



**RAPPORTO PRELIMINARE SUGLI EFFETTI
INDOTTI SULL'AMBIENTE FISICO DALLA
SEQUENZA SISMICA DELL'AQUILANO**
Ver. 1.5



Simonelli A.L., Sica S., Moccia F.
Università degli Studi del Sannio (BN)
Dip. di Ingegneria
alsimone@unisannio.it



**Penna A., Lucadamo C., Mitrione A., Mosca P.,
Moscato T., Rotella M., Spatola M.G., Zarra S.**
CIMA - Centro Irpino per l'Innovazione nel Monitoraggio Amb.le
AMRA - Analisi e Monitoraggio del Rischio Ambientale
(Sant'Angelo dei Lombardi - AV)
<http://www.amracenter.com>
cima@amracenter.com



Santo A.
Università degli Studi di Napoli Federico II
Dip. di Ing. Idraulica, Geotecnica ed Ambientale
santo@unina.it

Indice

Introduzione	3
Parte I	
<i>Ricognizioni nell'area a sudest di L'Aquila, lungo la media valle del Fiume Aterno</i>	4
Parte II	
<i>Ricognizioni nell'area a nord di L'Aquila fino all'invaso di Campotosto</i>	21
Parte III	
<i>Considerazioni preliminari sulle registrazioni accelerometriche del 6 Aprile ore 1:32UTC</i>	31
Appendice	
<i>Rapporto fotografico sui danni al patrimonio edilizio</i>	54



RAPPORTO PRELIMINARE SUGLI EFFETTI INDOTTI SULL'AMBIENTE FISICO DALLA SEQUENZA SISMICA DELL'AQUILANO Ver. 1.5



Introduzione

Tra il 14 ed il 17 Aprile 2009 tre squadre di esperti e ricercatori, costituite da ingegneri dell'Università del Sannio e da geologi, geofisici ed ingegneri del CIMA-AMRA (Sant'Angelo dei Lombardi, AV) e dell'Università di Napoli Federico II, si sono recate nella città di L'Aquila e nei comuni limitrofi per rilevare gli effetti indotti sull'ambiente fisico e sulle opere geotecniche dalla sequenza sismica dell'Aquilano, culminata nella scossa del 6 Aprile 2009 (ora locale 3.32 – ore 1:32 UTC) di Magnitudo locale pari a $M_L=5.8$.

Al termine di questa prima fase di attività in sito è stato redatto il presente rapporto preliminare, sviluppato in tre parti, e che sarà eventualmente aggiornato nel prossimo futuro.

Nella prima parte del rapporto si dà conto dei risultati dei sopralluoghi effettuati nella zona a sud-est del capoluogo Aquilano, lungo la media valle del Fiume Aterno fino al comune di Pedicciano, con particolare riferimento al rilievo delle fratture al suolo ed alla loro eventuale correlazione con movimenti di faglia, alle frane in terreni e rocce (crolli), ai fenomeni di instabilità delle sponde del lago di Sinizzo.

La seconda parte del rapporto è dedicata all'esame delle evidenze rilevate nella zona a nord della città di L'Aquila fino al lago di Campotosto, ed include in particolare i risultati dei sopralluoghi effettuati sulle dighe che delimitano il bacino omonimo.

Nella terza parte si riportano alcune considerazioni espresse sulla base delle prime elaborazioni effettuate sulle registrazioni accelerometriche delle stazioni localizzate nella città di L'Aquila (Rete Accelerometrica Nazionale, evento del 06/04/2009 – ore 1:32 UTC – Aquilano $M_L=5.8$).

Infine, in appendice, si allega una documentazione fotografica dei danni osservati sul patrimonio edilizio delle aree investigate.

**RAPPORTO PRELIMINARE SUGLI EFFETTI INDOTTI
SULL'AMBIENTE FISICO DALLA SEQUENZA SISMICA
DELL'AQUILANO**

PARTE I
***Ricognizioni nell'area a sudest di L'Aquila,
lungo la media valle del Fiume Aterno***

Indice

<i>I.1 Introduzione</i>	5
<i>I.2 Fratture e lesioni</i>	5
<i>I.3 Fenomeni deformativi sul lago di Sinizzo</i>	11
<i>I.4 Frane</i>	14
<i>I.5 Considerazioni</i>	19

1.1 Introduzione

In questa parte del rapporto si dà conto dei sopralluoghi effettuati lungo la valle del F. Aterno a SE della città di L'Aquila, attraversando i centri abitati di Onna, Paganica, S. Demetrio ne' Vestini e Filetto.

1.2 Fratture e lesioni

Lungo l'asse vallivo dell'Aterno, nella zona pianeggiante, sono state riscontrate diverse deformazioni al suolo quali: lesioni e fratture nel manto stradale e nel terreno e piccoli rigonfiamenti. Tutte queste evidenze sono state rilevate, misurate (talora con attrezzature di precisione, quali il GPS differenziale) ed infine cartografate (si veda la tavola 1, in coda a questa parte I).

La direzione delle diverse fratture rilevate è costantemente compresa tra 110°N e 130°N.

Più precisamente, le fratture sono state rinvenute:

- in corrispondenza dell'attraversamento stradale del F. Aterno, lungo la via di collegamento dei paesi di Onna e Monticchio (Figg. da I.1 a I.5);
- lungo la strada di collegamento Stiffe – S. Demetrio, in prossimità del F. Aterno;
- nelle vicinanze del centro abitato di Vallecupa;
- nel centro abitato di Paganica (Fig. I.8)

Nel primo caso, ad Onna, le lesioni sono molto più frequenti e si sviluppano parallelamente tra loro lungo un fronte di circa 200m. In vicinanza del centro abitato le fratture al suolo presentano indizi di trascorrenza destra con rigetto di circa 5cm. (Fig. I.3).

Un rilievo con GPS è stato eseguito all'ingresso di Onna in prossimità del ponte sul fiume Aterno, allo scopo di localizzare geograficamente e con precisione subcentimetrica alcune delle fratture evidenti al suolo.

La tecnica del Gps differenziale è stata applicata secondo il metodo statico articolato in due fasi successive, procedendo poi a una sovrapposizione dei due rilievi basata su 3 punti comuni.

Inoltre, per ottenere la georeferenziazione delle fratture sono stati rilevati due punti della rete di raffittimento IGM95: in particolare si tratta del punto 145601 (San Felice D'Ocre) e del punto 140609 (Camarda).

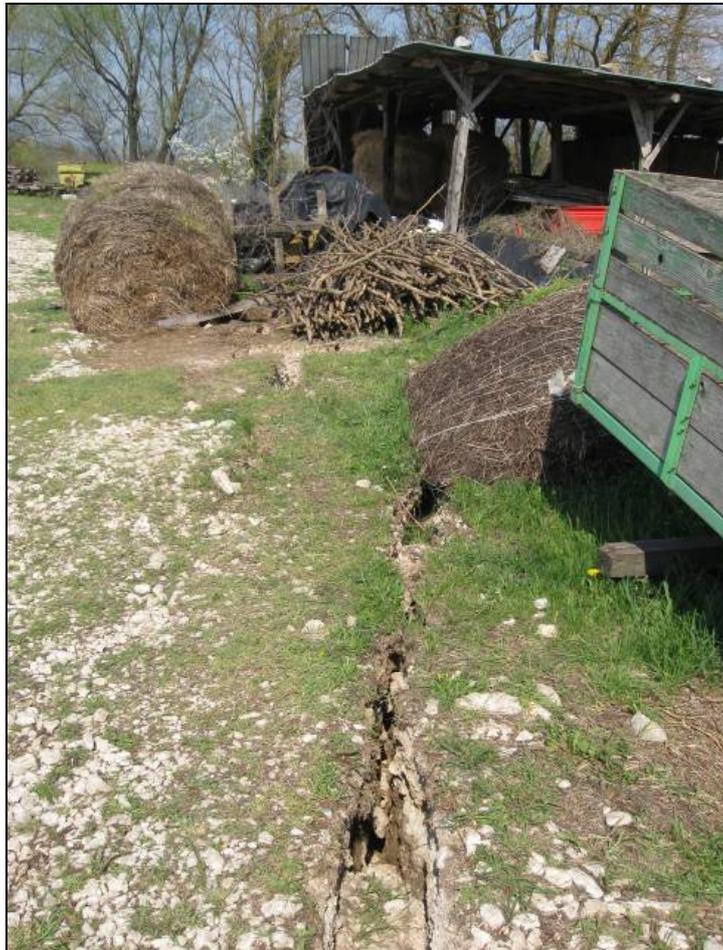


Fig. I.1 Onna: Frattura al suolo presente in prossimità del ponte sul F. Aterno. In basso caratteristiche geometriche della frattura (42°19'27''N 13°28'40')



Fig. I.2 Onna: Danni diffusi alla pavimentazione stradale (42°19'27''N 13°28'40''E)



Fig. I.3 Onna: Particolare del movimento di tipo trascorrente evidenziato dalla linea bianca sull'asfalto (42°19'27''N 13°28'40''E)



*Fig. I.4 Onna: lesione trasversale del manto stradale e distacco della strada dal ciglio
(42°19'27''N 13°28'40''E)*



*Fig. I.5 Onna: evidenza di una frattura al suolo che si sviluppa linearmente per alcune decine di metri, “aggirando” un manufatto rigido su entrambi i lati
(42°19'27''N 13°28'40''E)*



Fig. I.6 Onna: Danni all'attacco del ponte con il rilevato. In corso i lavori di ripristino della condotta del gas ivi danneggiata



*Fig. I.7 Onna: Ponte sul F. Aterno crollato a sud del centro abitato
(42°18'13.57''N 13°30'10.25''E)*

Altro settore significativo per la presenza di fratture al suolo è quello della parte alta del centro abitato di Paganica.

Qui il sisma ha tranciato le condotte idriche dell'acquedotto e seriamente danneggiato alcune abitazioni (Fig.I.8). Anche in questo caso le misurazioni hanno evidenziato un trend costante delle lesioni e fratture orientate in direzione 120°N.

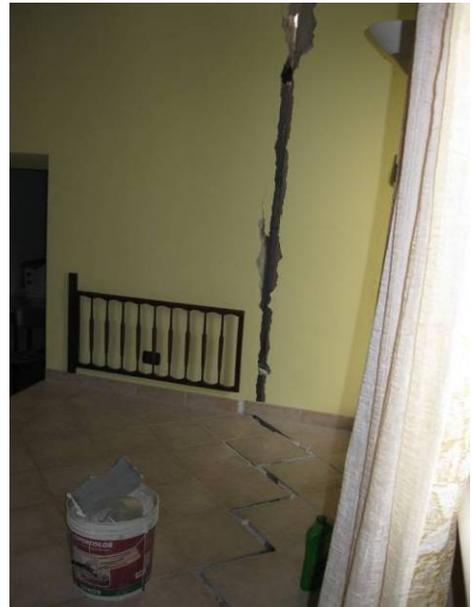


Fig. I.8 Paganica: Danni ai tubi dell'acquedotto del Gran Sasso e lesioni in un'abitazione posta in prossimità (42°21'52.42''N 13°28'07.68''E)

La misurazione delle numerose fratture al suolo, eseguita su un fronte di circa 15km, ha evidenziato che esse presentano costantemente direzione 110°N-130°N e si concentrano soprattutto nel settore vallivo prossimo al Fiume Aterno o lungo le fasce pedemontane come nel caso di Paganica e di Vallecupa.

Talora le fratture presentano piccoli rigetti, dell'ordine di 5-15cm, con caratteri di distensione e/o di trascorrenza destra (vedi abitato di Onna).

Inoltre, laddove sono state riconosciute lesioni e fratturazioni nel terreno, i centri abitati presentavano danni significativi come ad Onna, Villa S. Angelo, Fossa, Vallecupa, Pedicciano. Ciò è avvenuto anche in corrispondenza di alcune infrastrutture (ponti di Onna – Monticchio e di Cerro nel comune di Fossa; rete idrica a Paganica).

Un'ulteriore valutazione sull'interpretazione delle fratture rilevate sarà riportata al § I.5, sulla base dell'esame della cartografia allegata.

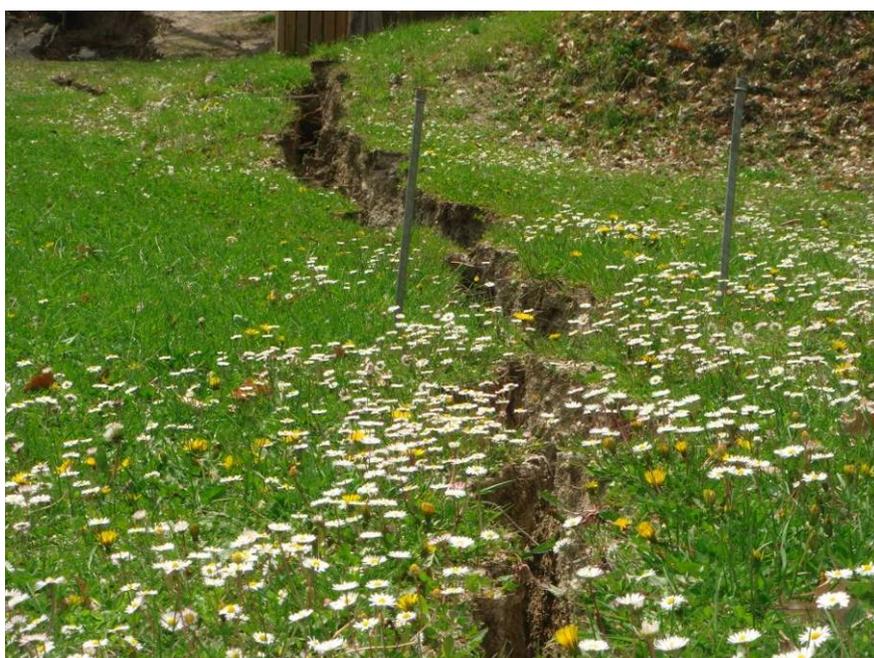
1.3 Fenomeni deformativi sul lago di Sinizzo

Nel comune di S. Demetrio ne' Vestini è stato rilevato un fenomeno deformativo in atto in corrispondenza del piccolo lago di Sinizzo (Figg.I.10-I.11). Si tratta di un sinkhole impostato in terreni alluvionali che a seguito delle ripetute scosse sismiche ha probabilmente avuto fenomeni successivi di subsidenza e di crollo delle sponde con conseguente arretramento delle rive. Per valutare la deformazione ed eventuali spostamenti futuri, è stato eseguito un rilievo con laser scanner 3d delle sponde del lago.

La scansione in località Sinizzo (coordinate 42° 17' 23"N, 13° 34' 34" E) è stata eseguita con passo pari a 21mm. Nell'immagine che segue (Fig.I.9), si può notare, in nero, lo scalino prodotto dal distacco. Il confronto con eventuale e successiva scansione consentirà di valutare gli spostamenti verificatisi.



*Fig. I.9: Scansione Laser delle sponde del lago Sinizzo
(42°17'25.23''N - 13°34'34.73''E)*



*Fig. I.10: fenomeni deformativi sulle sponde del lago Sinizzo
(42°17'25.23''N - 13°34'34.73''E)*



*Fig. I.11: fenomeni deformativi sulle sponde del lago Sinizzo
(42°17'25.23''N - 13°34'34.73''E)*

1.4 Frane

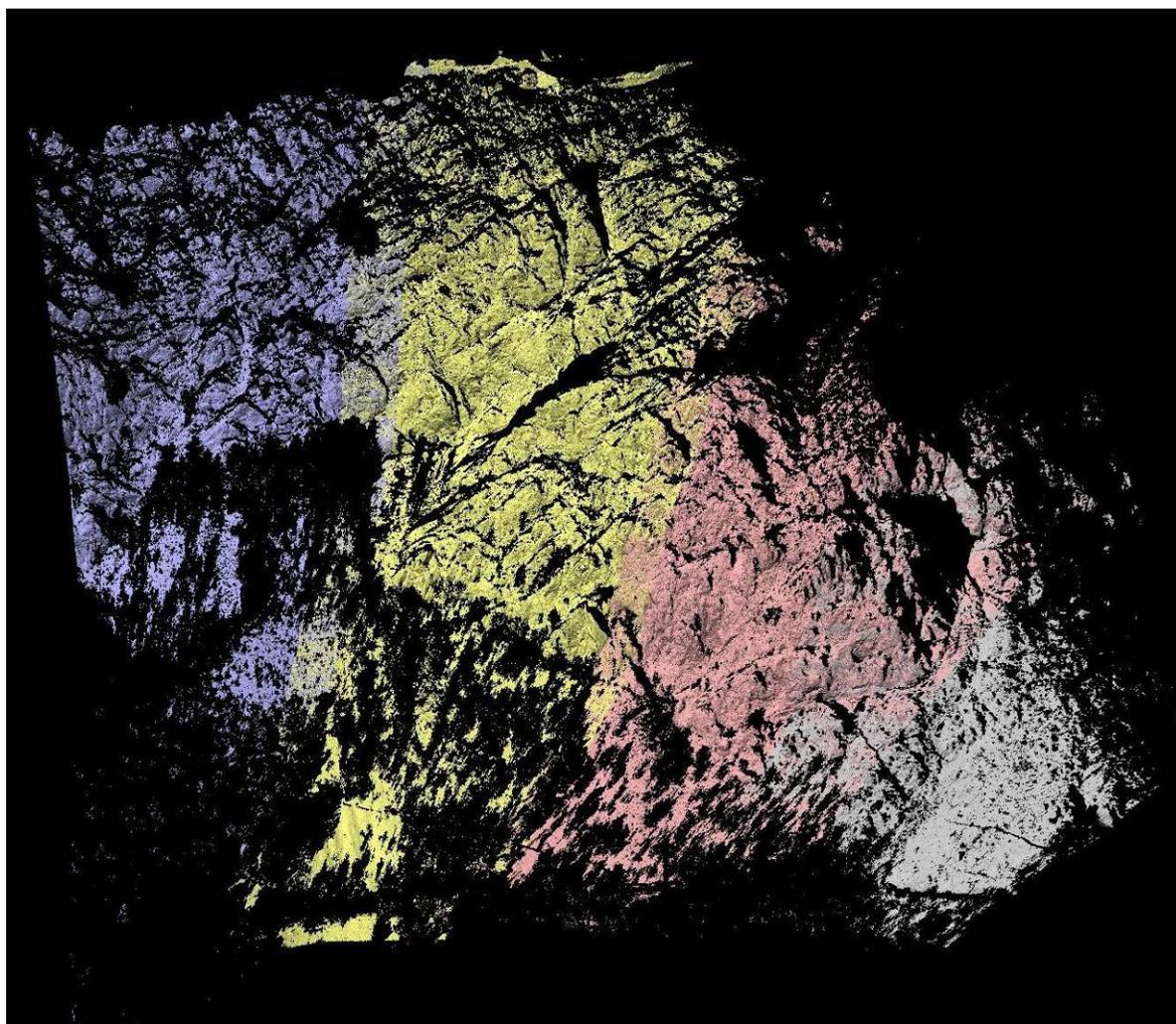
In tutta l'area colpita dal terremoto sono stati rilevati diversi fenomeni franosi riconducibili per lo più a crolli in roccia, che sono stati opportunamente cartografati (si veda la tavola 1). Le pareti su cui si sono attivate le frane presentano numerosi massi e diedri in condizione di equilibrio precario.

I fenomeni più significativi sono localizzati a monte dell'abitato di Fossa dove un crollo di circa 2000 m³, impostato in calcari fratturati, ha travolto due autovetture e danneggiato un'abitazione (Figg. da I.13 a I.15). L'intera parete coinvolta dal fenomeno franoso è stata oggetto di un rilievo eseguito tramite Laser Scanner 3D.

In tale località (42° 17' 27" N ,13° 29' 19" E), infatti, sono state eseguite 4 scansioni con passo variabile fra 61 mm e 67 mm. Le scansioni sono poi state allineate in modo da ricostruire l'intero fronte.

Nell'immagine che segue (Fig.I.12) è evidenziato il risultato di tale allineamento (i diversi colori utilizzati rendono conto delle diverse scansioni che si sovrappongono).

Il confronto con eventuale e successiva scansione consentirà di valutare gli spostamenti verificatisi.



*Fig. I.12: Scansione Laser della frana di Fossa
(42° 17' 27" N ,13° 29' 19" E)*



*Figg. I.13: Crolli in roccia che hanno coinvolto l'abitato di Fossa
(42°17'27.03''N - 13°29'19.19''E)*



Figg. I.14: Crolli in roccia a Fossa. Particolare di un masso (visibile a sinistra in entrambe le foto) che dopo essersi staccato dal fronte ed essere rotolato per alcune decine di metri, ha sfondato l'autorimessa fermandosi sul ciglio opposto della strada. (42°17'27.03''N - 13°29'19.19''E)



Fig. I.15: Crolli in roccia che hanno coinvolto l'abitato di Fossa. Nell'immagine in alto è mostrata una vista satellitare dell'area, in cui è riconoscibile l'eremo in cima alla parete, il cui crollo ha probabilmente innescato una delle due frane (ben riconoscibili in entrambe le figure). Nell'immagine in basso è riportata una rappresentazione tridimensionale della stessa area. Base cartografica Google Earth – Passaggio satellitare GEOEYE del 7 Aprile 2009 (post evento).

Altri crolli di notevoli dimensioni sono stati riconosciuti sulla parete in conglomerati calcarei che delimita la depressione del lago di Sinizzo (Fig. I.16) e lungo la strada 17bis che collega Paganica a Filetto (Fig.I.17).



Fig. I.16 Crolli in roccia che hanno interessato il versante prospiciente il lago di Sinizzo.



Fig. I.17 Crolli in roccia che hanno interessato la Strada tra Paganica e Filetto.

1.5 Considerazioni

Nella Tavola 1, a pagina seguente, è riportata una sintesi cartografica delle deformazioni al rilevate suolo, nonché l'indicazione degli altri significativi effetti rilevati.

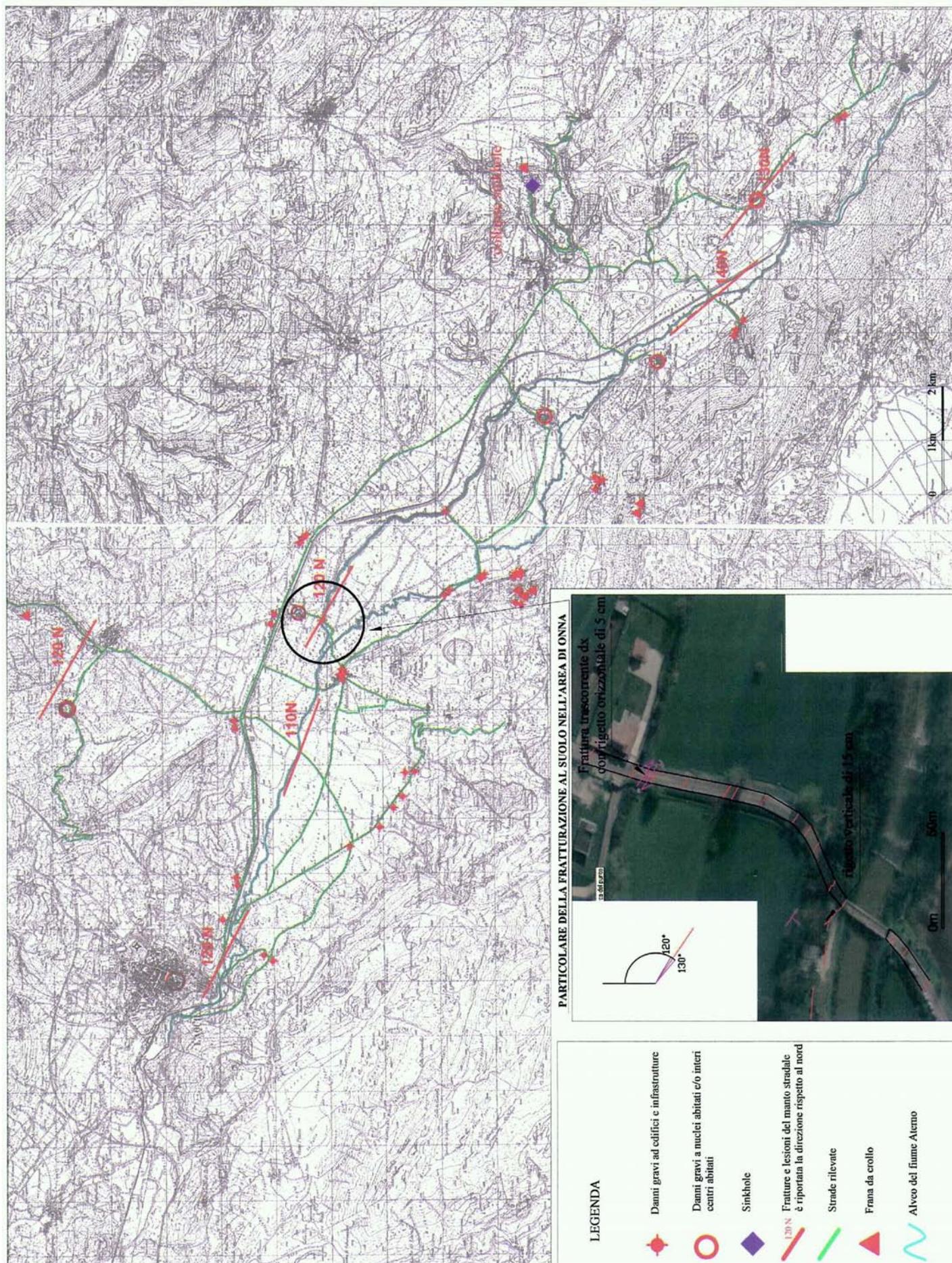
Si può osservare che la gran parte delle aree in cui si sono registrati forti danni agli edifici, frane o deformazioni elevate (lago di Sinizzo), si concentrano nelle zone in cui sono state rilevate le fratture al suolo e che queste ultime si allineano per diversi km costantemente lungo la direzione 120°N.

In particolare è da osservare che gran parte delle fratture rilevate nella zona di Onna (Figg. da I.1 a I.5) e lungo l'allineamento indicato non sono imputabili a fenomeni gravitativi né dovute a contatti fra corpi di differente rigidità (come il contatto spalla del ponte – terreno); Al contrario esse si verificano per lo più in corpi di materiale omogeneo evidenziando forti rigetti e talora fenomeni di trascorrenza.

Singolare è il caso illustrato in figura I.5, in cui la frattura al suolo si sviluppa per alcune decine di metri, poi incontra un manufatto rigido, con il piano interrato costituito da pareti in c.a., lo aggira su entrambi i lati e, superato l'edificio, riprende a svilupparsi lungo la stessa direttrice.

In conclusione, appare ragionevole interpretare tali effetti al suolo come evidenze superficiali di un meccanismo di fagliazione.

TAV 1 – CARTA DEGLI EFFETTI AL SUOLO



**RAPPORTO PRELIMINARE SUGLI EFFETTI INDOTTI
SULL'AMBIENTE FISICO DALLA SEQUENZA SISMICA
DELL'AQUILANO**

PARTE II
***Ricognizioni nell'area a nord di L'Aquila fino all'invaso di
Campotosto***

Indice

<i>II.1 Introduzione.....</i>	<i>22</i>
<i>II.2 Danni rilevati lungo la S.S. 80.....</i>	<i>22</i>
<i>II.3 Ricognizione delle dighe dell'invaso di Campotosto.....</i>	<i>29</i>

II.1 Introduzione

Questa parte è dedicata all'esame delle evidenze rilevate percorrendo la SS80 nella zona a nord della città di L'Aquila ed include, in particolare, i risultati dei sopralluoghi effettuati sulle dighe che delimitano il lago di Campotosto.

II.2 Danni rilevati lungo la S.S. 80

Lungo il percorso sono state rilevate diverse lesioni del manto stradale da imputare a piccole frane o cedimenti indotti dal terremoto. Il fenomeno più significativo è stato riscontrato in corrispondenza di un tornante localizzato poche centinaia di metri ad est del comune di Arischia (Fig.II.1 e II.2).

Si tratta della riattivazione di un dissesto precedente al terremoto e verosimilmente legato alla cattiva manutenzione del sistema di drenaggio del muro di contenimento del rilevato stradale (nella foto a sinistra in fig. II.3 si può osservare una folta vegetazione che ostruisce i canali di drenaggio). La parte sommitale del muro risulta palesemente danneggiata (Fig. II.3).



*Fig. II.1: Lesioni del manto stradale lungo la S.S. 80 nei pressi di Arischia.
(42°25' 14.16'' N 13° 21' 29.88''E)*



*Fig. II.2: Particolari delle lesioni del manto stradale di Fig.II.1.
(42°25' 14.16'' N 13° 21' 29.88''E)*



Fig. II.3. Crollo del paramento esterno di un muro di contenimento lungo la S.S. 80 nei pressi di Arischia.

(42°25' 14.16'' N 13° 21' 29.88''E)

Percorrendo sempre la S.S. 80, al Km 16.300 sono state osservate diverse tipologie di danno. In Fig. II.4 si mostra la lesione longitudinale ivi apertasi nella pavimentazione stradale. L'apertura della fessura è dell'ordine dei due centimetri (Fig. II.5), la lunghezza è di circa 100 metri.

La Fig. II.6 testimonia il distacco tra il piano stradale e la scarpata laterale, da cui si è originata una frattura avente lunghezza pari a 122 metri, profondità dell'ordine del mezzo metro ed apertura di circa 15 cm (Fig. II.6 e II.7). Infine in Fig. II.8 si riporta la frana attivatasi nei terreni calcareo-marnosi a ridosso della strada. In altri casi lungo la SS80 il sisma ha riattivato alcune frane a cinematisimo lento del tipo scorrimento-colata.

Poco distante dal sito precedente è presente un'ulteriore fessura che corre trasversalmente all'asse della strada (Fig. II.9). La lesione della pavimentazione stradale, già riparata dall'ente gestore dell'infrastruttura viaria nel giorno del sopralluogo (14 Aprile), è accompagnata dalla rottura dell'opera di sostegno a monte (Fig. II.10) e rotazione verso valle di una delle due porzioni di muro.



Fig. II.4 Frattura longitudinale lungo la S.S.80 Km 16.300

(42°25' 11'' N 13° 20' 58''E)



*Fig. II.5 Frattura longitudinale lungo la S.S.80 Km 16.300
(42°25' 11'' N 13° 20' 58''E)*



*Fig. II.6 Distacco tra piano stradale e ciglio della strada lungo la S.S.80 Km 16.300
(42°25' 11'' N 13° 20' 58''E)*



*Fig. II.7 Distacco tra piano stradale e ciglio della strada lungo la S.S.80 Km 16.300
(42°25' 11'' N 13° 20' 58''E)*



*Fig. II.8 Frana rinvenuta al Km 16.300 della SS.80
(42°25' 11'' N 13° 20' 58''E)*



*Fig. II.9 Frattura trasversale della pavimentazione stradale lungo la SS80.
(42°25' 05.00'' N 13° 21' 07.70''E)*



*Fig. II.10 Rottura del muro di contenimento della scarpata a ridosso del piano stradale
lungo la SS80 e rotazione verso l'esterno
(42°25' 05.00'' N 13° 21' 07.70''E)*

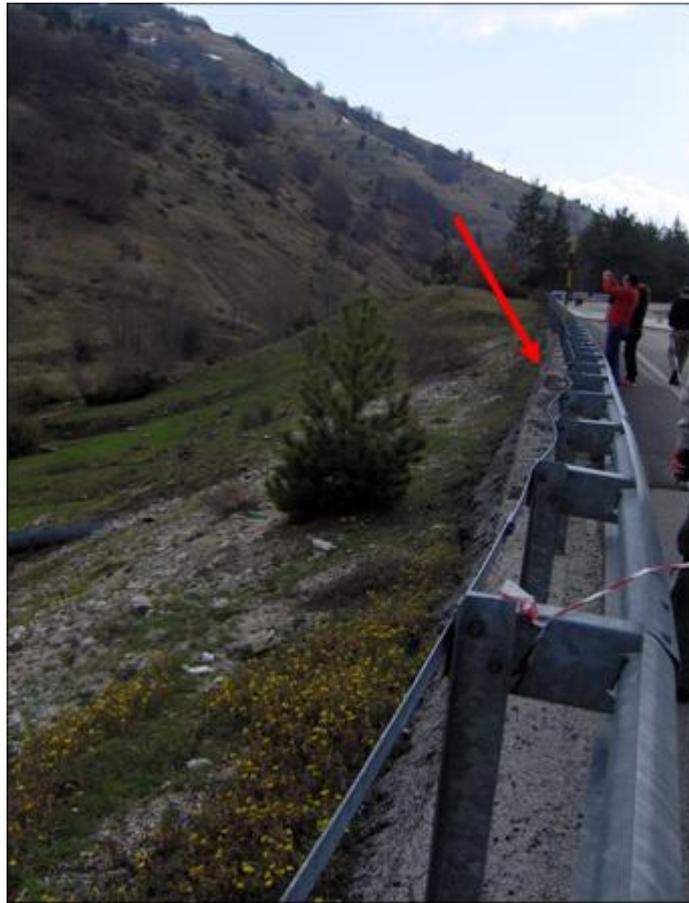
Percorrendo la S.S. 80 verso Campotosto si è, inoltre, rinvenuto il danneggiamento del ponte ubicato al Km 18.100 (Fig. II.11) e la riattivazione di un corpo di frana pre-esistente più a nord, che ha prodotto l'avvallamento del piano stradale e la formazione di un evidente scalino che ha richiesto la deviazione del traffico sulla carreggiata in senso opposto (Fig. II.12). In Fig. II.13 si fa notare che nello stesso sito il guardrail ha subito una deformazione ondulatoria, riconducibile all'evento sismico.



Fig. II.11 Ponte danneggiato lungo la SS80 al Km 18.100



*Fig. II.12 Riattivazione di una frana lungo la SS80
(42°28' 43.02'' N 13° 21' 44.40''E)*



*Fig. II.13 Deformata del guardrail lungo la SS80
(42°28' 43.02'' N 13° 21' 44.40''E)*

II.3 Ricognizione delle dighe dell'invaso di Campotosto

Percorrendo la SS.80 si arriva all'incrocio con la SS577 che costeggia il lago di Campotosto. Si è effettuato un esame visivo di tre dighe che delimitano l'invaso artificiale: la diga di Sella Pedicate (H=26.50 m), del Rio Fucino (H=49 m) e di Poggio Cancelli (H=28.2 m). Gli sbarramenti di Serra Pedicate (Fig. II.14) e del Rio Fucino (Fig. II.15) sono in calcestruzzo mentre la diga di Poggio Cancelli (Fig. II.16) è in terra zonata.



Fig. II.14 Diga di Sella Pedicate: Vista lato valle (foto a sx); vista lato monte (foto a dx)



Fig. II.15 Diga del Rio Fucino: vista lato monte (foto a sx); particolare dell'attacco tra lo sbarramento in c.a. e la strada circumlacuale



Fig. II.16 Diga di Poggio Cancelli: vista lato monte (foto a sx); particolare della strada sul coronamento (foto a dx)

Per i tre sbarramenti, l'esame visivo dei paramenti e della pavimentazione stradale lungo il coronamento non denota alcun segno di danneggiamento riconducibile al sisma. Ovviamente solo un'analisi più accurata dei dati di monitoraggio (ad esempio, portate filtranti, cedimenti e pressioni neutre nella diga in terra di Poggio Cancelli) e dei cunicoli di ispezione può confermare o meno la risposta sismica apparentemente positiva, emersa dal semplice esame visivo effettuato in via preliminare.

**RAPPORTO PRELIMINARE SUGLI EFFETTI INDOTTI
SULL'AMBIENTE FISICO DALLA SEQUENZA SISMICA
DELL'AQUILANO**

PARTE III

***Considerazioni preliminari sulle registrazioni accelerometriche
del 6 Aprile 2009 , ore 1:32 UTC***

Indice

<i>III.1 Introduzione.....</i>	32
<i>III.2 Elaborazioni delle registrazioni accelerometriche alle stazioni AQV, AQA, AQG ed AQK</i>	36
<i>III.3 Osservazioni preliminari sulle registrazioni accelerometriche alle stazioni AQV, AQA, AQG ed AQK</i>	36

III.1 Introduzione

Nel presente rapporto si illustrano le elaborazioni preliminari degli accelerogrammi registrati nell'Aquilano in zona epicentrale, in occasione della scossa sismica del 6 aprile 2009, ore 01:32 (UTC).

In Tabella III.I sono elencati tutti i dati sismici forniti dalla Protezione Civile Nazionale, relativi all'evento in questione; gli accelerogrammi sono stati acquisiti mediante la rete accelerometrica nazionale (RAN). Nelle ultime due colonne della tabella sono stati aggiunti i valori delle accelerazioni massime calcolate mediante la legge di attenuazione di Sabetta e Pugliese (1987), sia su roccia affiorante sia su terreni, per siti posti ad eguale distanza epicentrale (al momento non si dispone ancora della distanza dal piano di faglia, che è più significativa della distanza epicentrale).

Tab. III.1 - Sisma del 6 aprile 2009 - ore 1:32 UTC - Aquilano $M=5.8$. Dati sintetici delle registrazioni della RAN (fonte: Protezione Civile Nazionale, modificata).



TERREMOTO DEL 6 APRILE 2009 - ore 01:32 (UTC) - AQUILANO
M= 5.8

N.	Codice record	Codice stazione acc.	Località	Provincia	Regione	Lat N	Long E	PGA (cm/s ²)	Distanza		Sabetta e	
									epicentrale (Km)	PGA (g)	Pugliese Rock	Pugliese Soil
2	FA030	aqg	L'Aquila - V. Aterno -Colle Grilli	L'Aquila	ABRUZZO	42.373	13.337	504.921	4.3	0.5147	0.2762	0.4327
1	GX066	aqv	L'Aquila - V. Aterno - Centro Valle	L'Aquila	ABRUZZO	42.377	13.344	662.599	4.8	0.6754	0.2628	0.4117
4	AM043	aqk	Aquil PARK ing.	L'Aquila	ABRUZZO	42.345	13.401	366.285	5.6	0.3734	0.2426	0.3801
3	CU104	aqd	L'Aquila - V. Aterno -F. Aterno	L'Aquila	ABRUZZO	42.376	13.339	478	5.8	0.4873	0.2378	0.3727
5	EF021	gsa	GRAN SASSO (Assergi)	L'Aquila	ABRUZZO	42.421	13.519	148.862	18	0.1517	0.0975	0.1528
13	BX007	fmg	FIAMIGNANO	Rieti	LAZIO	42.268	13.117	26.352	19.3	0.0269	0.0914	0.1431
9	BY048	mtr	MONTEREALE	L'Aquila	ABRUZZO	42.524	13.245	62.233	22.4	0.0634	0.0794	0.1243
12	GE1463	gsg	GRAN SASSO (Lab. INFN galleria)	L'Aquila	ABRUZZO	42.46	13.55	29.165	22.6	0.0297	0.0787	0.1233
14	DF006	ant	ANTRODOCO	Rieti	LAZIO	42.418	13.079	25.939	23.1	0.0264	0.0771	0.1207
6	TK033	cln	CELANO	L'Aquila	ABRUZZO	42.085	13.521	89.381	31.6	0.0911	0.0569	0.0892
15	BY003	cso1	CARSOLI 1	L'Aquila	ABRUZZO	42.101	13.088	18.295	33	0.0186	0.0546	0.0855
7	BI106	avz	AVEZZANO	L'Aquila	ABRUZZO	42.027	13.426	67.687	34.9	0.0690	0.0517	0.0809
19	ZC002	lss	LEONESSA	Rieti	LAZIO	42.558	12.969	9.625	39.1	0.0098	0.0462	0.0724
22	CU008	mmp1	MOMPEO 1	Rieti	LAZIO	42.249	12.748	8.855	49.2	0.0090	0.0368	0.0577
8	CR008	orc	ORTUCCHIO	L'Aquila	ABRUZZO	41.954	13.642	64.399	49.4	0.0656	0.0367	0.0575
26	CQ001	sbc	SUBIACO	Roma	LAZIO	41.913	13.106	6.68	50.5	0.0068	0.0359	0.0562
10	CR003	sul	SULMONA	L'Aquila	ABRUZZO	42.089	13.934	33.656	56.5	0.0343	0.0321	0.0503
20	HB060	spo	SPOLETO	Perugia	UMBRIA	42.734	12.741	9.585	65.9	0.0098	0.0276	0.0432
23	BW024	spc	SPOLETO (cantina)	Perugia	UMBRIA	42.743	12.74	7.572	66.7	0.0077	0.0272	0.0427
11	EK007	cht	CHIETI	Chieti	ABRUZZO	42.37	14.148	29.411	67.1	0.0300	0.0271	0.0424
17	BH003	cds	CASTEL DI SANGRO	L'Aquila	ABRUZZO	41.787	14.112	9.956	88.5	0.0101	0.0205	0.0322
27	CB004	ass	ASSISI	Perugia	UMBRIA	43.075	12.604	6.05	101.7	0.0062	0.0179	0.0280
21	BS029	css	CASSINO	Latina	LAZIO	41.486	13.823	9.436	102.7	0.0096	0.0177	0.0278
24	BC018	isr	ISERNIA	Isernia	MOLISE	41.611	14.236	7.186	109.7	0.0073	0.0166	0.0260
16	EI160	boj	BOJANO	Campobasso	MOLISE	41.484	14.472	14.171	133.5	0.0144	0.0136	0.0214
25	AL104	ptf	PETRELLA TIFERNINA	Campobasso	MOLISE	41.696	14.702	6.855	133.7	0.0070	0.0136	0.0213
18	BN048	tmo	TERMOLI	Campobasso	MOLISE	41.989	14.975	9.843	140.9	0.0100	0.0129	0.0202
28	AY026	scp	SERRACAPRIOLA	Foggia	PUGLIA	41.807	15.165	5.621	162.4	0.0057	0.0112	0.0176
29	IY045	ssr	S. SEVERO	Foggia	PUGLIA	41.691	15.374	5.349	183.4	0.0055	0.0099	0.0156

TUTTI I DATI SONO STATI FORNITI DALLA PROTEZIONE CIVILE NAZIONALE
UFFICIO VALUTAZIONE PREVENZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO SISMICO
RAN - RETE ACCELEROMETRICA NAZIONALE

Il confronto tra le accelerazioni massime registrate nell'Aquilano e quelle dedotte dalla legge di Sabetta e Pugliese (nel seguito indicata sinteticamente come S&P) è rappresentato in Figura III.1. Appare evidente che in prossimità dell'epicentro, a distanza inferiore a 5 km circa, le accelerazioni registrate nell'Aquilano sono maggiori di quelle da S&P, a conferma della forte intensità dello scuotimento generato dal sisma in questione (dovuta probabilmente sia al tipo di meccanismo focale, sia alla modesta profondità alla quale esso si è verificato). Al crescere della distanza epicentrale le accelerazioni registrate decrescono con notevole gradiente, e già a partire da distanze di qualche decina di chilometri risultano in gran parte decisamente inferiori all'intervallo individuato dalle due curve della legge di S&P. Ciò è peraltro congruente con quanto osservato in sito circa i danni indotti, che sembrano estinguersi molto rapidamente allontanandosi dall'epicentro (probabilmente per le suddette motivazioni relative al meccanismo focale).

**Terremoto Aquilano - M=5.8 del 6 Aprile 2009
Legge di Attenuazione di Sabetta e Pugliese**

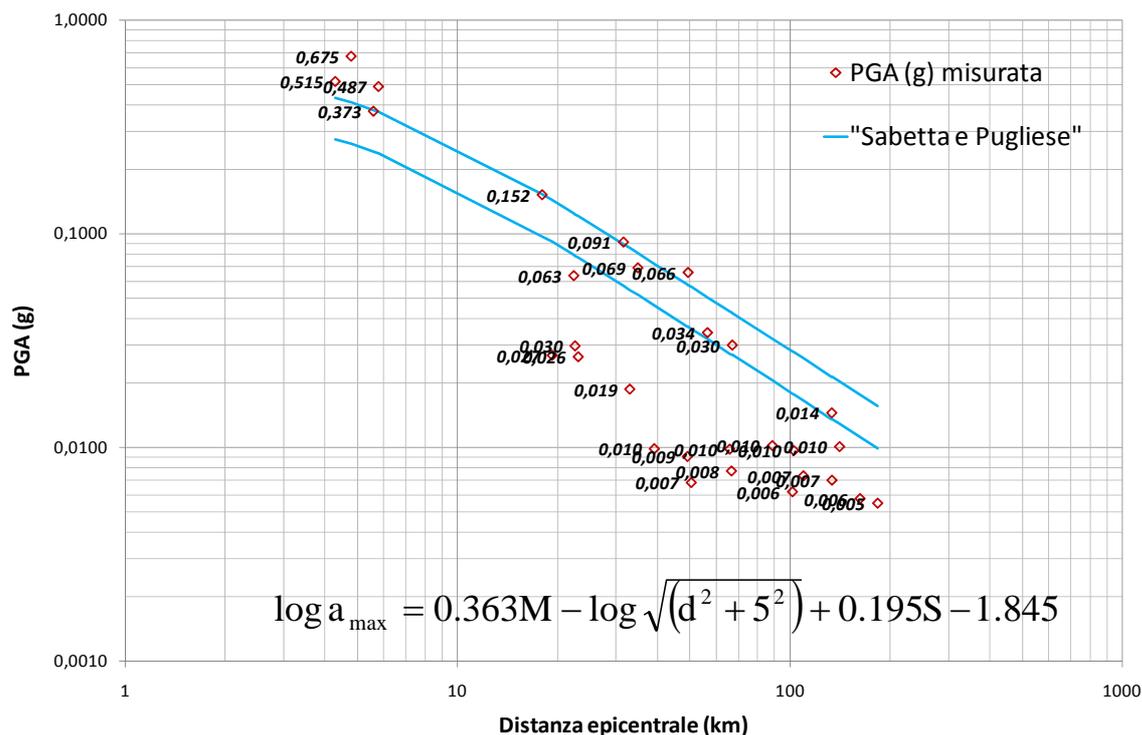


Fig. III.1 - Sisma del 6 aprile 2009 - ore 1:32 UTC - Aquilano M=5.8. Legge di attenuazione delle accelerazioni massime free-field. Dati non corretti. (Elaborazione eseguita sulla base dei dati accelerometrici della Rete Accelerometrica Nazionale della Protezione Civile).

Nella cartografia di Figura III.2 sono localizzate le stazioni accelerometriche della RAN, da cui si evince come i valori più alti delle accelerazioni siano stati registrati in prossimità della città di L'Aquila, lungo una direttrice NordOvest-SudEst, e come essi decrescano rapidamente spostandosi in direzione ortogonale alla predetta direttrice. Nella stessa figura è inoltre evidenziata una zona più scura, per la quale si dispone di un rilievo effettuato mediante satellite GEOEYE proprio il giorno dopo l'evento sismico (7 aprile 2009).

Uno stralcio di tale rilievo, riguardante la città di L'Aquila e l'area immediatamente a NordOvest della stessa, è rappresentato in Figura III.3, allo scopo di localizzare esattamente la posizione delle stazioni accelerometriche AQA (nella Valle Aterno, F. Aterno), AQV (nella Valle Aterno, centro Valle), AQG (Valle Aterno, Colle Grilli) e AQK (Aquil Park, in città), dove sono stati registrati i moti sismici più forti.

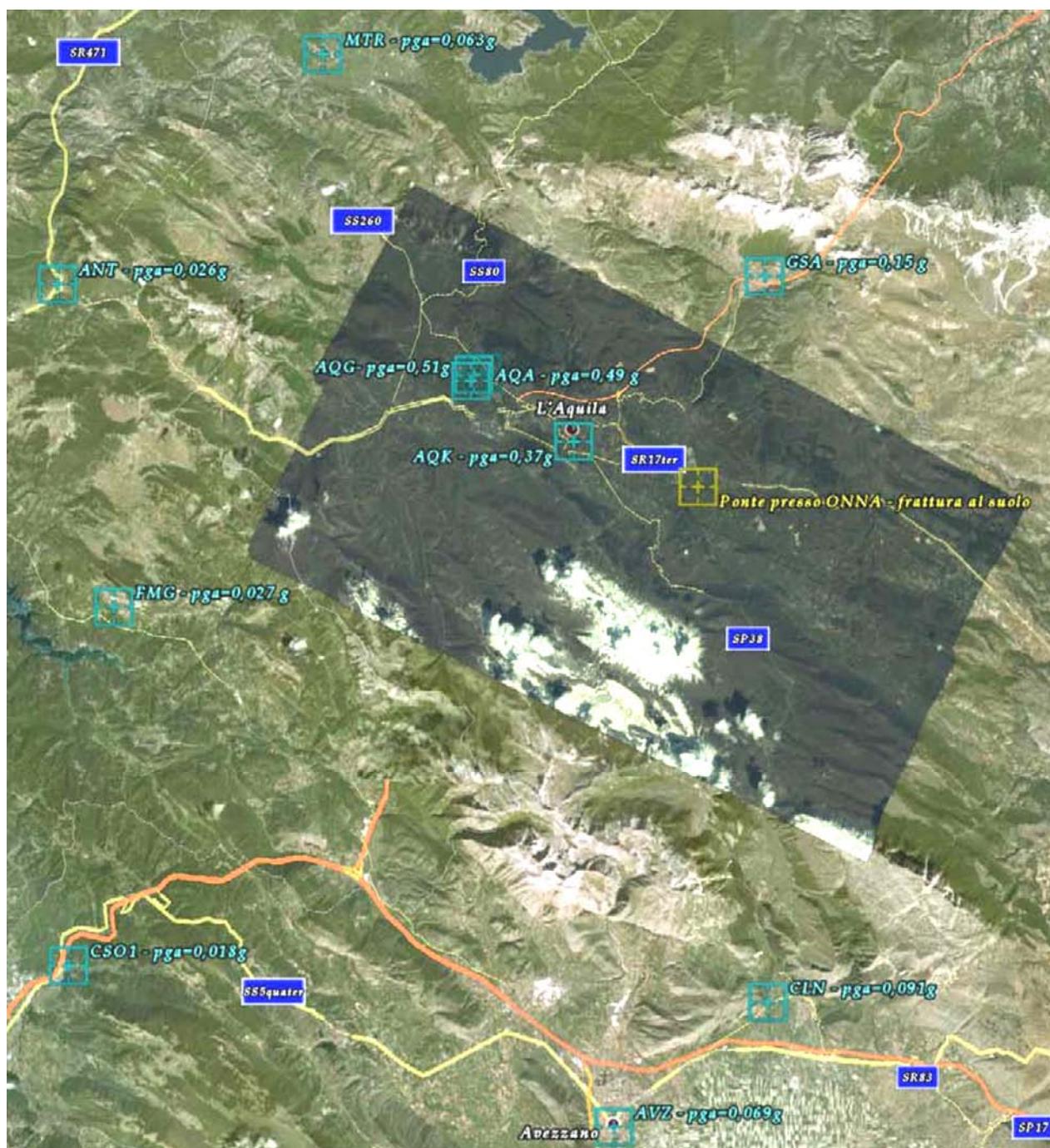


Fig. III.2 - Localizzazione delle Stazioni accelerometriche della RAN entro 40 Km dall'epicentro con indicazione dei rispettivi valori di PGA registrati in occasione del Sisma del 6 Aprile 2009 ore 1.32 UTC – Aquilano $M=5.8$ (dati non corretti). In mappa è inoltre evidenziata la località presso Onna dove sembra rinvenirsi traccia della faglia in superficie. (Base Cartografica GOOGLE EARTH – Zona più scura: passaggio satellitare GEOEYE del 7 Aprile 2009 - Elaborazione eseguita sulla base dei dati accelerometrici della Rete Accelerometrica Nazionale della Protezione Civile).

III.2 Elaborazioni delle registrazioni accelerometriche alle stazioni AQV, AQA, AQG ed AQK.

Gli accelerogrammi registrati alle stazioni AQV, AQA, AQG ed AQK in occasione dell'evento principale del 6 aprile, e resi disponibili dalla Protezione Civile Nazionale, sono stati elaborati allo scopo di valutarne le principali caratteristiche temporali, di frequenza e contenuto di energia. Sia le componenti orizzontali Nord-Sud (NS) ed Est-Ovest (EW), sia quella verticale (UpDw), sono state preliminarmente corrette mediante una *linear baseline correction*, senza modificarne il contenuto in frequenza.

Gli accelerogrammi così ottenuti sono rappresentati nelle Figure III.4, III.8, III.12 e III.16. Di ciascun accelerogramma sono stati evidenziati gli intervalli temporali più significativi, allo scopo di confrontare in dettaglio le diverse componenti del moto del suolo (Figure III.5, III.9, III.13 e III.17). Sono quindi illustrati gli spettri lineari delle funzioni accelerometriche, per confrontare i contenuti in frequenza dei segnali (Figure III.6, III.10, III.14 e III.18). Infine per ciascun accelerogramma è stato valutato il contenuto di energia mediante l'Intensità di Arias (IA); nelle Figure III.7, III.11, III.15 e III.19 sono quindi rappresentati gli andamenti nel tempo della IA adimensionalizzata, allo scopo di individuare, per ciascun segnale, il valore della durata efficace del moto (*significant duration*).

III.3 Osservazioni preliminari sulle registrazioni accelerometriche alle stazioni AQV, AQA, AQG ed AQK

Le *time-histories* rappresentate nelle Figure III.4, III.8, III.12 e III.16 evidenziano durate del moto di circa 20 secondi. I segnali sono in generale asimmetrici, talora con notevoli differenze nei valori massimi registrati nella stessa direzione nei due versi opposti; in particolare le registrazioni del moto verticale indicano accelerazioni massime verso l'alto maggiori del 20-25% rispetto a quelle verso il basso (eccetto che per la stazione AQK). Tali evidenze dovrebbero dipendere essenzialmente dalle caratteristiche di direttività della sorgente sismica.

Ad ogni stazione il valore dell'accelerazione di picco della componente verticale del moto è quasi sempre paragonabile a quelli delle accelerazioni massime registrate nelle due direzioni orizzontali. In particolare alle stazioni AQA (Valle Aterno, F. Aterno) e AQK (Aquil Park, in città) le accelerazioni massime (rispettivamente 0.49g e 0.37g) sono state registrate proprio in direzione verticale, durante la prima fase (sussultoria) dello scuotimento, immediatamente prima dell'inizio del moto ondulatorio significativo del suolo (Figure III.9 e III.17). Alla stazione AQV (Valle Aterno, centro Valle) l'accelerazione massima verticale (0.52g) è comparabile con quelle orizzontali (rispettivamente 0.56g in direzione NS e 0.68g in direzione EW, Figura III.5). Solo alla stazione AQG (Valle Aterno, Colle Grilli), invece, il picco della componente verticale (0.27g) risulta pari a circa la metà della massima accelerazione orizzontale (0.51g, Figura III.13); è da osservare però che tale picco si verifica proprio durante la fase più intensa del moto orizzontale.

Dalle stesse figure si evince che il moto ondulatorio parte in maniera intensa subito dopo l'inizio del forte moto sussultorio (con un ritardo di appena 1 secondo circa), quando le accelerazioni verticali sono ancora significative (finanche dell'ordine di 0.2÷0.3g).

Sulla base delle osservazioni su esposte (intensità della componente verticale del moto, breve ritardo temporale tra le componenti del moto), si evince una sostanziale sovrapposizione del moto sussultorio e del moto ondulatorio, che da luogo, purtroppo, ad uno scuotimento intenso contemporaneamente in tutte le direzioni.

Anche se questa ultima evidenza merita ulteriori approfondimenti ed analisi, essa appare di notevole interesse per la "lettura" di frequenti fenomeni di danno osservati sui manufatti (vedi ad es. la ricorrente espulsione violenta delle murature di tomagno dal loro piano).

Dall'osservazione dei particolari delle tracce accelerometriche (sempre Figure III.5, III.9, III.13 e III.17) si evincono le differenze nei contenuti in frequenza tra le componenti orizzontali e quella verticale del moto, confermate ovviamente negli spettri lineari dei segnali (Figure III.6, III.10, III.14 e III.18).

In particolare dalle componenti orizzontali NS ed EW dei 4 accelerogrammi si osserva sempre che il primo "ciclo" energeticamente significativo si presenta con una ampiezza temporale di circa 0.4-0.6 s (e quindi frequenza nel campo 1.7÷2.5 Hz) anche se talora si può registrare successivamente un picco maggiore a più alta frequenza (vedi ad esempio accelerogrammi NS ed EW di Fig. III.5).

In generale le frequenze predominanti delle componenti orizzontali sono raccolte intorno ai 2 Hz, mentre le componenti verticali del moto sono caratterizzate da un campo di frequenze significative più ampio e spostato verso valori più alti (anche oltre i 10 Hz). Particolare è invece il moto sismico alla stazione AQQ, laddove sia i "cicli" delle accelerazioni hanno sempre periodi più ampi (vedi Fig. III.17), e di conseguenza sia le componenti orizzontali che quella verticale sono caratterizzate da campi di frequenze predominanti concentrati intorno a valori più bassi (circa 1 Hz, (vedi Fig. III.18).

Una analoga differenza tra gli accelerogrammi registrati nella Valle Aterno (stazioni AQV, AQA ed AQQ) ed il moto registrato alla stazione AQQ, è confermata anche dall'esame dei contenuti di energia del moto sismico, e delle durate efficaci del moto stesso.

Le Intensità di Arias (IA) calcolate per gli accelerogrammi nella Valle Aterno evidenziano che le componenti orizzontali hanno energia almeno 2-3 volte maggiore della componente verticale (vedi valori di AI nelle didascalie delle Figure III.7, III.11 e III.15). In ogni caso, tale energia viene rilasciata in un arco temporale molto "concentrato", di appena 6÷8 s (vedi diagrammi evidenziati in rosso ed i valori della *significant duration* nelle stesse Figure III.7, III.11 e III.15).

Alla stazione AQQ, invece, il contenuto di energia del moto sismico è leggermente più basso, ed è praticamente simile per tutte e tre le componenti del moto (vedi valori di AI nella didascalia di Figura III.19). L'energia è rilasciata, per tutte e tre le componenti del moto, in un arco temporale leggermente più ampio, di circa 11 s (vedi diagrammi evidenziati in rosso ed i valori della *significant duration* nella stessa Figura III.19).

E' da osservare che gli accelerogrammi registrati alle stazioni AQV ed AQA, in località alquanto vicine (nella valle del fiume Aterno) ed in condizioni geo-morfologiche sostanzialmente analoghe, hanno forme d'onda e spettri lineari molto simili. Merita approfondimento però la circostanza che i valori di accelerazione registrati nelle tre direzioni alla stazione AQV (NS=0.56g, EW=0.68g, UP=0.52g) risultano alquanto più elevati di quelli alla stazione AQA (NS=0.44g, EW=0.41g, UP=0.49g): in particolare, qualora fosse possibile acquisire una affidabile caratterizzazione geotecnica dei sottosuoli (condizioni stratigrafiche e di falda, proprietà meccaniche dei singoli strati di terreno e loro dipendenza dai livelli deformativi) sarebbe opportuno effettuare analisi di risposta sismica locale con metodi dell'ingegneria geotecnica di livello avanzato.

Le osservazioni commentate nel presente paragrafo possono risultare utili per comprendere meglio la tipologia dei manufatti particolarmente danneggiati e l'entità stessa dei danni indotti. Ovviamente la comprensione delle caratteristiche del reale moto sismico nel tempo sono presupposto essenziale ad eventuali analisi dinamiche del comportamento di manufatti, ed in particolare di sistemi ed opere geotecniche, nel dominio del tempo.

STAZIONE AQV

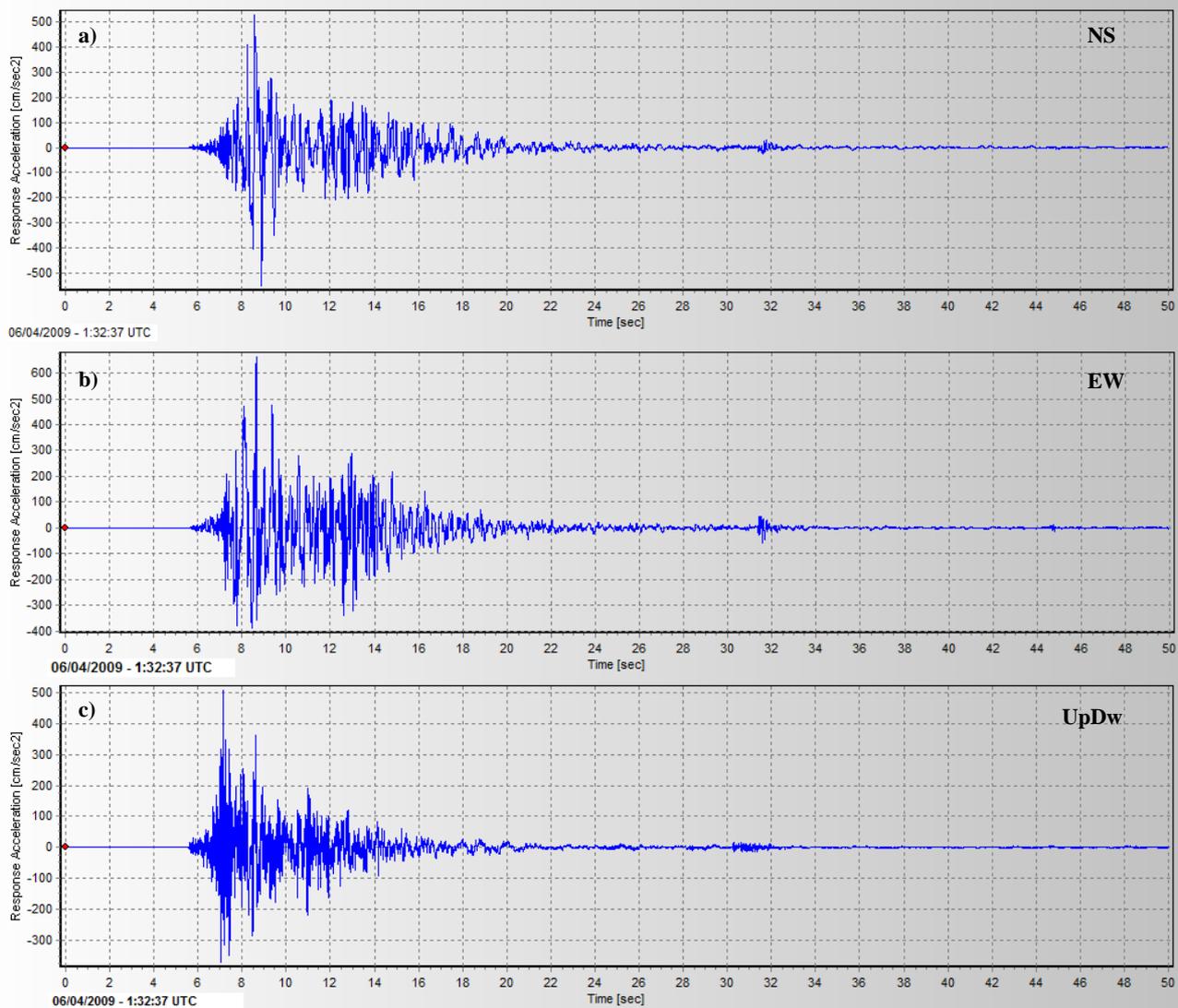


Fig.III.4 - Tracce temporali delle accelerazioni registrate alla Stazione AQV (42.377N;13.344E) - distanza epicentrale 4.8 km: a) Componente Nord-Sud; b) Componente Est-Ovest; c) Componente Verticale. Dati non filtrati ma corretti applicando una Linear Baseline Correction (Start time tracce 1:32:37UTC). Elaborazione eseguita sulla base dei dati accelerometrici della Rete Accelerometrica Nazionale della Protezione Civile - ID registrazione GX066.

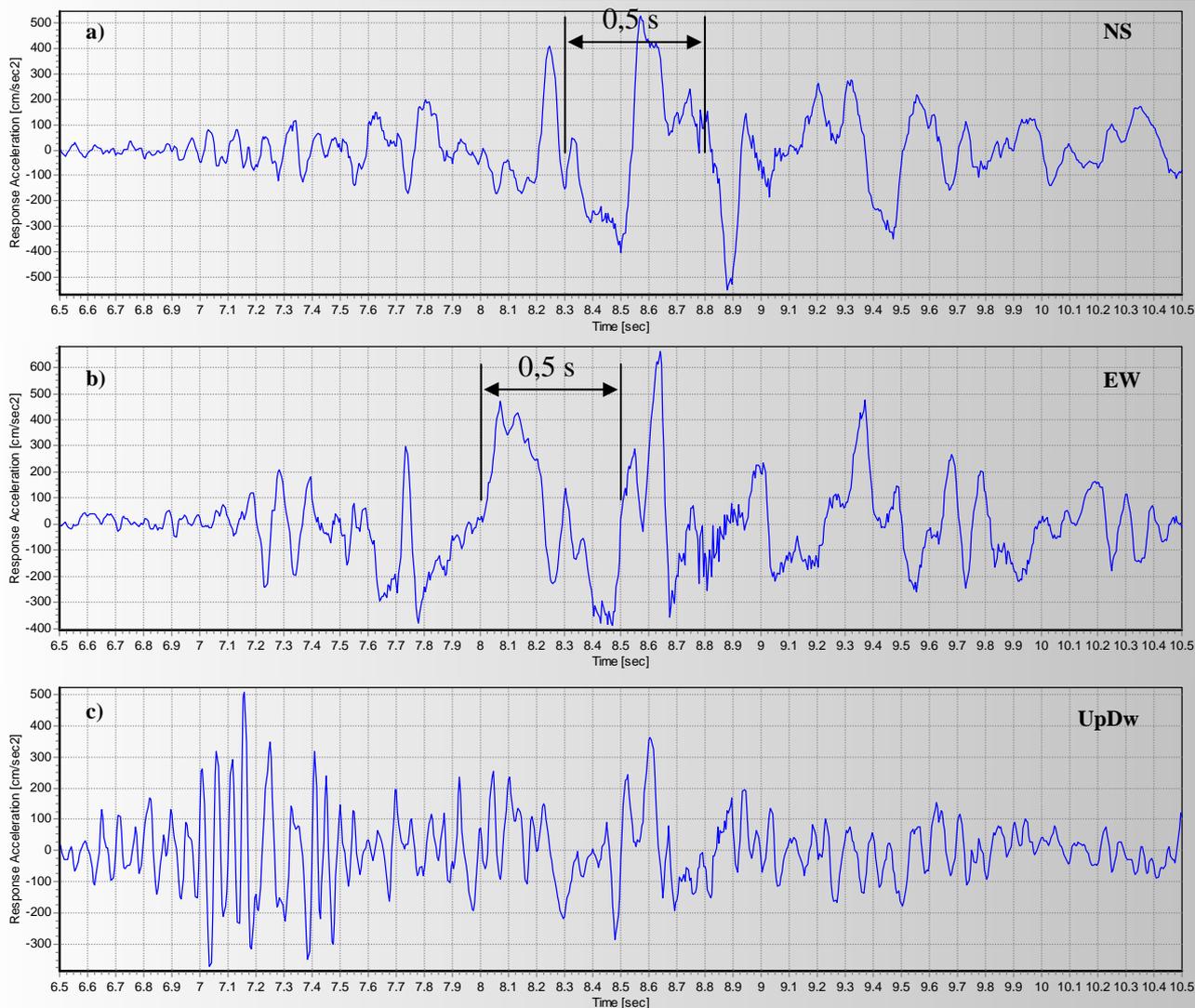


Fig. III.5 - Dettaglio strong motion delle tracce temporali delle accelerazioni registrate alla Stazione AQV (42.377N;13.344E) - distanza epicentrale 4.8 km: a) Componente Nord-Sud ($PGA = 550.12 \text{ cm/s}^2$ a $t=8.88 \text{ s}$); b) Componente Est-Ovest ($PGA= 662.61 \text{ cm/s}^2$ a $t=8.64 \text{ s}$); c) Componente Verticale ($PGA= 507.79 \text{ cm/s}^2$ a $t=7.16 \text{ s}$). Dati non filtrati ma corretti applicando una Linear Baseline Correction (Start time tracce 1:32:37UTC). Elaborazione eseguita sulla base dei dati accelerometrici della Rete Accelerometrica Nazionale della Protezione Civile - ID registrazione GX066.

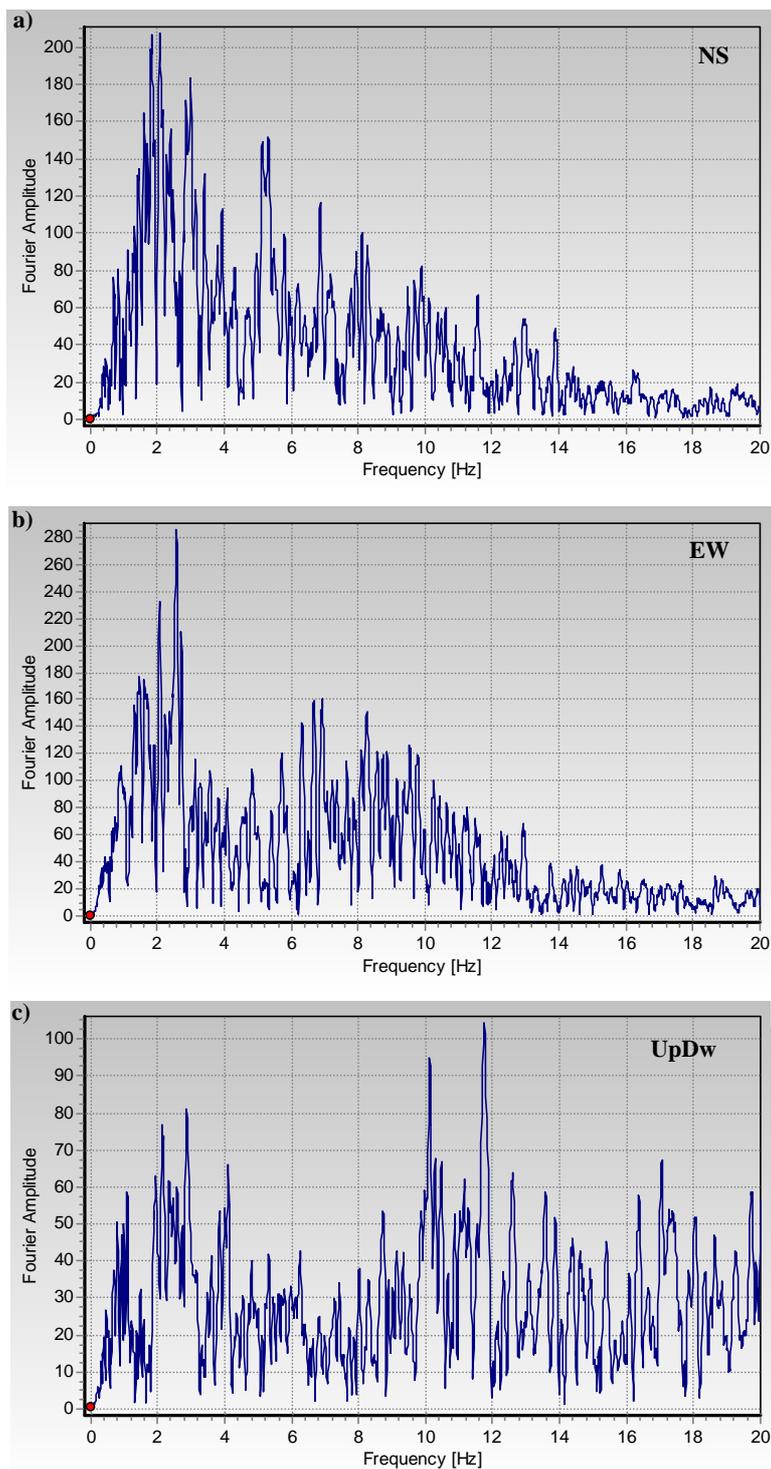


Fig.III.6 - Spettri di Fourier delle registrazioni alla Stazione AQV (42.377N;13.344E) - distanza epicentrale 4.8 km: a) Componente Nord-Sud; b) Componente Est-Ovest; c) Componente Verticale. Dati non filtrati ma corretti applicando una Linear Baseline Correction (Start time tracce 1:32:37UTC). Elaborazione eseguita sulla base dei dati accelerometrici della Rete Accelerometrica Nazionale della Protezione Civile - ID registrazione GX066.

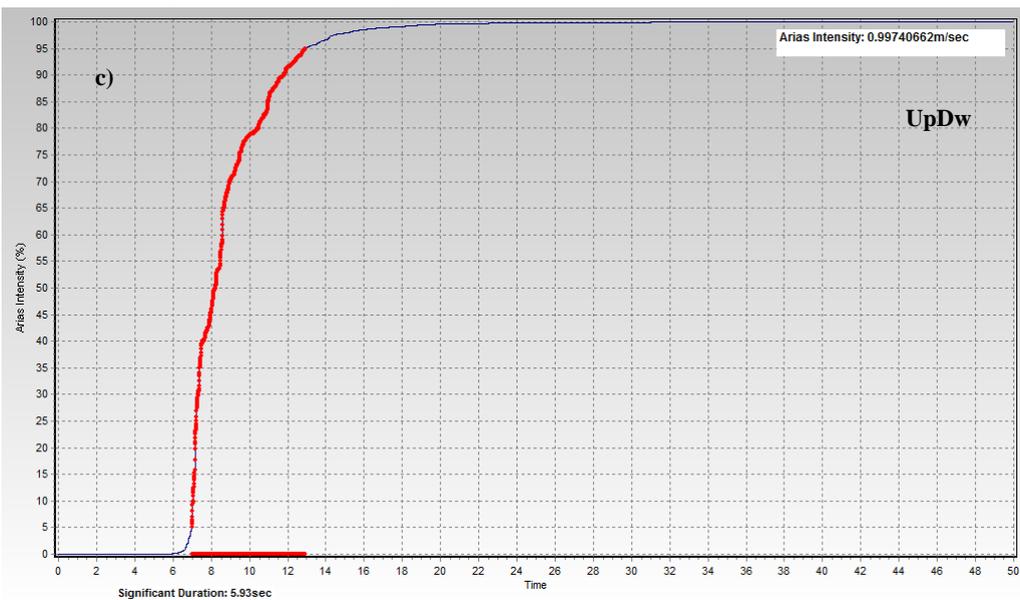
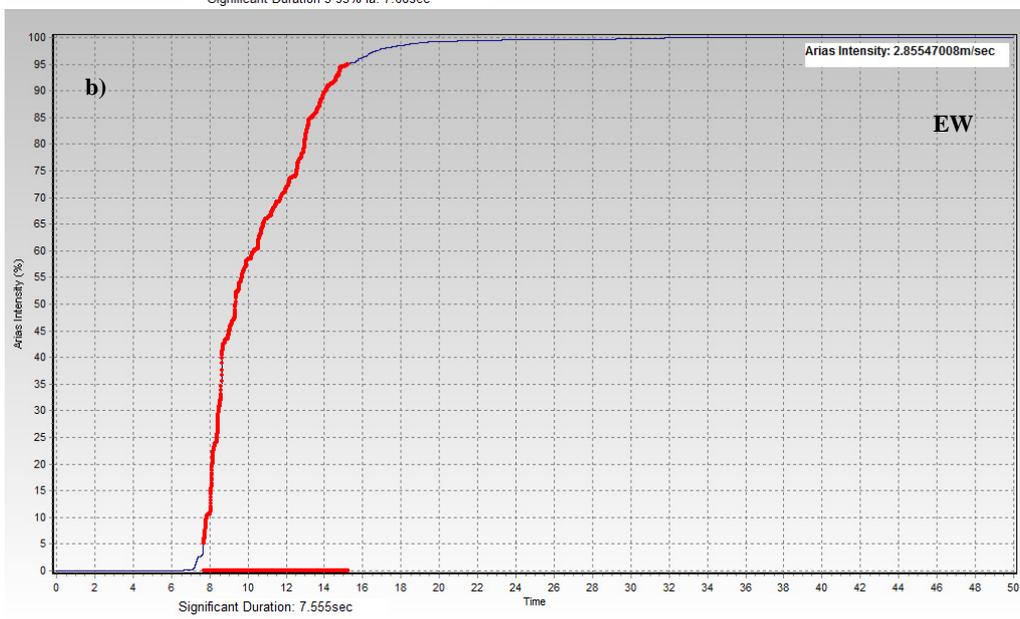
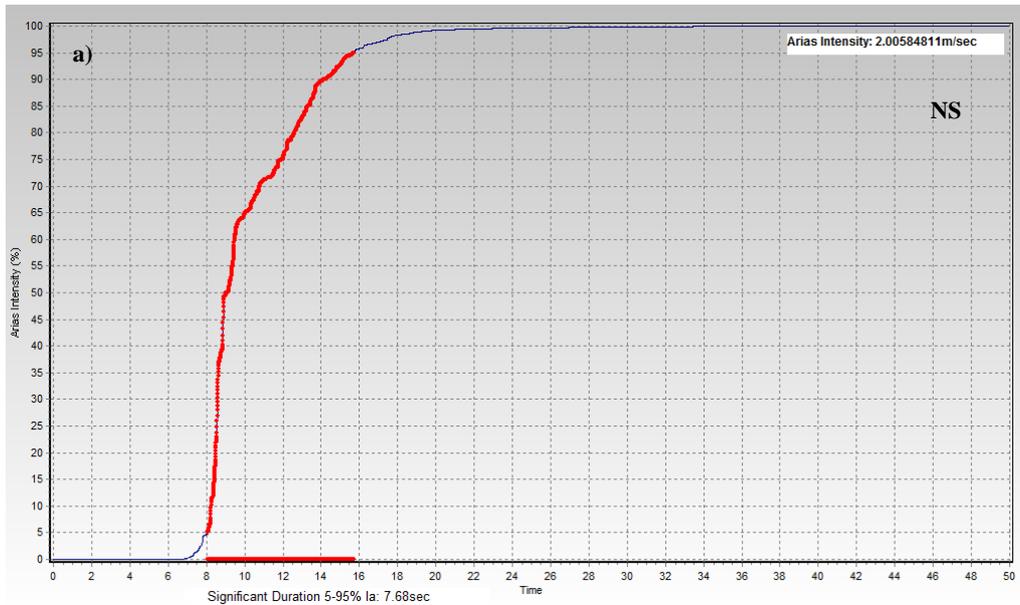


Fig.III.7 - *Significant Duration delle registrazioni alla Stazione AQV: a) Componente Nord-Sud ($td=7.7$ s, $IA=2.01$ m/s); b) Componente Est-Ovest ($td=7.6$ s, $IA=2.86$ m/s); c) Componente Verticale ($td=5.9$ s, $IA=1.00$ m/s).*

STAZIONE AQA

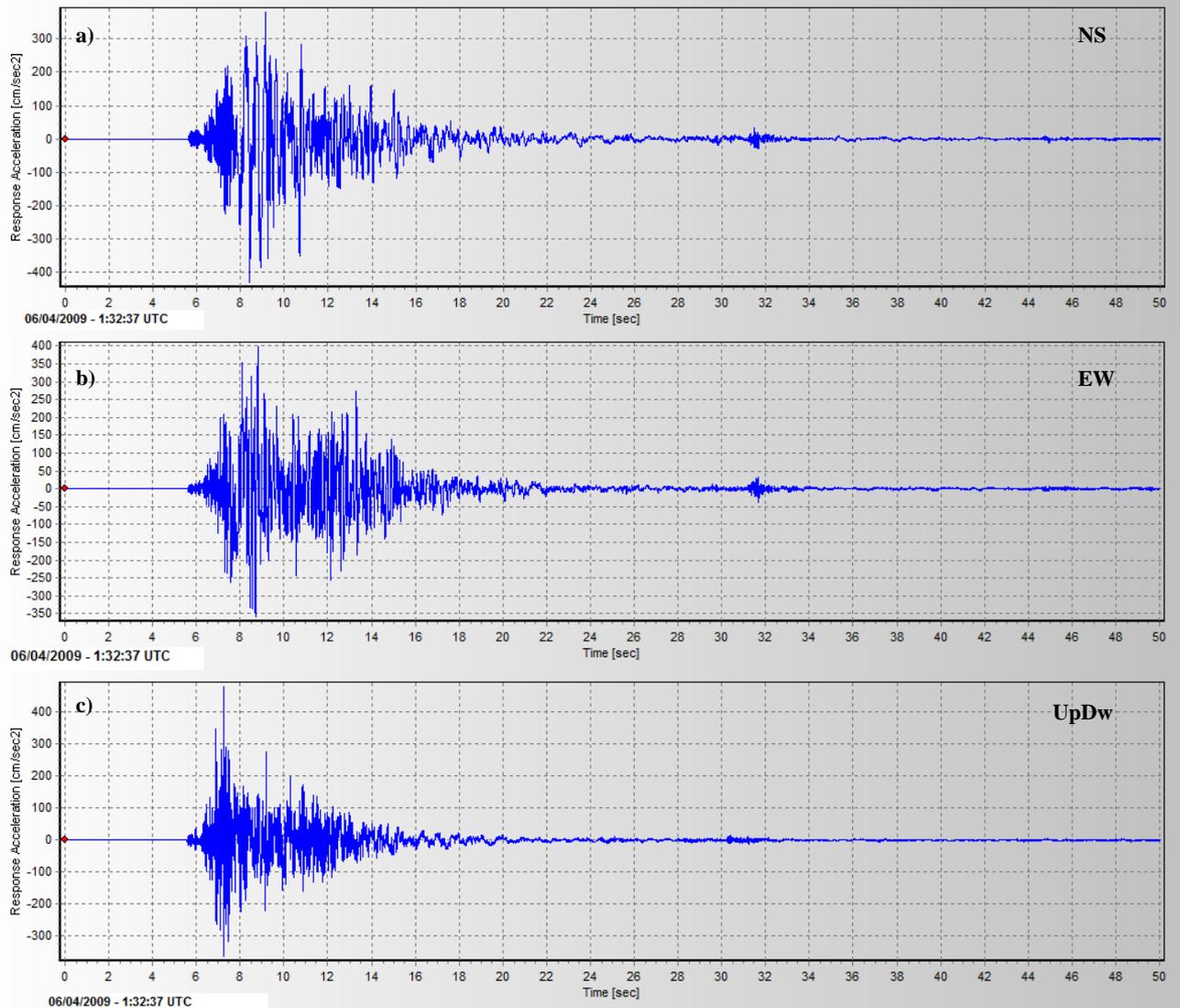


Fig. III.8 - Tracce temporali delle accelerazioni registrate alla Stazione AQA (42.376N;13.339E) - distanza epicentrale 5.8 km: a) Componente Nord-Sud ; b) Componente Est-Ovest; c) Componente Verticale. Dati non filtrati ma corretti applicando una Linear Baseline Correction (Start time tracce 1:32:37UTC). Elaborazione eseguita sulla base dei dati accelerometrici della Rete Accelerometrica Nazionale della Protezione Civile – ID registrazione CUI04.

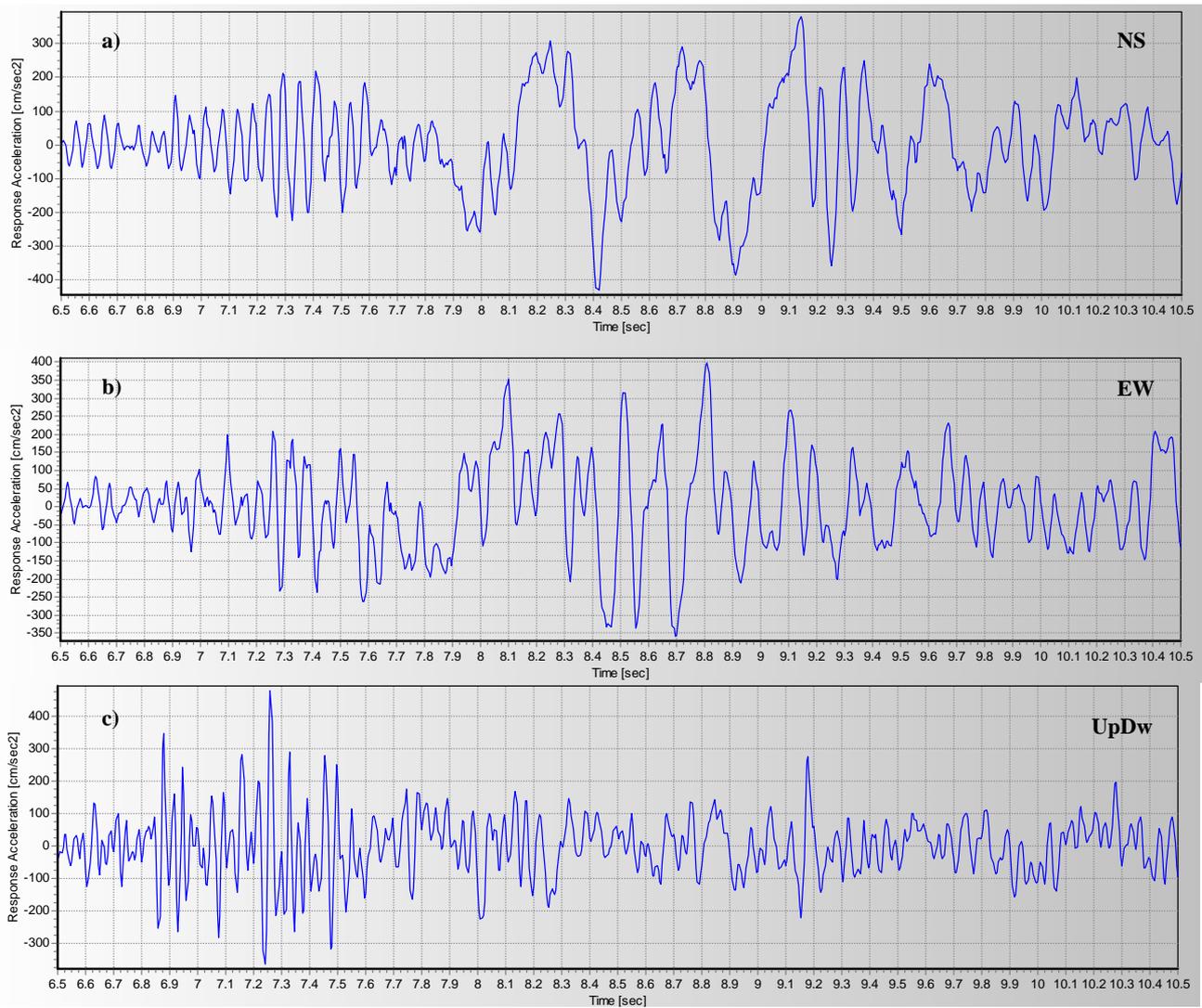


Fig.III.9 - Dettaglio strong motion delle tracce temporali delle accelerazioni registrate alla Stazione AQA (42.376N;13.339E) – distanza epicentrale 5.8 km: a) Componente Nord-Sud (PGA = 430.21 cm/s² a t=8.42 s) ; b) Componente Est-Ovest (PGA= 398.01 cm/sec² a t=8.81 s); c) Componente Verticale (PGA= 479.55 cm/s² a t=7.26 s). Dati non filtrati ma corretti applicando una Linear Baseline Correction (Start time tracce 1:32:37UTC). Elaborazione eseguita sulla base dei dati accelerometrici della Rete Accelerometrica Nazionale della Protezione Civile - ID registrazione CU104.

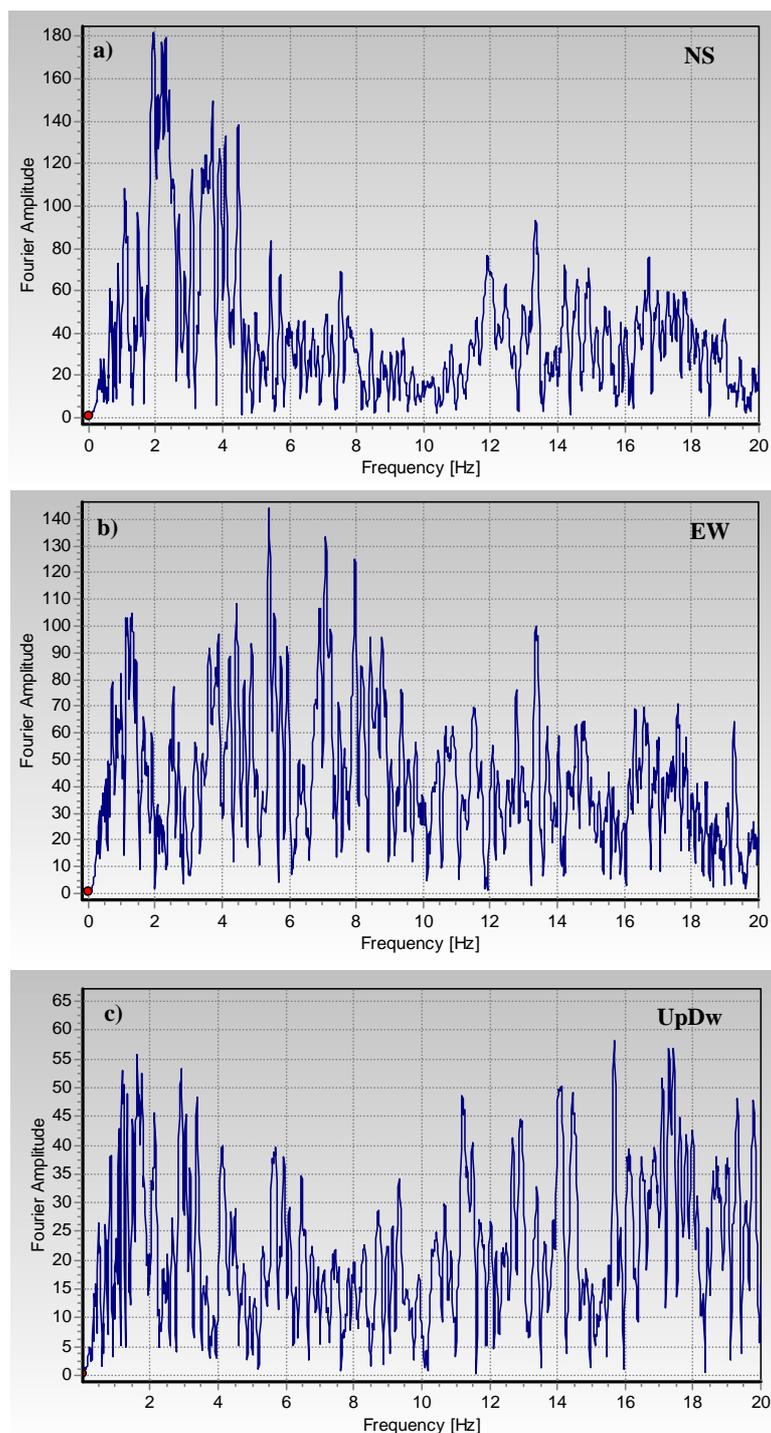


Fig.III.10 - Spettri di Fourier delle registrazioni alla Stazione AQA (42.376N;13.339E) - distanza epicentrale 5.8 km: a) Componente Nord-Sud; b) Componente Est-Ovest; c) Componente Verticale. Dati non filtrati ma corretti applicando una Linear Baseline Correction (Start time tracce 1:32:37UTC). Elaborazione eseguita sulla base dei dati accelerometrici della Rete Accelerometrica Nazionale della Protezione Civile - ID registrazione CU104.

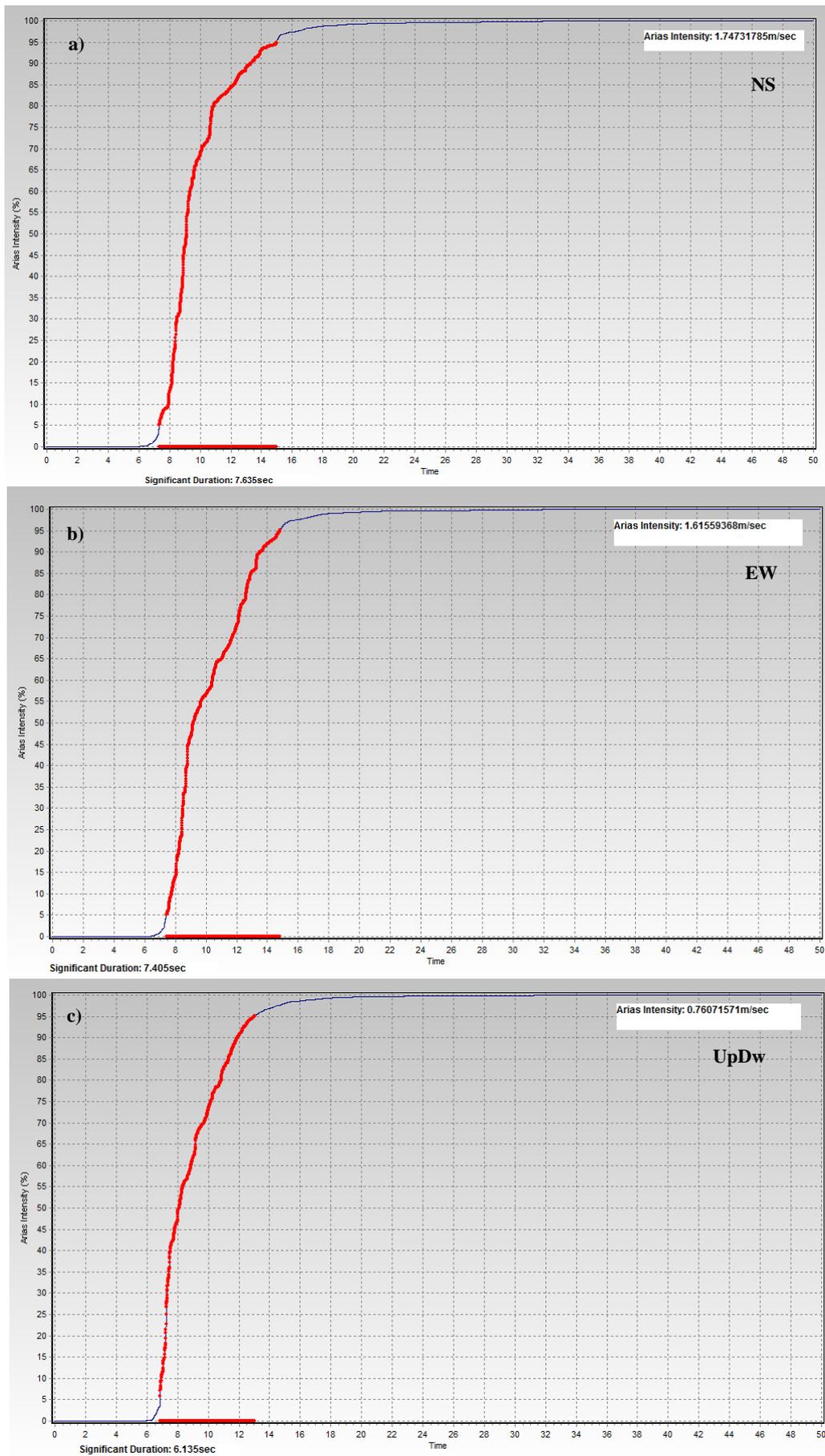


Fig.III.11 - Significant Duration delle registrazioni alla Stazione AQA: a) Componente Nord-Sud ($td=7.6$ s, $IA=1.75$ m/s) ; b) Componente Est-Ovest ($td=7.4$ s, $IA=1.62$ m/s); c) Componente Verticale ($td=6.1$ s, $IA=0.76$ m/s).

STAZIONE AQG

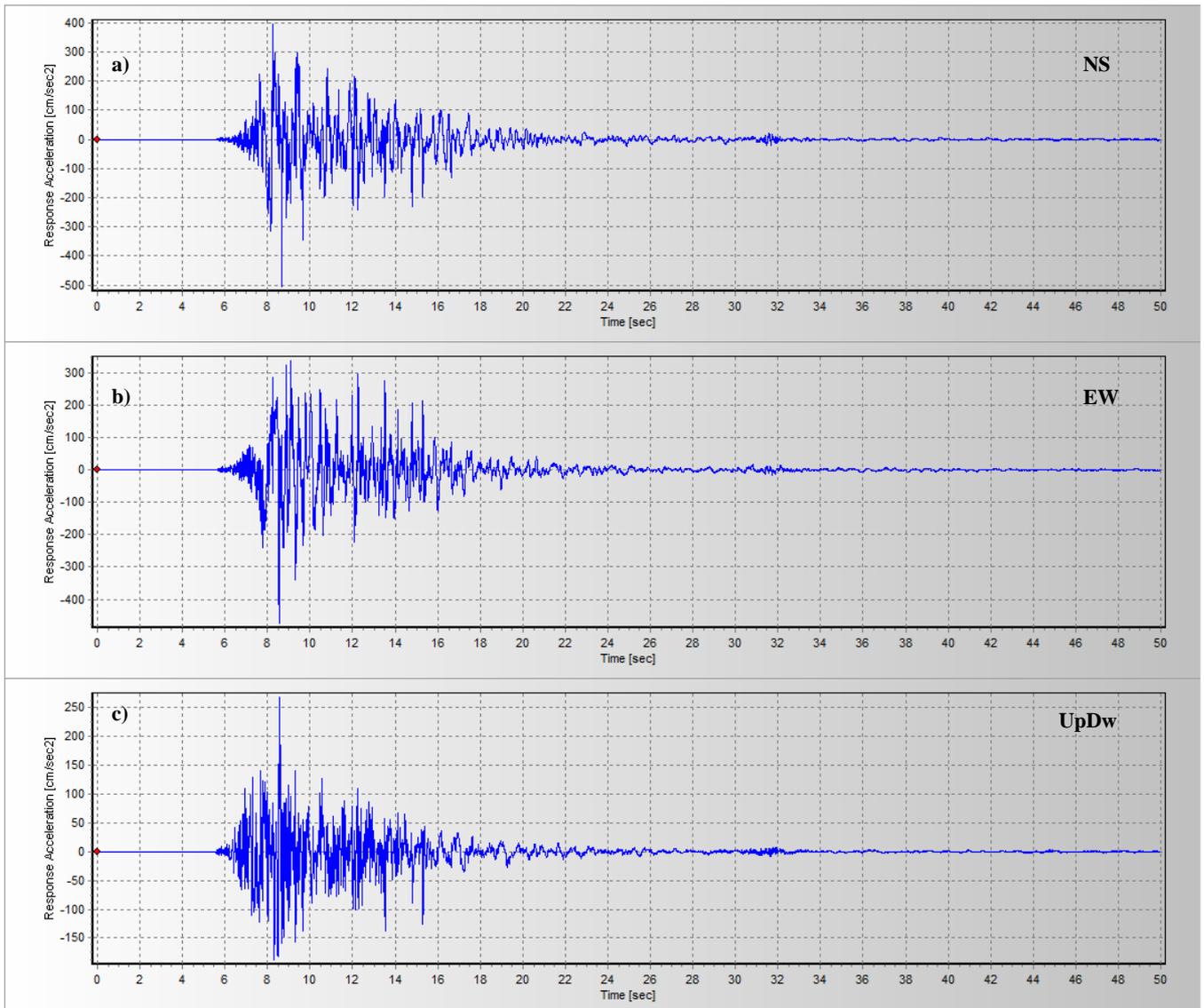


Fig. III.12 - Tracce temporali delle accelerazioni registrate alla Stazione AQG (42.373N;13.337E) - distanza epicentrale 4.3 km: a) Componente Nord-Sud ; b) Componente Est-Ovest; c) Componente Verticale. Dati non filtrati ma corretti applicando una Linear Baseline Correction (Start time tracce 1:32:37UTC). Elaborazione eseguita sulla base dei dati accelerometrici della Rete Accelerometrica Nazionale della Protezione Civile - ID registrazione FA030.

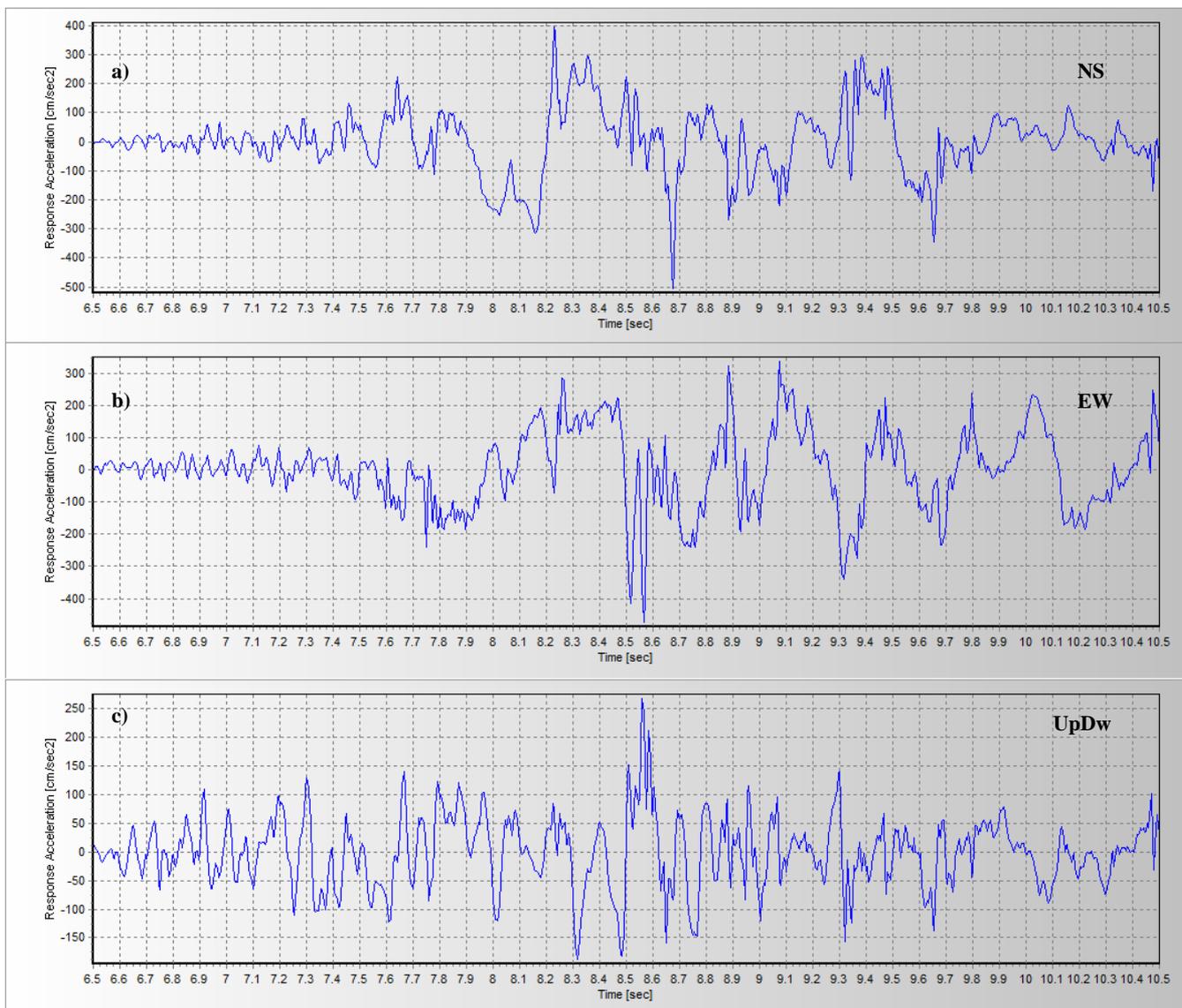


Fig.III.13 - Dettaglio strong motion delle tracce temporali delle accelerazioni registrate alla Stazione AQQ (42.373N;13.337E) - distanza epicentrale 4.3 km: a) Componente Nord-Sud (PGA=504.94 cm/s² a t=8.675 s) ; b) Componente Est-Ovest (PGA=473.50 cm/s² a t=8.565 s); c) Componente Verticale (PGA=267.79 cm/s² a t=8.56 s). Dati non filtrati ma corretti applicando una Linear Baseline Correction (Start time tracce 1:32:37UTC). Elaborazione eseguita sulla base dei dati accelerometrici della Rete Accelerometrica Nazionale della Protezione Civile - ID registrazione FA030.

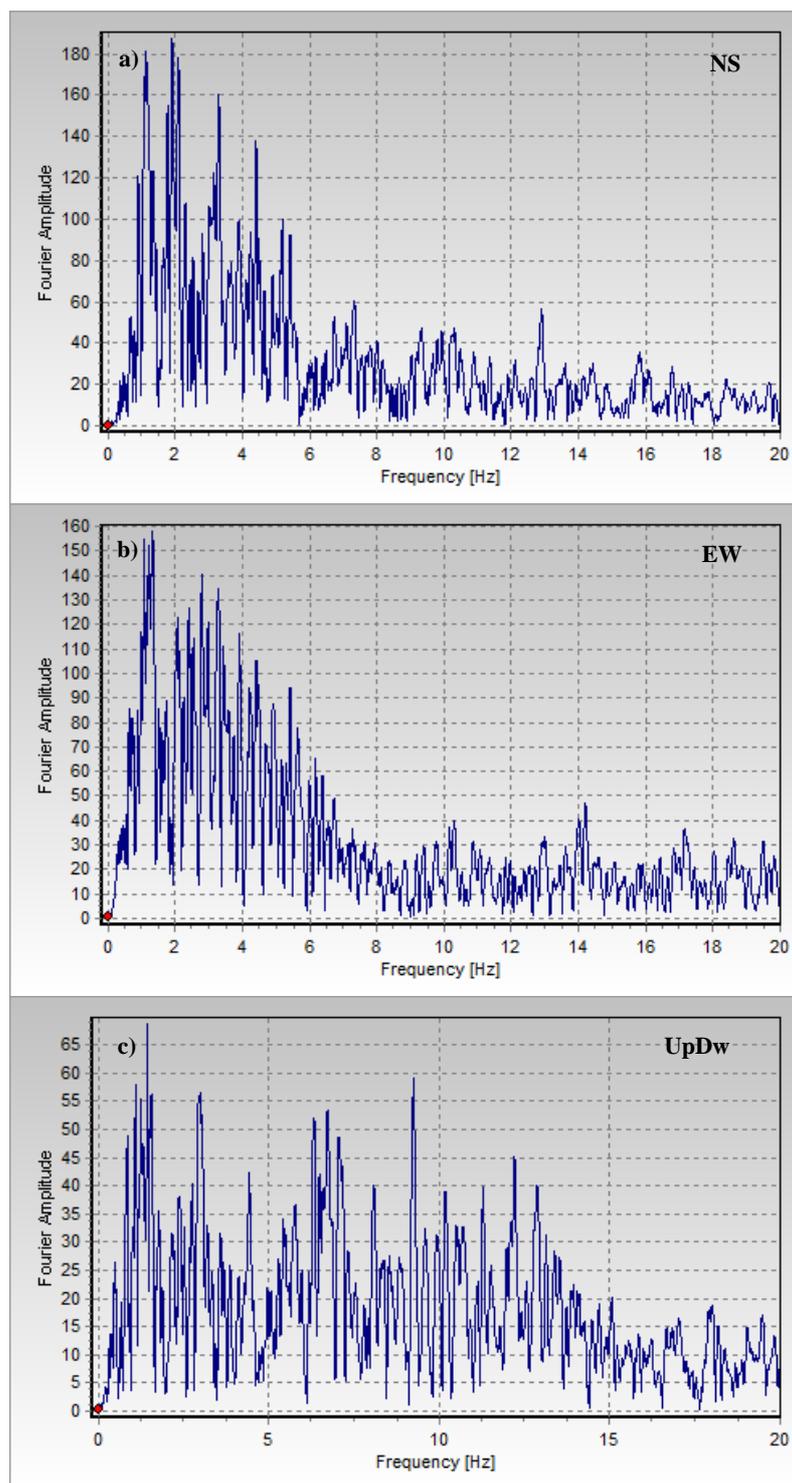


Fig.III.14 - Spettri di Fourier delle registrazioni alla Stazione accelerazioni registrate alla Stazione AQG (42.373N;13.337E) - distanza epicentrale 4.3 km: a) Componente Nord-Sud; b) Componente Est-Ovest; c) Componente Verticale. Dati non filtrati ma corretti applicando una Linear Baseline Correction. Elaborazione eseguita sulla base dei dati accelerometrici della Rete Accelerometrica Nazionale della Protezione Civile - ID registrazione FA030.

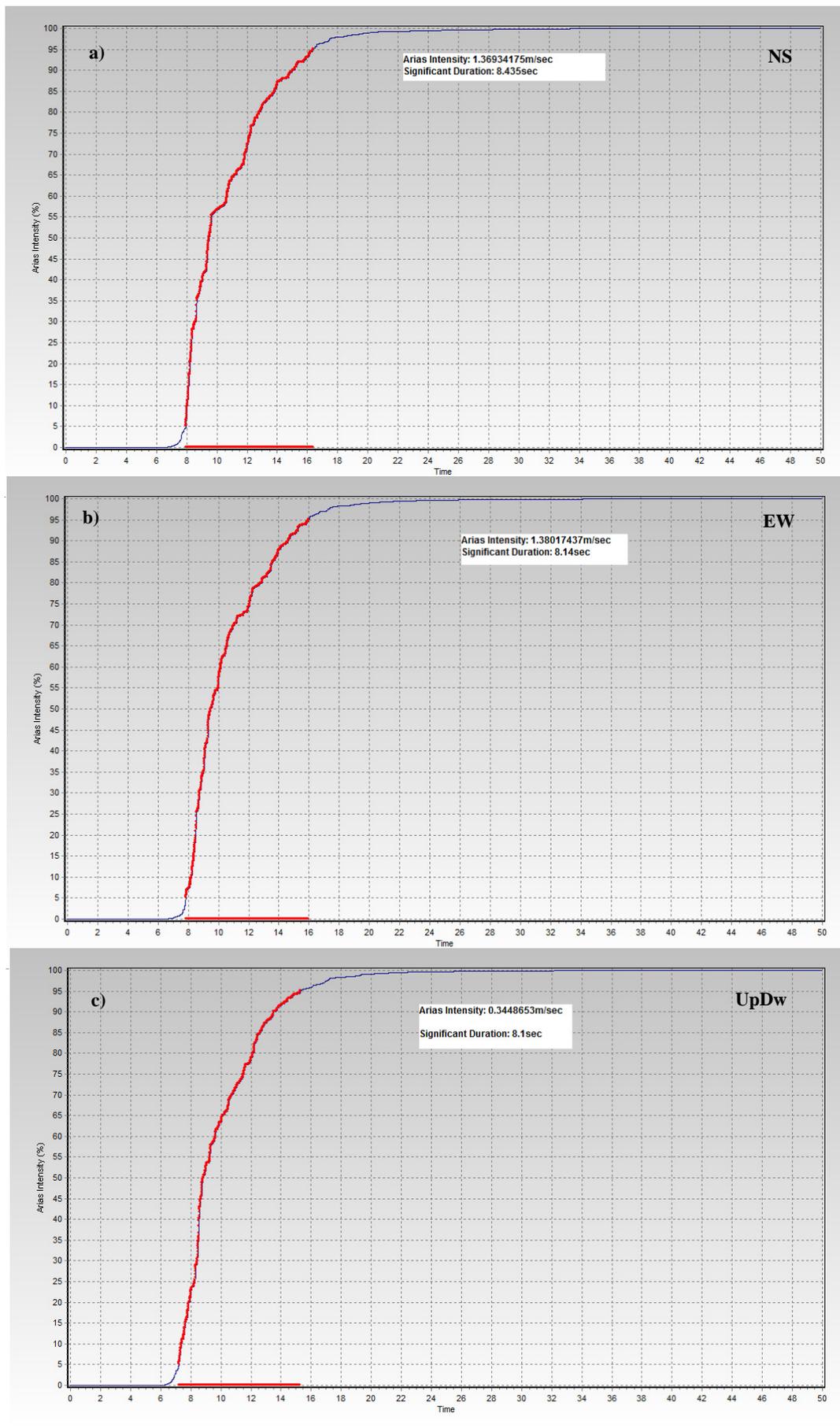


Fig. III.15 - Significant Duration delle registrazioni alla Stazione AQG: a) Componente Nord-Sud ($td=8.4$ s, $IA=1.37$ m/s) ; b) Componente Est-Ovest ($td=8.1$ s, $IA=1.38$ m/s); c) Componente Verticale ($td=8.1$ s, $IA=0.34$ m/s).

STAZIONE AQK

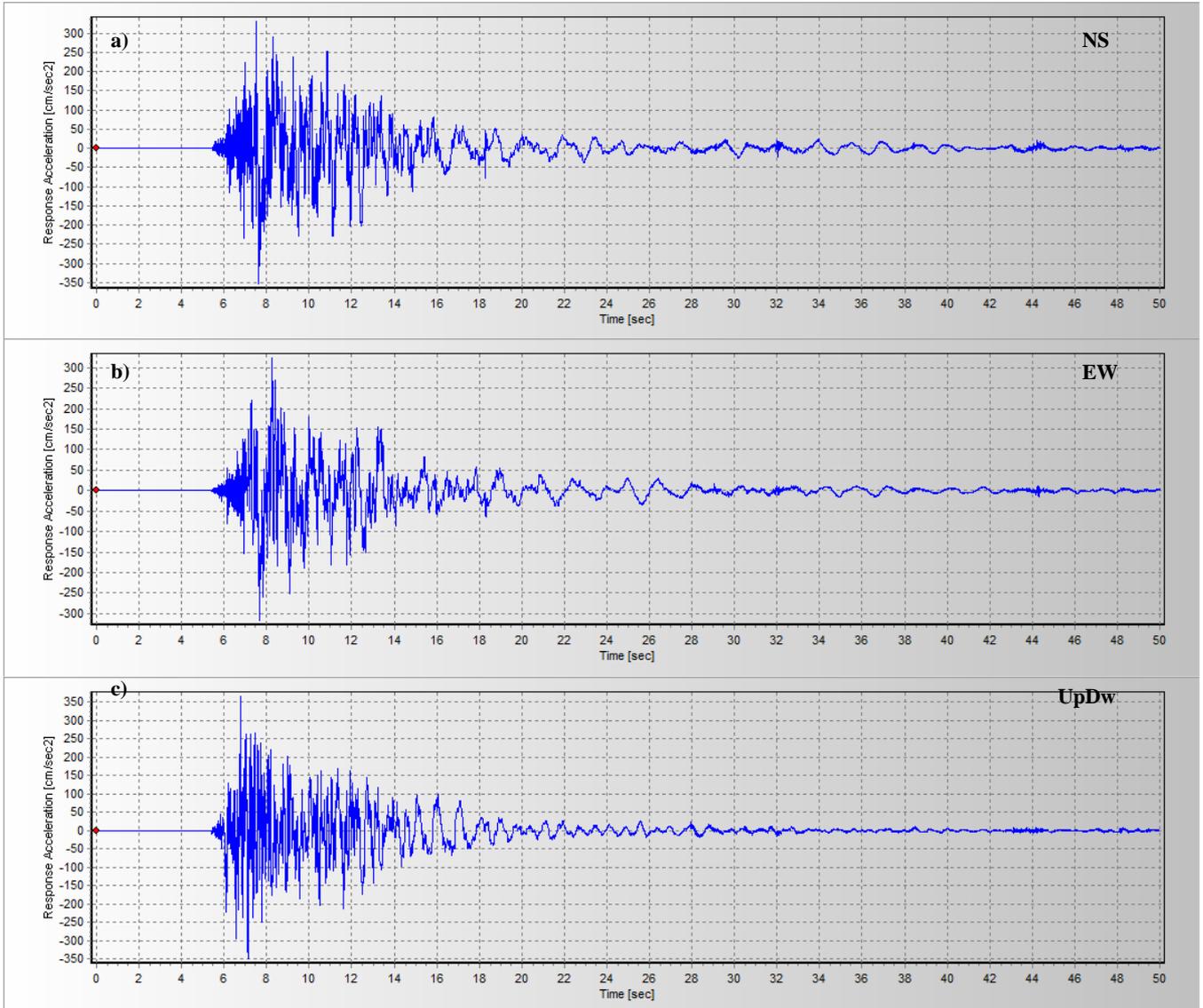


Fig.III.16 - Tracce temporali delle accelerazioni registrate alla Stazione AQK (42.345N;13.401E) - distanza epicentrale 5.6 km: a) Componente Nord-Sud ; b) Componente Est-Ovest; c) Componente Verticale. Dati non filtrati ma corretti applicando una Linear Baseline Correction (Start time tracce 1:32:37UTC). Elaborazione eseguita sulla base dei dati accelerometrici della Rete Accelerometrica Nazionale della Protezione Civile - ID registrazione AM043.

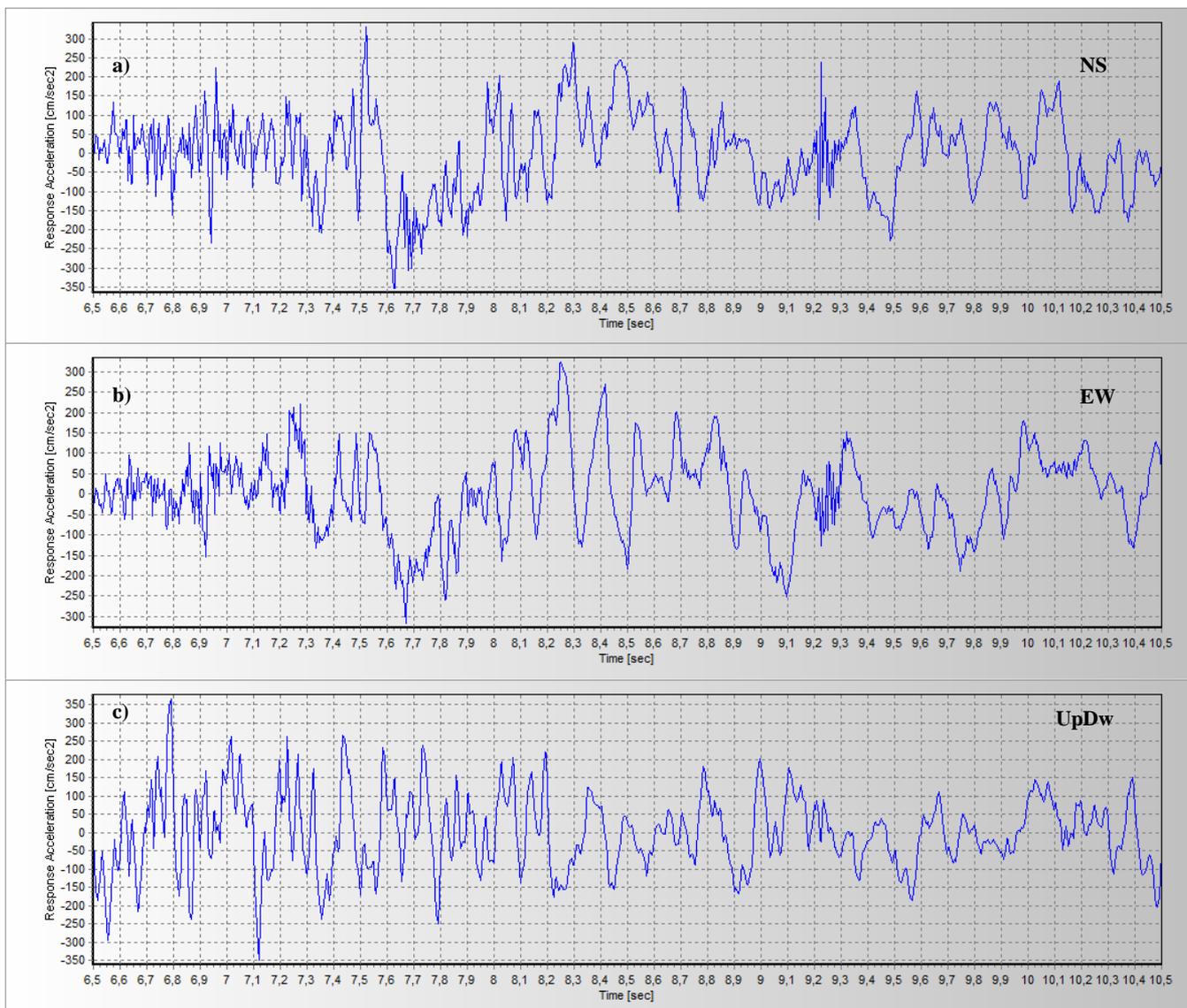


Fig.III.17 - Dettaglio strong motion delle tracce temporali delle accelerazioni registrate alla Stazione AOK (42.345N;13.401E) - distanza epicentrale 5.6 km: a) Componente Nord-Sud (PGA=353.42 cm/s² a t=7.625 s) ; b) Componente Est-Ovest (PGA=323.81 cm/s² a t=8.25 s); c) Componente Verticale (PGA=366.36 cm/s² a t=6.79 s). Dati non filtrati ma corretti applicando una Linear Baseline Correction (Start time tracce 1:32:37UTC). Elaborazione eseguita sulla base dei dati accelerometrici della Rete Accelerometrica Nazionale della Protezione Civile - ID registrazione AM043.

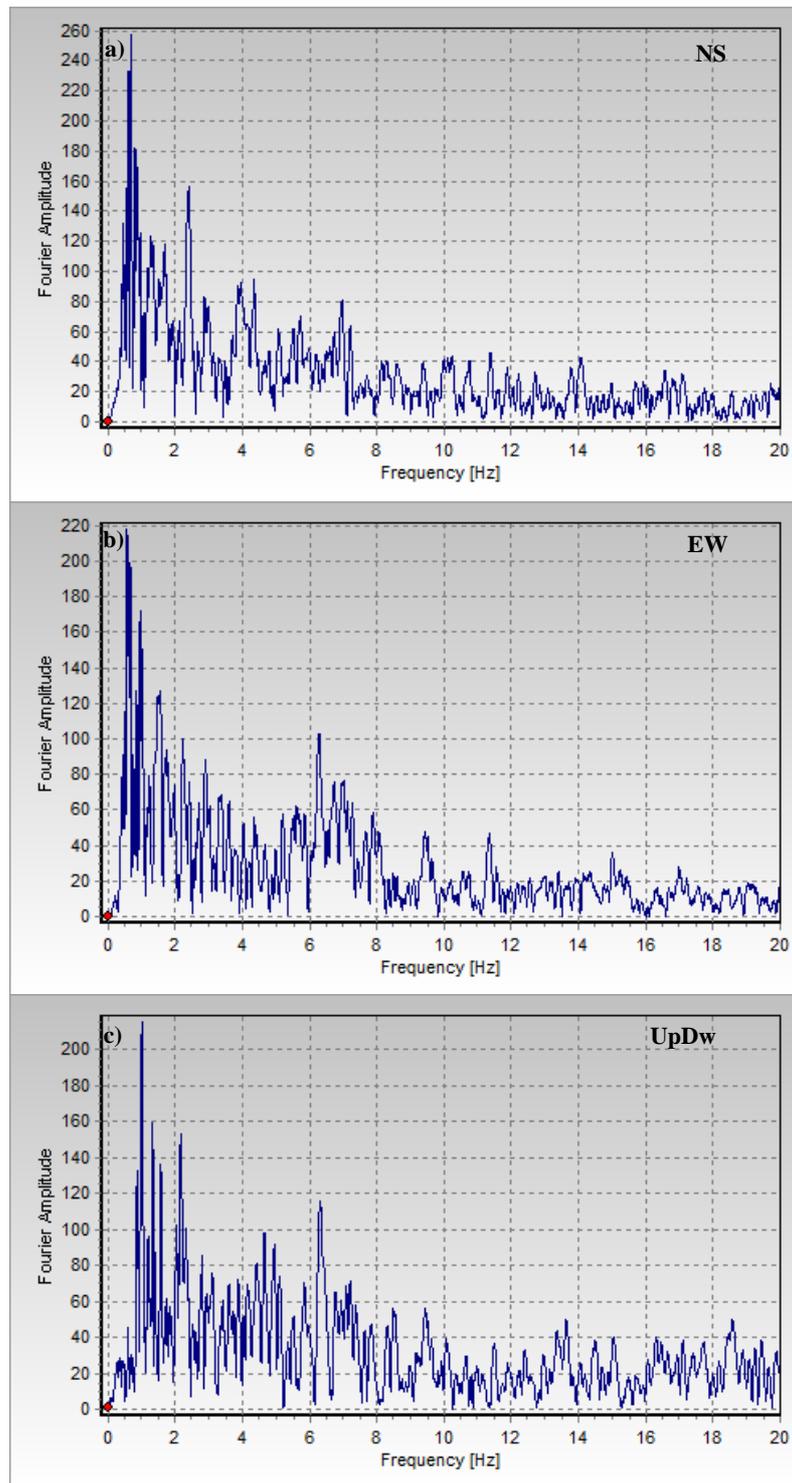


Fig. III.18 - Spettri di Fourier delle registrazioni alla Stazione AQK (42.345N;13.401E) - distanza epicentrale 5.6 km: a) Componente Nord-Sud ; b) Componente Est-Ovest; c) Componente Verticale. Dati non filtrati ma corretti applicando una Linear Baseline Correction (Start time tracce 1:32:37UTC). Elaborazione eseguita sulla base dei dati accelerometrici della Rete Accelerometrica Nazionale della Protezione Civile – ID registrazione AM043.

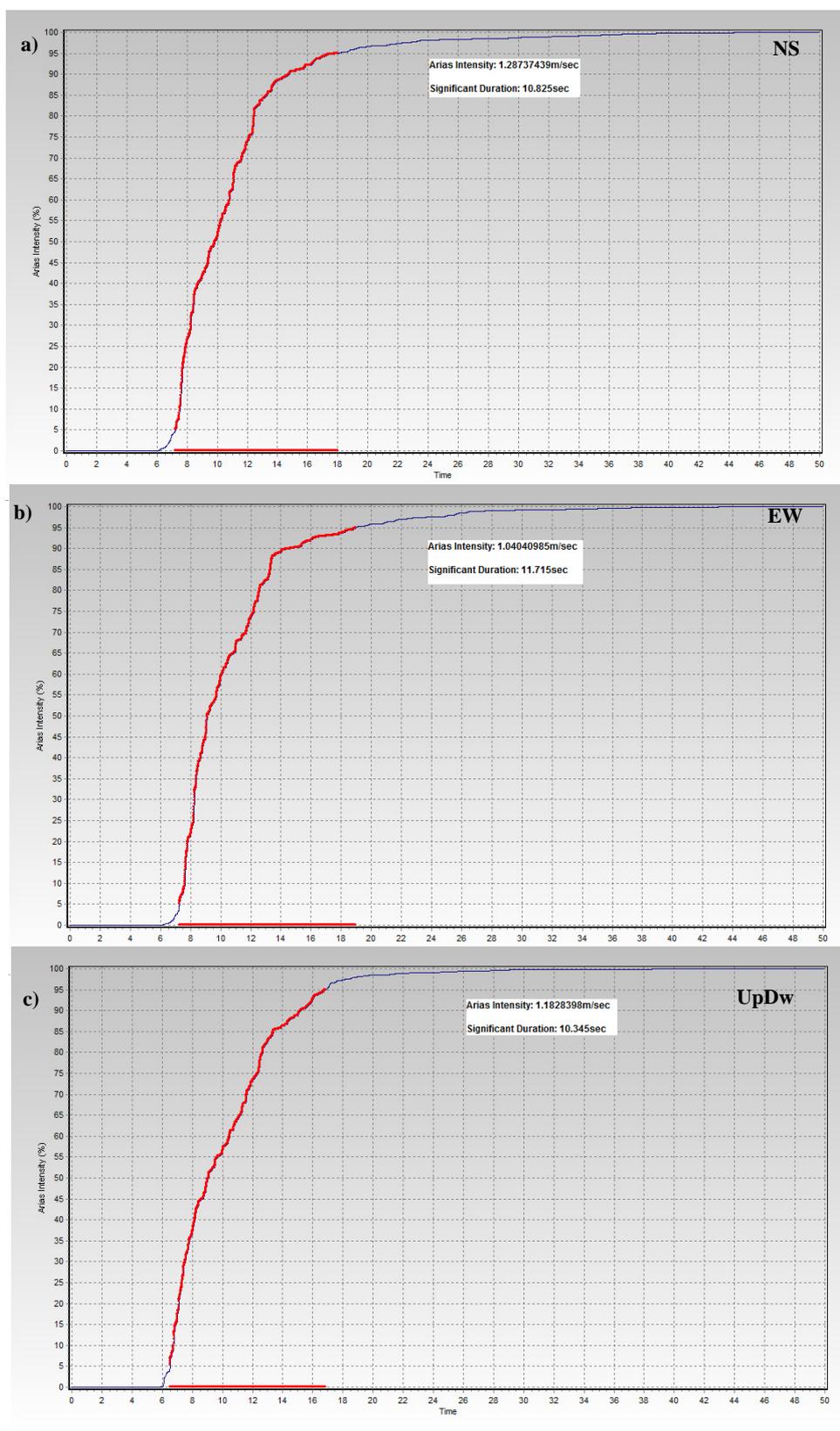


Fig.III.19 - Significant Duration delle registrazioni alla Stazione AQK (42.345N;13.401E) - distanza epicentrale 5.6 km: a) Componente Nord-Sud ($t_d=10.8$ s, $IA=1.29$ m/s) ; b) Componente Est-Ovest ($t_d=11.7$ s, $IA=1.04$ m/s); c) Componente Verticale ($t_d=10.3$ s, $IA=1.18$ m/s).

**RAPPORTO PRELIMINARE SUGLI EFFETTI INDOTTI
SULL'AMBIENTE FISICO DALLA SEQUENZA SISMICA
DELL'AQUILANO**

APPENDICE

Rapporto fotografico sui danni al patrimonio edilizio

Indice

<i>A.1 Introduzione</i>	54
<i>A.2 Danni agli edifici in c.a.</i>	54
<i>A.3 Danni agli edifici in muratura</i>	58

A.1 Introduzione

Nel corso delle ispezioni nei luoghi devastati dal sisma del 6 aprile 2009 sono stati osservati anche effetti del terremoto sul patrimonio edilizio. Si sono evidenziate differenti prestazioni degli edifici, in termini di deformazioni e resistenza, in relazione all'epoca presunta di costruzione e alle tecniche costruttive adottate.

Qui si allega una breve selezione della documentazione fotografica acquisita, distinta in due parti, relative rispettivamente agli edifici in c.a. ed a quelli in muratura.

Pur non essendo obiettivo del presente rapporto investigare specificamente sul comportamento strutturale dei singoli manufatti, le foto sono brevemente commentate nelle didascalie, allo scopo di evidenziare alcuni aspetti salienti e consentire qualche considerazione di carattere generale. In particolare per la parte di edifici in c.a. fortemente danneggiati dal punto di vista strutturale, è stata quasi sempre rilevata la presenza di carenze strutturali nei dettagli costruttivi (ricorrente l'insufficiente confinamento laterale dei pilastri per inadeguata staffatura). Molti edifici hanno invece esibito un buon comportamento delle strutture portanti in c.a., ma ingenti danni alle parti non strutturali, ed in particolare alle murature di tompagno, spesso espulse dalla loro sede originaria.

La maggior parte dei crolli si è verificata negli edifici in muratura, per lo più realizzati in epoche remote, con materiali e tecniche costruttive (muratura a sacco, assenza di cordoli, assenza di catene) inadeguati per resistere ad azioni sismiche quali quelle indotte dal terremoto in oggetto.

A.2 Danni agli edifici in c.a.

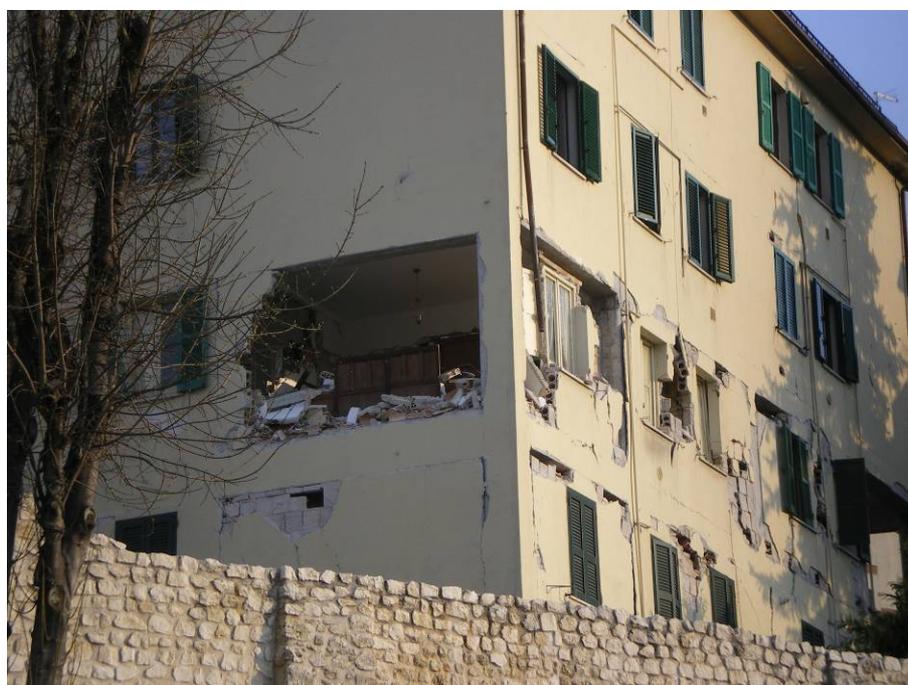


Fig. A.1 - L'Aquila, via E.Vicentini: danni agli elementi non strutturali di un edificio in c.a. Le eccessive deformazioni hanno determinato il danneggiamento e la parziale espulsione delle tompagnature; i fenomeni sono particolarmente evidenti al primo ed al secondo piano dell'edificio. (42°21'21.32"N - 13°23'25.09"E)



Fig. A.2 - L'Aquila, via E.Vicentini: danni agli elementi strutturali. La rottura dei pilastri (Fig. A.3) ha determinato spostamenti eccessivi con conseguente espulsione completa delle tompagnature.



Fig. A.3 - L'Aquila, via E.Vicentini: dettaglio del nodo trave-pilastro gravemente danneggiato. Dall'immagine si evidenzia la mancanza di una adeguata staffatura del pilastro, ed il cattivo comportamento del nodo strutturale (mancato rispetto della gerarchia delle resistenze tra trave e pilastro).



Fig. A.4 - L'Aquila: danni agli elementi non strutturali. Espulsione del paramento esterno e dell'isolamento termico posto nell'intercapedine; la tompagnatura interna, invece, si presenta ben salda al reticolo travi-pilastrati.



Fig. A.5 - Castelnuovo: edificio in fase di costruzione con lievi danni agli elementi non strutturali. Il manufatto, pur trovandosi in un'area devastata dal sisma (l'abitato di Castelnuovo è stato completamente evacuato), ha evidenziato una prestazione decisamente migliore degli edifici adiacenti in muratura.



Fig. A.6 - L'Aquila, Via Pettino: edificio con "piano soffice". Il manufatto pur conservando una discreta integrità strutturale ai piani superiori, ha subito il collasso dei pilastri al piano terra.



Fig. A.7 - L'Aquila, Via Pettino: Particolare di uno dei pilastri collassati dell'edificio di cui alla Fig. A.6.

A.3 Danni agli edifici in muratura



Fig. A.8 - Paganica: crollo parziale di edificio in muratura. Il manufatto è stato oggetto di una recente ristrutturazione; l'ampia tettoia in legno, connessa alla facciata principale, è crollata, trascinando con se la parte di muratura cui era "ben" ancorata.



Fig. A.9 - Paganica: Chiesa nella piazza principale. Distacco del frontone e diffuse lesioni nelle murature.



Fig. A.10 - Onna (Frazione dell'Aquila) : Crollo degli edifici in muratura lungo il Corso principale del paese.



Fig. A.11 - Onna (Frazione dell'Aquila): Crollo della Chiesa Madre.



Fig. A.12 - Onna (Frazione dell'Aquila): Crollo parziale di un fabbricato recente in muratura (in corrispondenza del vano scala). Presenza diffusa di lesioni oblique.



Fig. A.13 - Onna (Frazione dell'Aquila): Foto scattata da Via Geremia Properzi. Crolli diffusi di edifici in muratura e c.a.



Fig. A.14 - Onna (Frazione dell'Aquila): Crollo di un edificio in muratura con contrafforti.



Fig. A.15 - Crollo di un edificio in muratura in adiacenza ad un edificio in c.a., che presenta solo danni lievi agli elementi non strutturali.