R'	792,77		

La presenza della faglia nel bedrock va simulata ponendo il valore della inclinazione di quest'ultimo pari a 90°

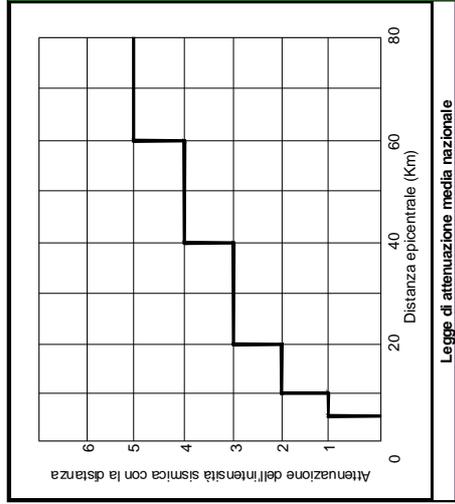
L'intensità sismica si esprime in I_{MSK} Relazioni tra scala Mercalli Mod. e Magnitudo: $M = 0,52 I_{MSK} + 1,35$ $I_{MSK} = 0,94 Im + 0,08$

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,079**



Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)	n_1	2,207
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)	n_2	0
Inclinazione pendio "i" (°)	n_3	1,000
Inclinazione bedrock "α" (°)	n_4	1,000
Incremento sismico totale dI =	Falda acquifera (S/NO)?	NO
Intensità sismica epicentrale	Profondità falda (m)	
Attenuazione intens. con la distanza		
Intensità sismica	Distanza epicentro (Km)	21,5
Intensità sismica totale		4,107



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (\text{ton/m}^2 \text{sec});$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\sum H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

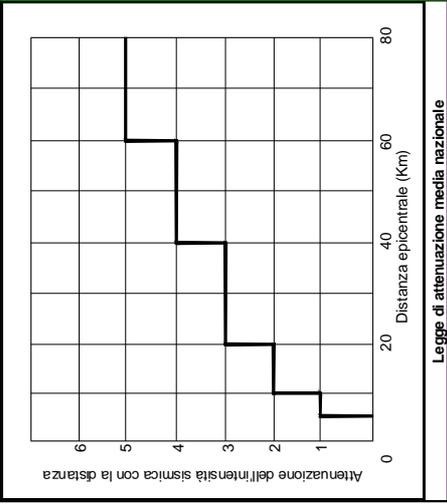
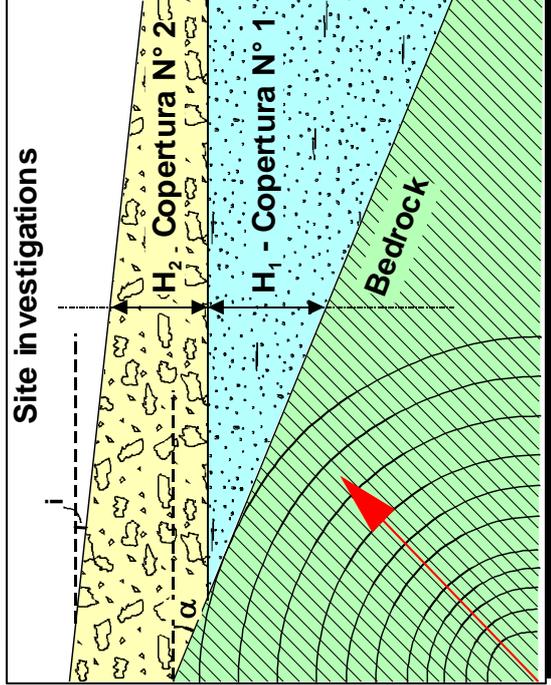
LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 29 (LS.18 - 2002)

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	Depositi morenici						
Prove SPT (S/NO)?	NO	NO						
Numero colpi N _{spt}	0							
Modulo di Poisson	v	0,30						
Peso di volume (ton/m ³)	γ	1,800						
Velocità onde "P" (m/sec)	V _p	2725,00						
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	V _s	1112,48						
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	V _s	-						
Velocità media onde "S" (m/sec)	V _{s_{med}}	1112,48						
Spessore copertura (m)	H ₁	5						
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	2892,44						
Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)								
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)	n ₁	3,368						
Inclinazione pendio "i" (°)	n ₂	0						
Inclinazione bedrock "α" (°)	n ₃	1,000						
Incremento sismico totale "dI" =	n ₄	1,000						
Intensità sismica epicentrale	Falda acquifera (S/NO)?							
Attenuazione intens. con la distanza	I'	4,9						
Intensità sismica	aI	3						
Intensità sismica totale	I _r =I'-aI	1,9						
	I _s = I _r +dI	5,268						

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,097**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1^2}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (\text{ton/m}^2 \text{sec});$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\sum H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

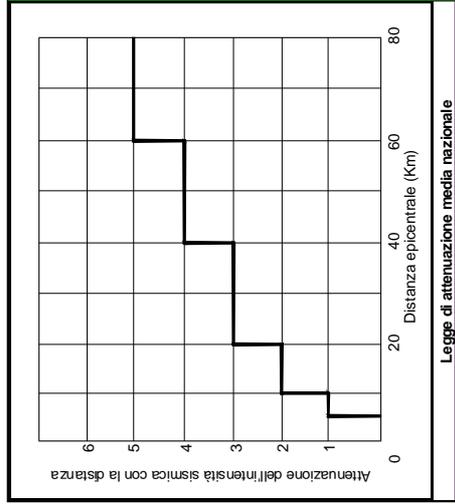
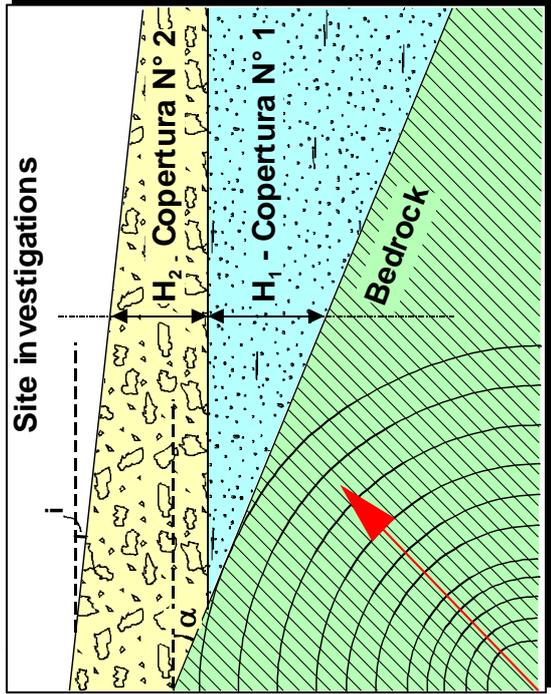
MICROZONAZIONE SISMICA VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO **LOCALITA': Tirano** **ZONA N°: 30 (LS.19 - 2002)**

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	Depositi morenici						
Prove SPT (S/NO)?	NO	NO						
Numero colpi N _{spt}	0							
Modulo di Poisson	v	0,30						
Peso di volume (ton/m ³)	γ	1,800						
Velocità onde "P" (m/sec)	V _p	2634,00						
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	V _s	1075,33						
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	V _s	-						
Velocità media onde "S" (m/sec)	V _{s_{med}}	1075,33						
Spessore copertura (m)	H ₁	5,8						
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	2795,85						
Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)								
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)			n ₁					R' = 445,47
Inclinazione pendio "i" (°)	0		n ₂					3,067
Inclinazione bedrock "α" (°)	0		n ₃					0
Incremento sismico totale dI =	3,067		n ₄					1,000
Intensità sismica epicentrale	I'	4,9	Falda acquifera (S/NO)?				NO	
Attenuazione intens. con la distanza	aI	3	Profondità falda (m)					
Intensità sismica	I _{r=I'-aI}	1,9	Distanza epicentro (Km)				21,5	
Intensità sismica totale	I _{s = I_r+dI}	4,967						

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,093**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (\text{ton/m}^2 \text{sec});$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\Sigma H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

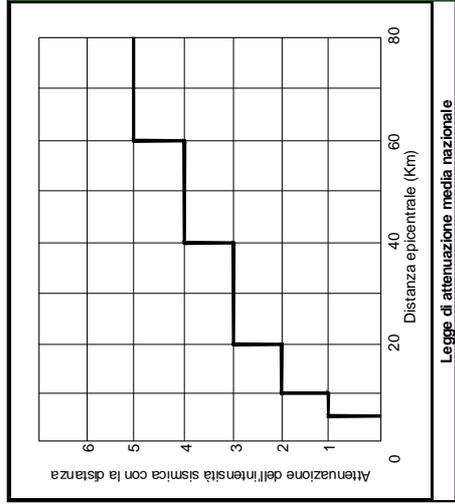
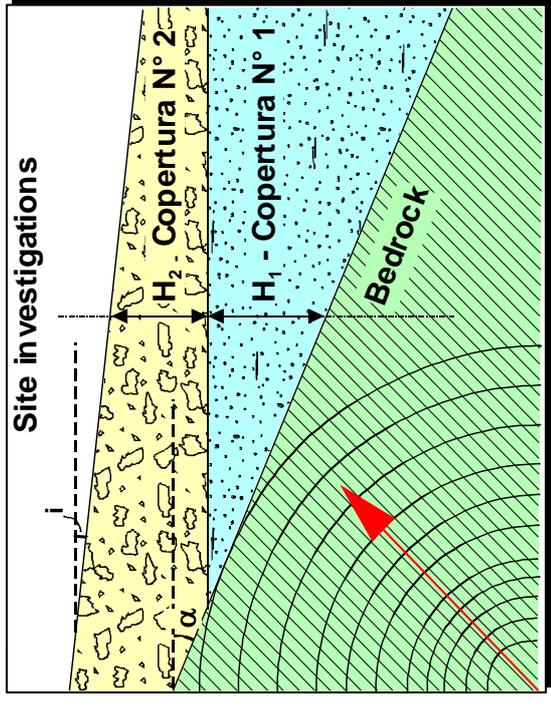
MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO **LOCALITA': Tirano** **ZONA N°: 31 (S.2 - 2002)**

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	NO	Depositi morenici	SI				
Prove SPT (S/NO)?	NO							
Numero colpi Nspst	0		44					
Modulo di Poisson	0,40		0,30					
Peso di volume (ton/m ³)	2,600		1,800					
Velocità onde "P" (m/sec)	2800,00		800,00					
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	1143,10		427,62					
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	-		282,07					
Velocità media onde "S" (m/sec)	1143,10		354,84					
Spessore copertura (m)	-		5,8					
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	2972,05						
Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)			n ₁					
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)			n ₂					
Inclinazione pendio "i" (°)	0		n ₃					
Inclinazione bedrock "α" (°)	0		n ₄					
Incremento sismico totale dI =	2,568							
Intensità sismica epicentrale	I'	4,9	Falda acquifera (S/NO)?					
Attenuazione intens. con la distanza	aI	3	Profondità falda (m)					
Intensità sismica	Ir=I'-aI	1,9	Distanza epicentro (Km)					
Intensità sismica totale	Is = Ir+dI	4,468						

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,085**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (\text{ton/m}^2 \text{sec});$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\Sigma H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO

LOCALITA': Tirano

ZONA N°: 32 (S.11DH - 2019)

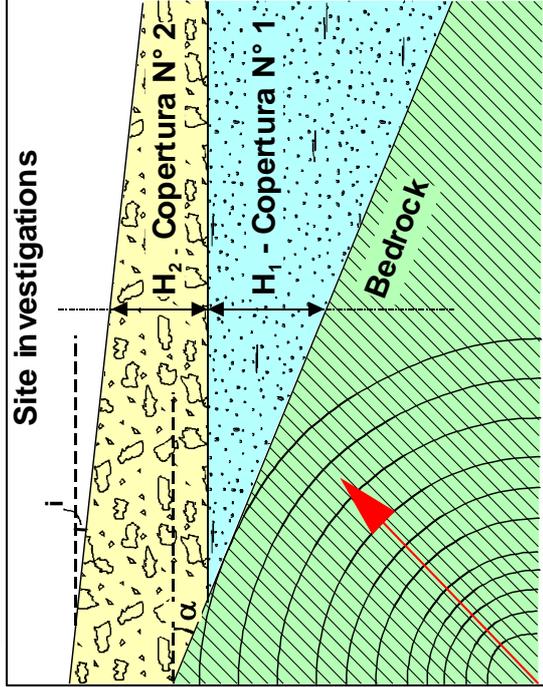
LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3	
	Substrato metamorfico	NO	Conoidi/Depositi morenici	SI				
Prove SPT (S/NO)?	0							
Numero colpi Nspst	0							
Modulo di Poisson	v	0,40	v	34	v		v	
Peso di volume (ton/m³)	γ	2,600	γ	1,800	γ		γ	
Velocità onde "P" (m/sec)	Vp	2800,00	Vp	1157,00	Vp	0,00	Vp	0,00
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	Vs	1143,10	Vs	618,44	Vs	-	Vs	-
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	Vs	-	Vs	258,86	Vs	-	Vs	-
Velocità media onde "S" (m/sec)	Vs _{med}	1143,10	Vs _{med}	438,65	Vs _{med}	0,00	Vs _{med}	0,00
Spessore copertura (m)	H ₁		H ₁	30	H ₂		H ₃	0
Rigidità sismica (ton/m²sec)	R	2972,05			R'	789,58		

La presenza della faglia nel bedrock va simulata ponendo il valore della inclinazione di quest'ultimo pari a 90°

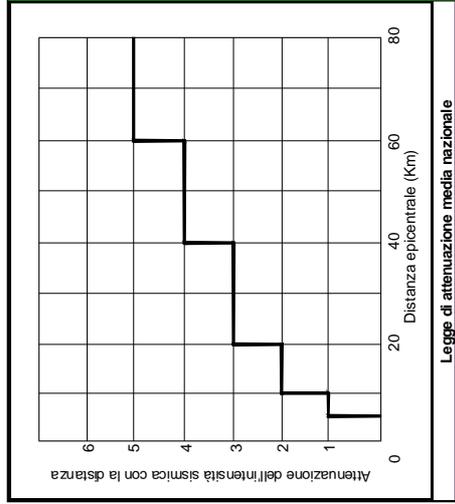
L'intensità sismica si esprime in I_{MSK}
Relazioni tra scala Mercalli Mod. e Magnitudo:
 $M = 0,52 I_{MSK} + 1,35$
 $I_{MSK} = 0,94 Im + 0,08$

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,079**



Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)	n_1	2,214
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)	n_2	0
Inclinazione pendio "i" (°)	n_3	1,000
Inclinazione bedrock "α" (°)	n_4	1,000
Incremento sismico totale $dI =$	Falda acquifera (SI/NO)?	NO
Intensità sismica epicentrale	Profondità falda (m)	
Attenuazione intens. con la distanza		
Intensità sismica	Distanza epicentro (Km)	21,5
Intensità sismica totale		4,114



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H_1^2}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2)Log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (ton/m^2 sec);$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\sum H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)

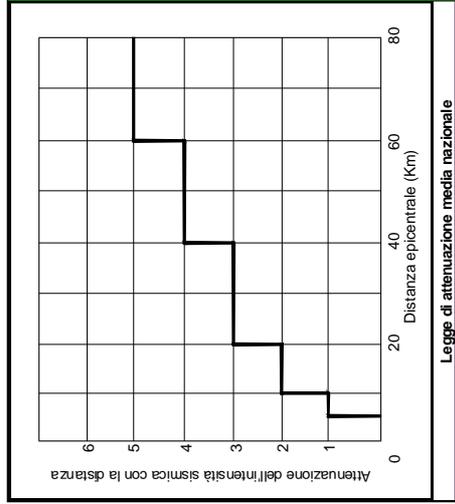
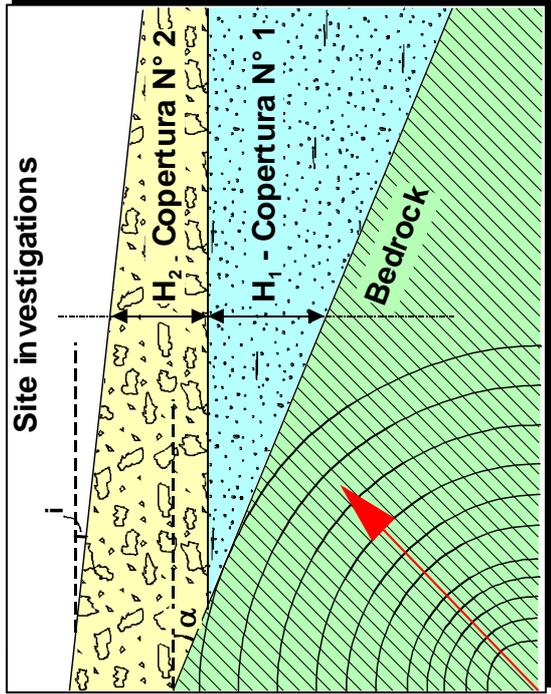
MICROZONAZIONE SISMICA
VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA - METODO DI MEDVEDEV (1965)

LAVORO: SS. 38 - Lotto 4 - Nodo di TIRANO **LOCALITA': Tirano** **ZONA N°: 33 (SP.13 - 2002)**

LITOLOGIA:	BEDROCK		COPERTURA N° 1		COPERTURA N° 2		COPERTURA N° 3			
	Substrato metamorfico	Concide								
Prove SPT (S/NO)?	NO	SI								
Numero colpi N _{spt}	0	39								
Modulo di Poisson	0,40	0,30								
Peso di volume (ton/m ³)	2.600	1.800								
Velocità onde "P" (m/sec)	2800,00	1127,00								
Velocità onde "S" (1) (m/sec)	1143,10	602,41								
Velocità onde "S" (2) (m/sec)	-	270,97								
Velocità media onde "S" (m/sec)	1143,10	436,69								
Spessore copertura (m)	-	35								
Rigidità sismica (ton/m ² sec)	R	2972,05								
Incremento di intensità sismica (presenza di copertura)			n ₁							
Incremento di intensità sismica (presenza di falda)			n ₂							
Inclinazione pendio "i" (°)	0		n ₃							
Inclinazione bedrock "α" (°)	0		n ₄							
Incremento sismico totale dI =	2,221		Falda acquifera (S/NO)?							
Intensità sismica epicentrale	I'	4,9	Profondità falda (m)							
Attenuazione intens. con la distanza	aI	3	Distanza epicentro (Km)							
Intensità sismica	I _{r=I'-aI}	1,9								
Intensità sismica totale	I _{s = I_r+dI}	4,121								

ACCELERAZIONE SISMICA AL BEDROCK
Accelerazione al bedrock A(g) **0,044**

ACCELERAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE
Accelerazione al suolo A(g) **0,079**



$$n_1 = 1,67Ln \frac{R}{R'}; n_2 = e^{-0,04H^2}; n_3 = 1 + Ln(1 + seni);$$

$$n_4 = 1 + Ln(1 + seno); V_s = V_p \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}; V_s = a(N_{spt})^b;$$

$$A(g) = \frac{981}{10^{(0,3)-1}}; dI = 3(n_1 + n_2) \log(n_3 + n_4)$$

$$R = \gamma V_s (\text{ton/m}^2 \text{sec});$$

$$R' = \frac{\gamma_1 V_{s1} H_1 + \gamma_2 V_{s2} H_2 + \gamma_3 V_{s3} H_3}{\Sigma H}; a = 80; b = 0,333$$

Il metodo di MEDVEDEV (1965) consente di calcolare la rigidità sismica (impedenza sismica R) in relazione alla velocità delle onde di taglio (Vs); quest'ultima viene definita in base alla velocità delle onde Vp con la relazione di IWASAKI (1978)