

FISICA IN BARCA @ ADRIACO Y.C.TRIESTE 4-10-2005

# Fisica applicata all'Archeologia per i Porti della Roma Imperiale di Claudio e Traiano a Fiumicino e ad Aquileia

Dipartimento di

*Fisica*



Universita' di TRIESTE

**Gianrossano GIANNINI**

DIPARTIMENTO DI FISICA

DELL'UNIVERSITA' DI TRIESTE

VIA VALERIO 2, TRIESTE, 34127

ITALIA

e

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA

NUCLEARE

INFN-SEZIONE DI TRIESTE,

PADRICIANO 99, TRIESTE - ITALY

TEL. (+39) 040 3756235 FAX (+39) 040

3756258

E-MAIL: [GIANNINI@TS.INFN.IT](mailto:GIANNINI@TS.INFN.IT)

ISTITUTO NAZIONALE DI

OCEANOGRAFIA

E DI GEOFISICA SPERIMENTALE

DIPARTIMENTO DI GEOFISICA DELLA

LITOSFERA (GDL)

CARS GROUP (CARTOGRAPHY AND

REMOTE SENSING)

E-MAIL: [FCOREN@OGS.TRIESTE.IT](mailto:FCOREN@OGS.TRIESTE.IT)

Legge regionale

n.3/1998, art.16.

Finanziamenti progetti

di ricerca e

divulgazione scientifica.



Istituto Nazionale  
di Fisica Nucleare



Helicopter Service and Remote Sensing  
Amaro (Udine)



# Claudio Cesare

Da SVETONIO : LE VITE DEI DODICI CESARI  
Traduzione di Paolo Del Rosso (frate dom. AD1544)



“Quanto al porto d’Ostia, tiro’ un’ala di muro dalla destra e uno dalla sinistra, ed allo entrare, dove il mare era ancora profondo, tiro’ un molo attraverso. E per gittare i fondamenti piu’ gagliardi e stabili affondo’ nel detto luogo la nave, che aveva portato l’obelisco grande d’Egitto, ed accozzati insieme molti pilastri, vi edifico’ sopra una torre altissima, come quella Alessandrina, per tenervi il lume acceso la notte, accio’ che i naviganti conoscessero il cammino.”



# I Porti di Claudio e Traiano

Moneta del I sec. D.C.



Ricostruzione del 1500





**Antico bacino esagonale**

**Fiumicino**

**Isola Sacra**

**Foce del fiume Tevere**

**Area scavi di Ostia Antica**



Oggi: il Lago di Traiano  
(Esagonale:  $L \sim 370\text{m}$ ,  $S \sim 33$  ettari)



# METODI NON-INVASIVI PER INDAGINI ARCHEOLOGICHE

## IL TELERILEVAMENTO:

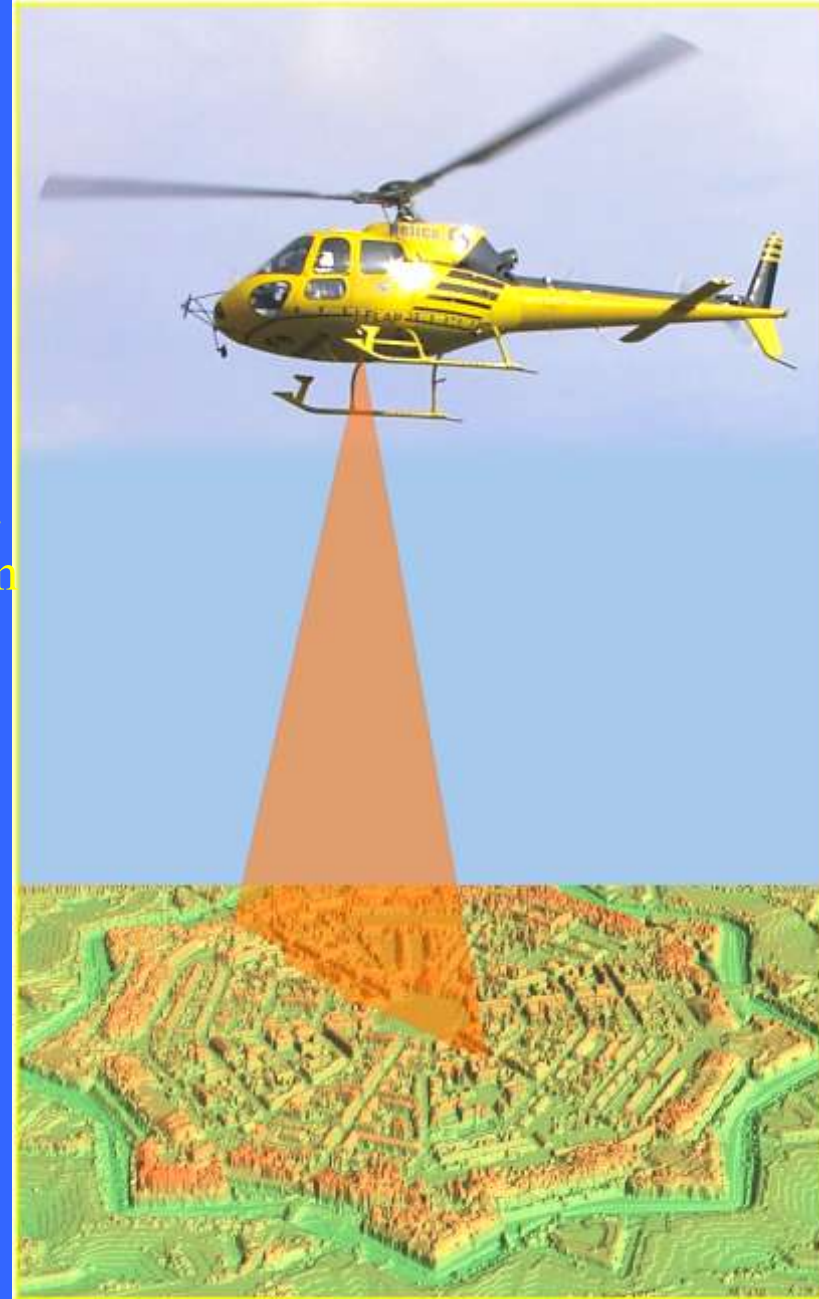
- DA **ELICOTTERO**, AEREO, SATELLITE  
(**LASERSCAN**, FOTOGRAFIA, RADAR, SISTEMI MULTISPETTRALI)
- IN MARE (SIDE SCAN SONAR, SINGLE/MULTI-BEAM ECHOSOUNDERS)

## LA GEOFISICA:

- A TERRA (**GEORADAR**, **MAGNETOMETRIA**, GEOELETTRICA, METODI EM, SISMICA, GRAVIMETRIA, METODI TERMICI, RADIOATTIVITA')
- IN MARE (SISMICA, GEOELETTRICA, METODI EM, GRAVIMETRIA, MAGNETOMETRIA, METODI TERMICI)

# IL SISTEMA OGS – HELICA

- > Il sistema è un OPTECH 3033 montato a bordo di un elicottero AS350 B2 che consente una elevata flessibilità operativa.
- > Il sistema opera con un laser allo stato solido NdYAG (1064nm) con una potenza media di 6.5 W ed una frequenza di impulso di 33000 Hz.
- > La quota operativa varia da un minimo di 175 m (wide beam mode) ad un massimo di 3000 m rispetto al suolo.



Rif:  
Franco Coren (OGS) e Diego Plos (Helica)



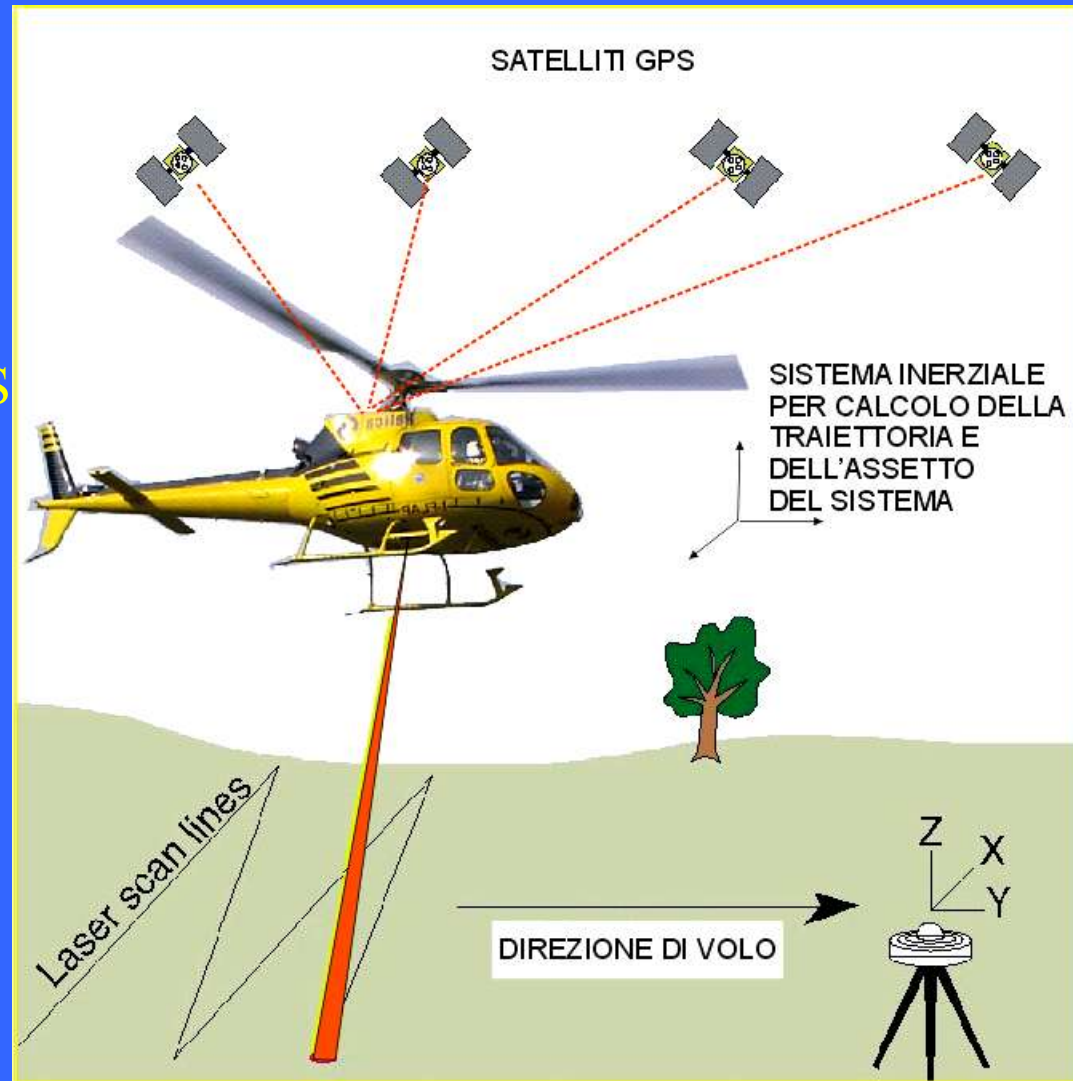
Il sistema laser a scansione è uno strumento che integra quattro unità principali:

- 1) Un laser ranger, il cui raggio viene fatto oscillare normalmente alla direzione di volo
- 2) Un sistema di posizionamento GPS
- 3) Una unità inerziale



- 4) Un computer di bordo per l'acquisizione dei dati

## IL SISTEMA LASER A SCANSIONE



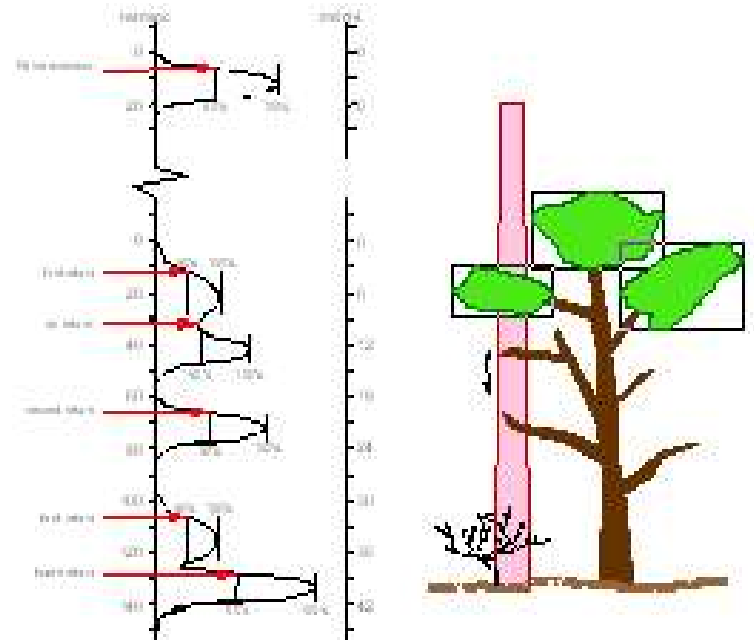
## IL SISTEMA LASER A SCANSIONE

Il laser ha un'apertura di 0.2 mrad (impronta al suolo di 0.2 m da 1000 m di distanza).

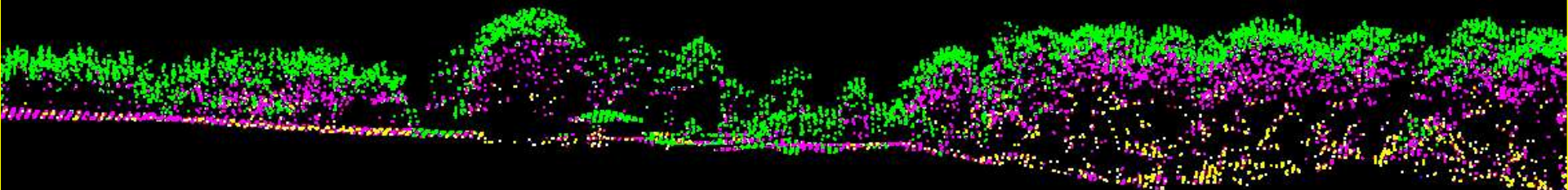
Il sistema registra sia la posizione che la radiometria del primo e dell'ultimo impulso inviato al suolo.

Questo permette di poter penetrare significativamente attraverso la copertura vegetale determinando:

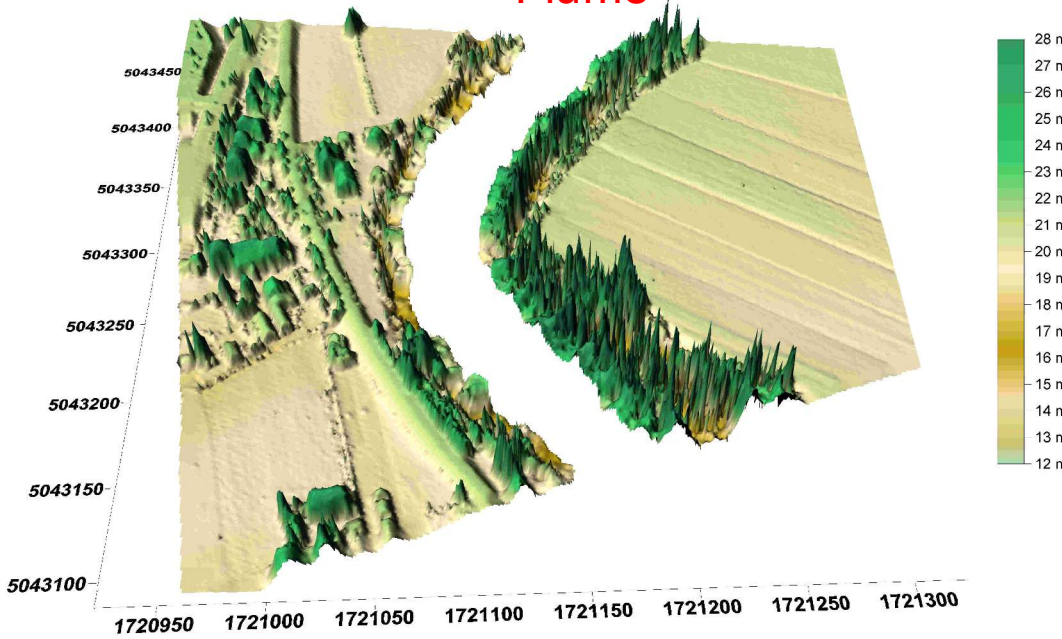
- L'elevazione della vegetazione
- La quota del terreno anche al di sotto della vegetazione.



“la sezione vegetale”



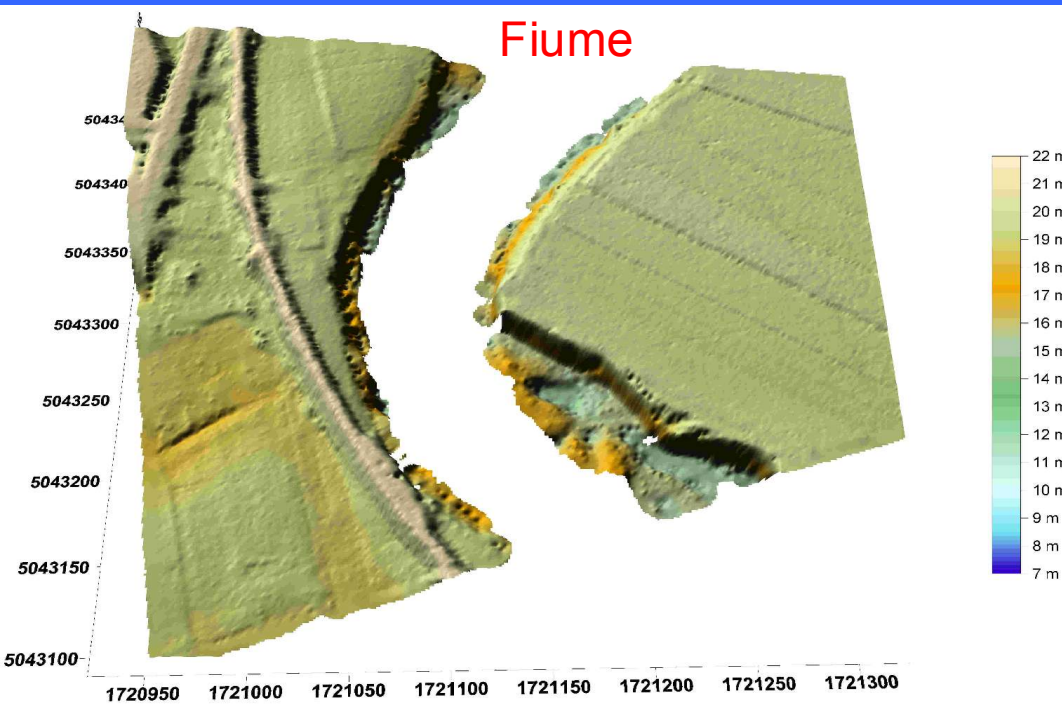
Fiume



MODELLO DEL TERRENO

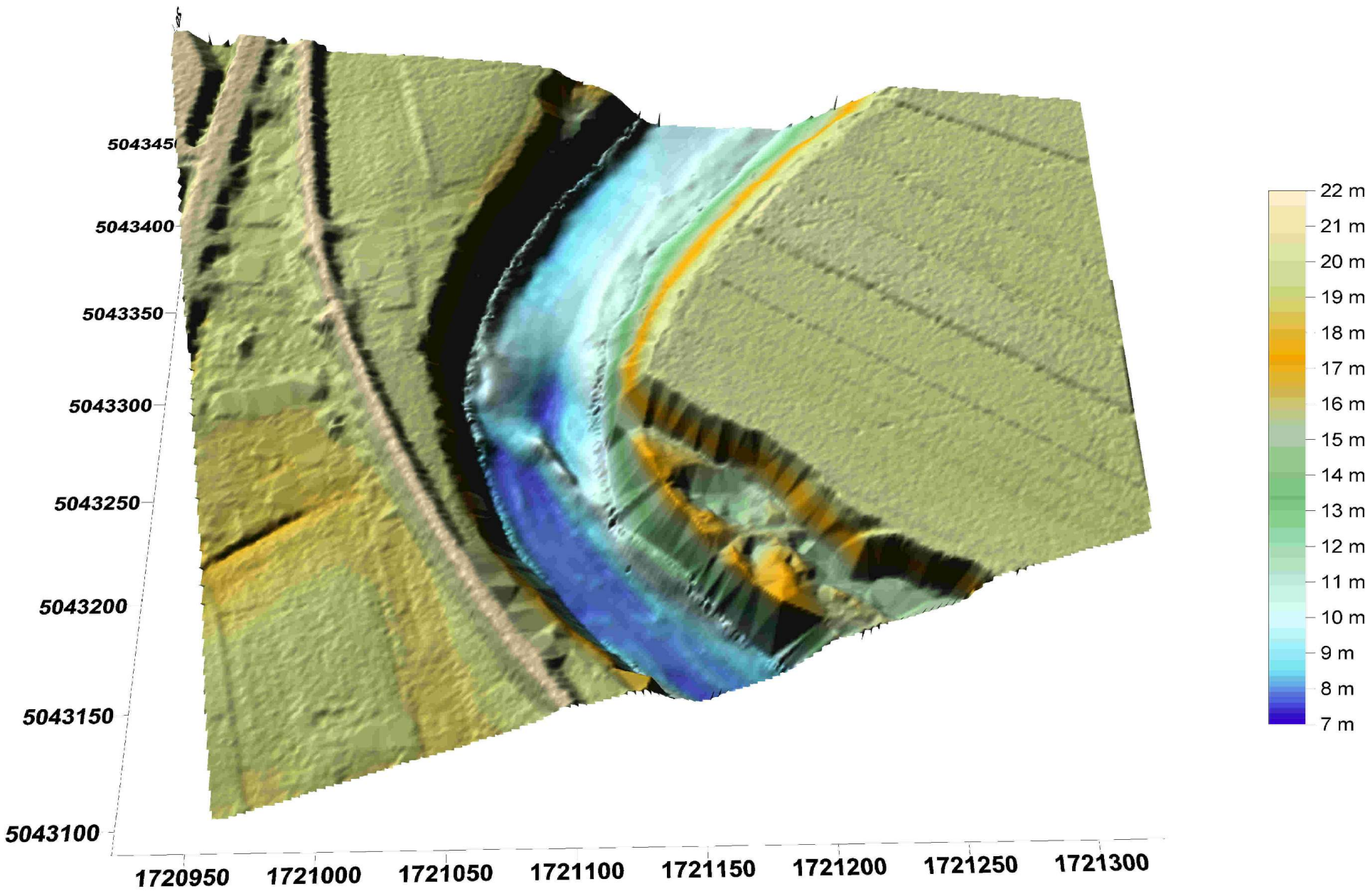
dal primo impulso

Fiume

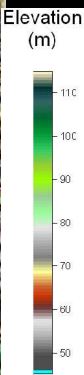


dall'ultimo impulso

# FUSIONE DEI DATI LASER SCAN CON MULTIBEAM



# SIMULAZIONE DI INGRESSIONE MARINA (ACQUA ALTA a ...Trieste)

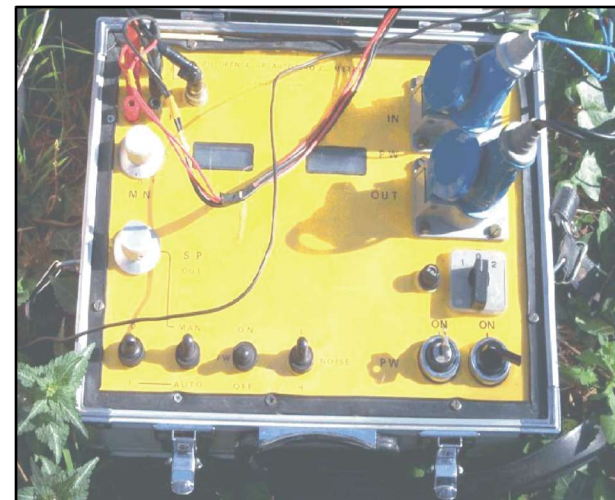


# METODOLOGIE DI INDAGINE

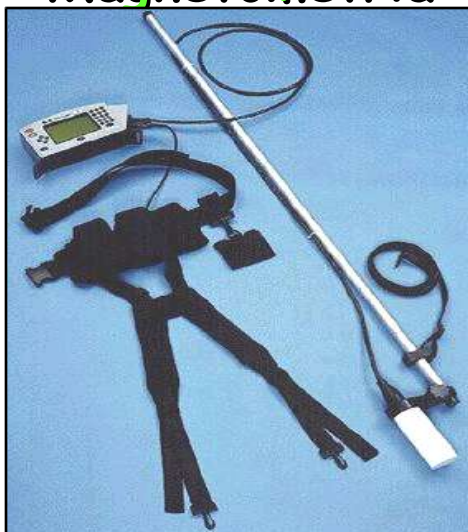
Sismica



Geoelettrica



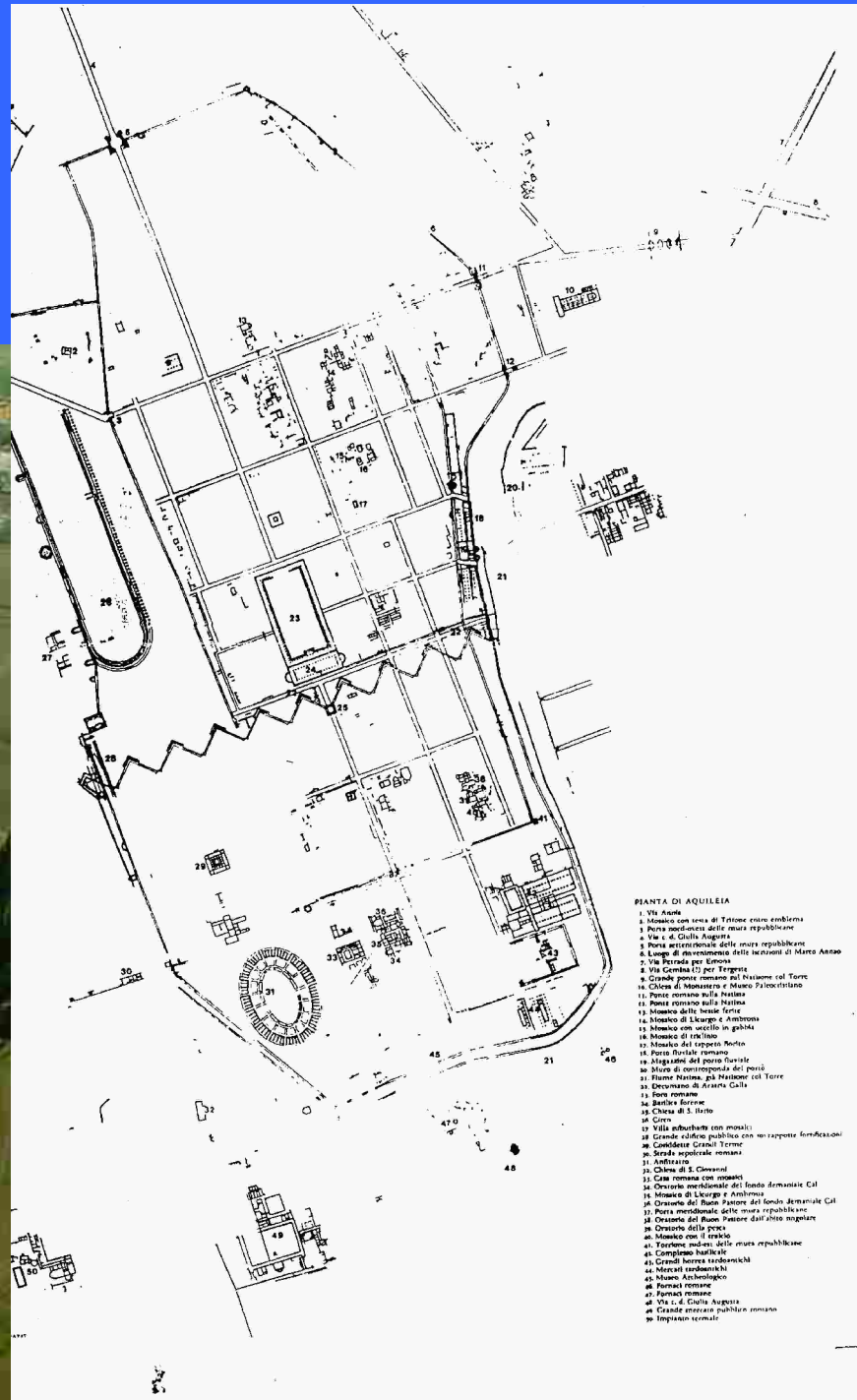
Magnetometria



Ground Penetrating Radar

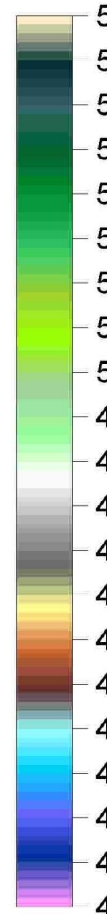
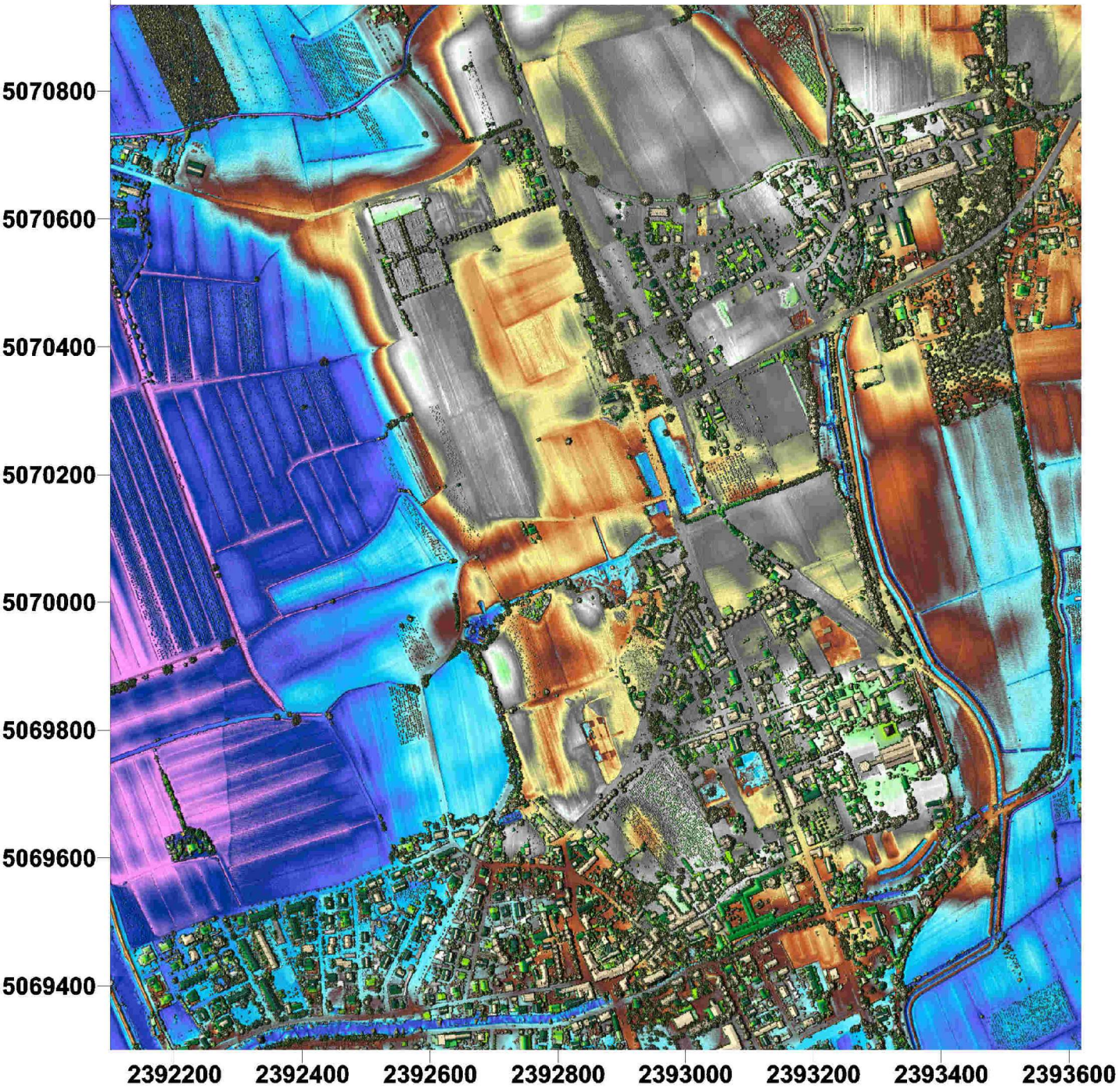


# Aquileia

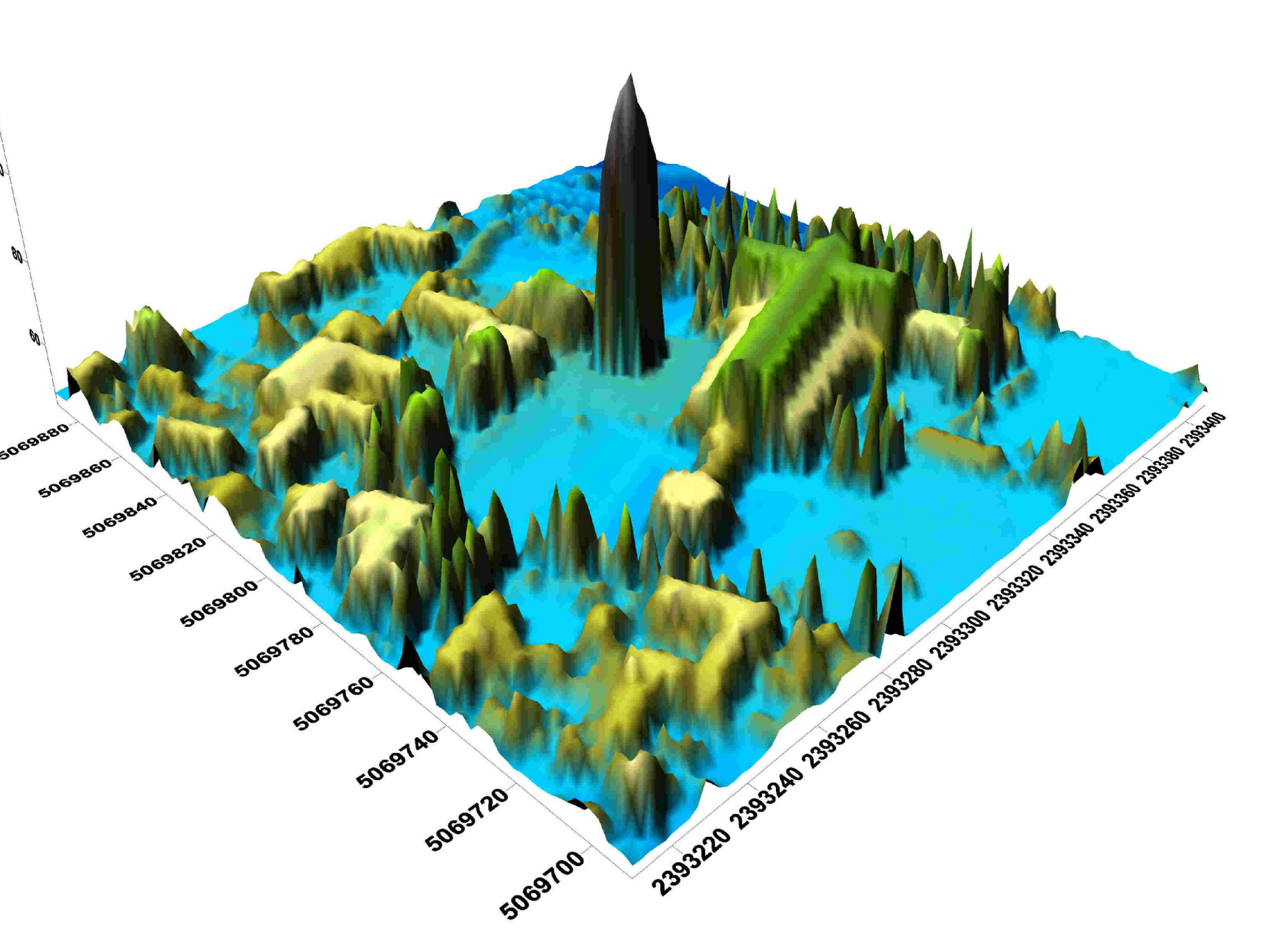


## PIANTA DI AQUILEIA

1. Via Asola
2. Mosaico con testa di Tritone entro emblema
3. Porta mediana delle mura repubblicane
4. Via e di Giulia Augusta
5. Porta meridionale delle mura repubblicane
6. Luogo di avvenimento delle lezioni di Marco Antonio
7. Via Petrarca per Emona
8. Grande porta romano nel Evanesco col Torre
9. Chiesa di S. Maria e Museo Paleocristiano
10. Ponte romano sulla Natisone
11. Ponte romano sulla Natisone
12. Mosaico delle bestie feroci
13. Mosaico di Licurgo e Ambrosio
14. Mosaico con uccello in gabbia
15. Mosaico di Cratilo
16. Mosaico del tappeto Bortoli
17. Ponte rurale romano
18. Migliata del ponte rurale
19. Mura di corrispondenza del ponte
20. Fiume Natisone, gli Natisone col Torre
21. Decumano di S. Maria della Torre
22. Foro romano
23. Basilica di S. Maria
24. Chiesa di S. Iusto
25. Circo
26. Villa suburbana con mosaici
27. Grande edificio pubblico con rapporto Aniciazioni
28. Cattedrale di S. Maria
29. Strada sepolcrale romana
30. Anfiteatro
31. Chiesa di S. Cleoniano
32. Casa romana con mosaici
33. Oratorio meridionale del fondo Germanica: Cal
34. Mosaico di Licurgo e Ambrosio
35. Oratorio del Buon Pastore del fondo Germanica: Cal
36. Porta meridionale delle mura repubblicane
37. Oratorio del Buon Pastore dall'abitazione popolare
38. Oratorio della pace
39. Mosaico con il tritolo
40. Torrone mediano delle mura repubblicane
41. Complesso basilicale
42. Grande torre teocronica
43. Mosaico teocronica
44. Museo Archeologico
45. Farnaci romane
46. Via e di Giulia Augusta
47. Farnaci romane
48. Claustra aerea di pubblico romano
49. Impianto termale

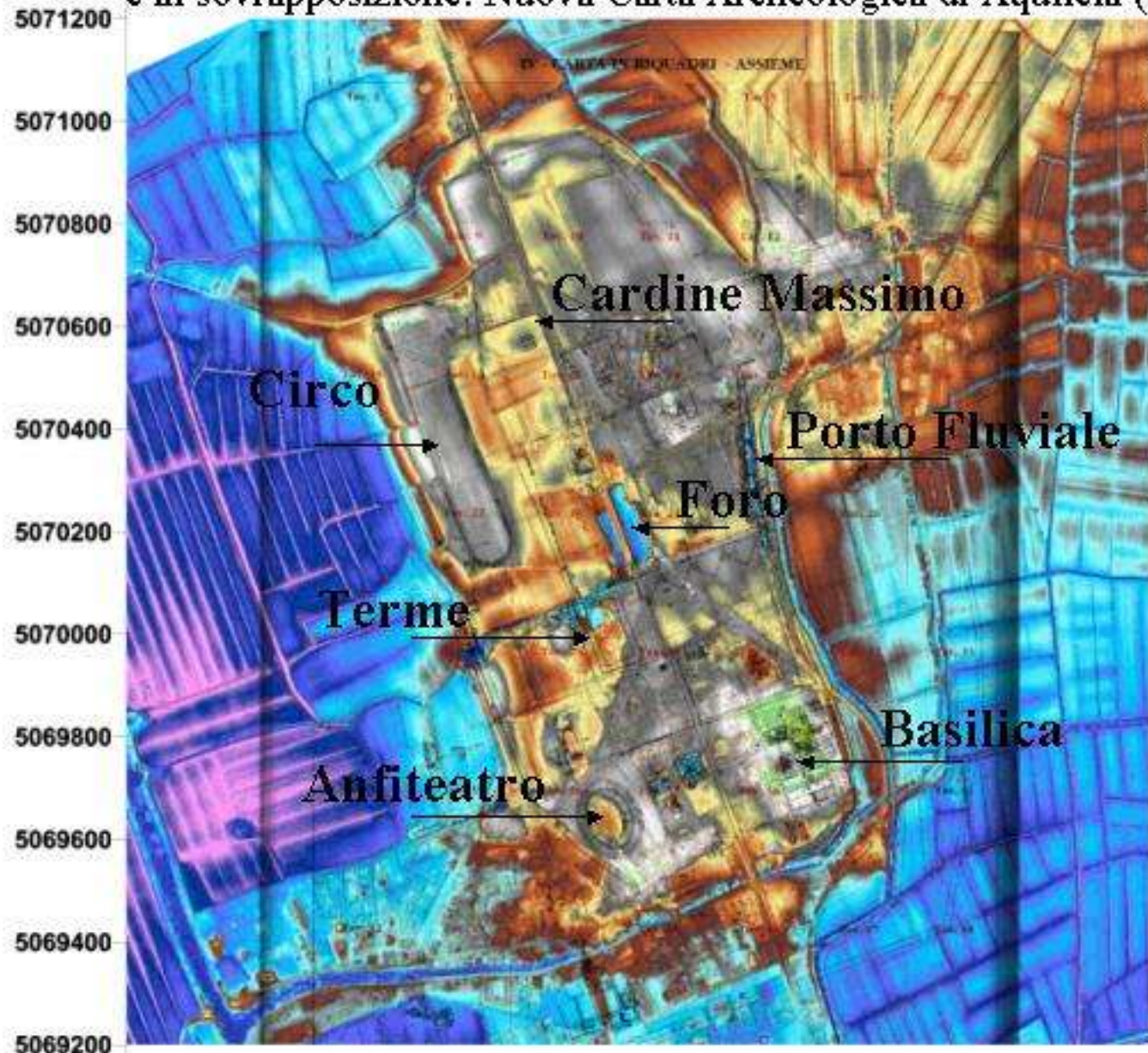




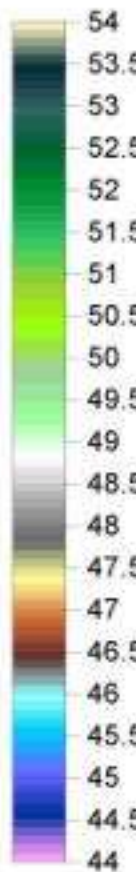


# AQUILEIA TOPOGRAFIA LASERSCAN da Elicottero

e in sovrapposizione: Nuova Carta Archeologica di Aquileia (aut.: Luisa Bertacchi)



- + Regione Friuli Venezia Giulia
- + Dip. di Fisica Universita' Trieste
- + INFN-Trieste e Perugia /MGR
- + OGS
- + Helica

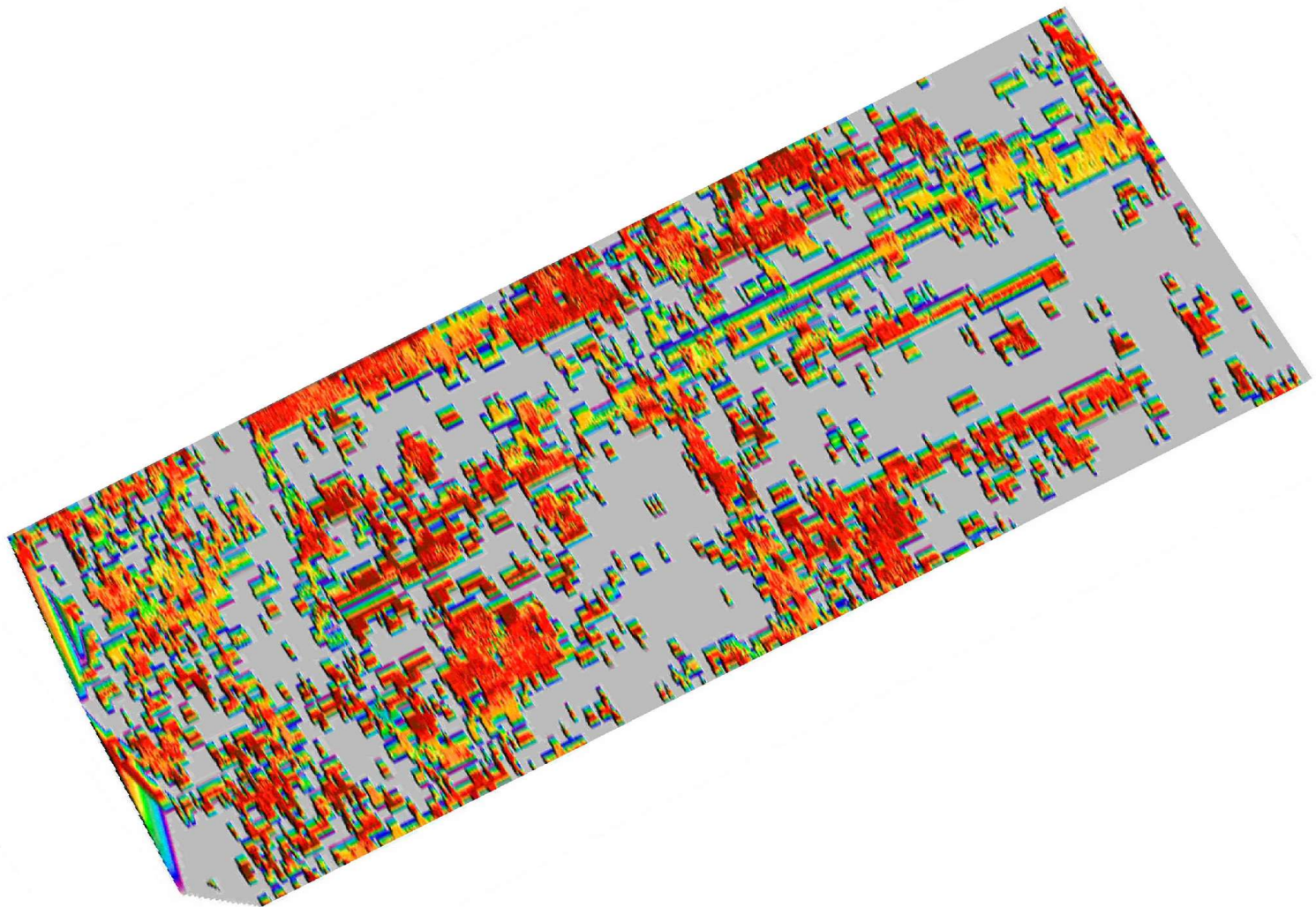


2392000 2392200 2392400 2392600 2392800 2393000 2393200 2393400 2393600 2393800 2394000

# Aquileia Porto Romano.

## Scavo Archeologico della Ecole Francaise de Rome





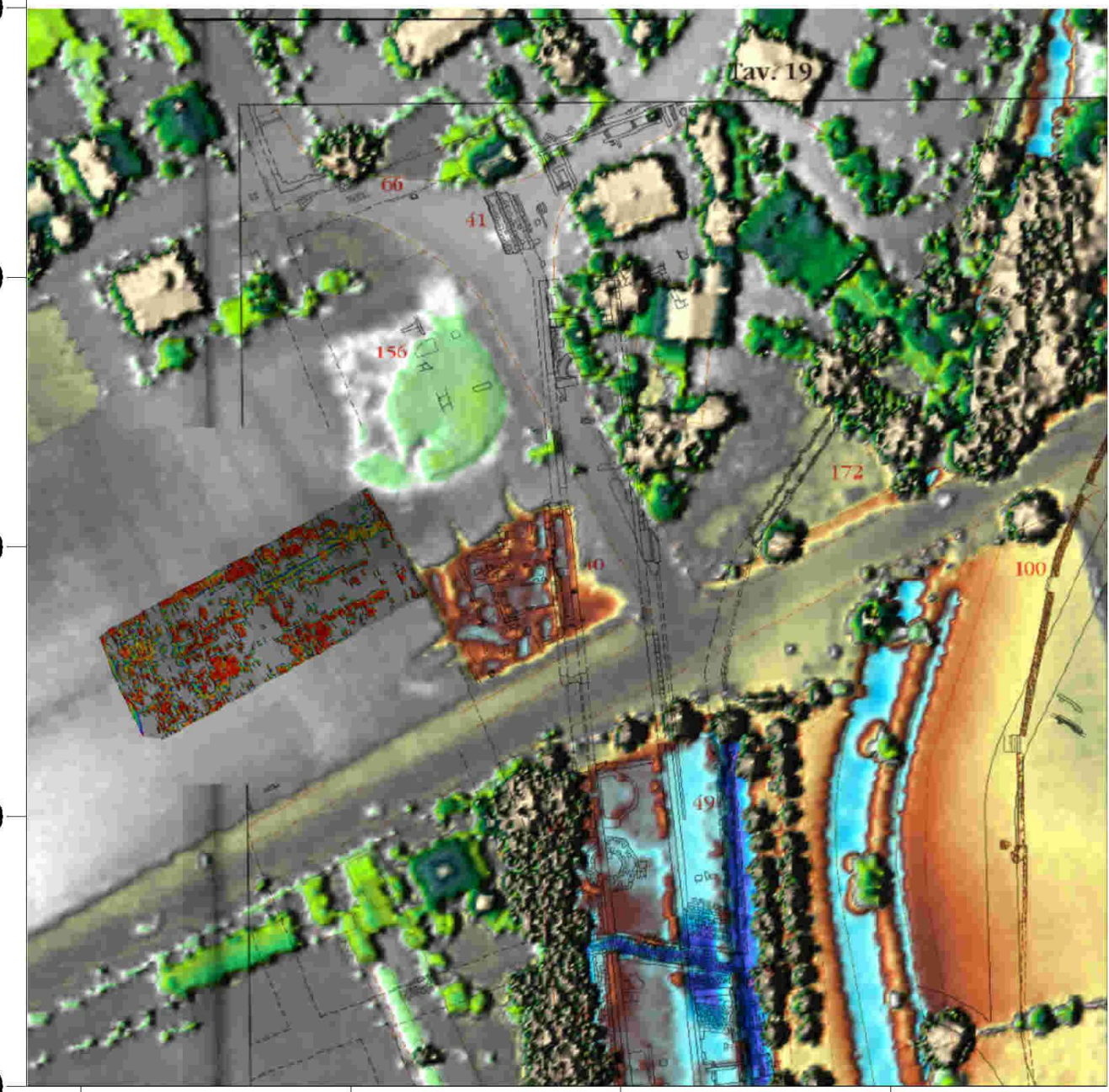
5070550

5070500

5070450

5070400

5070350



2393100

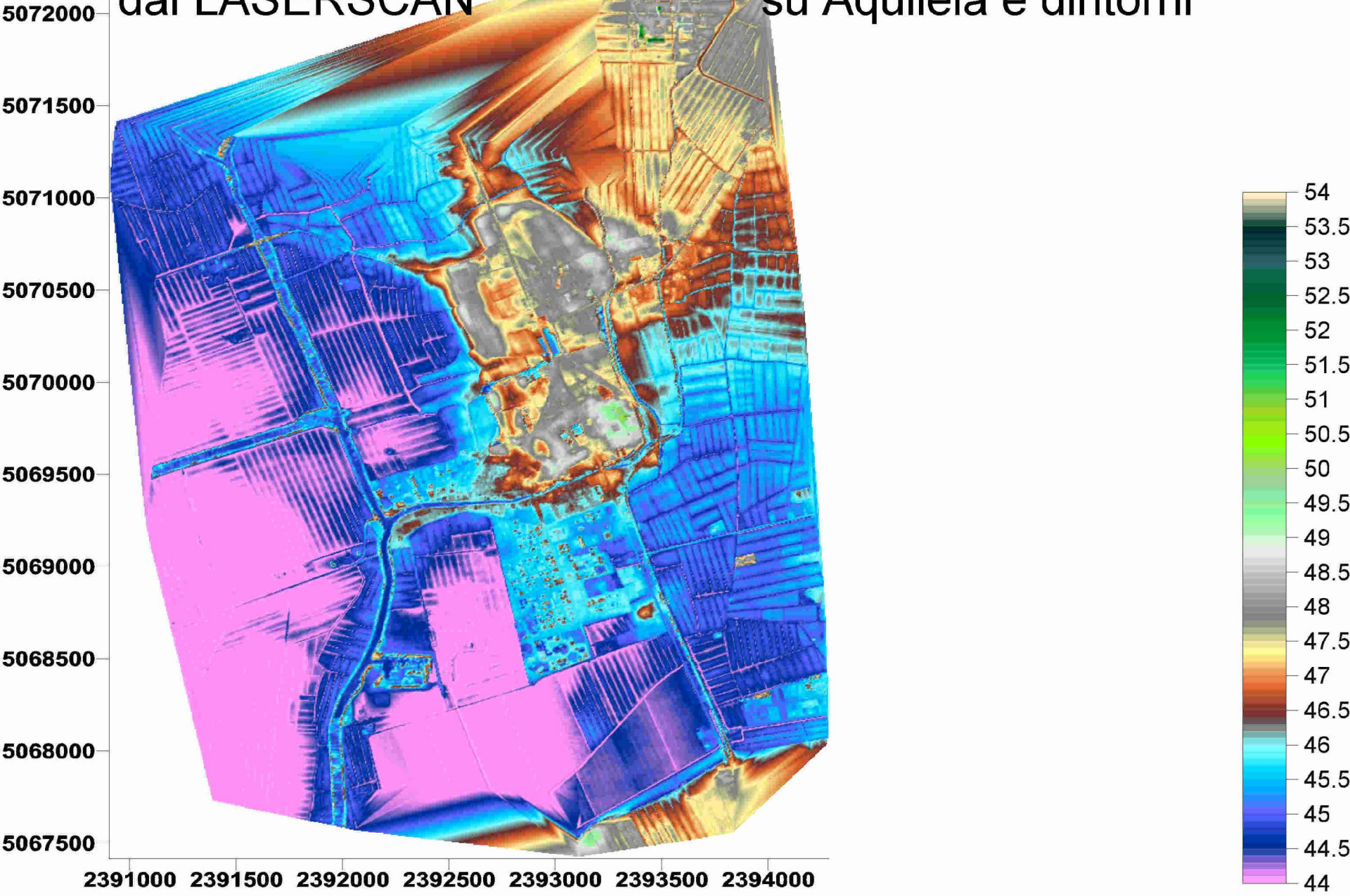
2393150

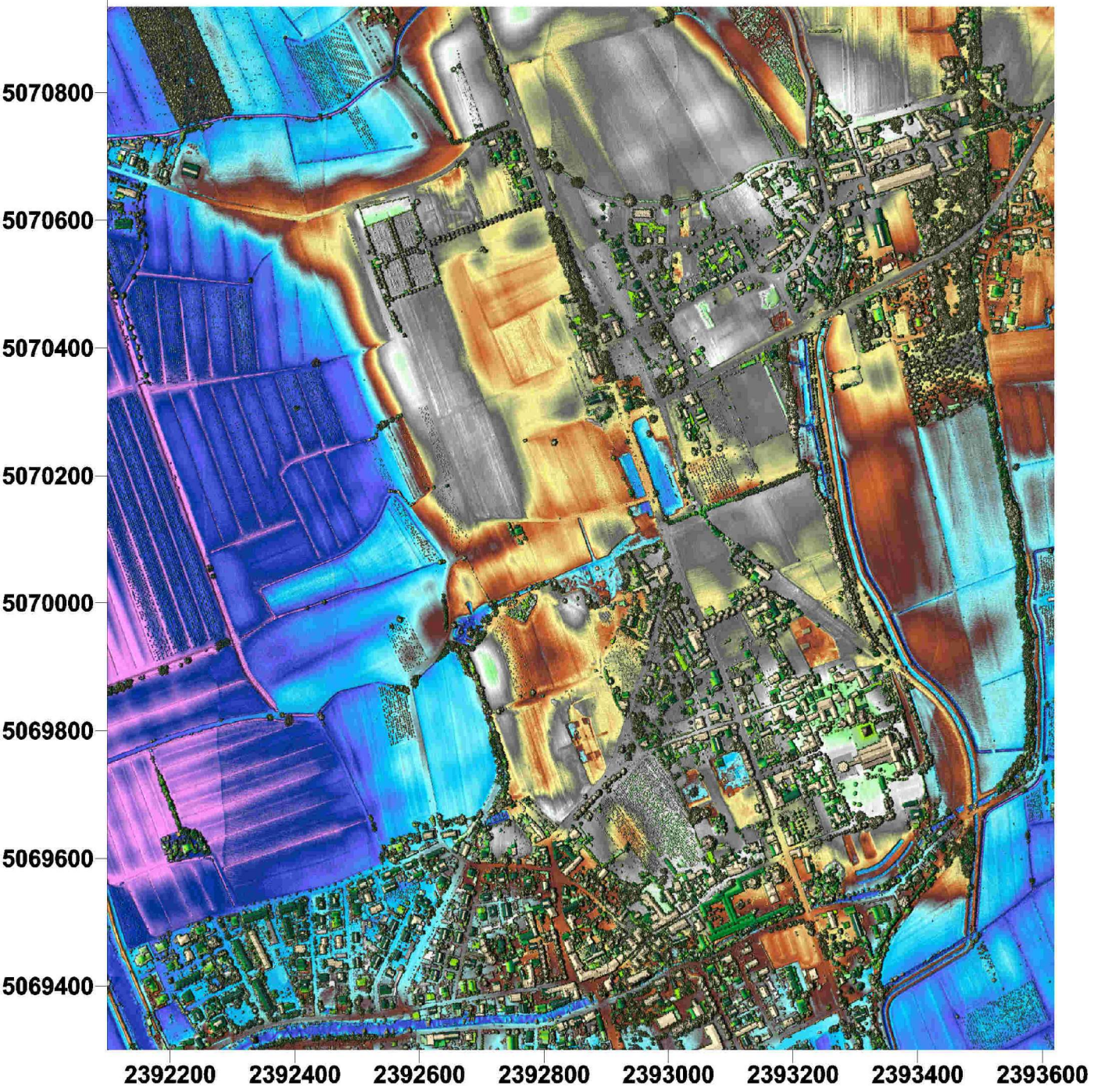
2393200

2393250



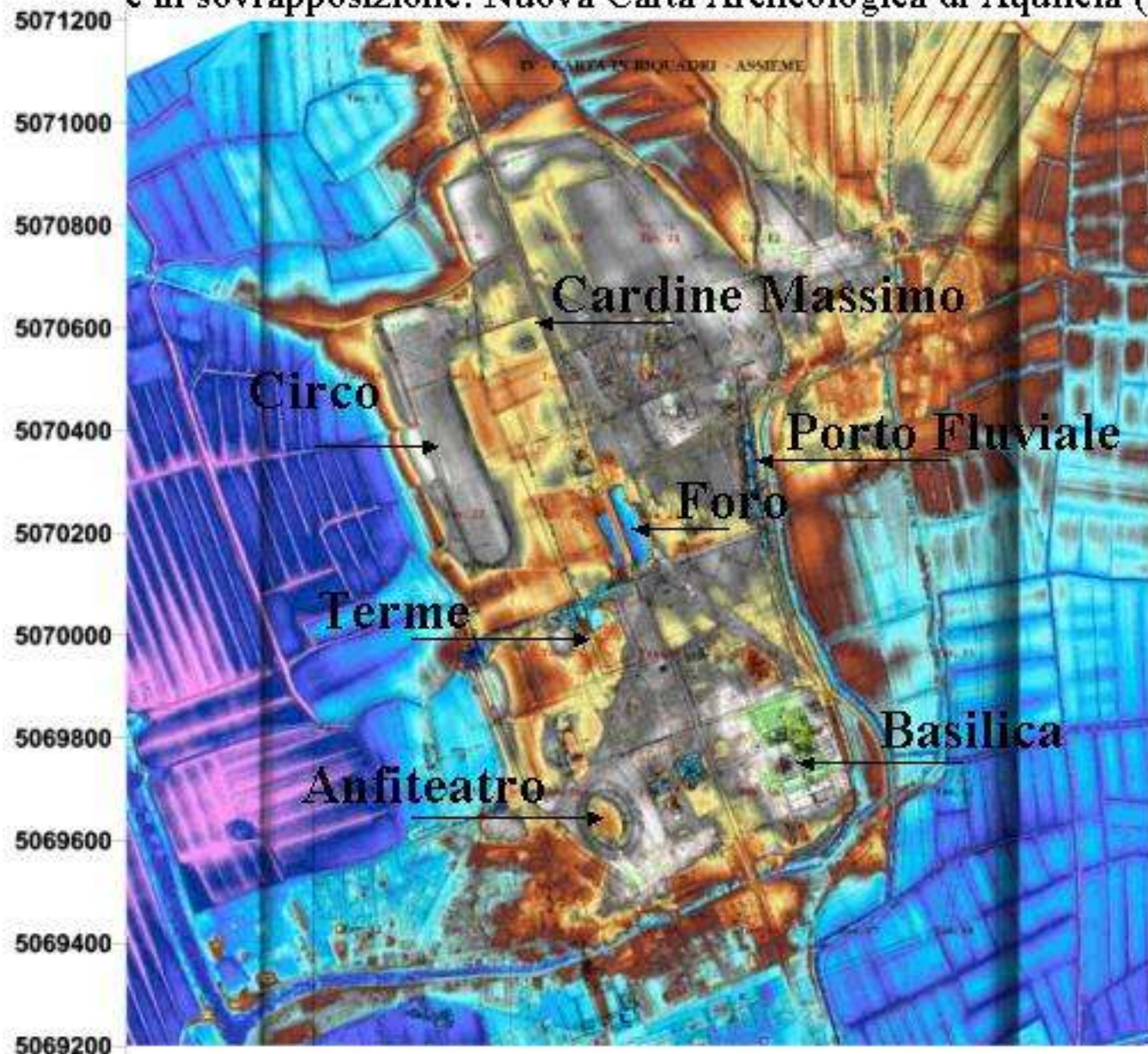
# Immagine digitale che mostra tutta l'estensione coperta dal LASERSCAN su Aquileia e dintorni



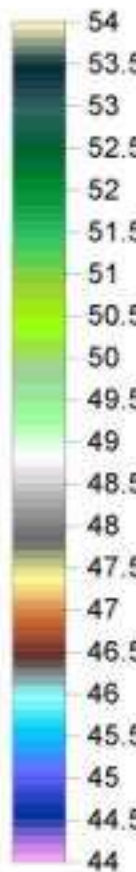


# AQUILEIA TOPOGRAFIA LASERSCAN da Elicottero

e in sovrapposizione: Nuova Carta Archeologica di Aquileia (aut.: Luisa Bertacchi)

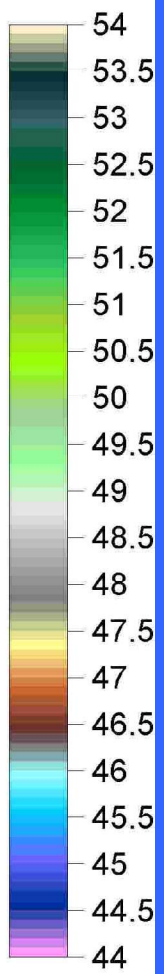
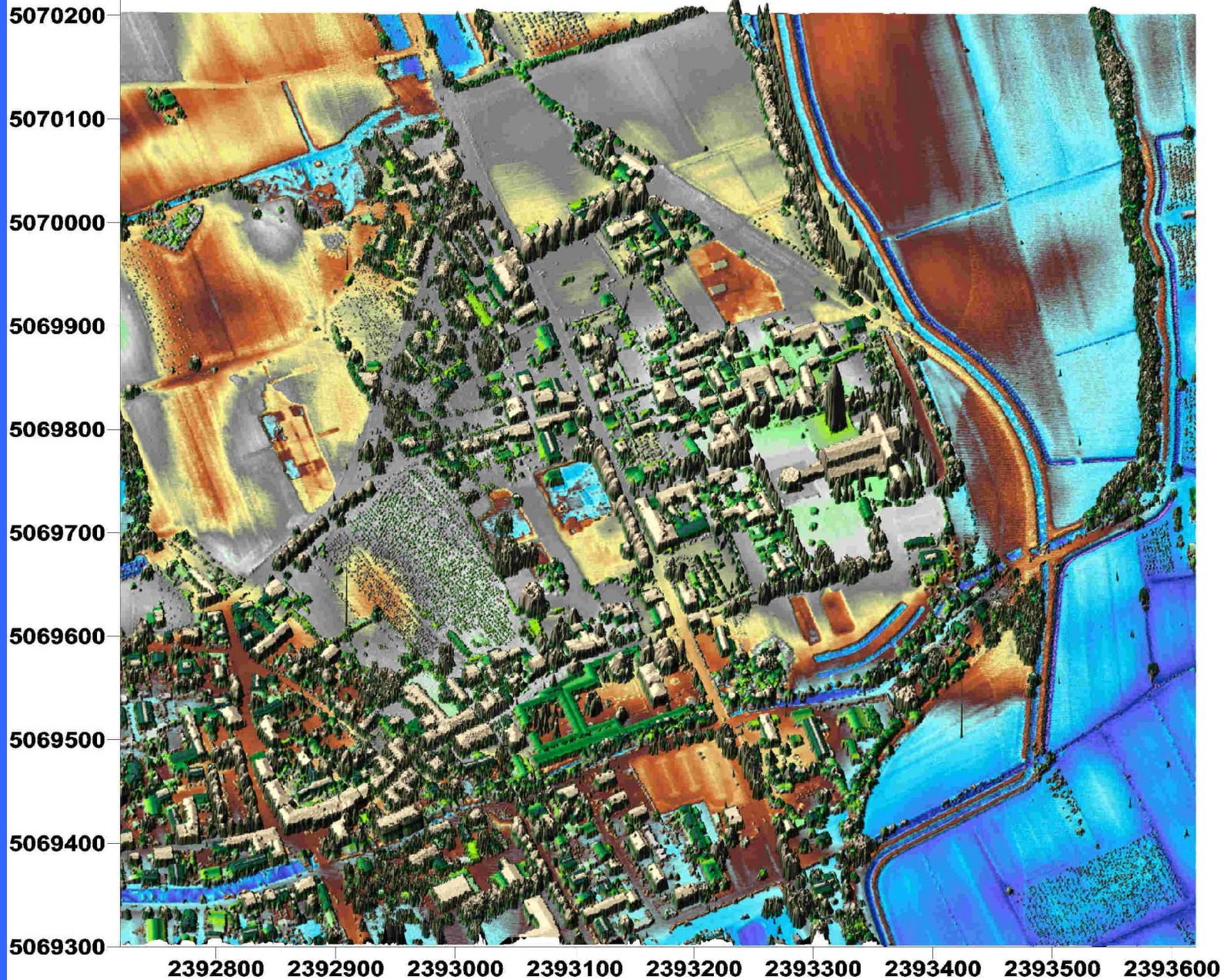


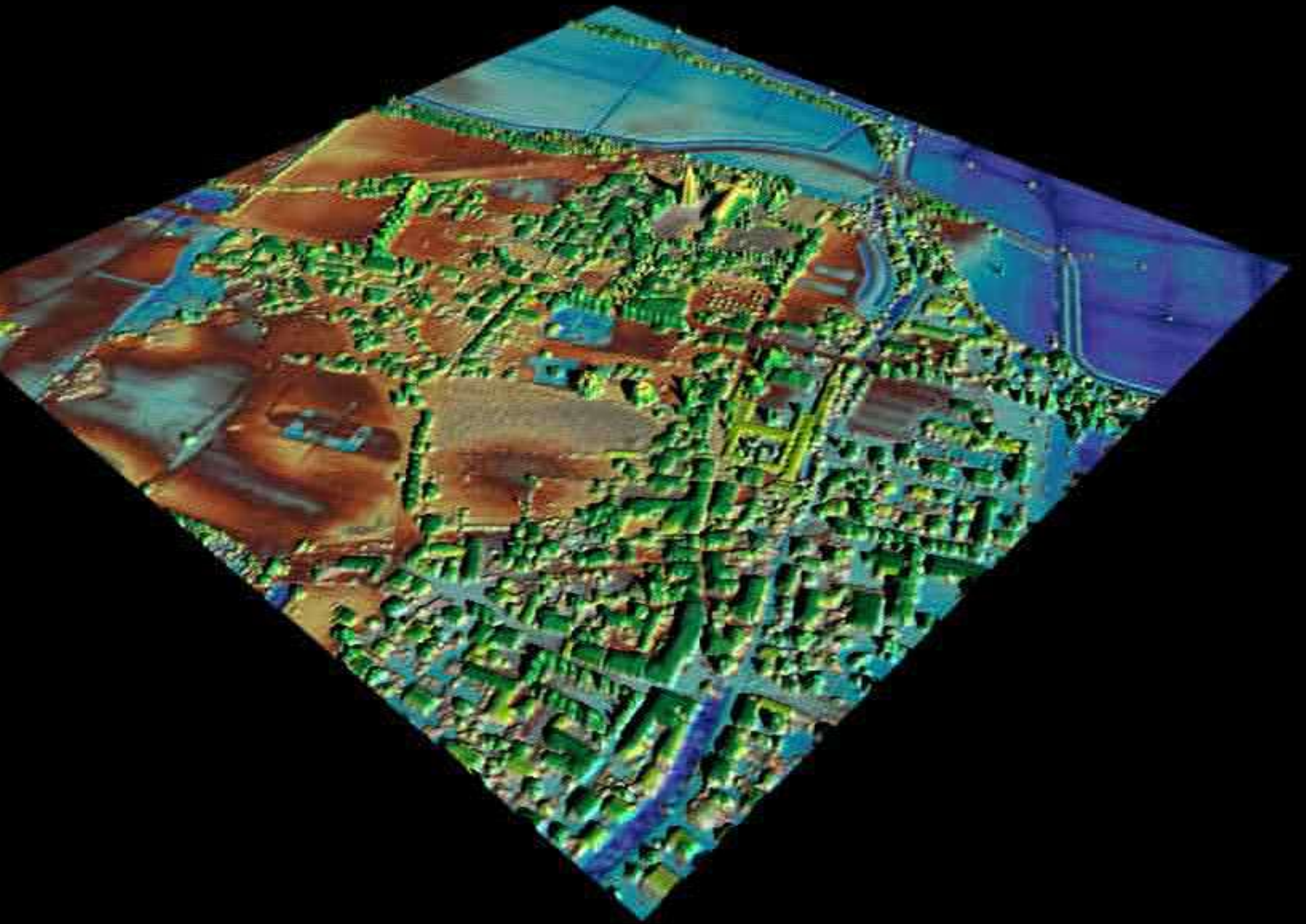
- + Regione Friuli Venezia Giulia
- + Dip. di Fisica Universita' Trieste
- + INFN-Trieste e Perugia /MGR
- + OGS
- + Helica



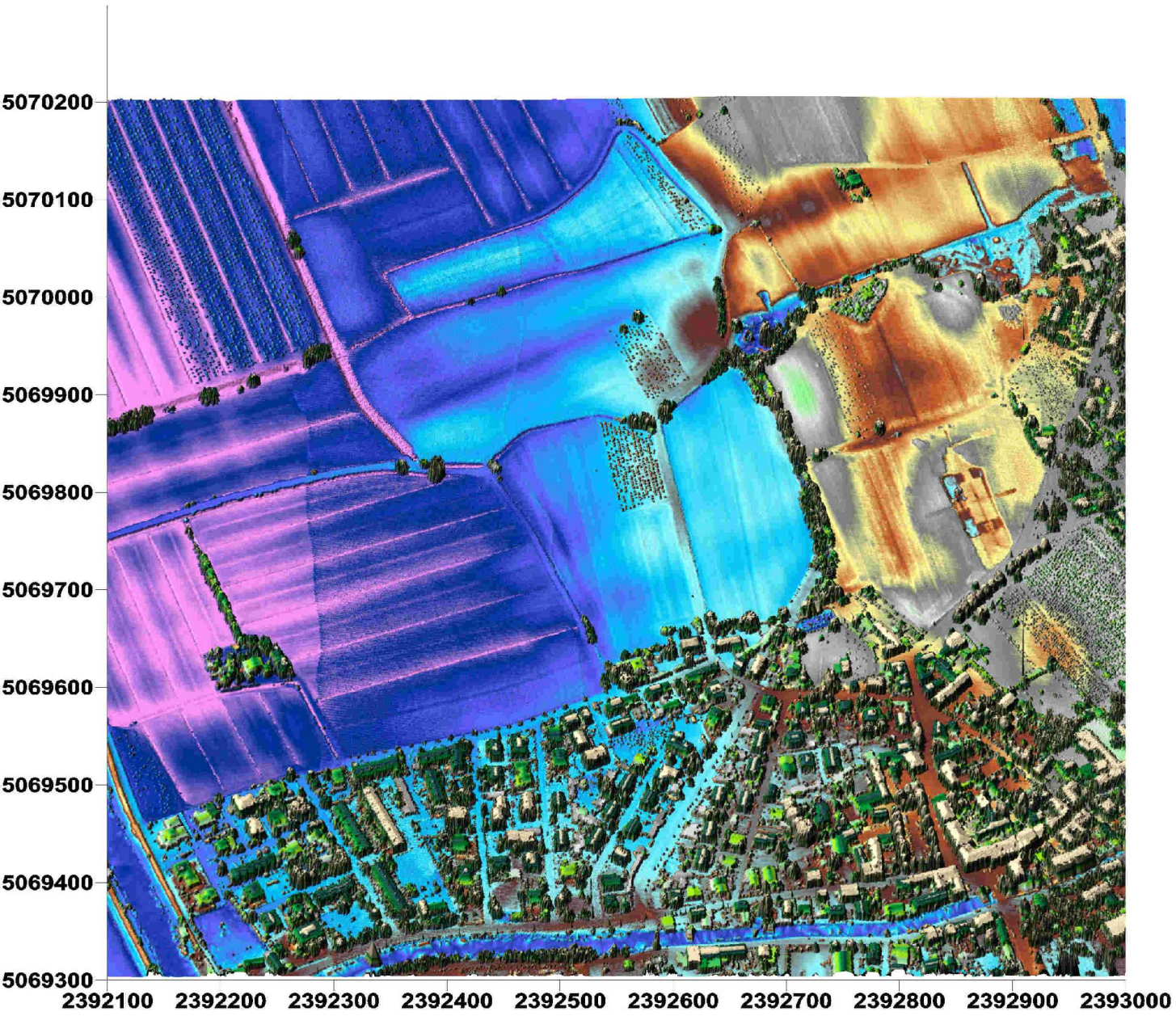
2392000 2392200 2392400 2392600 2392800 2393000 2393200 2393400 2393600 2393800 2394000







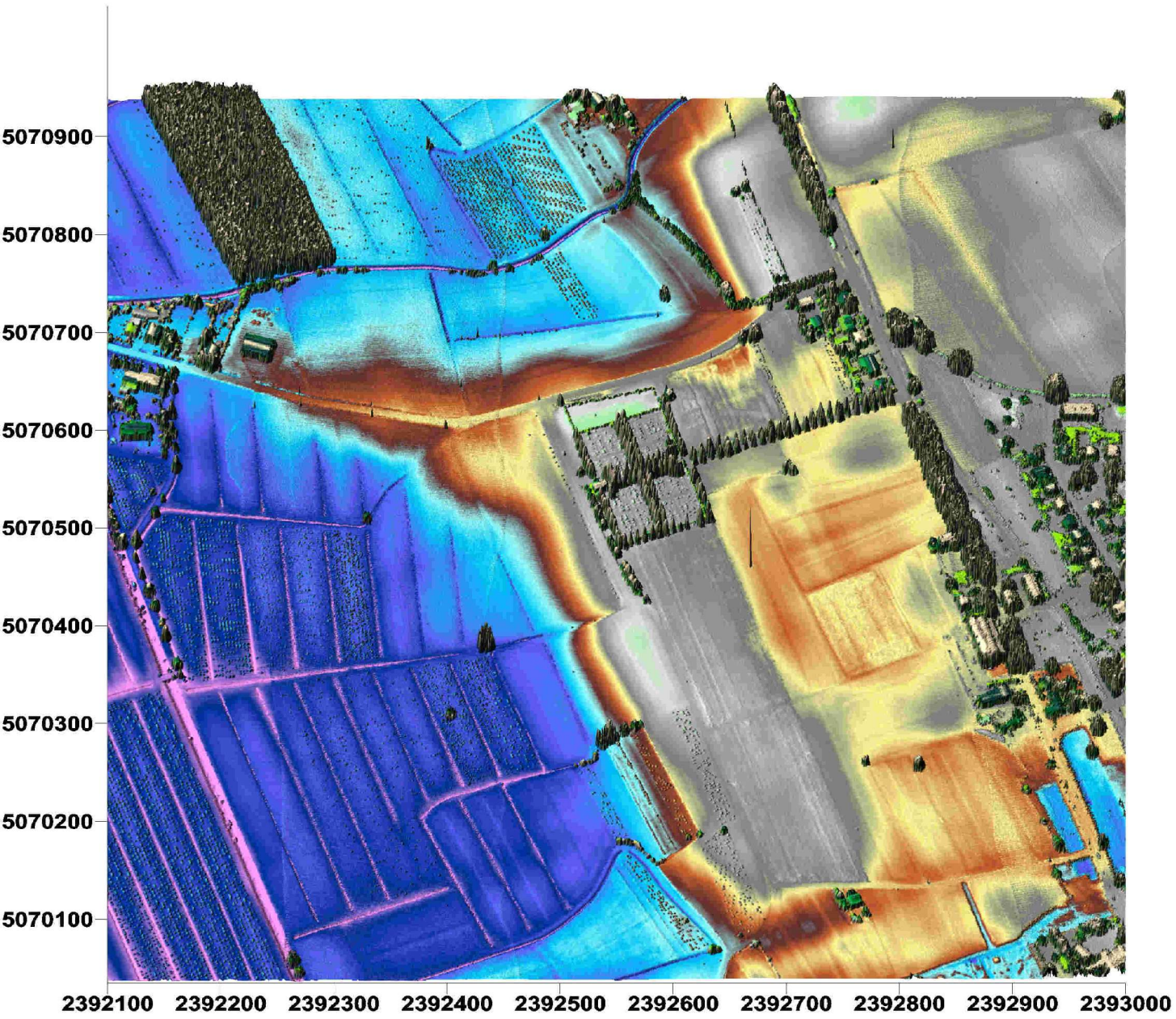
# Anfiteatro



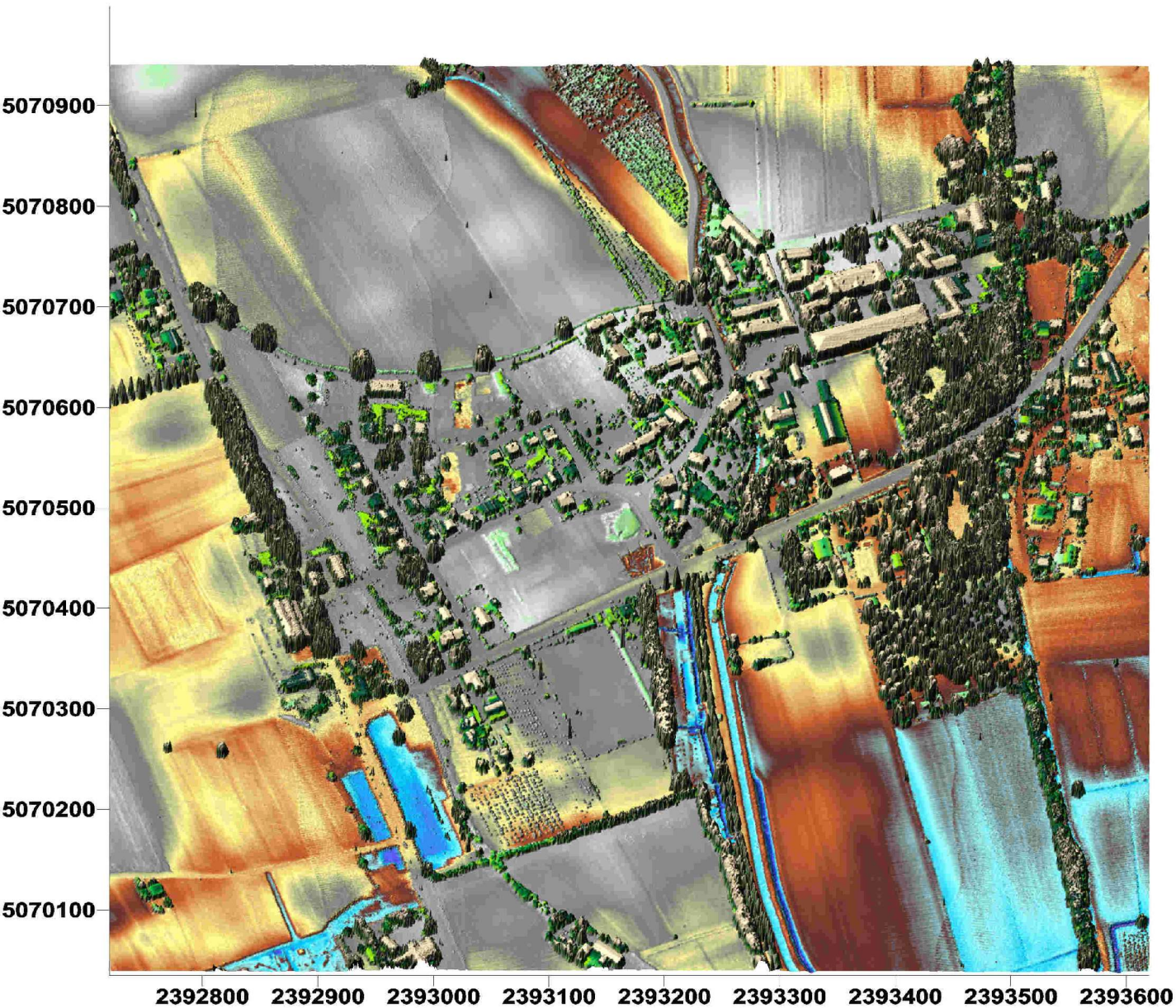
# Vigna (ex Anfiteatro)



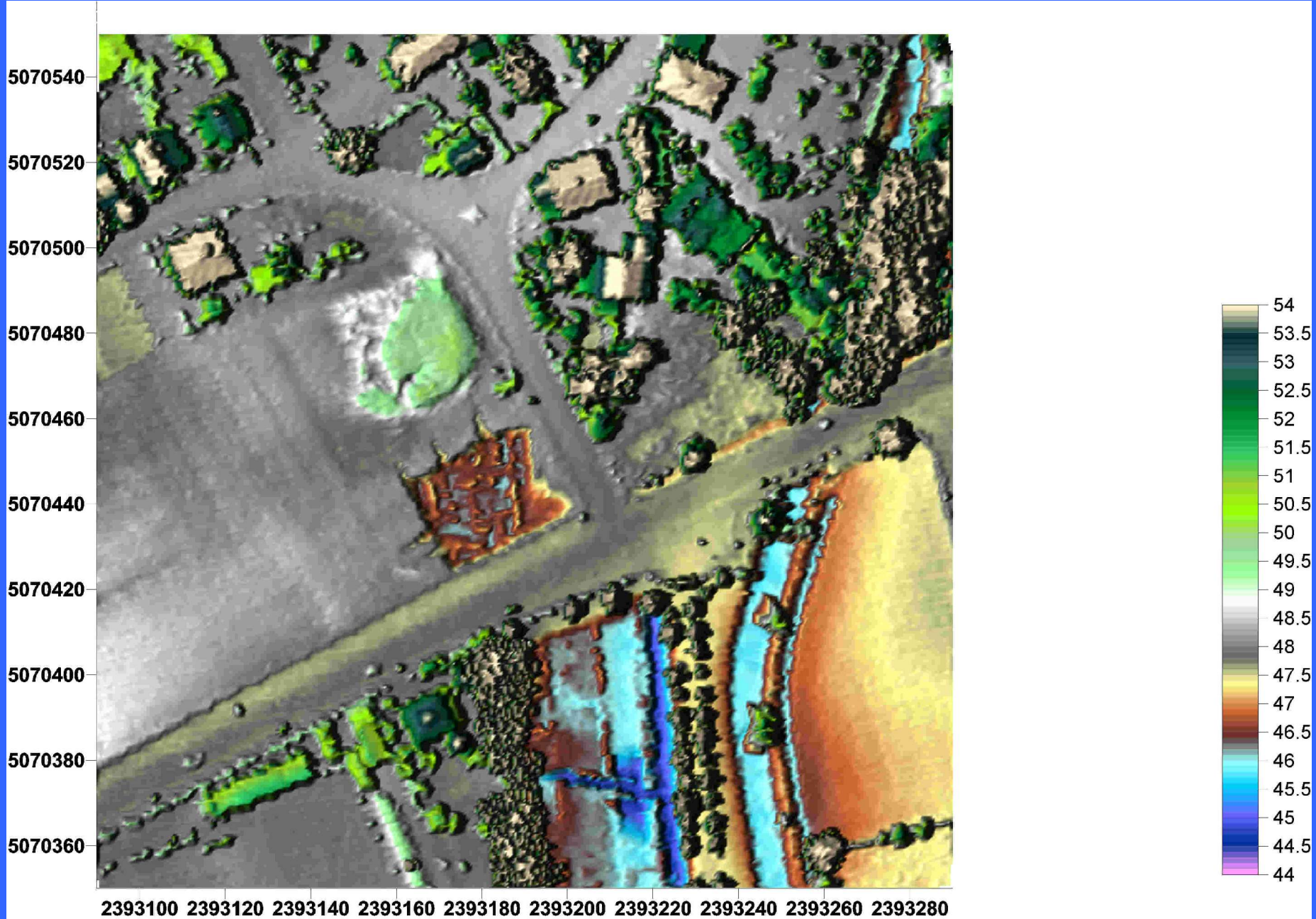
# Circo

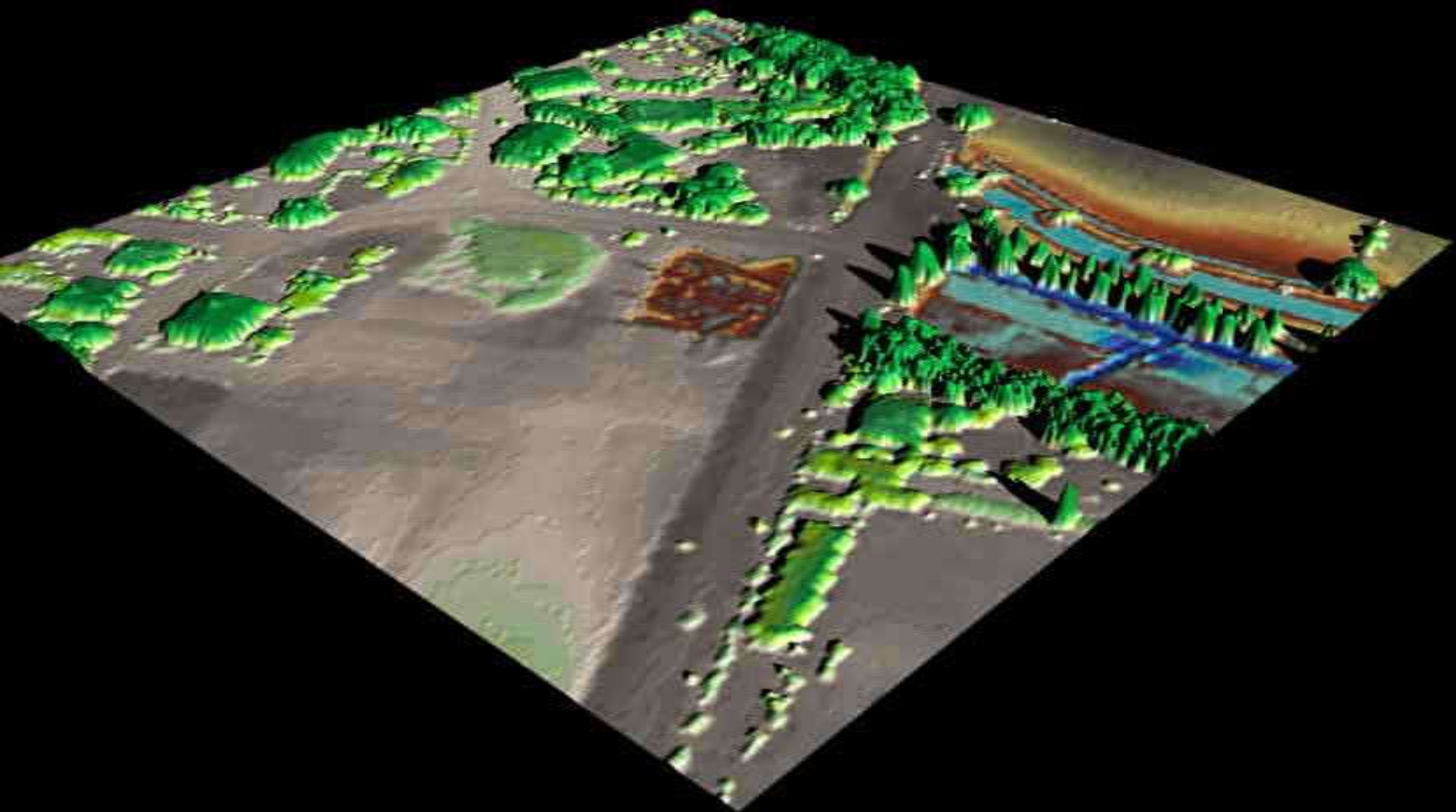


# SITO PORTO DI AQUILEIA



# Sito Porto di Aquileia amplificato



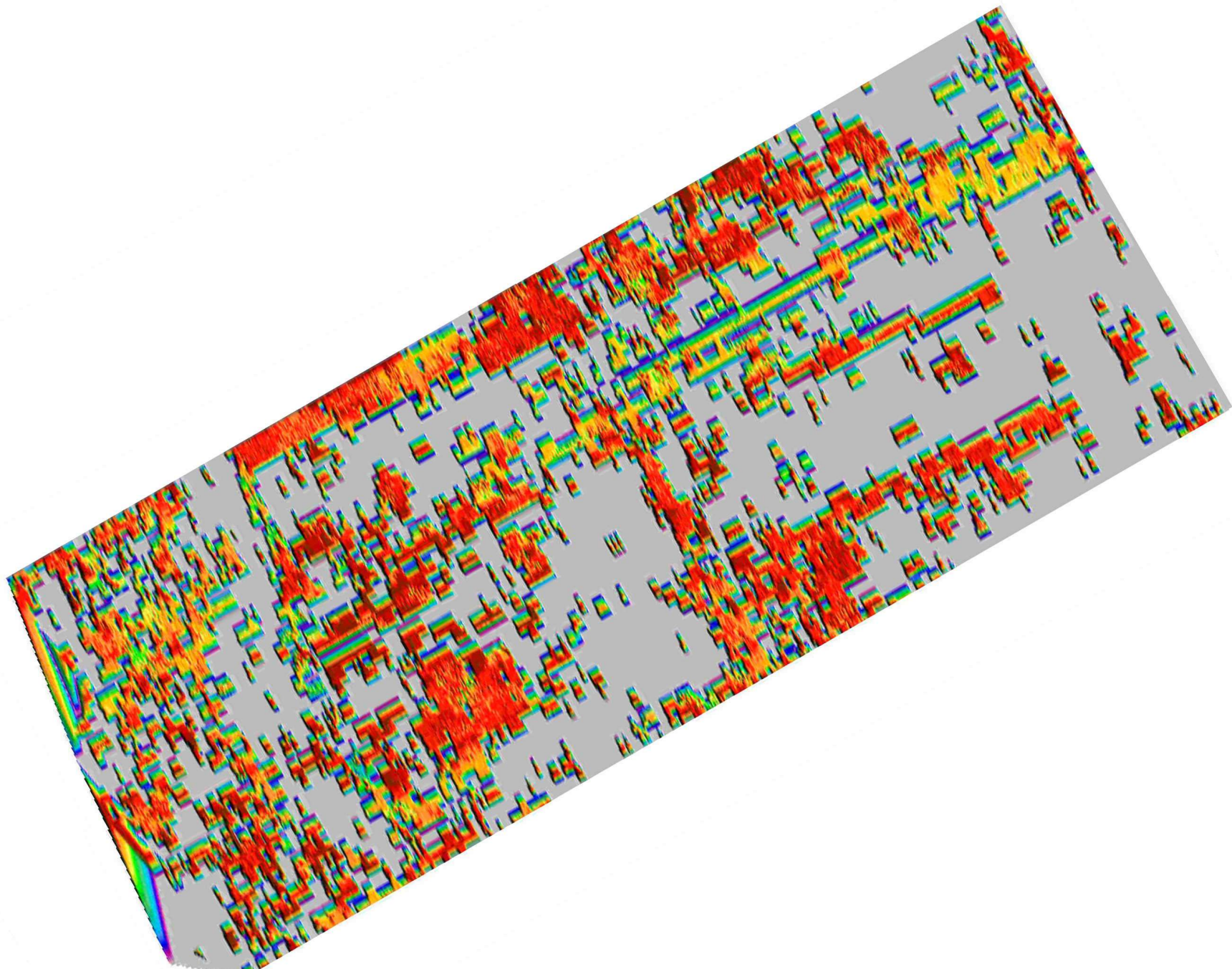




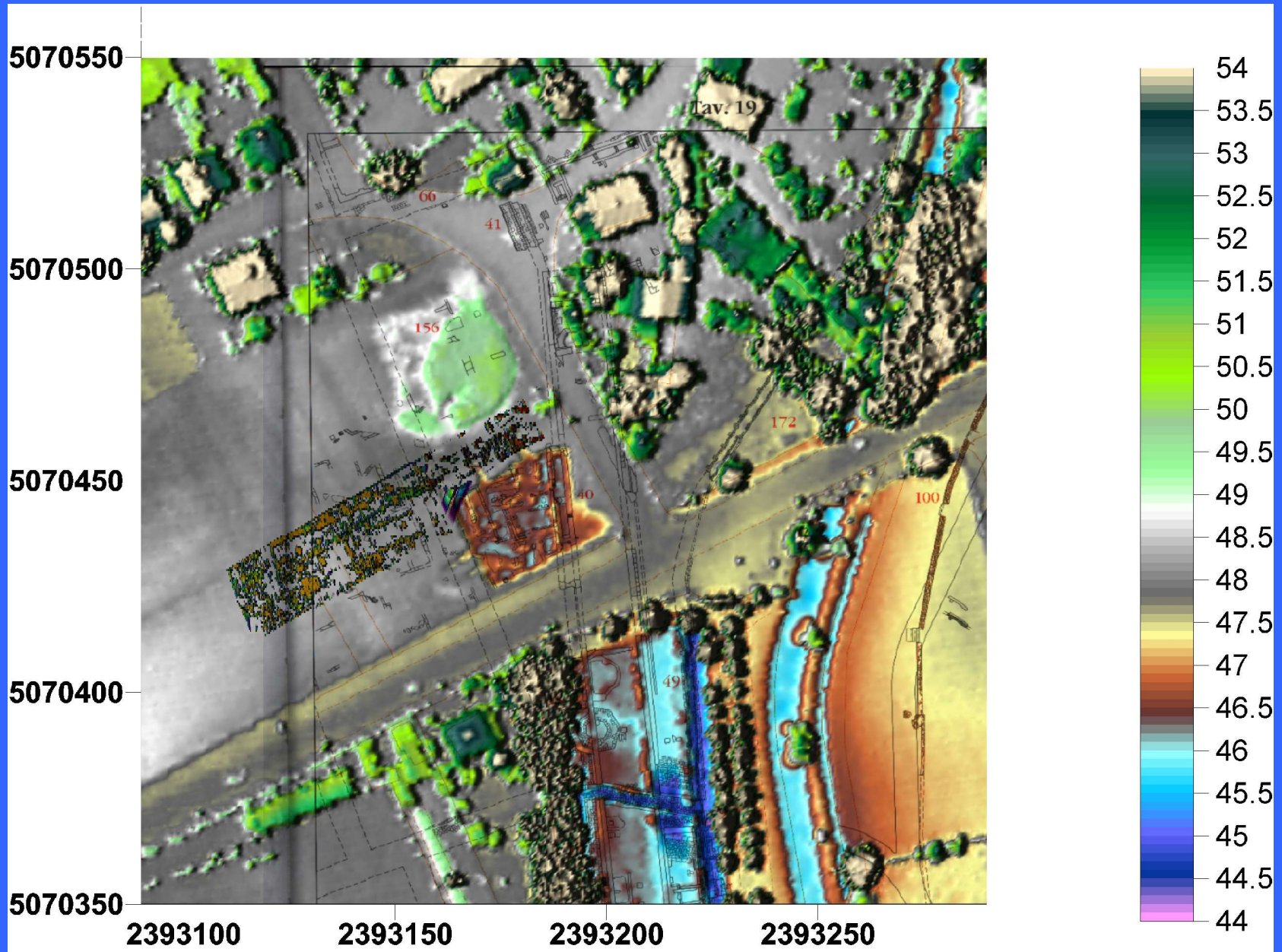
# Aquileia Porto Romano.

## Scavo Archeologico della Ecole Francaise de Rome





# Sovrapposizione C.A. +georadar



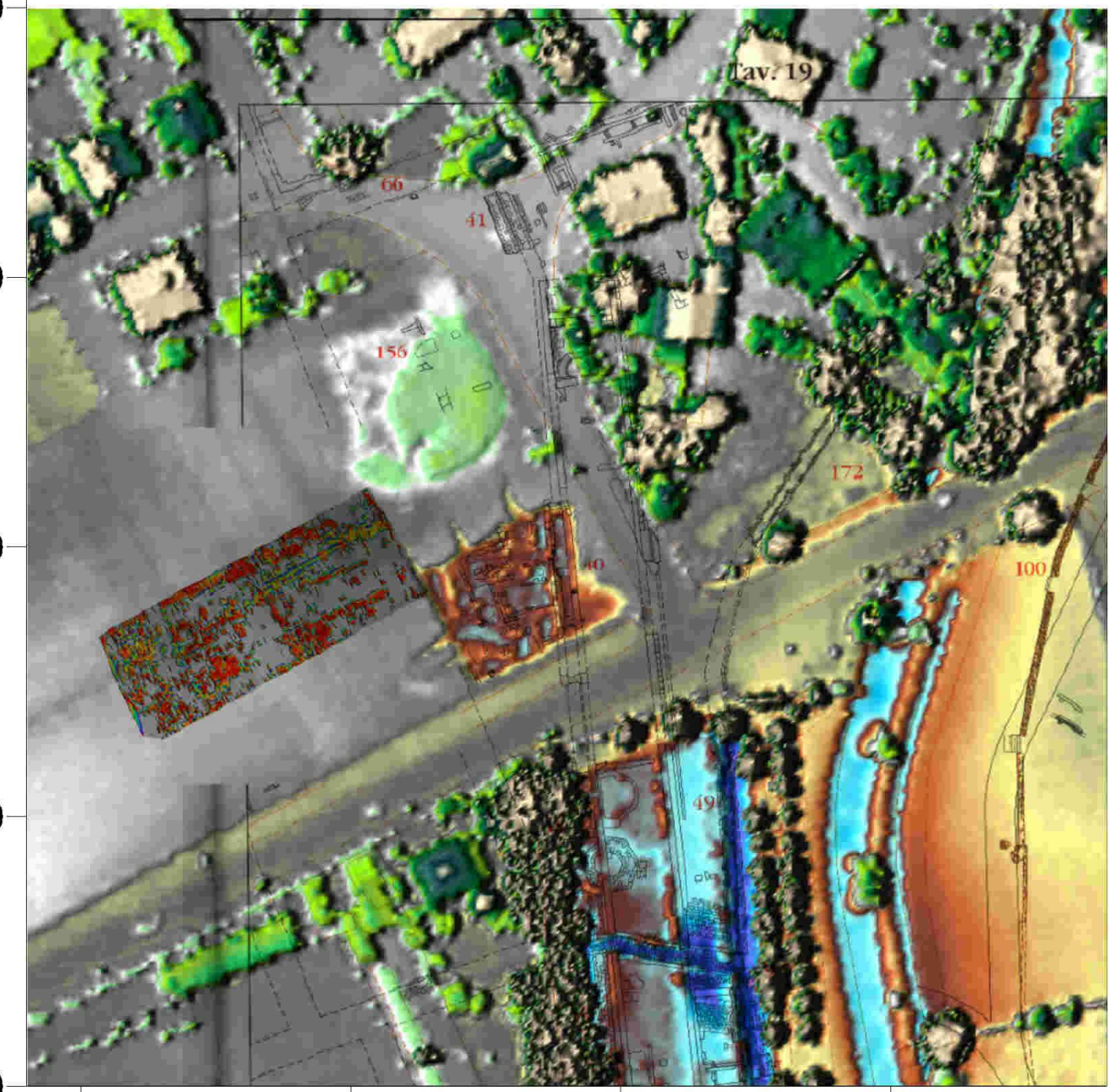
5070550

5070500

5070450

5070400

5070350



Trav. 19

156

41

172

40

100

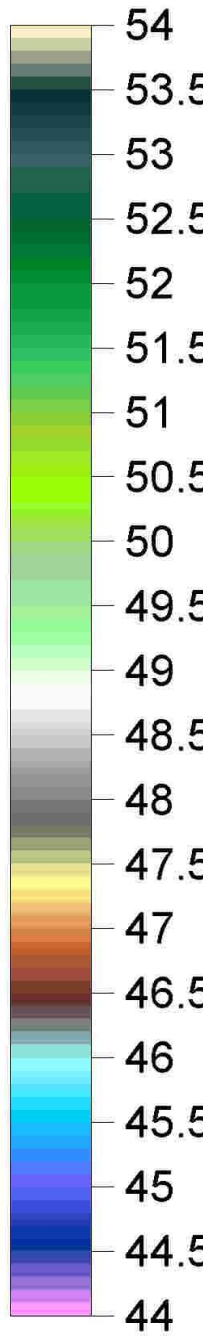
49

2393100

2393150

2393200

2393250

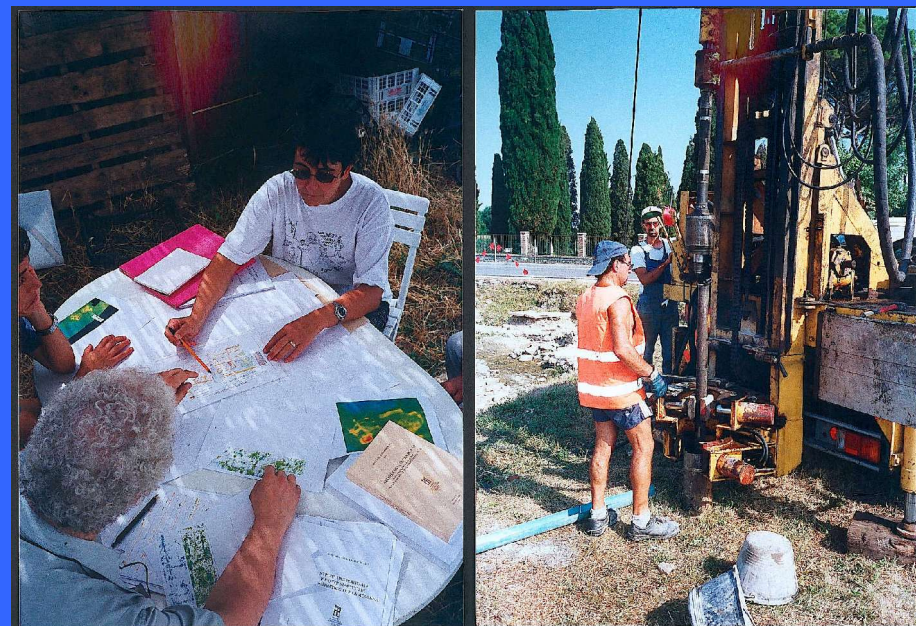


**UNIVERSITA' DI TRIESTE**  
**DIPARTIMENTO DI FISICA**

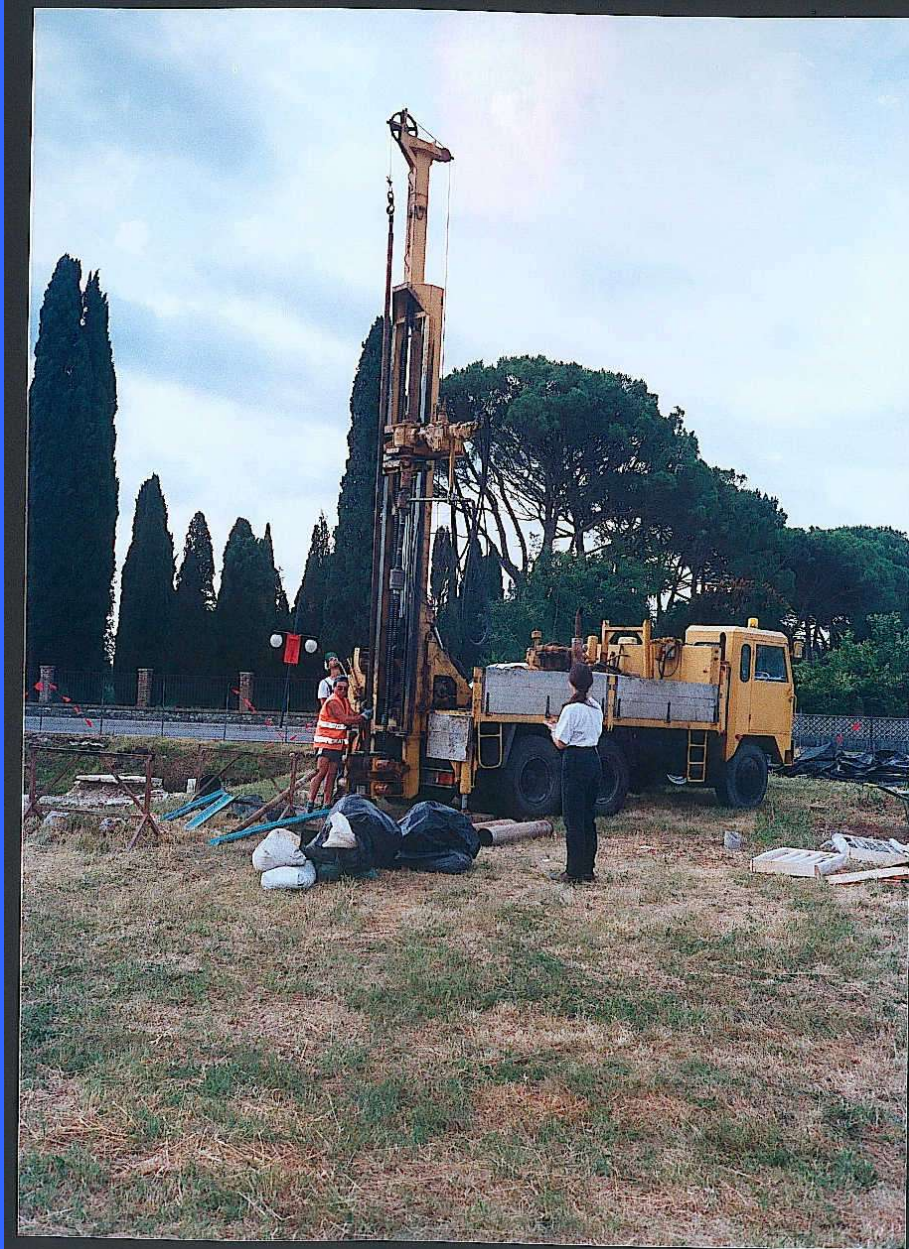


*Indagine eseguita nel mese di luglio 2003*

# Perf. e carotaggio



# Carotaggio



UNIVERSITA DI TRIESTE  
RADIOGRAFIA MUONICA  
- AQUILEIA -  
S.1  
PROF. 0.00 - 5.00 m  
03/07/03



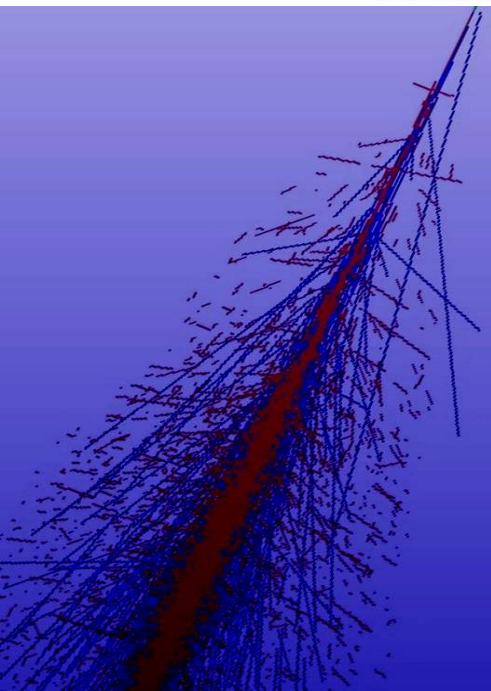
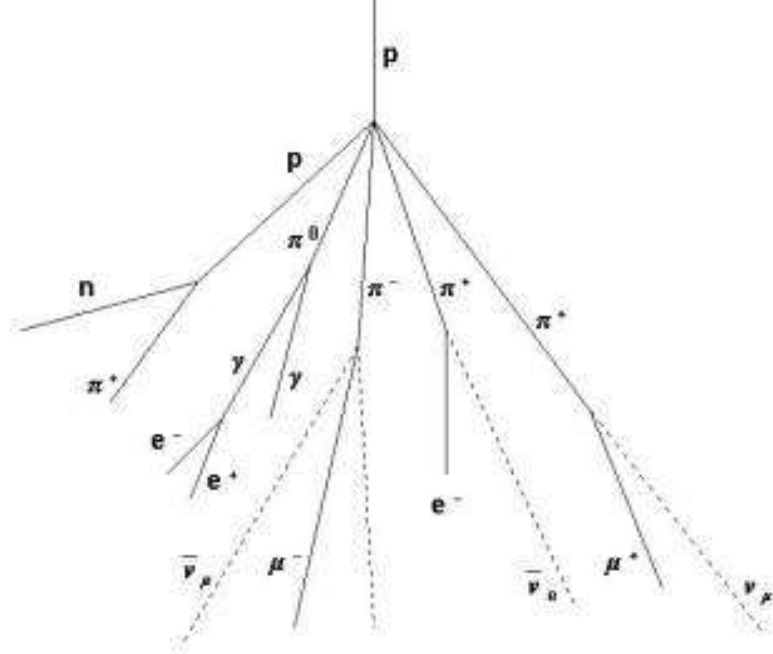
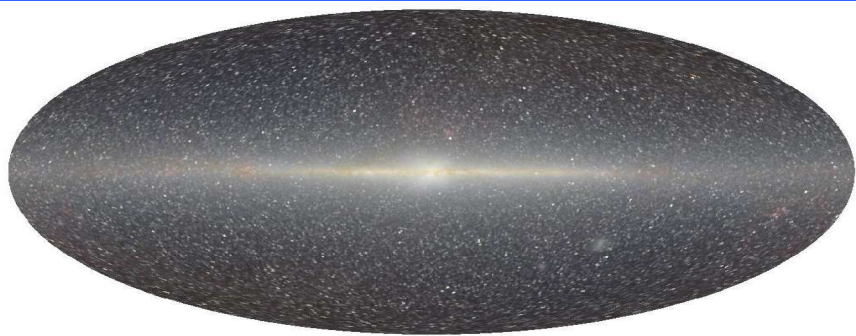
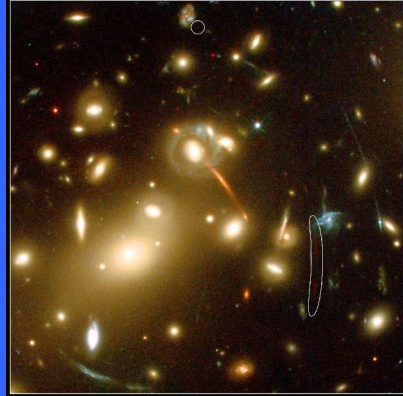
UNIVERSITA' DI TS  
RADIOGRAFIA MURICIA  
- AQUILEIA -  
S.1  
PROF. 10.00 - 13.00 m





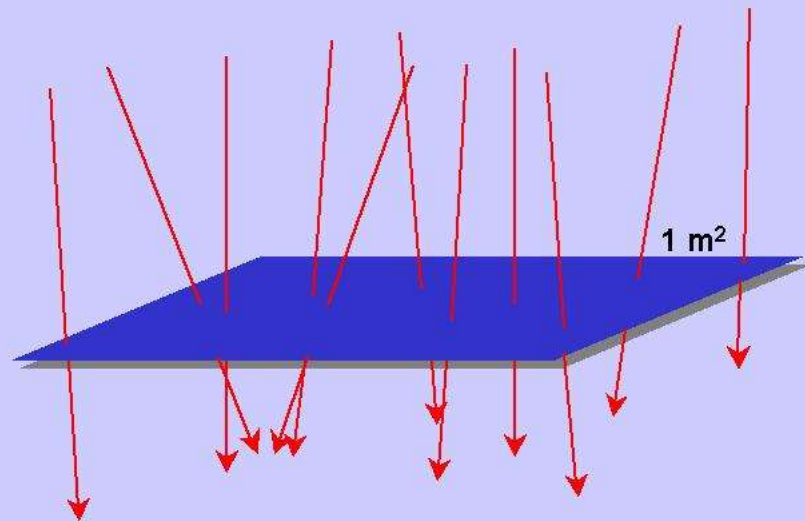
# Dislocazione Apparato MGR 8/2003





## Raggi Cosmici

130 muoni al secondo



# Search for Hidden Chambers in the Pyramids

The structure of the Second Pyramid of Giza is determined by cosmic-ray absorption.

Luis W. Alvarez, Jared A. Anderson, F. El Bedwei, James Burkhard, Ahmed Fakhry, Adib Girgis, Amr Goneid, Fikhry Hassan, Dennis Iverson, Gerald Lynch, Zenab Miligy, Ali Hilmy Moussa, Mohammed-Sharkawi, Lauren Yazolino

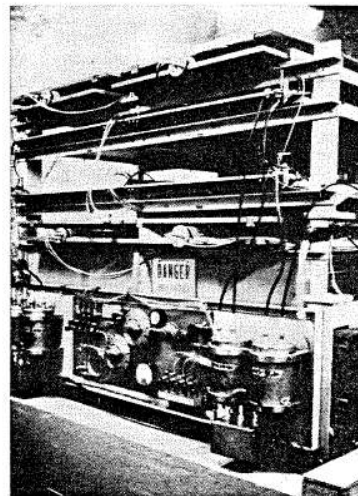
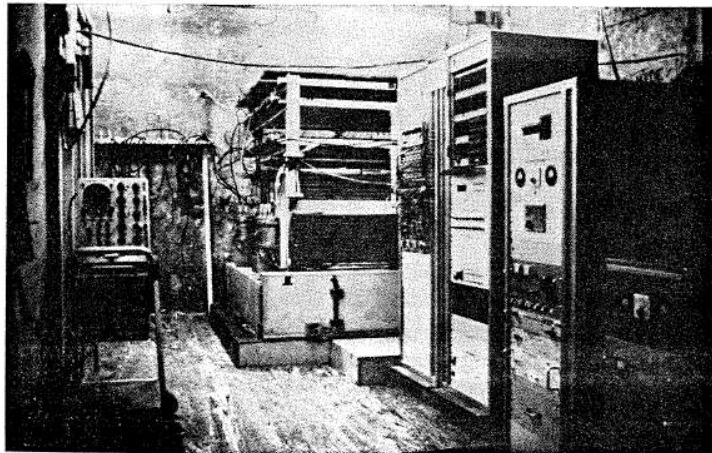
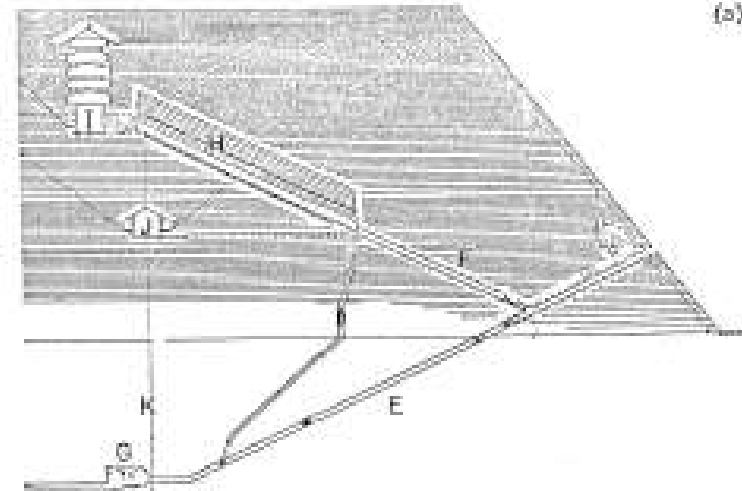
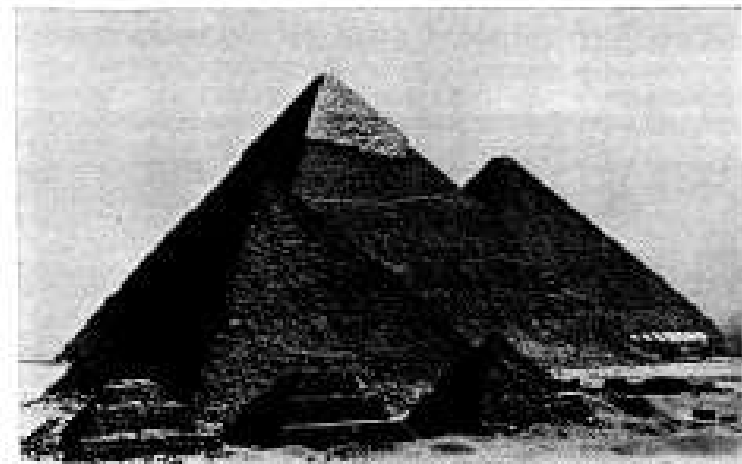


Fig. 6 (left). The equipment in place in the Belzoni Chamber under the pyramid. Fig. 7 (right). The detection apparatus containing the spark chambers.

Anni 1970  
Luis W. Alvarez  
(Premio Nobel per la Fisica)

# Risultati Piramide di Chefren (KHA-F-RA)

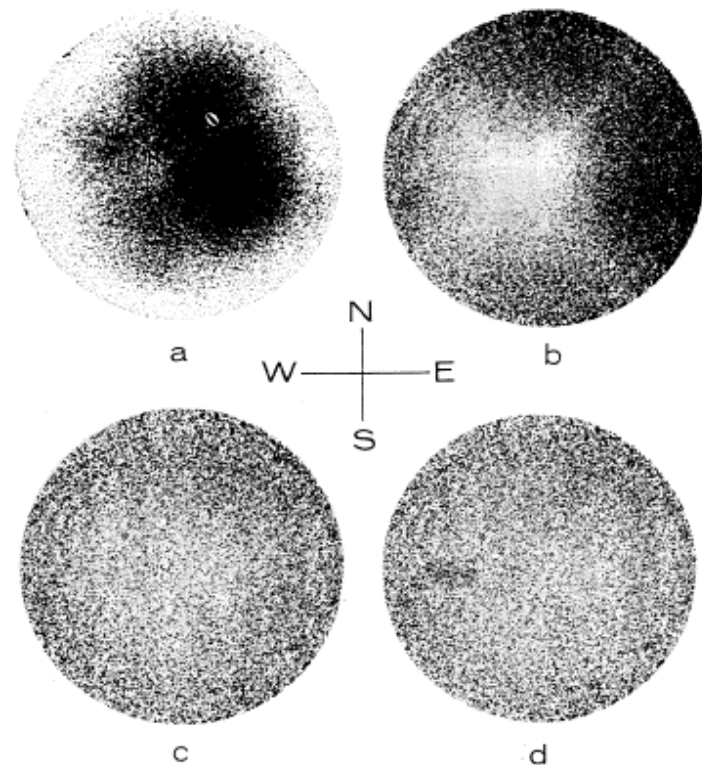
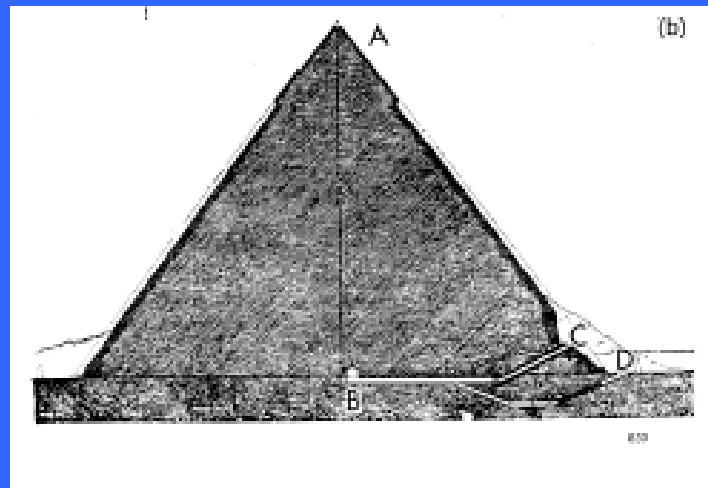


Fig. 13. Scatter plots showing the three stages in the combined analytic and visual analysis of the data and a plot with a simulated chamber. (a) Simulated "X-ray photograph" of uncorrected data. (b) Data corrected for the geometrical acceptance of the apparatus. (c) Data corrected for pyramid structure as well as geometrical acceptance. (d) Same as (c) but with simulated chamber, as in Fig. 12.

858

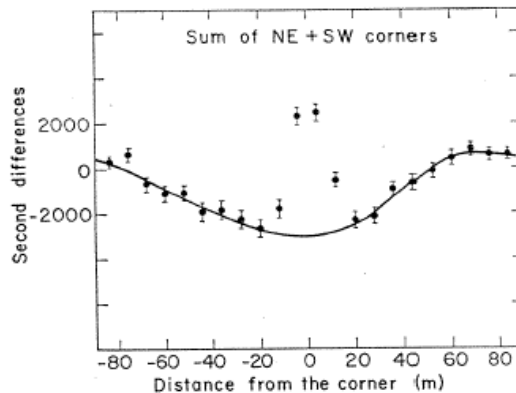
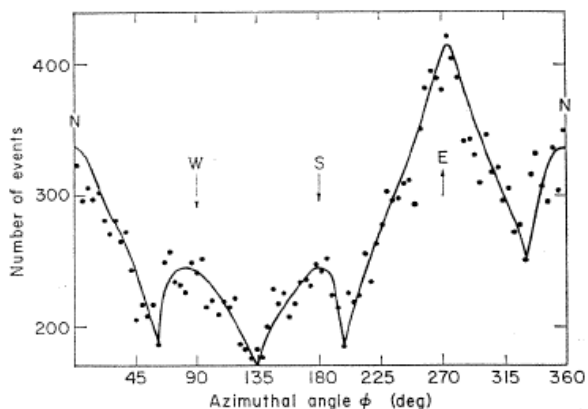
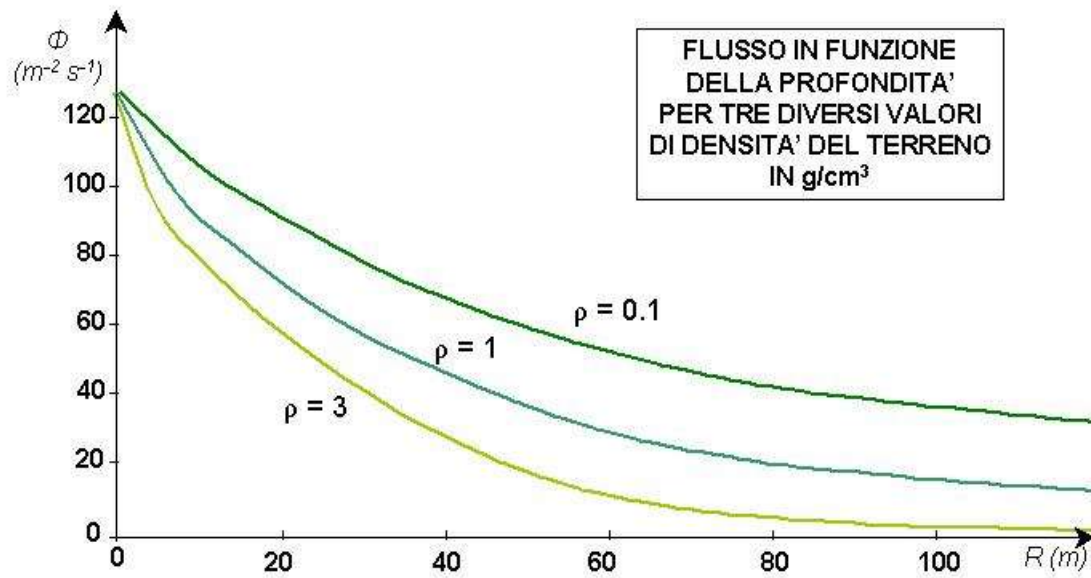
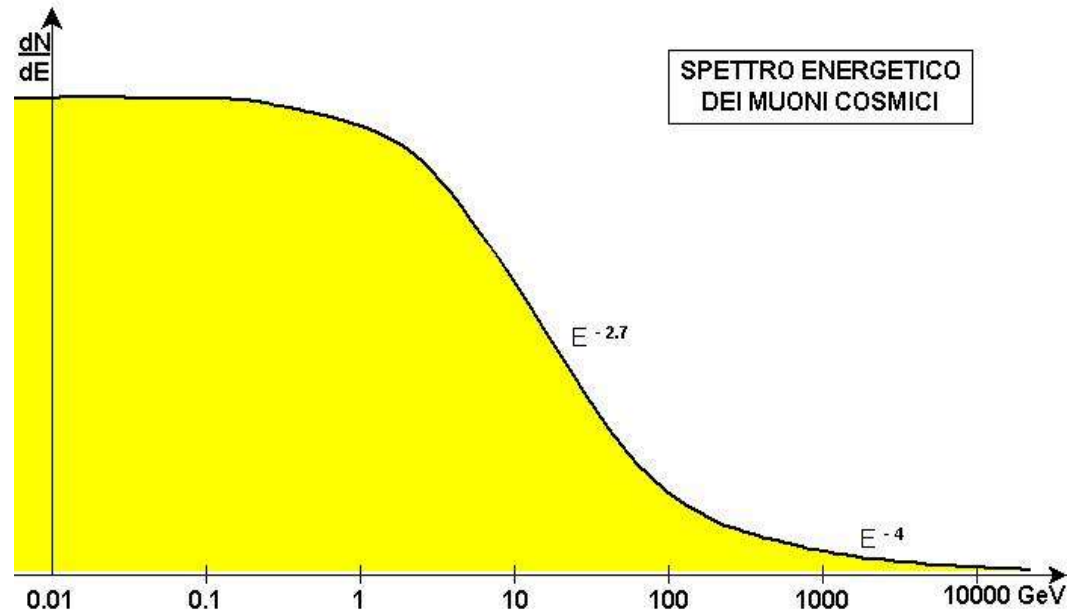
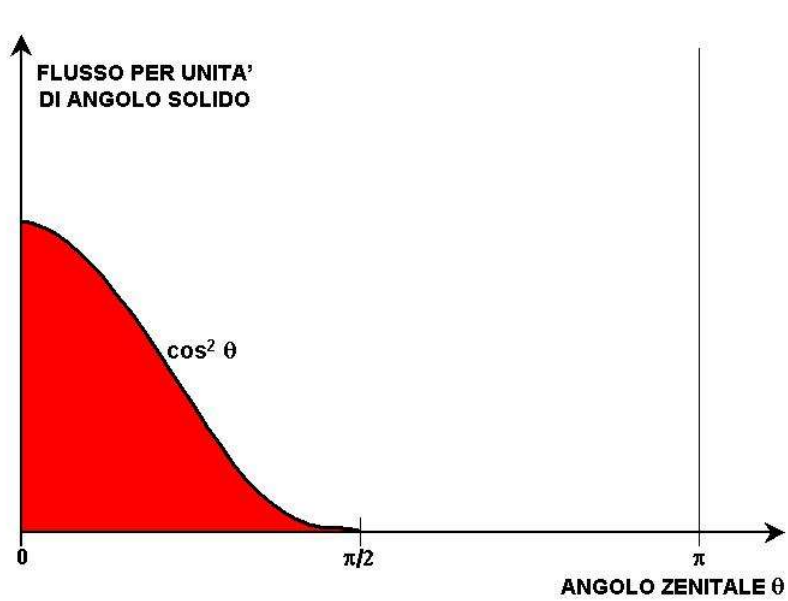


Fig. 3 (left). The initial measurement (with zenith angle of counts from 20 to 40 degrees) of the variation of cosmic-ray intensity with azimuthal angle, as observed from the Belzoni Chamber underneath the Second Pyramid of Chephren. Fig. 4 (right). Detection of the northeast and southwest corners of the pyramid obtained by plotting the second differences of the counting rate on the planes tangent to the corners as a function of distance from the corners.

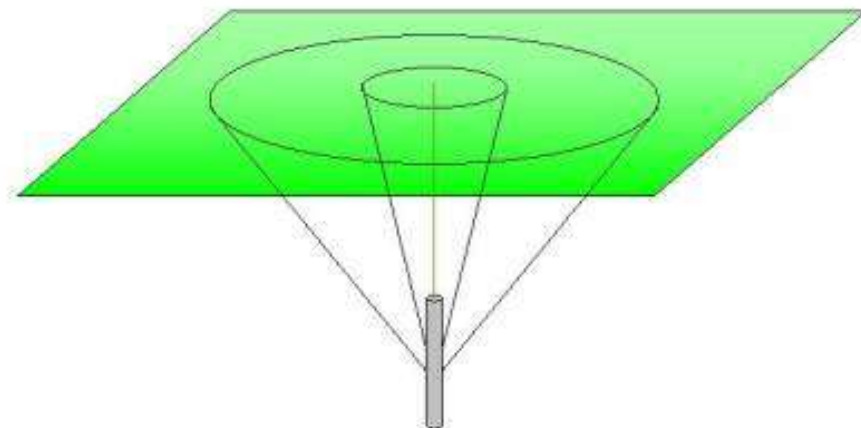
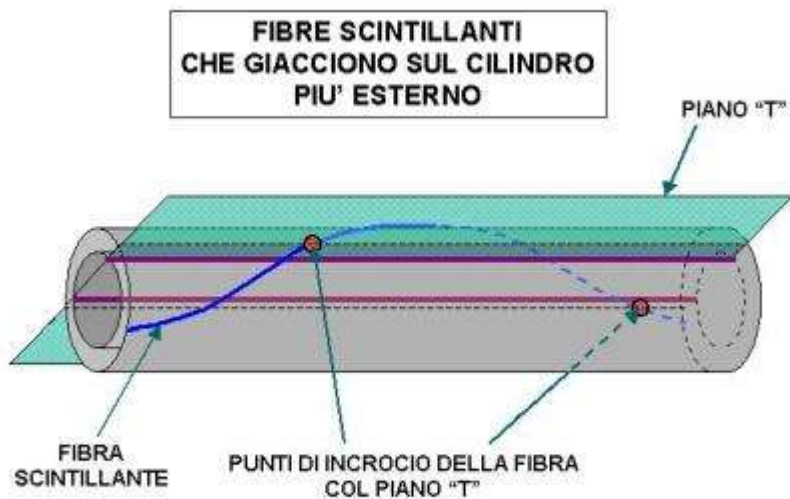
# Dislocazione Apparato MGR 8/2003



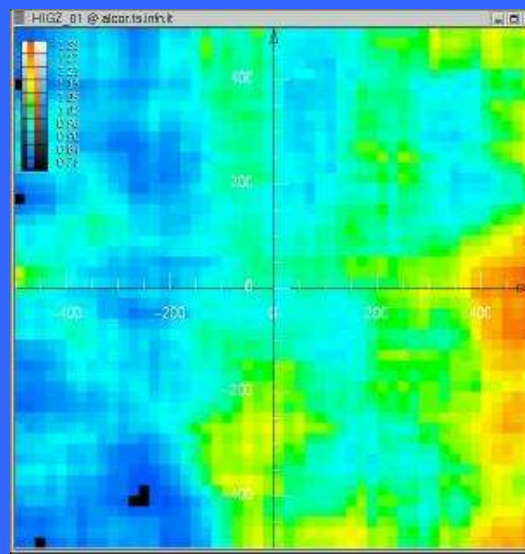
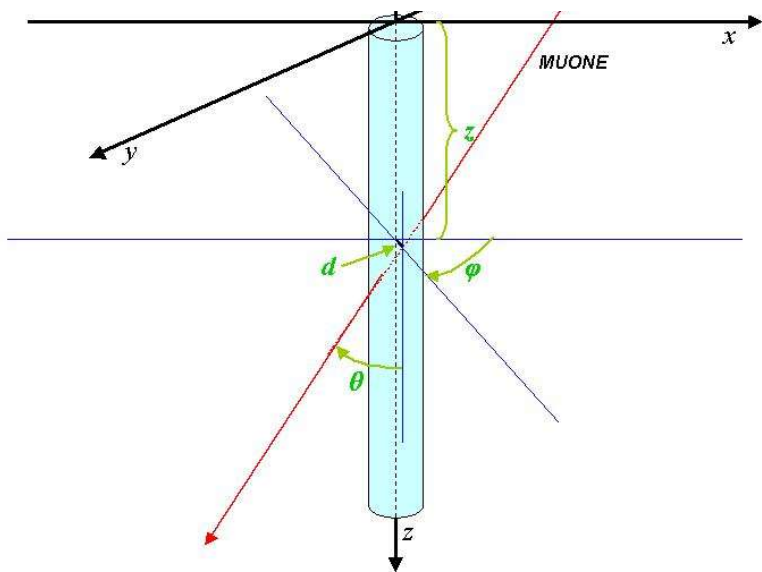
# Caratteristiche dei raggi cosmici



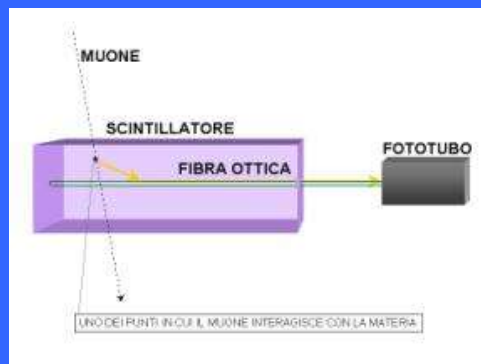
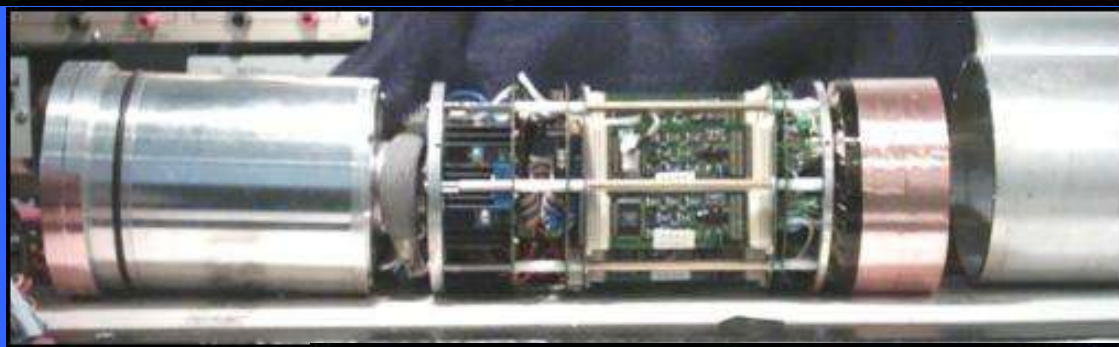
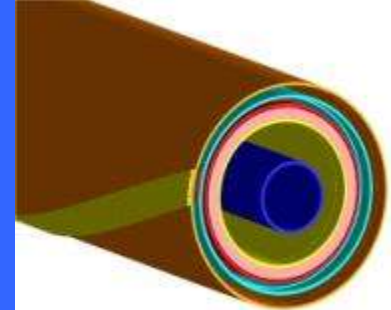
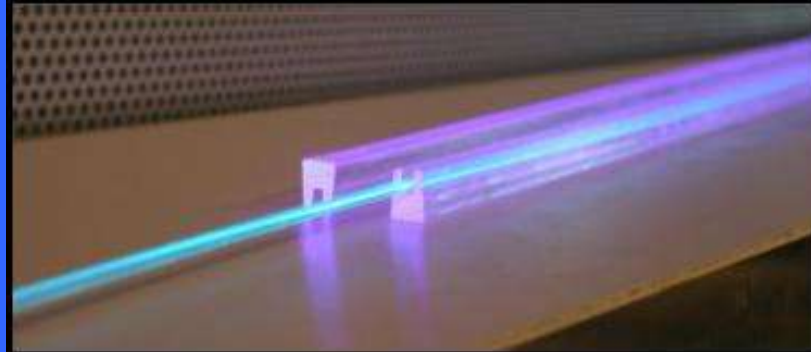
# MGR Muon Ground Radiography



**IL RIVELATORE CILINDRICO  
RIESCE AD ANALIZZARE IL TERRENO  
COMPRESO TRA I DUE CONI DISEGNATI**

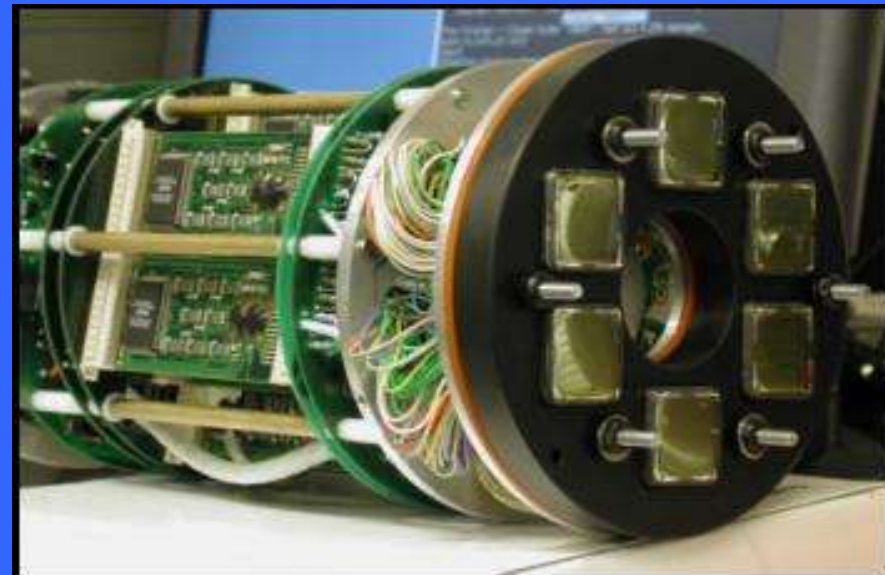
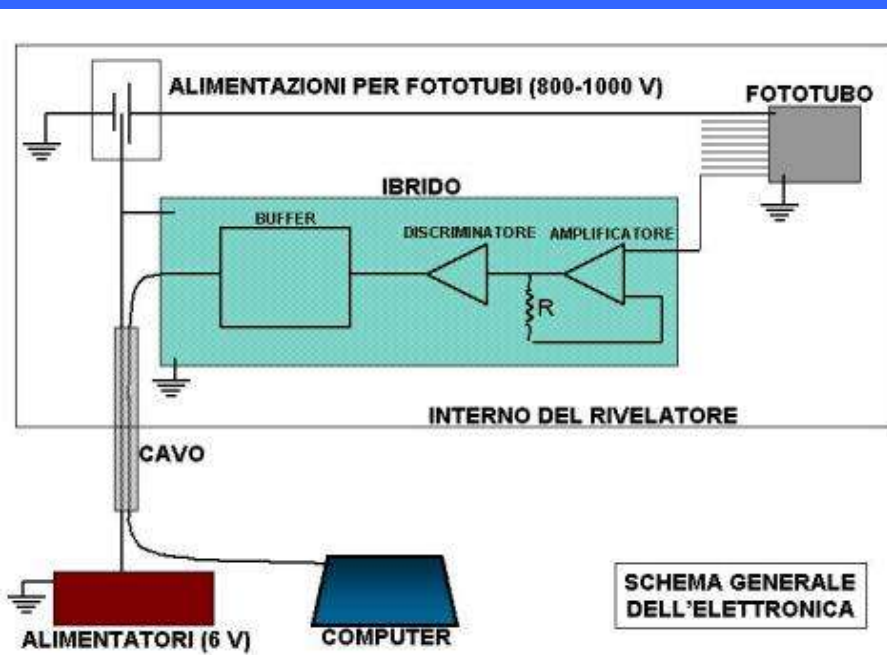
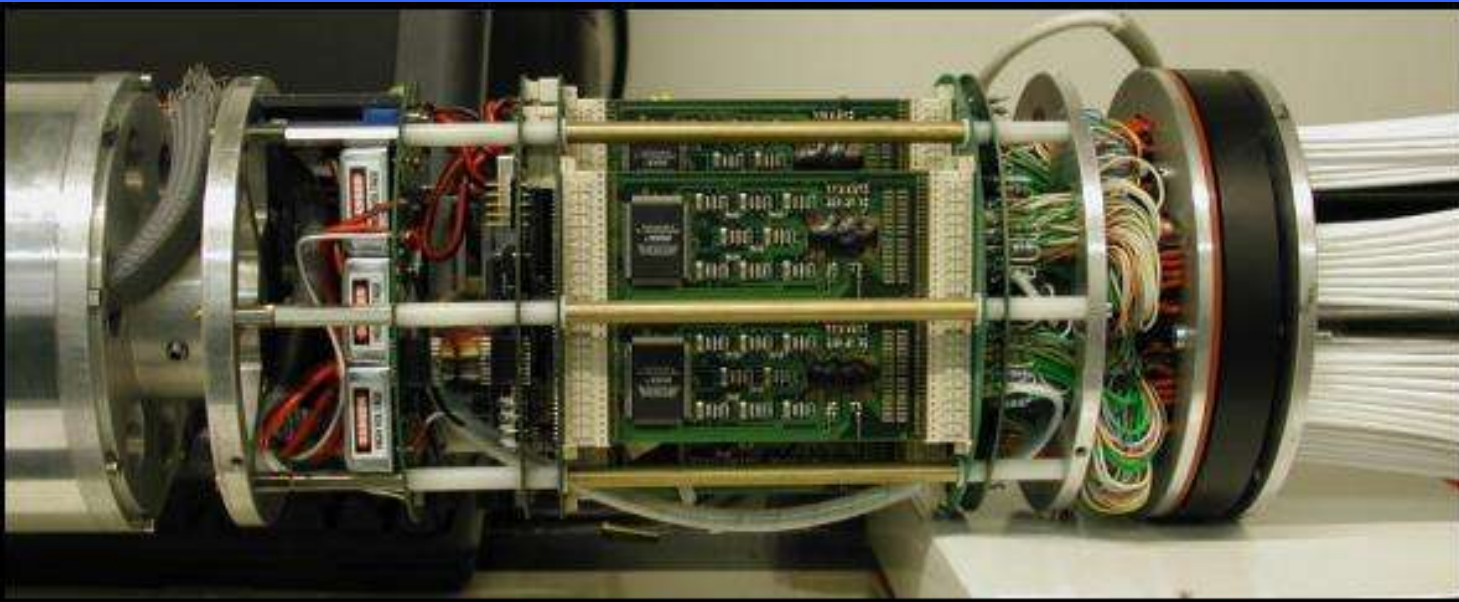


# Il rivelatore





# L'elettronica

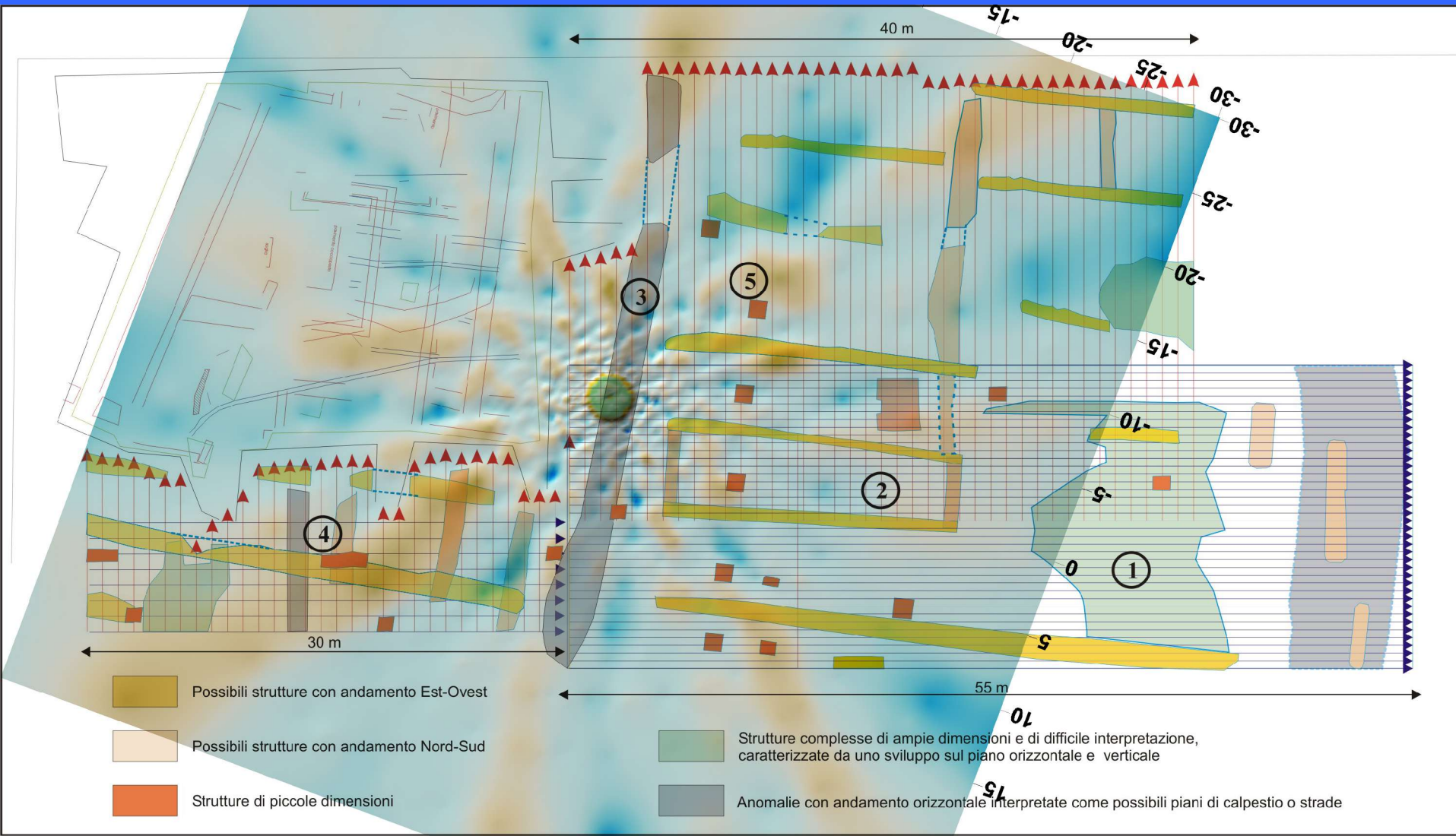




Foro per MGR

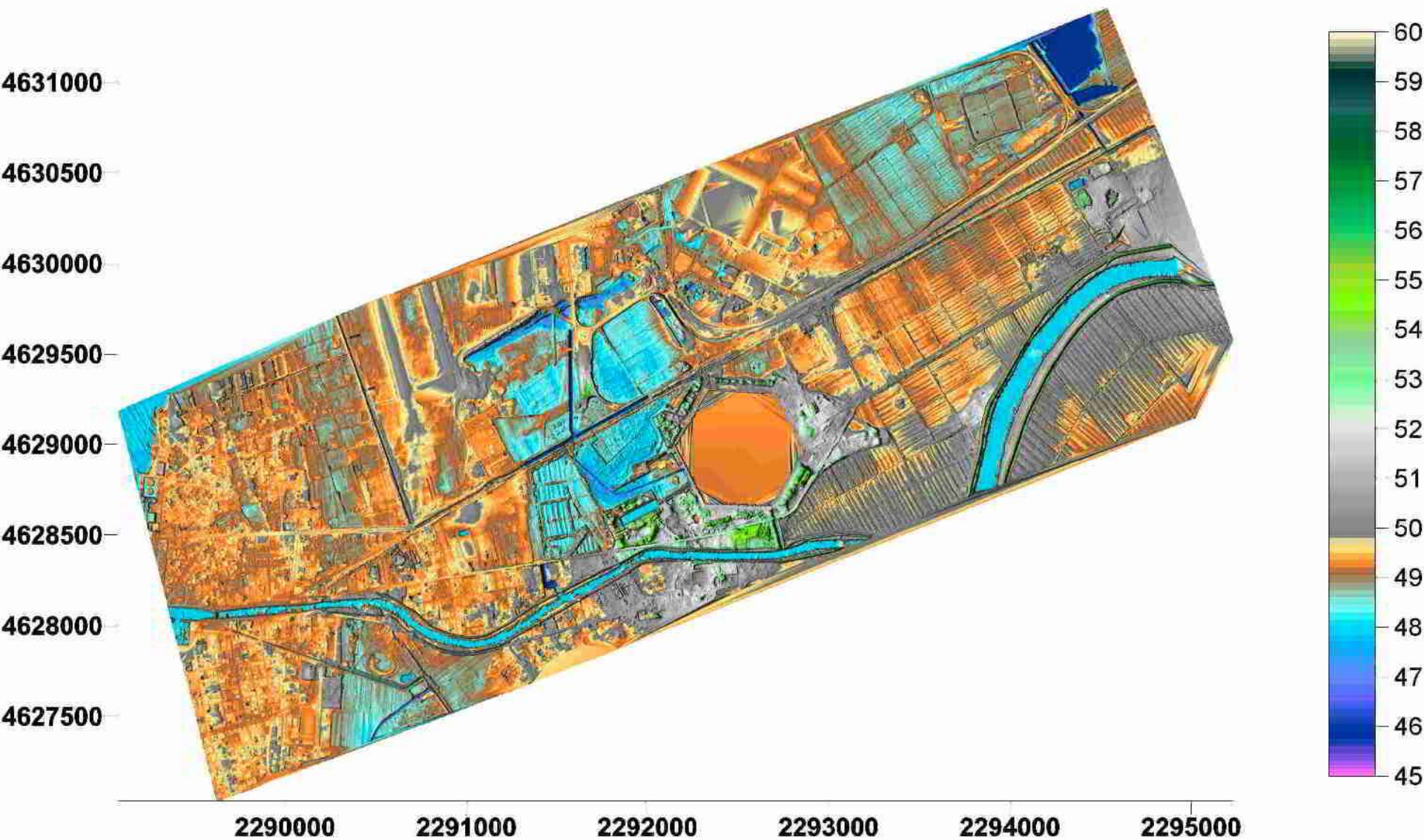
# Alessandro Prizzon

## Metodologie geofisiche integrate 3-D per indagini archeologiche e paleoambientali in aree costiere Tesi Dottorato di ricerca





# Laser Scan Fiumicino: Porti di Claudio e Traiano



# Fiumicino Citta'

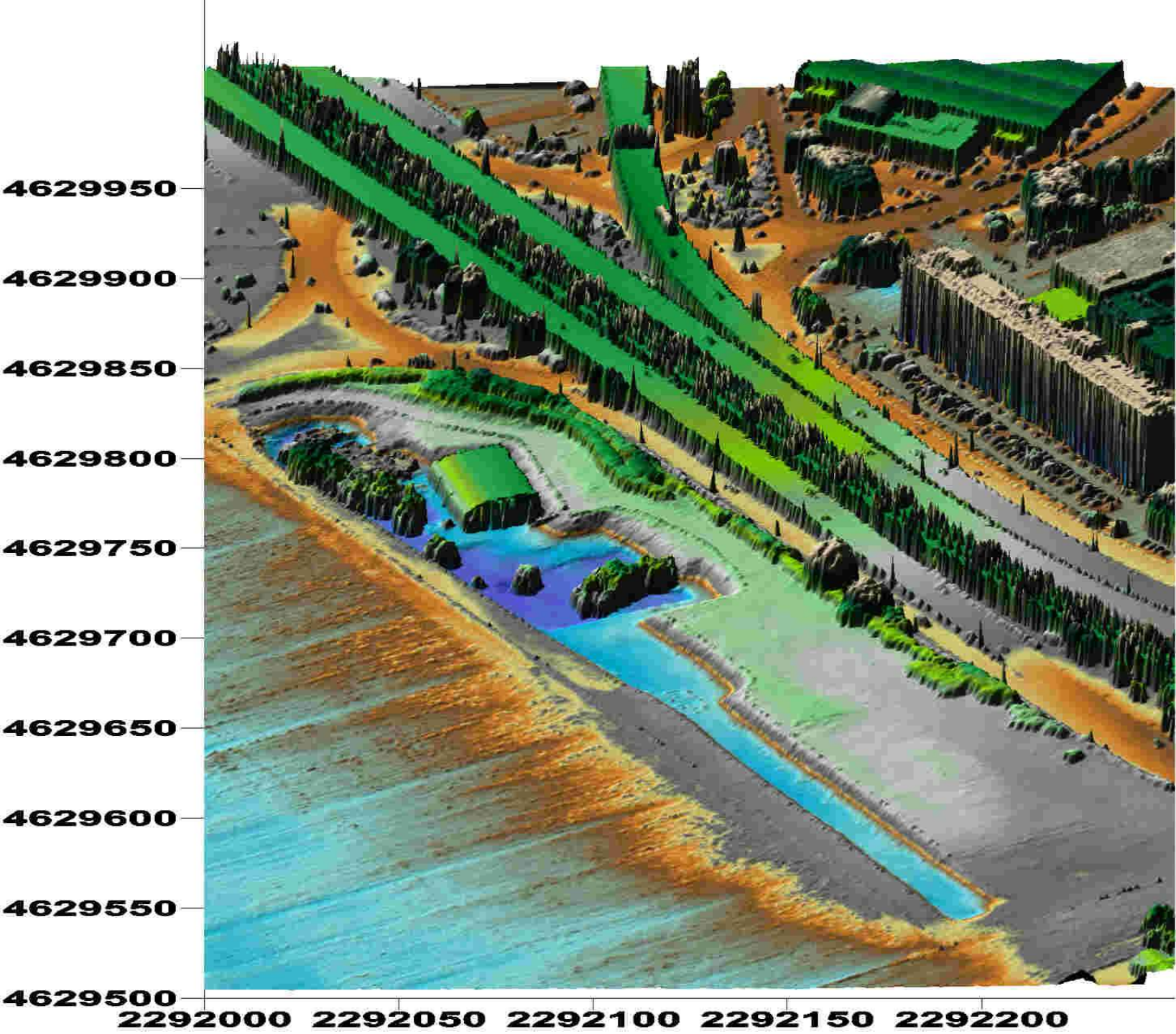


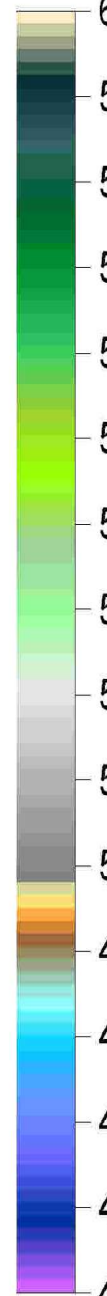
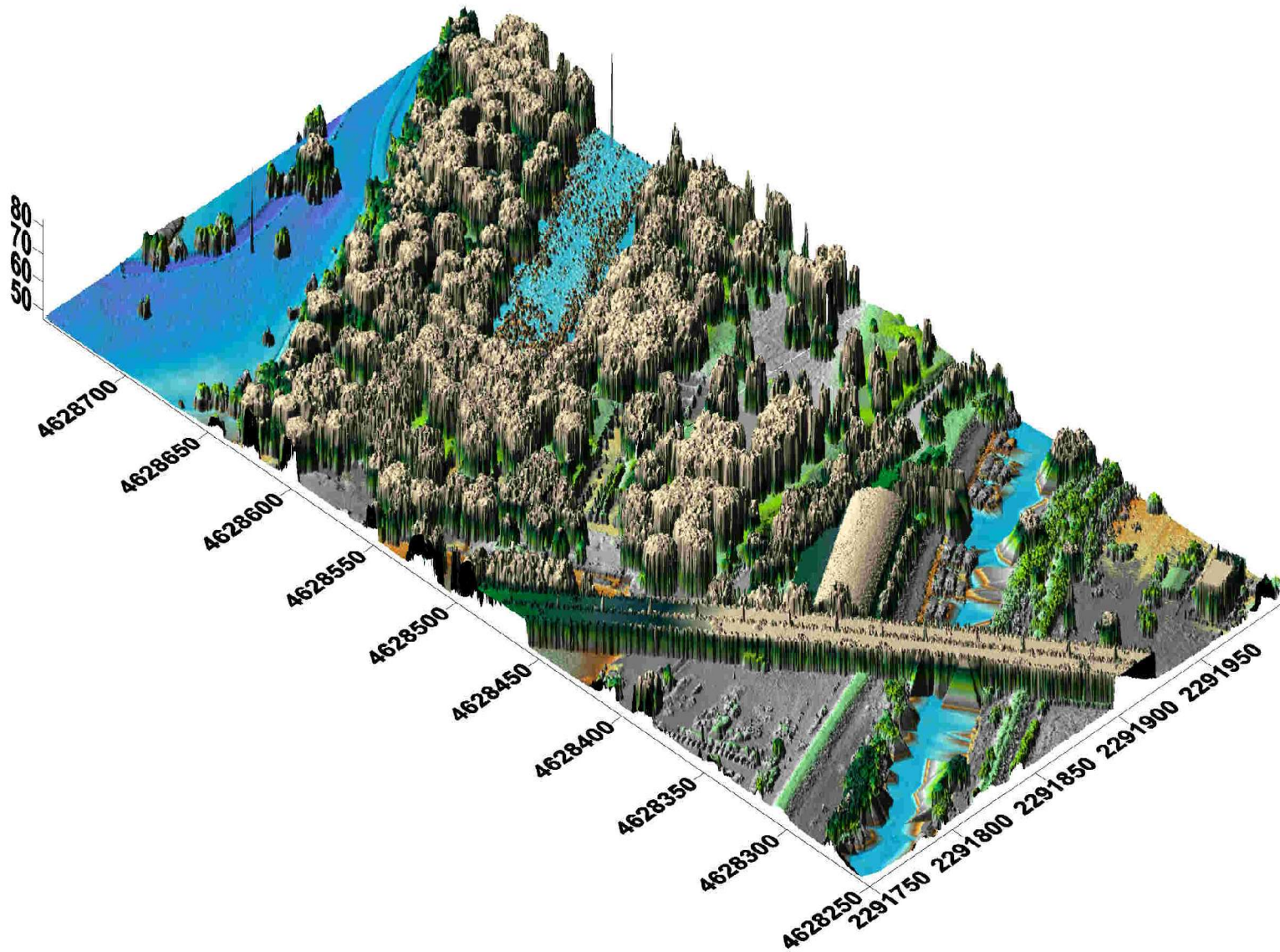


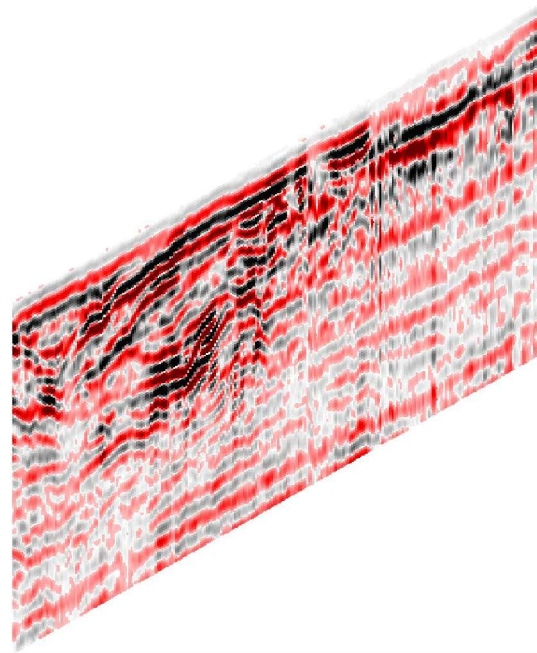
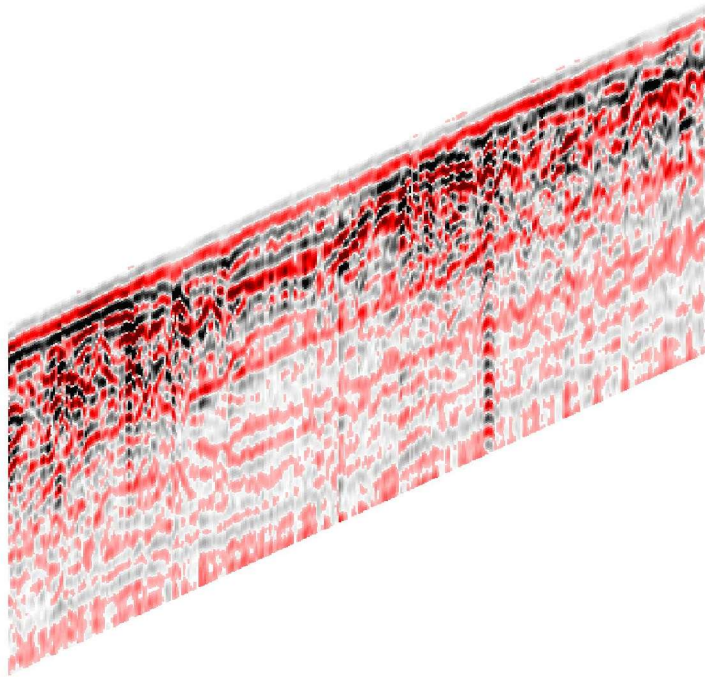
# Museo delle navi



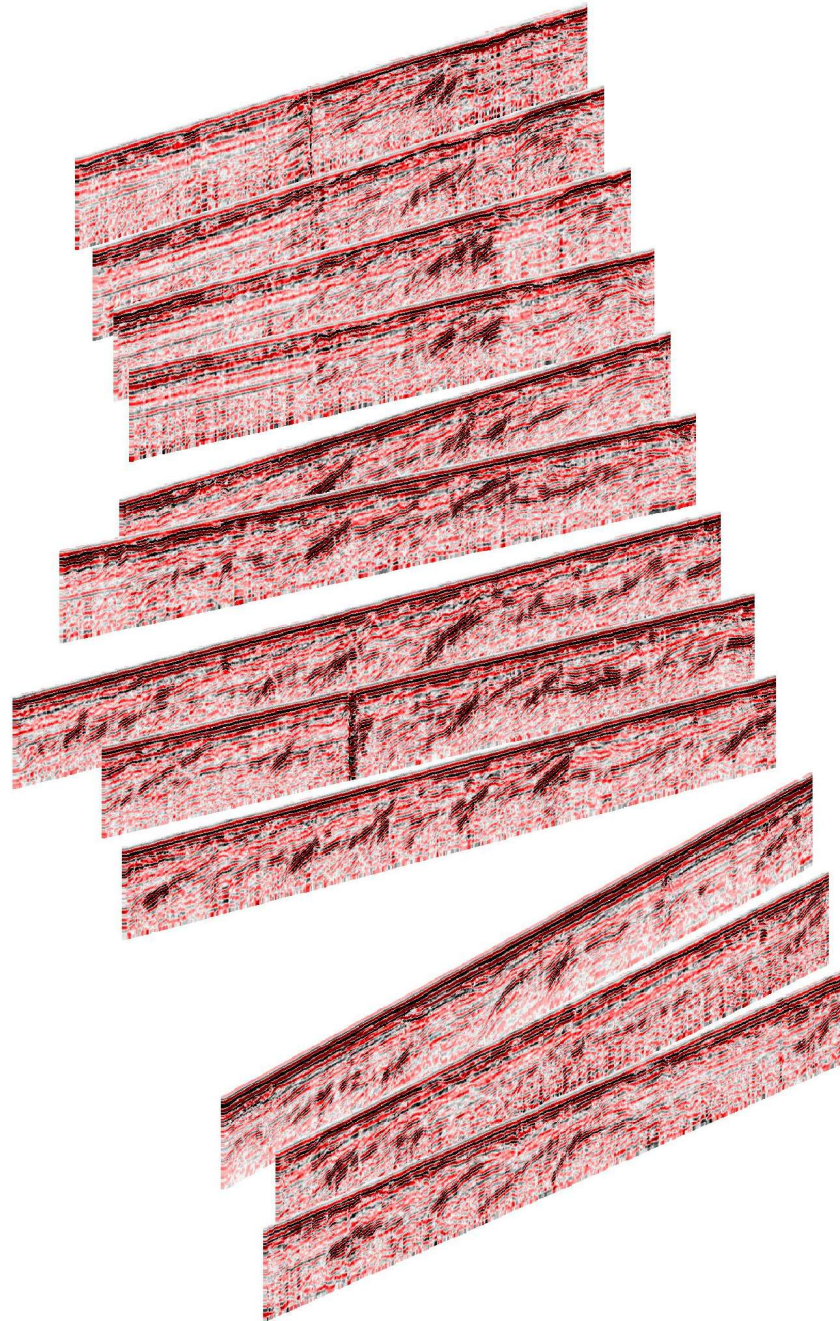






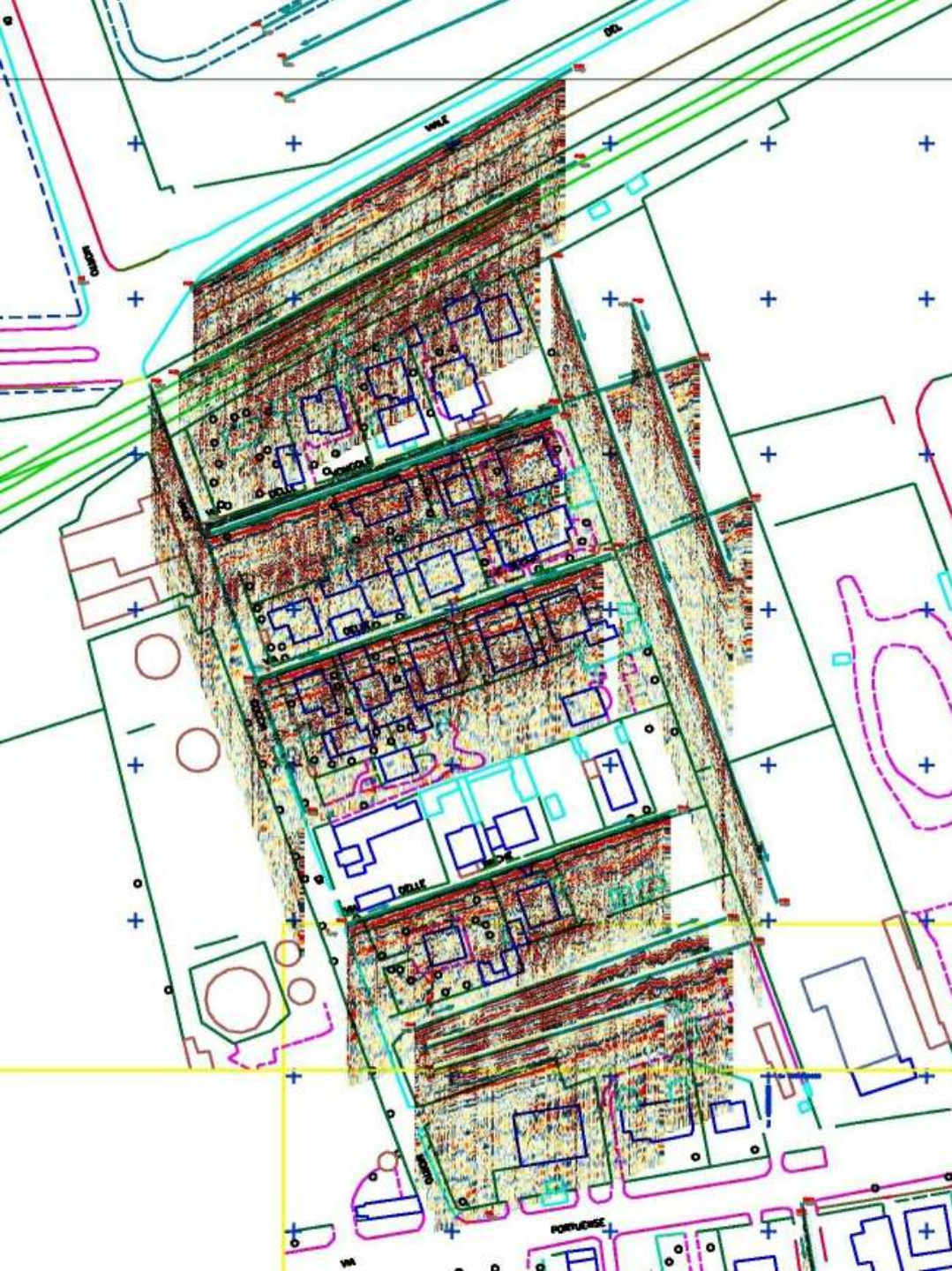


GeoRadar  
Preliminare (...  
issimo)



Preliminare

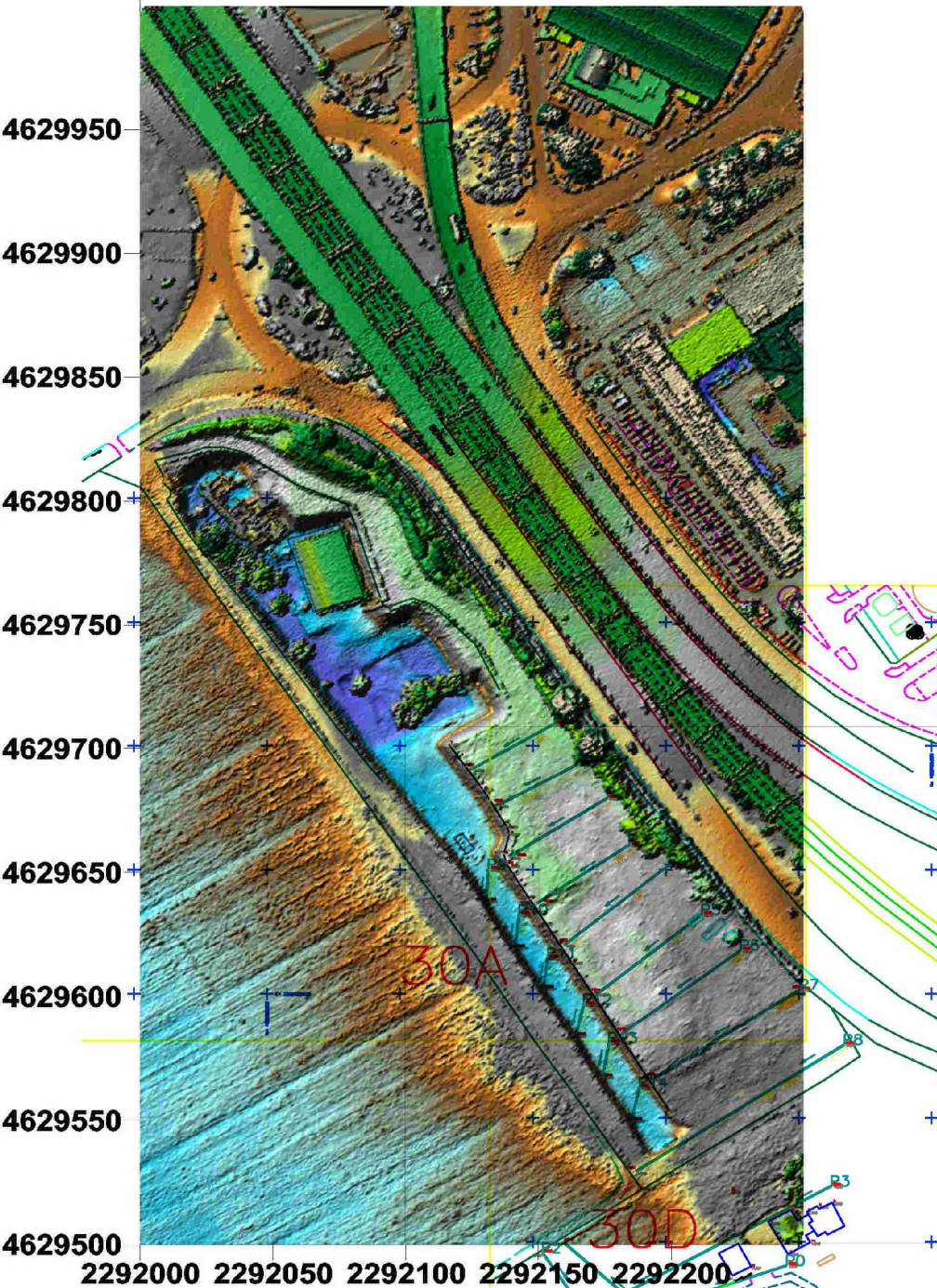
# “Isola Faro”





# Monte Giulio

## Sovrapposizioni LaserScan, GeoRadar e OrtoPhoto





## AREA ARCHEOLOGICA DEL PORTO DI CLAUDIO E TRAIANO

Porto di Claudio

### **MONTE GIULIO TERME E CISTERNA**

Indirizzo:

Via A. Guidoni, s.n.c.

# C.8.2

Soprintendenza per i Beni  
Archeologici di Ostia

Compilazione:  
Ersilia D'Ambrosio

Data:  
2004

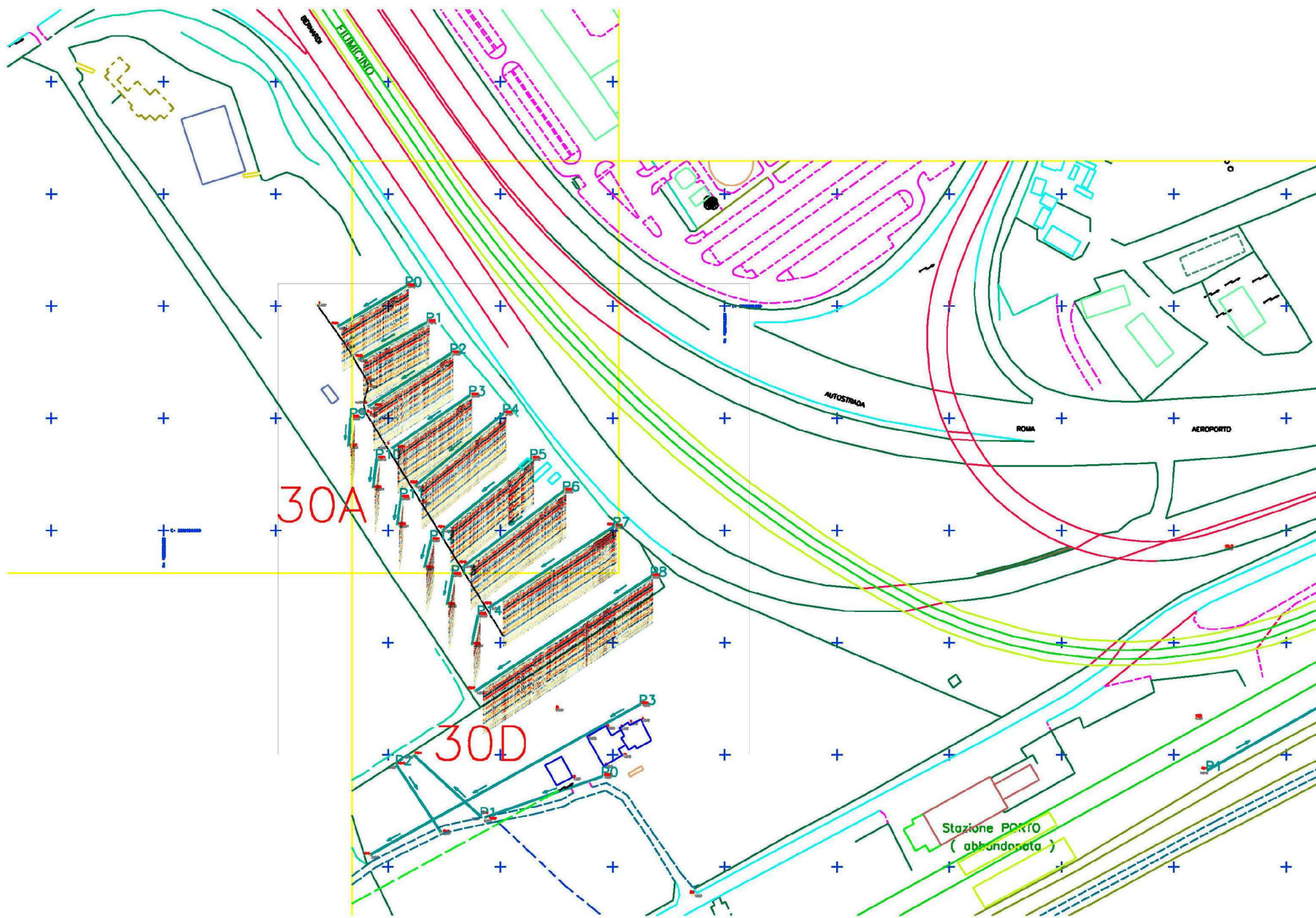


Monte Giulio: la Cisterna



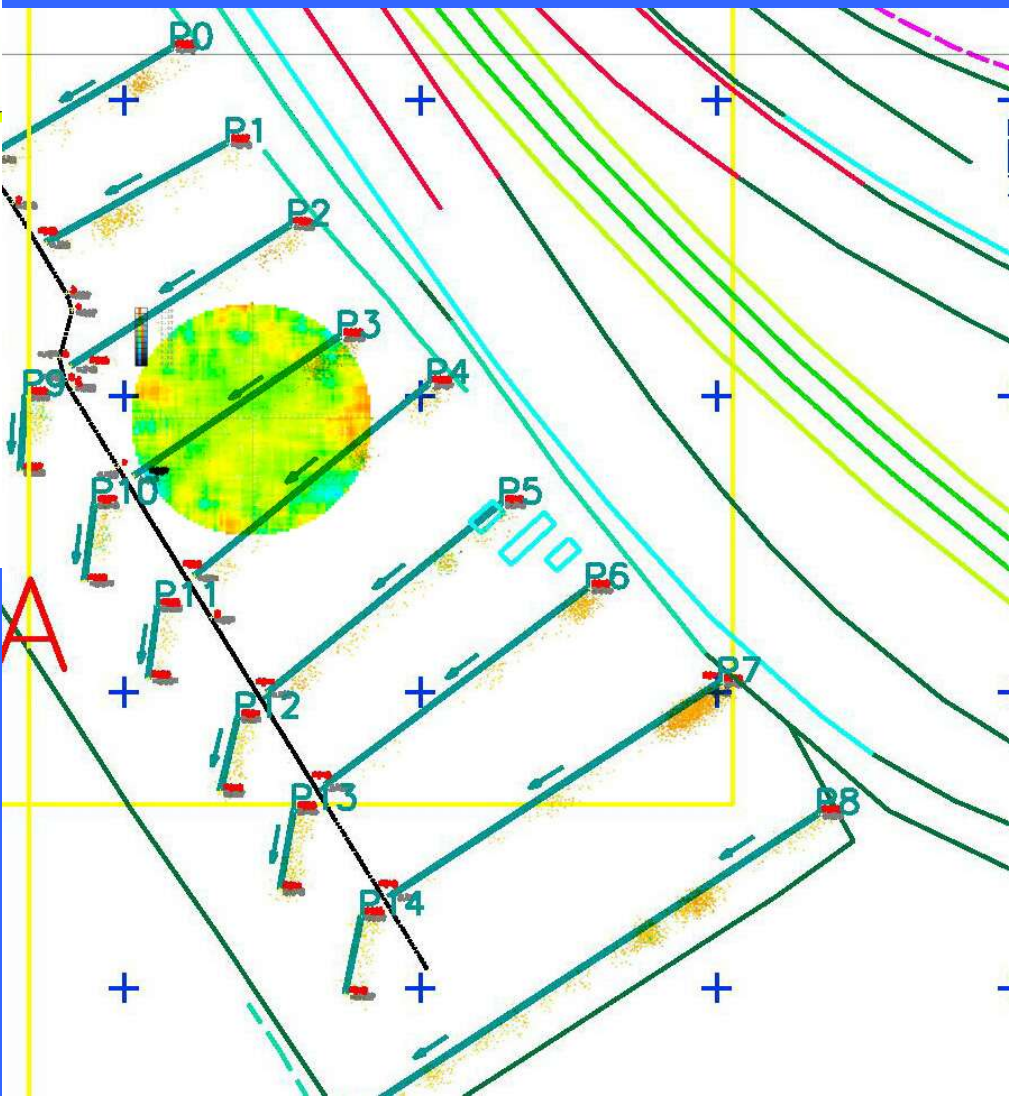
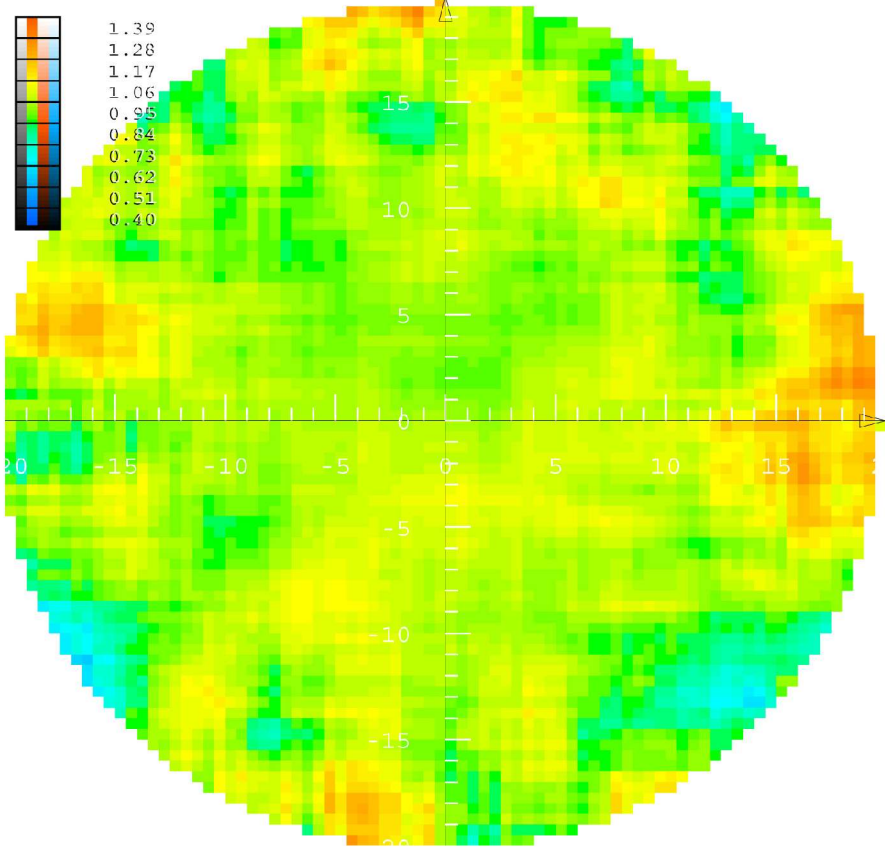
Monte Giulio: le Terme











# Conclusioni

## METODI INTEGRATI

Dall'alto:

su  $>10 \text{ km}^2$  Laserscan, Ortofoto  
radiazione IR, visibile

Dal terreno:

su  $<1 \text{ km}^2$  Magnetometria e Georadar  
radiazione EM, onde radio

Nel terreno:

in  $<0.01 \text{ km}^2$  Radiografia muonica MGR  
radiazione cosmica

# Istituzioni e Ringraziamenti

- Dipartimento di Fisica dell' Università' di Trieste e**
- Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, INFN/Sezione di Trieste**
- Dipartimento di Fisica dell' Università' di Perugia e**
- Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, INFN/Sezione di Perugia**
- Exploration Geophysics Group, Università di Trieste**
- Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine**
- Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale**
- HELICA Remote Sensing**
- GEXON *Geofisica avanzata per l'industria e l'ambiente***
  
- Regione Friuli Venezia Giulia/ Div. Ricerca**
- ANAS Dir. Gen. Autostrade e Trafori**
- Prov. OO.PP. Regione Lazio**
- Soprintendenza BAAAAS Ostia**
- Soprintendenza BAAAAS Friuli Venezia Giulia**
- Dir. Musei Capitolini Roma**