

**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101

---

Rev. Vincenzo Galié  
Parrocchia di Campofilone (Fermo)

TERZO RILIEVO GEORADAR SUL SITO DI COLONIA  
(RIPATRANSONE – AP)

## RELAZIONE TECNICA

Documento GAL-13/101  
Marzo 2013



**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101

---

**Il rilievo GEORADAR è stato svolto con la macchina PIPEHAWK**  
State-of-the-art GPR Survey with a PIPEHAWK machine



**PipeHawk alla ricerca dei resti archeologici della città romana di COLONIA nel Comune di Ripatransone (AP) – Marzo 2013**

**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101

---

## INDICE

1. EXECUTIVE SUMMARY .....	Pag. 04
2. TEAM DI PROGETTAZIONE / RICERCA .....	Pag. 13
3. APPENDICE A – ALBUM TAVOLE ... ..	Pag. 15
4. APPENDICE B – CENNI SUL GEORADAR, CARATTERISTICHE DI PIPEHAWK	Pag. 16

**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101

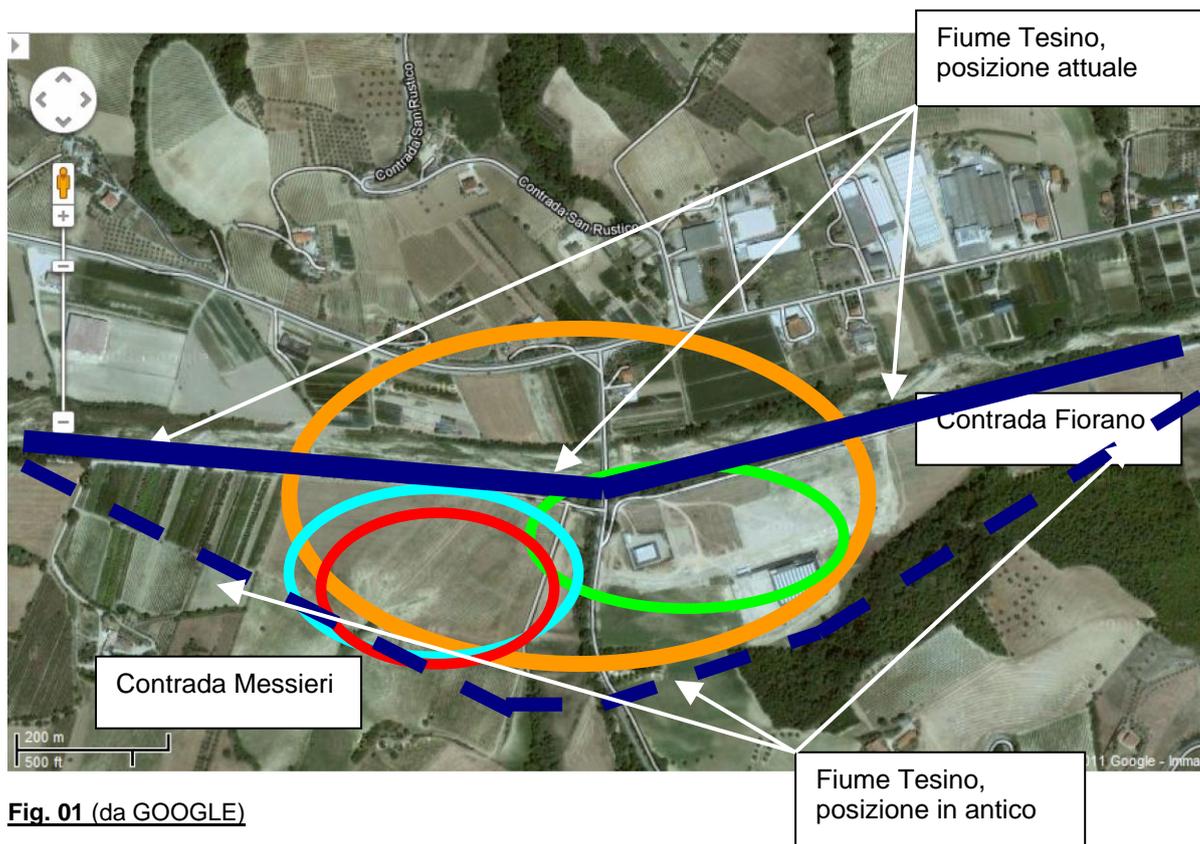
**1. EXECUTIVE SUMMARY**

**1. Incarico**

Nel Gennaio 2013 il Rev Vincenzo Galié, uomo di chiesa e studioso di archeologia, specialista delle vestigia romane nelle Marche, ha invitato la SCANGEA a svolgere un terzo rilievo georadar sul sito in cui egli ritiene che siano sepolti i resti della perduta città romana di COLONIA. Si tratta delle contrade Fiorano e Messieri nel territorio comunale di Ripatransone (AP).

Scopo dell'incarico è quello di trovare resti di fabbricati e murature, in modo di provare definitivamente che l'antica città si trovava nel sito in questione. Ciò corroborerebbe grandemente i risultati dei rilievi georadar già svolti su questo sito nel Luglio 2006 e nel Luglio del 2011.

La SCANGEA ha accettato, sebbene la sua richiesta di utilizzare una macchina georadar GSSI SIR 3000 non sia stata accolta. La ricerca dunque è stata fatta utilizzando l'apparecchio PipeHawk (descrizione in Appendice).



**Fig. 01** (da GOOGLE)

- Sito della città di COLONIA secondo il Galié.
- Area rilevata con il georadar nel 2006
- Area rilevata con il georadar nel 2011
- Area rilevata con il georadar nel 2013

**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101

---

## **2. Rilievo GEORADAR**

Riteniamo utile riportare di seguito le conclusioni (Executive Summary) delle relazioni dei rilievi georadar precedenti. Questo permetterà di avere una visione globale dell'impegno e delle risorse profuse dal Rev. Galié e dai suoi collaboratori nella ricerca della città romana perduta di Colonia.

### **2.1 Il primo rilievo (Luglio 2006)**

Come detto, il primo rilievo georadar si è svolto nei mesi estivi dell'anno 2006. E' stata esplorata soprattutto la contrada Fiorano.

Riportiamo di seguito gli stralci salienti della Relazione Tecnica di quel rilievo.

#### **CARATTERISTICHE DEL RILIEVO**

- A. "Il totale della superficie rilevata è di mq 900 suddivisi in n. 100 moduli di 3x3 m."
- B. "Sono stati rilevati bersagli lineari a cui potrebbero corrispondere murature sotterranee. Sono state individuate n. 13 possibili strutture siffatte.
- C. "Sono stati rilevati bersagli discreti a cui potrebbero corrispondere frammenti di struttura o di altri manufatti di interesse archeologico. Sono state individuate n. 27 aree in cui esistono possibili frammenti di struttura o manufatti."
- D. "In tre aree (moduli) si sono riscontrate diffrazioni planari del segnale radar, che potrebbero indicare la presenza di frammenti di pavimentazione."

#### **CONCLUSIONI**

1. Il rapporto tra area rilevata e area totale del sito è pari a 0,18.
2. I bersagli interessanti sono omogeneamente distribuiti nelle 10 stazioni rilevate. La distanza massima tra due stazioni è di circa 700 metri.
3. I bersagli ai quali corrisponderebbero murature hanno invariabilmente allineamento Nord-Sud, anche nelle stazioni del rilievo più lontane.

In conclusione nell'area rilevata sono presenti numerosi bersagli che fanno ipotizzare strutture sotterranee non riconducibili a servizi moderni. Tali strutture non possono che avere origine remota nel tempo. E' evidente la necessità di acquisire maggiori informazioni a riguardo.

**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101

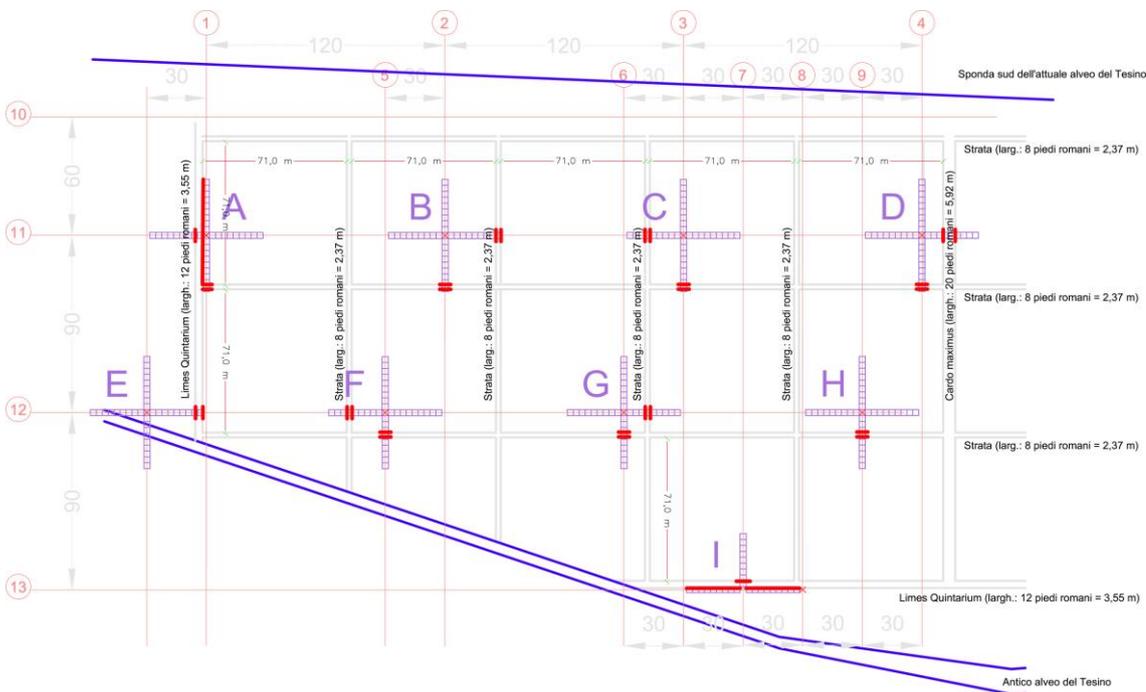
**2.2**  
**Il secondo rilievo (anno 2011)**

Il secondo rilievo georadar è stato eseguito nel mese di Luglio dell'anno 2011. E' stata esplorata soprattutto la contrada Messieri.

Riportiamo di seguito gli stralci salienti della Relazione Tecnica di quel rilievo.

L'esigenza di un secondo rilievo nasce dalla volontà del Galié di proporre ulteriore evidenza a supporto della sua teoria. E poiché nel 2006 la maggior parte del rilievo si era svolta in Contrada Fiorano, si è deciso questa volta di concentrare l'attenzione sulla contigua Contrada Messieri, nella porzione sud-orientale del sito su cui Galié ipotizza che sorgesse la città (vedi Fig. 01). Anche il nuovo rilievo è stato svolto con un radar PipeHawk, settato però per raggiungere profondità dell'ordine dei 4 metri. In quanto allo spiccato delle scansioni georadar, si è pensato di costituire stazioni georadar a forma di croce greca, con i bracci orientati a Nord-Sud e a Est-Ovest, cioè secondo gli allineamenti dei bersagli individuati nel 2006. Questo impianto assicura la massima sensibilità del radar nei confronti dei bersagli lineari disposti parallelamente a quelli del vecchio rilievo.

Ciascuna stazione è stata costruita con n.4 stringhe di n.9 moduli da 3x3 metri ciascuna. In questo modo una stazione georadar esplora approssimativamente 3000 mq. Si sono spiccate n.9 stazioni georadar (A, B, C, D, E, F, G, H, I), disposte secondo opportuni allineamenti, identificati da un numero progressivo che va da 1 a 13 (vedi seguente figura 2).



**Fig. 02**  
**Spiccato del rilievo georadar del 2011**

Si notino:  
 1) Le 9 stazioni georadar (A, B, C, D, E, F, G, H, I).

**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101

---

- 2) Le stringhe di moduli (quadrettato in viola). Le stazioni da A H consistono di n.4 stringhe. La stazione I consiste di sole 3 stringhe.
- 3) Gli allineamenti dello spiccato delle stringhe (da 1 a 9 Nord-Sud, da 10 a 13 Est-Ovest)
- 4) I bersagli rilevati nel 2011 (in rosso)
- 5) Il sistema viario individuato dai bersagli rilevati (linee grige)
- 6) La posizione dell'alveo del fiume Tesino in antico, assai più a Sud della posizione attuale.

I moduli rilevati sono complessivamente **315**. ....

Sommario dei dati metrici:

- **stringhe: 63**
- **moduli: 315**
- **bersagli utili rilevati: 41**
- **bersagli utili rilevati nel 2006: 13**
- **totale bersagli rilevati nel 2006 e nel 2011: 41 + 13 = 54**

### Conclusione

Il secondo rilievo ha reso **N. 41 nuovi bersagli** compatibili con murature di dimensione trasversale dell'ordine dei 30 – 80 cm (vedi Tavole). Questi bersagli si vanno a sommare ai **13 del rilievo del 2006, per un totale generale di 54 bersagli** . Questa è una innegabile evidenza della presenza di una grande realtà archeologica nel sottosuolo del sito indagato.

**Inoltre, e questa non può essere una coincidenza, la disposizione planimetrica dei nuovi bersagli è compatibile con il reticolo di una centuriazione romana.**

### Raccomandazioni

Per completare la ricerca occorre fare quanto segue:

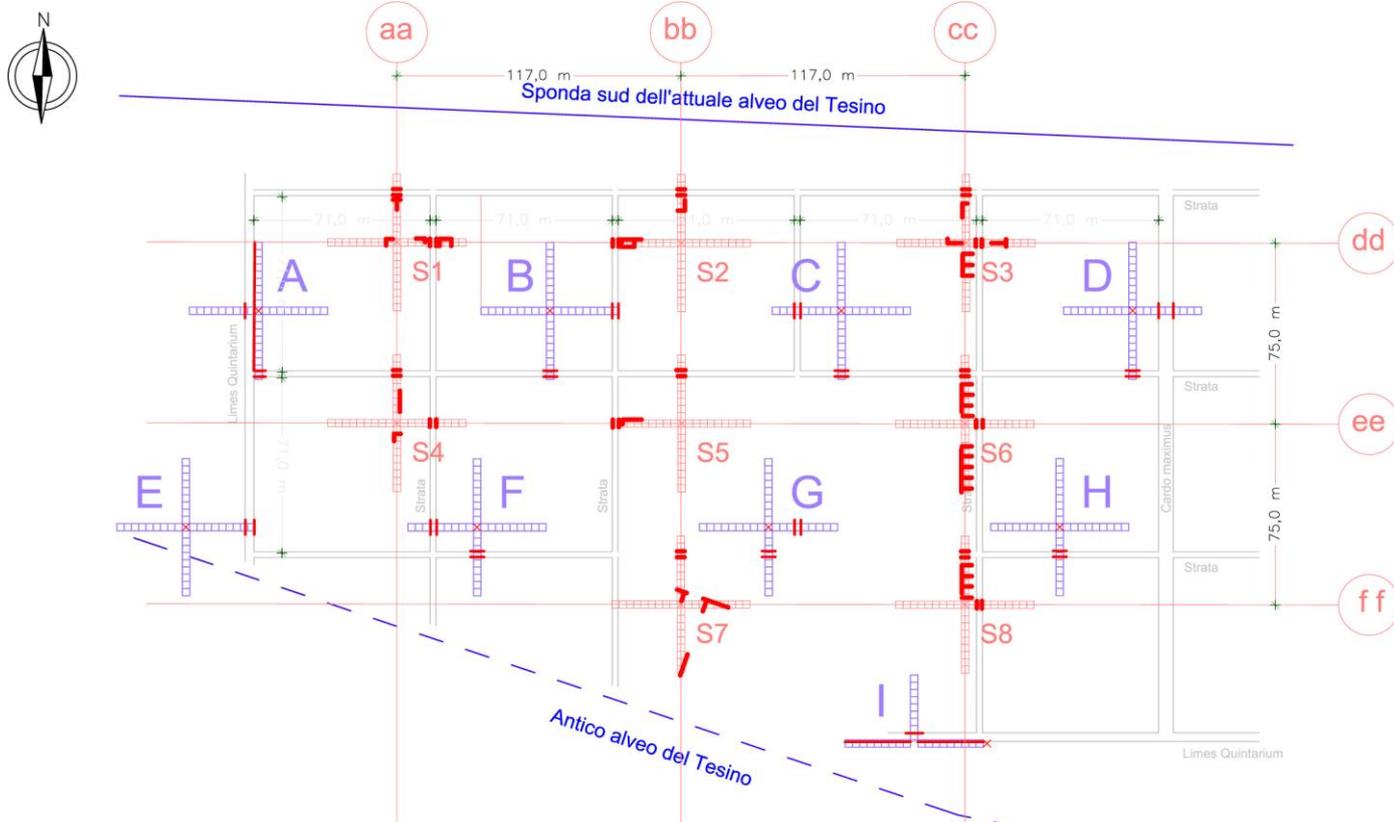
- Eseguire un rilievo topografico di dettaglio dell'area;
- Approfondire l'indagine georadar con un apparecchio del tipo del GSSI SIR 3000, in modo di corroborare i risultati ottenuti con l'apparecchio PipeHawk e definire più in dettaglio le caratteristiche morfologiche dei manufatti rinvenuti.

**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101

**2.3 Il rilievo attuale (Marzo 2013)**

L'esigenza di un terzo rilievo nasce dalla volontà del Galié di concentrare l'attenzione sui resti degli edifici, allo scopo di ulteriormente supportare la sua teoria. Anche questo nuovo rilievo è stato svolto con il radar PipeHawk,

Sono state spiccate otto nuove stazioni georadar (da S1 a S8), consistenti in stringhe di moduli disposte a forma di croce greca. I bracci sono orientati a Nord-Sud e a Est-Ovest, cioè secondo gli allineamenti dei bersagli individuati nel 2006 e nel 2011. Questo impianto assicura la massima sensibilità del radar nei confronti dei bersagli lineari disposti parallelamente a quelli dei rilievi precedenti. Ovviamente, le stazioni sono state spiccate in modo di interessare le aree lasciate scoperte nel rilievo del 2011.



**Fig. 2.3.1**  
**Spiccato del rilievo georadar del 2013**

Si notino:

- 1) Le 8 stazioni georadar del rilievo del 2013 (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 e S8);
- 2) Le 9 stazioni georadar del rilievo del 2011 (A, B, C, D, E, F, G, H, I);
- 3) Le stringhe di moduli (quadrettato in viola per il 2011 e in fucsia per il 2013);
- 4) Gli allineamenti dello spiccato del 2013 (chiamati : aa, bb, cc, dd, ee, ff);
- 5) I bersagli rilevati nel 2011 (in rosso a tratto sottile);
- 6) I bersagli rilevati nel 2013 (in rosso a tratto spesso);
- 7) Il sistema viario individuato nel 2011 (linee grigie)
- 8) La posizione dell'alveo del fiume Tesino in antico, assai più a Sud della posizione attuale.

**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101

I moduli rilevati sono complessivamente **288 (8 stazioni x 36 = 288)**. Riportiamo di seguito l'elenco delle Stazioni georadar dei bersagli trovati all'interno di ciascuna:

progr	STAZIONI GEORADAR CON PRESENZA DI BERSAGLI		Numero di tavola	BERSAGLI		
				N.	Interpretat come ciglio stradale	Interpretat come murature
1	Stazione Georadar	S1	TAV. 3	13	4	9
2	Stazione Georadar	S2	TAV. 4	11	4	7
3	Stazione Georadar	S3	TAV. 5	14	4	10
4	Stazione Georadar	S4	TAV. 6	7	4	3
5	Stazione Georadar	S5	TAV. 7	6	4	2
6	Stazione Georadar	S6	TAV. 8	16	4	12
7	Stazione Georadar	S7	TAV. 9	9	4	5
8	Stazione Georadar	S8	TAV. 10	9	4	5
				<b>85</b>	<b>32</b>	<b>53</b>

**Fig. 2.3.2**

Elenco delle stazioni georadar del rilievo del 2013 e relativi bersagli

#### SOMMARIO DEI DATI METRICI DEL RILIEVO

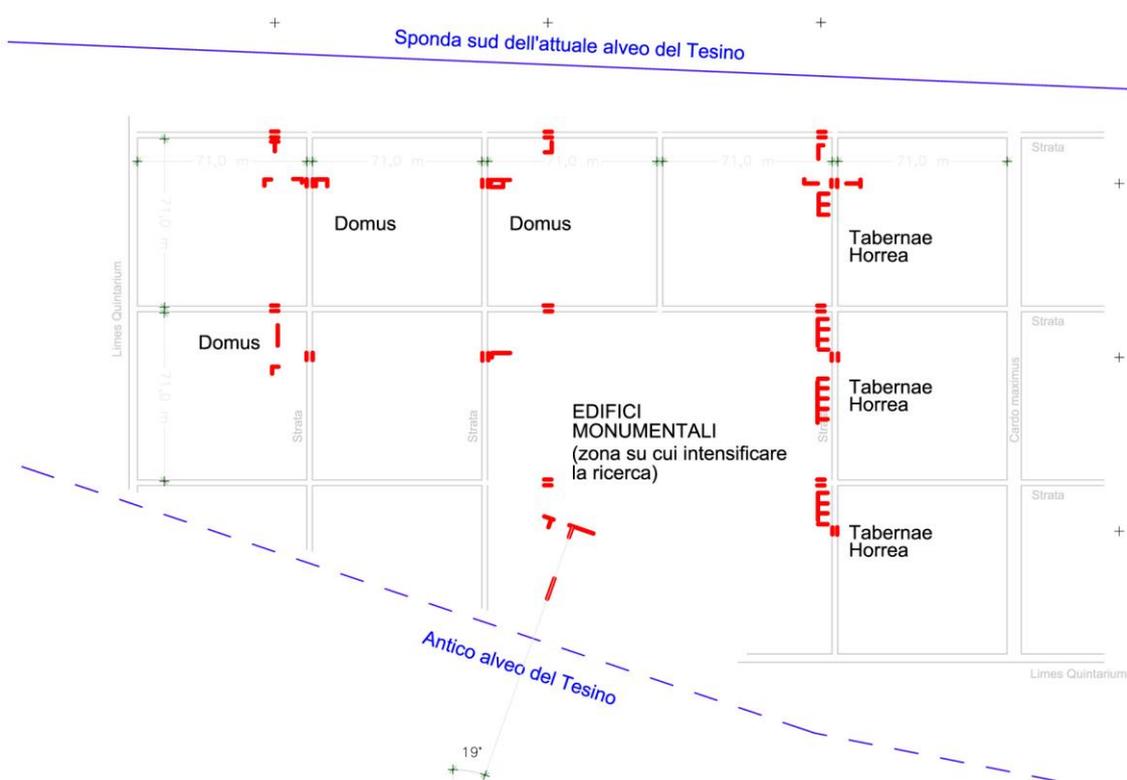
- stringhe: 32
- moduli: 288
- area totale moduli: 2592 mq
- bersagli utili rilevati: 85
- bersagli utili rilevati nel 2006: 13
- bersagli utili rilevati nel 2006: 41
- totale bersagli rilevati nel 2006, nel 2011 e nel 2013:  $13 + 41 + 85 = 139$

**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101

**CONCLUSIONE**

Il terzo rilievo ha reso **85 nuovi bersagli, dei quali 53** sono compatibili con murature di dimensione trasversale variabile dai 30 cm (interpretati come mura di semplici edifici, ad esempio Tabernae, oppure cordoli di strade) fino a al metro, metro e cinquanta (interpretati come mura di domus e di edifici pubblici).

**La città sembra costruita sul reticolo di una centuriazione romana con allineamenti Nord-Sud ed Est-Ovest. Sono evidenti le rovine di magazzini (correa) e taverne (tabernae), di domus abitative e di una interessante zona ad edifici monumentali (si veda illustrazione seguente). Quest’ultima presenta la peculiarità di non essere allineata con le direzioni della centuriazione. Essa è caratterizzata da murature importanti (larghezza superiore a 1,5 m) che suggeriscono la forma di una porta sulle mura di cinta.**



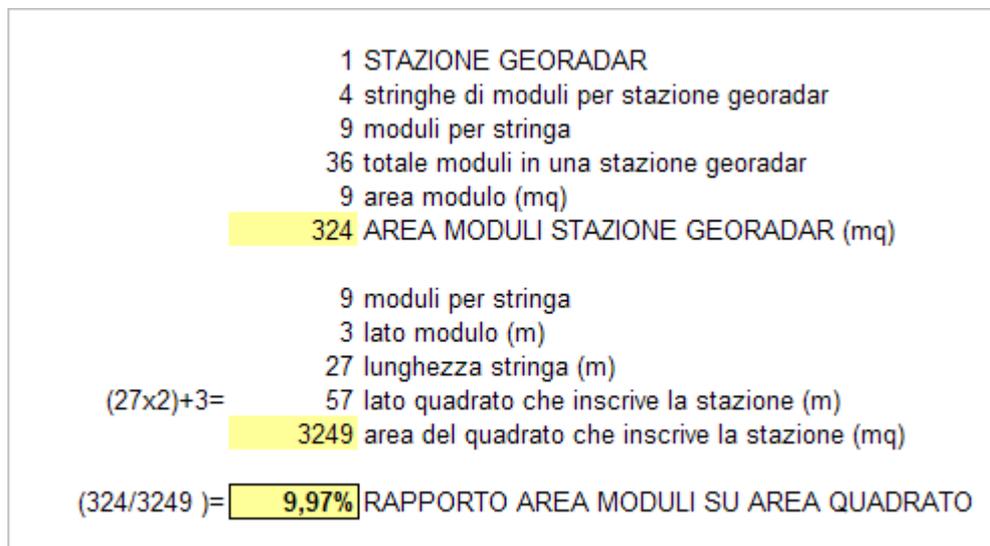
**Fig. 2.3.3**  
**Ipotesi iniziale di planimetria della città**

**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101

**RACCOMANDAZIONI**

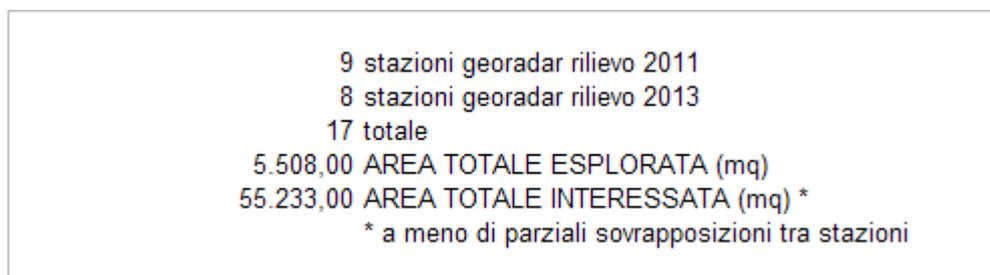
I bersagli sotterranei individuati con quest'ultimo rilievo georadar (85) si vanno a sommare a quelli del rilievo del 2006 (13) e a quelli del rilievo del 2011 (41), per un totale generale di 139. A questi 139 "bersagli" corrispondono altrettanti oggetti sotterranei importanti, disomogenei rispetto al terreno circostante. La forma, le dimensioni, la profondità e la geometria della disposizione di questi oggetti suggeriscono che l'unica interpretazione ragionevole sia quella di ritenere questi oggetti come dei resti archeologici, i resti di una città romana.

Ne consegue che sarebbe doveroso approfondire l'indagine. Il lavoro svolto finora, sebbene abbia interessato una grande area, ne ha in effetti esplorato neanche il 10% (si vedano i calcoli nella figura successiva).



**Fig. 2.3.4**  
**Rapporto tra area esplorata e area interessata da una stazione georadar dei rilievi del 2011 e 2013**

Dunque limitandoci a considerare le stazioni georadar dei rilievi del 2011 e del 2013, pari a 9+8=17, le superfici interessate dai rilievi (a meno di parziali sovrapposizioni tra stazioni nella zona centrale dei rilievi) e le aree effettivamente esplorate sono pari a:



**Fig. 2.3.5**  
**Calcolo totali aree pertinenti ai rilievi georadar del 2011 e del 2013**  
**PER CONCLUDERE QUESTA RICERCA OCCORRE DUNQUE FARE QUANTO SEGUE:**

**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101

---

- i. ESEGUIRE UN RILIEVO TOPOGRAFICO DI DETTAGLIO DELL'AREA, GEOREFERENZIATO. SULLA BASE DI TALE RILIEVO DEFINIRE E SPICCARE SUL SITO SUOLO UN RETICOLO ORTOGONALE DI ALLINEAMENTI, AVENTE MAGLIA QUADRATA PARI A 3 METRI.
- ii. IMPIEGANDO IL RETICOLO SOPRA DEFINITO, SVOLGERE UN RILIEVO GEORADAR TOTALE (100% DEL SITO), UTILIZZANDO UN APPARECCHIO **GSSI SIR 3000**. LA MAGGIORE ACUITA' VISUALE DEL GSSI RISPETTO AL PIPEHAWK, IN MATERIA DI STRUTTURE SOTTERRANEE, PERMETTEREBBE DI MAPPARE LA CITTA' CON SUFFICIENTE ACCURATEZZA.
- iii. UNA VOLTA MAPPATA LA CITTA', PROCEDERE ALL'ESECUZIONE DI SCAVI CAMPIONE NELLE ZONE PIU' INTERESSANTI.

**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101

---

### 3. TEAM SCANGEA

Il lavoro è stato svolto dal TEAM SCANGEA, così composto:

PROJECT MANAGER  
Ing. Luigi Cesare Speranza

PROJECT COORDINATOR  
Per.T. Sergio Belotti

TEAM GEORADAR  
Arch. Cristina Speranza  
Ing. Alberto Franceschi, Software Engineer  
Ing. Alexander Y. Oglezhnev, Radar Specialist  
Perito Tecnico Antonio Sorichetti, Radar Field Operator  
Perito Tecnico Mindaugas Zubrickas, Radar Field Operator



**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101

---

## APPENDICI

**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101

---

## APPENDICE A

### TAVOLE GEORADAR

#### *Elenco Tavole:*

- Tavola 1 Planimetria impianto urbano
- Tavola 2 Spiccatto delle stazioni georadar
- Tavola 3 Stazione Georadar S1
- Tavola 4 Stazione Georadar S2
- Tavola 5 Stazione Georadar S3
- Tavola 6 Stazione Georadar S4
- Tavola 7 Stazione Georadar S5
- Tavola 8 Stazione Georadar S6
- Tavola 9 Stazione Georadar S7
- Tavola 10 Stazione Georadar S8

**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101

---

## APPENDICE B

*Cenni sull'apparecchio georadar PipeHawk*



*PipeHawk a Buckingham Palace*



*PipeHawk a MANHATTAN*

**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101

**C1. IL GEORADAR PIPEHAWK**

Per questo rilievo è stato utilizzato l'apparato inglese **PIPEHAWK Mk1**, che la nostra società ha per prima importato in Italia. **PIPEHAWK**, sviluppato dalla società responsabile per la bonifica UXO (Unexploded Ordnance – residuati bellici) delle isole Falkland dopo il conflitto anglo-argentino del 1982, è il più sofisticato georadar per servizi oggi disponibile.

Caratteristica esclusiva di PipeHawk è il software che “estrae automaticamente” dai dati di campagna primari, cioè dai RADARGRAMMI in forma di curve di diffrazione – vedi spiegazioni più avanti – le immagini dei bersagli lineari assimilabili a servizi, sia in sezione che in planimetria.

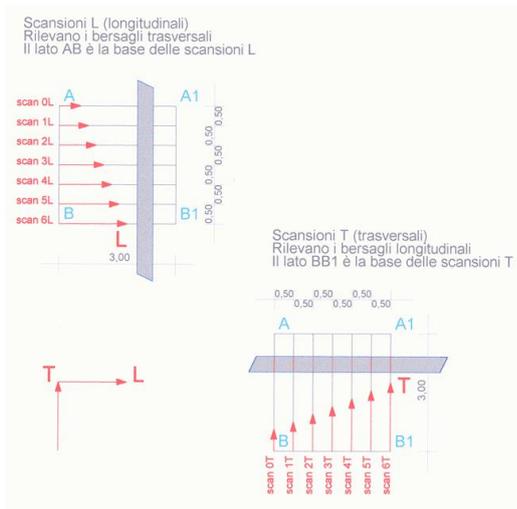
E infatti la nostra società, a differenza di quanto fanno le concorrenti, consegna al committente non solo elaborati in CAD, ma anche i dati radar che li supportano (planimetrie delle TIMESLICES – vedi spiegazioni più avanti).

Il rilievo con **PIPEHAWK** si svolge percorrendo con il radar i segmenti di un reticolo planimetrico opportunamente spiccato sull'area da investigare. Il software di **PIPEHAWK** è progettato per elaborare insieme di almeno 7 scansioni contigue parallele. Ciò per poter distinguere i bersagli interpretabili come servizi (cioè i bersagli lineari) dagli altri. I servizi infatti sono sistematicamente intersecati dalle scansioni parallele, mentre i bersagli aventi dimensioni finite scompaiono da una scansione all'altra, o dopo qualche scansione.

Dunque si devono effettuare insieme di almeno N. 7 scansioni parallele. Assumendo un interasse pari a 50 cm otteniamo una base di partenza delle scansioni lunga 3 metri. Assumendo una lunghezza di scansione pari a 3 metri, abbiamo un modulo quadrato di lato pari a 3 metri. Il modulo va scandito nelle due direzioni ortogonali.

Le due direzioni di scansione sono chiamate nel software T (trasversali) ed L (longitudinali). Sarà cura del rilevatore definire le direzioni T ed L del rilievo, ed annotare sul taccuino di campagna i versi delle scansioni. Le sette scansioni in ciascuna direzione sono chiamate, nel software di **PIPEHAWK**, scan 0, scan 1, scan 2, scan 3, scan 4, scan 5, scan 6.

La necessità di due direzioni di scansione ortogonali è dovuta al fatto che la sensibilità del radar è massima per gli oggetti lineari perpendicolari alla direzione di scansione, mentre è nulla (per scelta del software) per gli oggetti lineari paralleli. Dunque le scansioni trasversali (T) rilevano i bersagli longitudinali, mentre le scansioni longitudinali (L) rilevano i bersagli trasversali.



**Figura A**  
**MODULO DI SCANSIONE DI PIPEHAWK**

**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101

---

## **C2. RADARGRAMMI**

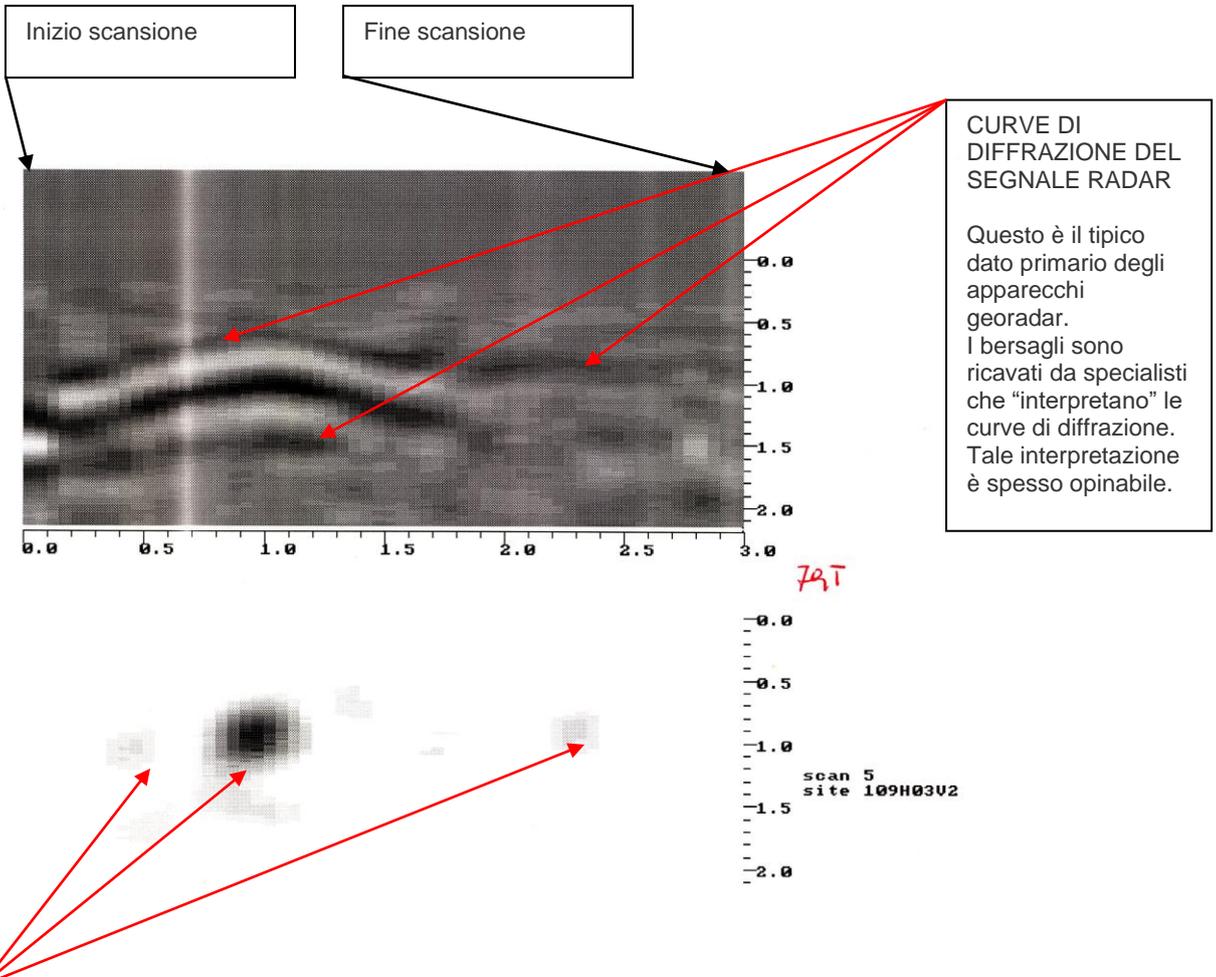
*Il dato primario di un rilievo georadar, non importa quale macchina si utilizzi, è il RADARGRAMMA. Ad ogni scansione del radar corrisponde un RADARGRAMMA. Il RADARGRAMMA è la rappresentazione della sezione verticale del terreno operata dal radar nella scansione.*

*Contrariamente a ciò che suggerirebbe l'intuizione, tuttavia, nel RADARGRAMMA non si vedono le immagini degli oggetti che hanno generato le eco (i bersagli). Infatti, allo stato dell'arte, le macchine georadar restituiscono nei RADARGRAMMI solo le curve di diffrazione del segnale emesso. Tali curve vanno interpretate da specialisti per risalire ai bersagli che le hanno causate.*

*Solo il radar PIPEHAWK è dotato di un software che "estrae" automaticamente dai dati primari le immagini dei bersagli, restituendo RADARGRAMMI come quello della figura in basso. Nella parte alta del RADARGRAMMA si vedono le curve di diffrazione (e questo è il dato fornito dagli altri georadar) mentre nella parte bassa sono fornite le immagini dei bersagli, quotate in profondità e in ascissa. PIPEHAWK è l'unico georadar capace di questo.*

*Dato un RADARGRAMMA, tutte le immagini in esso contenute rappresentano la sezione con il piano di scansione degli oggetti presenti nel sottosuolo e rilevati. La loro natura, se servizio o altro, può essere determinata attraverso il paragone di scansioni contigue. Infatti i servizi (tubi e cavi) sono sistematicamente intersecati dai radargrammi, mentre gli oggetti di dimensioni finite scompaiono dopo uno o pochi radargrammi. Questo spiega perché il software di PipeHawk è progettato per analizzare insieme di 7 scansioni parallele o più.*

**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101



**CURVE DI DIFFRAZIONE DEL SEGNALE RADAR**

Questo è il tipico dato primario degli apparecchi georadar. I bersagli sono ricavati da specialisti che "interpretano" le curve di diffrazione. Tale interpretazione è spesso opinabile.

**IMMAGINI DEI BERSAGLI**

Le immagini sono quotate sia in ascissa, con riferimento al punto di partenza della scansione, che in profondità. La resa automatica delle immagini dei bersagli è caratteristica unica di PIPEHAWK.

**NB:**  
 Tutti gli altri georadar forniscono radagrammi che consistono solo nella parte alta di questa figura.

**Figura B**  
**RADARGRAMMA DI PIPEHAWK**

**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101

---

### **C3. FONDAMENTI DI INTERPRETAZIONE DEI RADARGRAMMI**

In mancanza di un software che elabori automaticamente i radargrammi al fine di identificare i bersagli (come nel caso di PipeHawk), l'interpretazione si svolge "manualmente". Essa è cioè compito di analisti specializzati che interpretano i dati "raw", e cioè le curve di diffrazione dei radargrammi in modo di "estrane" i bersagli. In tale interpretazione si ha bisogno spesso di attenuare il "rumore" di fondo e di esaltare le eco raccolte. Ciò si fa utilizzando software adatti (RADAN, GRORADAR, etc.). In generale, due sono i criteri fondamentali di analisi che si seguono. Il primo è basato sulla dimensione dei bersagli, il secondo sulla forma delle curve di diffrazione del segnale radar.

#### **1. DIMENSIONI**

- **Bersagli "discreti", cioè di dimensioni contenute** (Discrete Reflectors)  
Si tratta di una categoria di bersagli molto ampia ed eterogenea. Ad essa in generale appartengono oggetti e/o strutture sotterranee di interesse archeologico. I bersagli discreti possono essere ulteriormente suddivisi in forti e deboli, a seconda dell'intensità delle eco che riflettono (strong and weak discrete reflectors).
- **Bersagli estesi complessi** (Complex Reflectors).  
Sono zone del sottosuolo che si presentano come disomogenee rispetto alla matrice del suolo stesso. La causa della disomogeneità è antropica (sbancamenti e successivi riempimenti, discariche etc.) oppure geologica, come per esempio nel caso di una formazione rocciosa sottostante a un terreno alluvionale. Si dividono in fortemente e debolmente riflettenti. L'intensità della riflessione dà un'indicazione del grado di disomogeneità della zona, e anche del contenuto di umidità della stessa. Particolarmente importante è la conduttività della superficie del terreno, perché più questa è alta più oscurate risulteranno le eco emesse dai bersagli sottostanti.

#### **5. FORMA DELLE CURVE DI DIFFRAZIONE**

**La curva di diffrazione di un bersaglio puntiforme, ovvero di ciascun punto di un bersaglio esteso, è iperbolica. La curva di diffrazione di un bersaglio esteso è il risultato della somma geometrica delle curve (iperboliche) generate dai singoli punti del bersaglio. Le forme più ricorrenti sono le seguenti:**

- **Iperbole stretta: bersagli "puntuali"** (Point diffractions).  
Possono essere una pietra isolata, oppure l'intersezione di un servizio (tubo o cavo) con il piano di scansione del radar.
- **Iperbole larga o crestata: bersagli "convessi"** (Broad or crested diffractions: convex reflectors).  
Un bersaglio convesso può essere costituito da qualunque superficie convessa presente nel sottosuolo: la volta di una struttura sotterranea, il mantello esterno di un servizio di grande diametro, un tombino stradale, etc.. Una diffrazione larga e crestata può essere provocata anche da un muro, come la somma di una diffrazione puntuale (provocata dallo spigolo tra le pareti e la sommità del muro) e di una diffrazione a iperbole larga, provocata dal riflettore convesso costituito dalla sommità del muro.
- **Diffrazioni di forma planare: bersagli "planari"** (Planar returns).  
Possono essere costituiti da un pavimento o da qualunque altra interfaccia sotterranea piana. Si suddividono in bersagli planari fortemente o debolmente riflettenti, a seconda dell'intensità nel cambio di velocità del segnale attraverso l'interfaccia. La forma piana della curva di diffrazione è il risultato della sovrapposizione delle iperboli generate da ogni punto del bersaglio. Diffrazioni planari non parallele al piano di campagna vanno esaminate con attenzione in quanto esse potrebbero essere il risultato di riflessioni spurie del segnale, provocate da propagazione del medesimo fuori del terreno. Questo problema non sussiste quando si usino antenne schermate. I bersagli che corrispondono a diffrazioni planari inclinate si chiamano "bersagli planari inclinati" (inclined events).
- **Diffrazioni "a campana": zone di vuoto** (Bell-shaped diffractions, focused ringing)  
La diffrazione generata dalla presenza di una caverna, una struttura con copertura a volta o comunque un vuoto con sottostante fondo piatto ha una caratteristica forma a campana. La "campana" è dovuta al sollevamento apparente del fondo della cavità provocato dall'aumento di velocità del segnale radar nell'aria (vedi spiegazioni più approfondite negli allegati). Una particolare categoria di diffrazioni a campana è quella dei treni di diffrazione concentrata (focused ringing) che si manifestano in corrispondenza dei tombini stradali.

**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101

---

#### C4. TIMESLICES

La "TIMESLICE" è la rappresentazione planimetrica dei bersagli individuati con i radargrammi. Data una certa area (per esempio il modulo 3x3 metri del reticolo del rilievo) ed i RADARGRAMMI con cui essa è stata esplorata (7 o più per ciascuna delle direzioni di scansione prescelte, nel caso di **PIPEHAWK**), la rappresentazione planimetrica delle informazioni di tali RADARGRAMMI, fissata a una quota, si chiama TIMESLICE.

Da un insieme di RADARGRAMMI si possono ricavare infinite TIMESLICES, corrispondenti agli infiniti valori di profondità esistenti nell'intervallo tra lo zero (quota terreno) e la profondità massima raggiunta dal radar. Il software di **PIPEHAWK** elabora automaticamente i RADARGRAMMI e restituisce 7+1 TIMESLICES per ogni modulo, come vedremo di seguito.

L'espressione "TIMESLICE" (che significa in Inglese: FETTA TEMPORALE) è dovuta al fatto che il radar misura NON LE DISTANZE, MA I TEMPI DI RITORNO DELLE ECO. Le distanze sono proporzionali ai tempi. Il fattore di proporzionalità, che si chiama COSTANTE DIELETTICA, si ricava sperimentalmente per taratura.

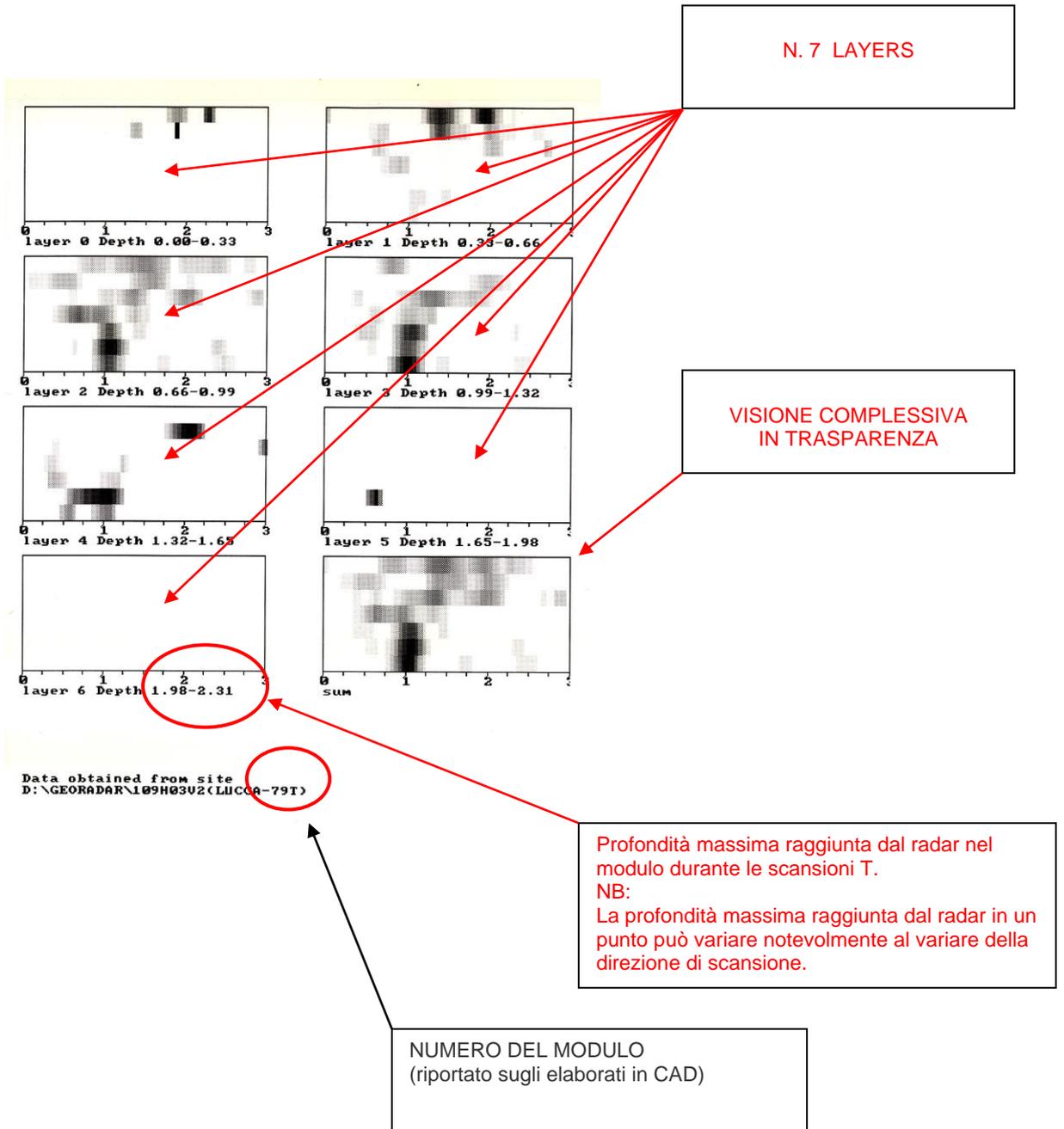
Come detto **PIPEHAWK** restituisce 7+1 TIMESLICES per ogni insieme di scansioni parallele svolte nell'area rilevata (modulo). Il software di **PIPEHAWK** infatti divide in 7 'LAYERS' (strati) sovrapposti il solido materializzato dalla superficie del modulo e dalla profondità massima di scansione. Ciascuno strato ha uno spessore pari alla profondità massima raggiunta dal segnale divisa per sette. Ad ogni LAYER corrisponde una TIMESLICE. Sette LAYERS, sette TIMESLICES.

Nei dati restituiti da **PIPEHAWK**, i sette LAYERS sono denominati **layer 0, layer 1, layer 2, layer 3, layer 4, layer 5, layer 6**. Di ciascun LAYER sono riportate le quote superiore ed inferiore dello strato (vedi figura in basso). Un'ottava immagine, in basso a destra nella pagina delle TIMESLICES, fornisce la visione d'insieme delle sette TIMESLICES, l'una sovrapposta all'altra. E' come se si osservasse il modulo dall'alto ed il terreno fosse diventato trasparente. Si vedono cioè in trasparenza tutti i bersagli rilevati dal georadar.

Come detto in precedenza, le TIMESLICES delle scansioni trasversali (T) evidenziano i bersagli longitudinali, mentre quelle longitudinali (L) i bersagli trasversali.

Le timeslices di **PIPEHAWK** sono il risultato dell'elaborazione di un software creato per evidenziare tubi e cavi. In esse tuttavia si possono individuare anche altri bersagli che il software seleziona come "pipe-like" (cioè aventi una dimensione lineare prevalente). Tali bersagli includono spigoli di murature e zone di maggior curvatura presenti in volte, cavità o altri tipi di struttura. Anche zone di discontinuità delle proprietà fisico-chimiche del terreno, come zone di umidità, volumi di terreno di riporto, trovanti, oggetti oblungi etc., sono riscontrabili sulle TIMESLICES prodotte dal software di **PIPEHAWK**.

**COMMITTENTE:** Rev. Vincenzo Galié, Campofilone (Fermo)  
**PROGETTO:** Terzo rilievo georadar sul sito di COLONIA (Ripatransone – AP)  
**DATA:** Marzo-Luglio 2013  
**DOCUMENTO:** GAL-13/101



**Figura C**  
**TIMESLICES DI PIPEHAWK**