

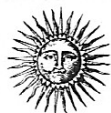
# Atti del X Convegno SIA

SOCIETÀ ITALIANA DI ARCHEOASTRONOMIA

*Trinitapoli, Parco Archeologico degli Ipogei  
22-23 Ottobre 2010*

a cura di

*Elio Antonello*



LA CITTÀ DEL SOLE

## INDICE

Presentazione	p. 1
Elio Antonello, Vito F. Polcaro, Anna M. Tunzi, Mariangela Lo Zupone, <i>Buche cultuali e stelle</i>	3
Riccardo Balestrieri, <i>L'orientamento delle chiese romaniche in Liguria. I. Metodi</i>	15
Ettore A. Bianchi, <i>Storiografia e astronomia in Berosso da Babilonia (III secolo avanti Cristo)</i>	31
Enrico Calzolari, Vincenzo Di Benedetto, <i>L'allineamento equinoziale di 'Pian Brès' nel territorio di Andrate (Torino)</i>	49
Cristina Cåndito, <i>Strumenti per la misurazione della terra e del cielo tra XVI e XVII secolo</i>	59
Francesco Castaldi, <i>La precisione nelle coordinate astronomiche prima del telescopio</i>	71
Silvia Cernuti, <i>Sull'identificazione di asterismi e costellazioni</i>	85
Mario Codebò, Henry De Santis, <i>Indagine archeoastronomica relativa all'orientamento degli ingressi di alcune sepolture del periodo Hafit nel Sultanato di Oman</i>	95
Marina De Franceschini, Giuseppe Veneziano, <i>Archeoastronomia nella Villa Adriana di Tivoli</i>	105
Luciana De Rose, <i>Il volo della tartaruga</i>	121

Adriano Gaspani, <i>Criteria astronomicamente significativi nella costruzione delle cloighteach altomedioevali irlandesi</i>	133
Domenico Ienna, <i>Integrazione tra culture e apporti individuali nella denominazione mitopoietica 'globalizzata' di stelle e costellazioni</i>	155
Manuela Incerti, <i>Modelli e fonti astronomiche nel rinascimento ferrarese: la Certosa e il De Sphaera estense</i>	173
Nicoletta Lanciano, Jody Morellato, <i>Il regolo lunare di Palazzo Spada, Roma. Indagine su un errore</i>	187
Leonardo Magini, <i>The astronomical foundations of the Romulean calendar, its relationship with the Numan calendar and the slippage of the winter solstice: an hypothesis</i>	199
Vito Francesco Polcaro, <i>Alcor, la Volpe e il 'Signore che Uccide'</i>	207
Marcello Ranieri, <i>Le diagonali e gli orientamenti archeoastronomici</i>	213
Adriana Rossi, <i>Il rilievo della porta dello zodiaco</i>	227
Eva Spinazzé, <i>Spazio e luce nelle architetture sacre. L'orientazione delle chiese monastiche benedettine medioevali nel Veneto</i>	243
Maria Luisa Tuscano, <i>Riflessioni sulla valorizzazione museale degli Strumenti Astronomici extra moenia</i>	261

# L'orientamento delle chiese romaniche in Liguria

## I. Metodi

Riccardo Balestrieri

*Via G. Giacomini 87/14, 47890 Città, Repubblica San Marino*  
*ri.balestrieri@omniway.sm*

**Abstract.** In July 2010 a systematic study began on the astronomical orientations of buildings in Liguria. The results were released immediately on the web with a hypertext: *Urania Ligustica*. For 43 Romanesque churches there is a card, which contains a brief description of the church, WGS84 geodetic coordinates, azimuthal orientation of the longitudinal axis, bibliography. For 13 churches a record is sketched with more complete documentation, photographs and original interpretation of astronomical alignments: 4 almost complete examples have been realized. For the space dedicated to the photos, this tool is also an atlas of the churches founded in Liguria from X to XIII century.

### 1. Antefatto

Nel 2002 è stato suggerito che il monumento sepolcrale di Margherita di Brabante, eretto nel 1313 da Giovanni Pisano nella chiesa genovese di San Francesco di Castelletto, fosse orientato astronomicamente (Balestrieri 2002, 2009). Lo stato frammentario dell'opera scultorea e la parziale demolizione della chiesa in cui era collocata rendono difficile confermare l'ipotesi. È possibile, però, valutarne la plausibilità con un inquadramento storico, verificando se le chiese esistenti all'epoca siano state orientate astronomicamente all'atto della fondazione o, più precisamente, se le direzioni individuate dai punti principali dell'edificio (portale maggiore, altare maggiore, pietre angolari dell'emiciclo absidale e del transetto, finestre absidali, ecc.) siano in relazione con il percorso nel cielo del Sole e della Luna. E ancora, più in generale, se le finestre (*in primis*, il rosone in facciata e gli altri eventuali oculi, ma anche le finestre sul lato dell'edificio volto a mezzogiorno) potessero proiettare lame di luce utili a fini cronologici e calendariali, vale a dire liturgici.

Questo nuovo problema può basarsi su chiese tuttora esistenti e su ierofanie che possono ancora aver luogo, ma non è di soluzione meno difficile. È stato più volte proposto che solo un approccio comparato,

basato su un grande numero di edifici coerenti per epoca e cultura, può chiarire quali direzioni abbiano avuto effettivamente senso per committenti e costruttori e quali debbano essere considerate, per ora, solo come ipotesi da corroborare con ulteriori elementi.

## **2. Contesto storico**

Genova e la Liguria iniziano a fiorire alla fine del X secolo, dopo la sconfitta dei Saraceni che si erano insediati a Frassineto (ora La Garde-Freinet, nell'entroterra di Saint-Tropez), ad opera di una coalizione guidata da Guglielmo di Arles. È una ripartenza da zero. Intorno al 935 Genova aveva subito il sacco e nel 1015 Luni è l'ultima città ligure a essere devastata dal saraceno Mugahid. Ciò ha stimolato la realizzazione di altre leghe temporanee, con feudatari italiani e provenzali e con Pisa. La mariniera si rafforza, si espandono i commerci sul mare e via terra, si forma a Genova la *Compagna*, si moltiplicano le vittorie, il contributo di Genova e Noli è importante per il successo della prima crociata. Con l'accumularsi delle ricchezze, le chiese, fra gli obiettivi primari dei Saraceni, sono simbolo e fulcro della rinascita. Stimolati dai vescovi genovesi, fra cui spiccano Teodolfo (dal 947?) e Giovanni II (dal 994?), operano nella regione i principali ordini secolari e regolari. Chiese, pievi e badie sono ricostruite a più riprese dall'XI secolo. Nel 1130 Genova è così ricca e potente da diventare arcidiocesi.

Volumi, linee e luci gotiche alterano le austere forme precedenti, ma il perimetro rimane spesso invariato, la solidità costruttiva non è violata da nuove o più larghe aperture, gli accurati paramenti lapidei sono coperti, a più riprese, da intonaci affrescati. Le navate laterali sono trasformate da cappelle di famiglia, aggiornate ai nuovi gusti da chi detiene o rileva il giuspatronato. I decreti tridentini causano la trasformazione delle absidi maggiori, dato che il coro non deve più frapporsi tra i fedeli e l'altare. Nei secoli successivi l'arricchimento continua: anche colonne e pilastri in pietra locale e marmo apuano possono essere rivestiti di marmi più preziosi.

Nella seconda metà dell'Ottocento, il gusto romantico favorisce la riscoperta delle fasi medievali degli edifici ecclesiastici, cui si sacrifica una ricca e spesso pregevole stratificazione decorativa posteriore. Varie chiese sono 'ripristinate', con interventi che devono necessariamente inventare laddove ripetute trasformazioni hanno eliminato i muri originari. Alfredo D'Andrade (1839-1915) si distingue, in queste azioni, per la

puntuale documentazione di quanto torna alla luce dopo gli ‘scrostamenti’ e l’accortezza delle integrazioni.

La Liguria, quindi, ha un ricco patrimonio ecclesiale di origine medievale, in cui si manifestano influenze molteplici, non solo lombarde, toscane e provenzali. Trasformazioni, ripristini e restauri ostacolano però la lettura degli orientamenti astronomici e delle illuminazioni solari possibili con gli *attuali* volumi e le *attuali* aperture.

### 3. Problemi aperti

L’orientamento astronomico delle chiese è argomento di studio, in Liguria, quanto meno dal 1818, quando il barone von Zach ne accenna nella sua *Correspondance astronomique*.

Giuseppe Gerola ha pubblicato, nel 1936, uno studio sull’orientamento di 35 chiese di Ravenna antica; queste le sue conclusioni: “... le chiese orientate verso l’est astronomico sono ben poche. Quelle che, sia pure approssimativamente, seguono l’orientazione della festa del santo patrono non sono certo né molte né molto sicure. L’orientazione verso Gerusalemme, quella a norma della nascita del sole al giorno della fondazione oppure nel giorno prescelto dal fondatore, anche se in qualche caso è più o meno verosimile, non è mai dimostrabile. L’orientazione magnetica pare da lasciarsi senz’altro in disparte. E nessun esempio abbiamo di orientazione ai solstizi”.

Negli ultimi vent’anni sono stati compiuti in Italia numerosi studi sull’argomento e considerato, ad esempio, il possibile orientamento delle chiese nel giorno della Pasqua dell’anno di fondazione (Romano 1997). È stata mostrata l’esistenza di suggestive ierofanie solari, ma non è ancora chiaro quali regole fossero osservate abitualmente nell’Italia medievale. Ciò può dipendere da cause di natura diversa: l’anno di fondazione è noto in casi rarissimi; la dedicazione attuale o antica può non essere quella originale; la festa relativa può non essere quella indicata dal corrente calendario liturgico e neppure quella osservata nella stessa epoca in diocesi vicine; possono essere stati venerati santi con lo stesso nome nella stessa epoca e nella stessa zona, ma con feste diverse; la declinazione magnetica varia nel tempo e nello spazio; l’orografia, un assetto viario o edifici preesistenti possono avere influito sulle nuove fondazioni, ecc. La divisione delle culture non ha favorito, in Liguria come altrove, un argomento così interdisciplinare; non è quindi un caso che la ripresa degli studi, intorno al 1995, sia dovuta a Mario Codebò, un *outsider* con basi umanistiche e scientifiche.

Le difficoltà incontrate non giustificano la diffusa rinuncia, da parte degli storici dell'arte, di considerare il significato *puntuale* dell'orientamento; ciò può comportare, infatti, la pubblicazione di planimetrie non orientate o con frecce evidentemente sbagliate.

È possibile che la gestione statistica di un numero rilevante di informazioni possa evidenziare l'utilizzo di talune regole o escludere la possibilità che ne siano state seguite altre. Oppure, più in dettaglio, che le chiese sicuramente dedicate allo stesso santo, nello stesso periodo e in un'area culturalmente omogenea, siano orientate in modo simile.

Occorre quindi raccogliere i dati basilari per un numero consistente di edifici, evitando effetti di selezione, a partire dall'orientamento della navata principale di tutte le chiese romaniche e gotiche ancora esistenti in Italia. I rilievi in sito permettono precisioni elevate, ma richiedono un impegno considerevole: da ciò segue una crescita lenta della base statistica. Il presente studio propone di ottenere dati di prima approssimazione con strumenti già disponibili sul web.

#### **4. Risorse in rete di interesse generale**

Il patrimonio informativo in rete è sempre più vasto, ma difettano, anche in campo archeoastronomico, i tentativi di organizzare le conoscenze attuali. *Wikipedia* è già una utile risorsa di base, ma sono poche le chiese liguri con una scheda da cui sia utile partire per approfondirne lo studio. Esistono cospicui archivi di fotografie (*Wikimedia*, *Flickr*, *Panoramio*, *Picasa*, ecc.), ma la loro indicizzazione, lasciata agli autori, è carente: documenti interessanti sono celati da parole chiave generiche, inadatte o errate. Problema ben più grave è che le fotografie dell'era chimica sono ancora relativamente rare in rete.

Più in dettaglio, non esistono sul web cataloghi sistematici o atlanti dettagliati delle chiese italiane. Gli enti preposti a studio, conservazione, restauro e valorizzazione si dibattono da sempre con problemi di bilancio e di personale che ne riducono l'operatività. Le diocesi tendono a fornire le informazioni di interesse pastorale.

Nonostante questi limiti, è sufficiente interrogare un motore di ricerca per reperire subito una chiesa, anche minore, grazie a testi di storia locale o dell'arte spesso già integralmente in rete, se antichi, grazie a *Google libri* e *Internet Archive*; con *Google Earth* è facile determinarne, in prima approssimazione, l'orientamento. È possibile, quindi, iniziare a sfruttare queste risorse per costruire strumenti condivisi che facilitino la programmazione degli interventi sul campo.

## 5. Letteratura cartacea specifica

La situazione delle fonti cartacee è diversa. La Jaca Book, ad esempio, a partire dal 1978 ha pubblicato la collana *Italia Romanica*, ora riproposta in una edizione del tutto nuova, in cui sono già apparsi i volumi dedicati a: Lombardia gotica, Marche romaniche, Puglia preromanica, Puglia romanica, Roma e Lazio romanico, Sardegna preromanica e romanica, Toscana romanica, Veneto romanico. Limitatamente alla Liguria, il primo testo (Chierici, Citi 1979) descriveva 5 chiese e dedicava brevi schede ad altre 22; il secondo (Cervini 2002) descrive 15 chiese e, più brevemente, altre 40. Si tratta di opere di alta divulgazione: sintetiche, con cenni bibliografici e un numero limitato di illustrazioni; una chiesa può essere descritta o accennata, ma senza illustrazioni o piante. Per definire la distanza tra una descrizione divulgativa e un testo attualmente di riferimento, si consideri il duomo di Genova: 3 pagine e nessuna illustrazione (Chierici, Citi 1979); 16 pagine con 22 illustrazioni (Cervini 2002); 384 pagine con centinaia di illustrazioni (Di Fabio 1998).

Ancora più sintetiche, ma capillari, sono le *guide rosse* del Touring Club Italiano: nel caso della Liguria, ad esempio, sono state già individuate altre 60 chiese romaniche, almeno in parte esistenti, di cui è possibile determinare l'orientamento con il metodo proposto.

## 6. Archeoastronomia in rete

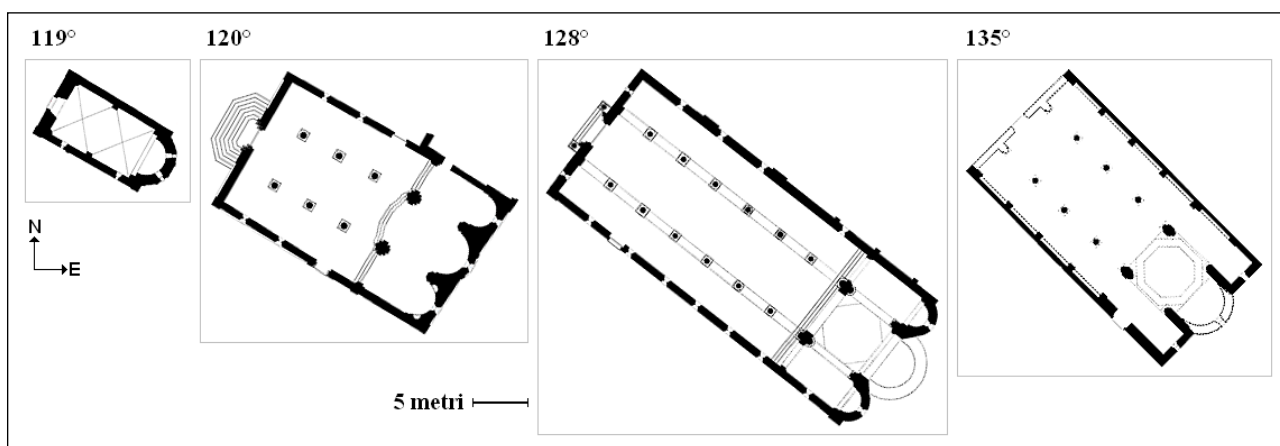
La Liguria, grazie al sito <http://www.archaeoastronomy.it/> (Codebò, De Santis) ha dal 2001 un posto di spicco in rete e l'orizzonte dei suoi autori si allarga alla preistoria e alla cultura contadina. Altri studiosi italiani (Gaspani, Incerti, Romano, ecc.) hanno eseguito campagne sistematiche di rilievo, ma i risultati raggiunti sono argomento più di pubblicazioni, che di presentazioni sul web.

Mancava quindi uno strumento che presentasse in modo organico le conoscenze sull'orientamento di un gruppo di chiese medievali omogeneo per area geografica e culturale, da cui si possa partire per ulteriori ricerche.

È stato quindi sviluppata, nell'ipertesto *Urania Ligustica*, una sezione dedicata agli orientamenti degli edifici, a partire dalle 55 chiese schedate in Cervini (2002). La sezione è attualmente basata su circa 1400 *file*: immagini (originali o tratte da fotografie già presenti sul web) e una settantina di *file* txt. Si apre, come le altre, con un indice (<http://uranieligustica.altervista.org/index-edifici.htm>) da cui si accede a pagine di presentazione e metodologiche o alle schede di singoli edifici, tramite tabelle in cui le chiese sono ordinate con criteri diversi.

Fra le pagine introduttive sono presenti anche una tabella che sintetizza gli orientamenti misurati, elaborazioni statistiche preliminari e un elenco di chiese per provincia che comprende ulteriori edifici degni di analisi. Un esempio delle potenzialità dell'ipertesto è fornito da una pagina in cui le chiese sono rappresentate alla stessa scala e ordinate per azimuth crescenti: cliccando su di esse si accede alla scheda specifica; in Figura 1 sono poste a confronto le quattro chiese per cui è già condivisa un'analisi approfondita in rete.

Tutte le pagine dell'ipertesto sono in evoluzione, trattandosi di risultati preliminari. Per questo motivo è opportuno usare una certa cautela nell'uso delle informazioni fornite e riferirsi, se del caso, sia all'indirizzo web della pagina (stabile) che alla data di revisione, indicata in calce.



**Fig. 1.** Planimetrie a confronto alla stessa scala, da sinistra a destra, delle chiese genovesi di S. Agostino della Cella, SS. Cosma e Damiano, S. Donato e S. Marco al Molo; l'azimut dell'orientamento principale, dal portale all'abside, è indicato in alto.

## 7. Scheda estesa

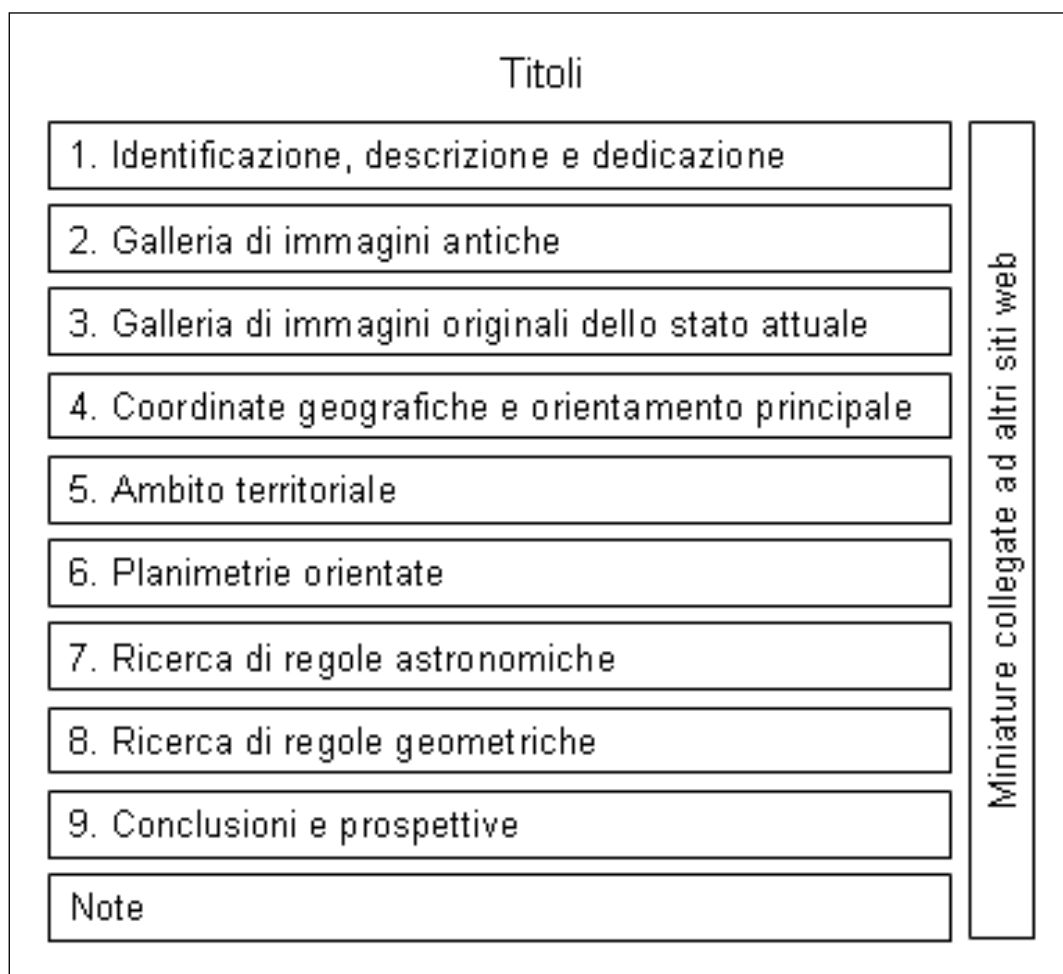
È attualmente divisa in nove paragrafi. Il primo identifica e descrive la chiesa, con particolare attenzione alle vicende che ne possono avere alterato struttura e aperture; un punto concerne la dedicazione. I due paragrafi seguenti confrontano immagini originali antiche e contemporanee, per evidenziare restauri e ripristini.

Il quarto paragrafo è dedicato alla localizzazione geografica e all'orientamento principale, dal portale all'abside, determinato con i metodi qui descritti al § 9 e documentato con fotografie orientate satellitari o aeree, messe a disposizione da *Google* e *Bing*; le figure sono salvate in formato *png*, per non ridurre la definizione delle linee di orientamento

sovrapposte alle foto. Uno specchio finale mette a confronto i risultati ottenuti con quanto già esistente in letteratura.

Il quinto paragrafo riassume quanto è noto in merito al contesto in cui è stata edificata la chiesa, con attenzione sia all'orografia che alle preesistenze, per fare emergere gli eventuali vincoli: linea di costa, rivi, declivio, strade, edifici, ecc. Il paragrafo successivo riporta la migliore planimetria pubblicata, evidenziando se possibile la fase romanica.

Il settimo paragrafo esamina gli orientamenti lungo l'asse principale e dalle aperture che possono guardare il Sole dall'alba al tramonto delle varie stagioni (non è stata ancora considerata la visibilità della Luna). È così possibile verificare se corrispondono a eventi noti: essenzialmente la fondazione e la dedizione della chiesa. Alla ricerca di possibili regole geometriche è dedicato il paragrafo seguente, ma tale analisi non è stata ancora affrontata. Il nono paragrafo sintetizza i risultati ottenuti e suggerisce linee di ricerca. Seguono le note, con bibliografia, citazioni e chiose.



**Fig. 2.** Struttura della scheda estesa.

A destra, una sequenza verticale di miniature presenta foto in varie condizioni di illuminazione, sia di esterni che di interni, rintracciate sul web; le miniature sono rese omogenee grazie al bianco e nero e all'esaltazione del contrasto. Le dimensioni, pari al massimo a 200 x 200 pixel, permettono il riconoscimento immediato dei particolari di interesse, ma sono comunque tali da non ledere i diritti degli autori, anche grazie al fatto che, cliccando sulla miniatura, si esce da *Urania Ligustica* per accedere alla fonte originale. Grazie alle miniature, prima si ruota intorno alla chiesa, con immagini sempre più ravvicinate (dal panorama al dettaglio), quindi si entra in essa. È riportata, ove indicata, la data della fotografia, ma può trattarsi di un termine *ante quem*: a volte la data indicata è quella della messa in rete. Chi vuole realizzare ulteriori riprese può esaminare tali fotografie per scegliere angolazioni non sfruttate o dettagli non ripresi o, più in generale, per privilegiare chiese ancora poco presenti sul web.

## **8. Schede più sintetiche**

Una scheda *estesa* equivale ad un articolo specifico, dato che richiede lo studio della letteratura critica (anche archeologica) sulla chiesa, l'analisi delle possibili illuminazioni solari, ecc.

La scheda *breve* è uno strumento più snello, con una descrizione dell'edificio sintetizzata essenzialmente da Cervini (2002) e nessuna interpretazione astronomica dell'orientamento misurato; sono assenti i paragrafi 5 e 7-9 di cui alla Figura 2.

Se la scheda breve è la base su cui costruire una scheda estesa, l'obiettivo finale è una scheda *sintetica*, che condensi le informazioni essenziali in una sola videata e da cui sia accessibile, per chi vuole approfondire, una scheda più completa e la bibliografia pertinente. La sintesi necessaria appare prematura, dato che è probabile l'ulteriore evoluzione delle schede esistenti. Sarebbe utile, d'altra parte, che quest'ultimo formato (equiparabile, come informazione, al *record* di una base dati) nasca dalla concertazione degli studiosi e possa costituire, quindi, uno standard comune.

## **9. Determinazione dell'orientamento**

Sono qui considerate solo 40 chiese per cui sono disponibili fotografie misurabili, riferite all'ellissoide WGS84, realizzate da fonti indipendenti e distribuite da *Google Earth* e *Bing Maps*.

METODO A. L'immagine di *Google Maps*, all'ingrandimento massimo, è trasformata in bianco e nero, forzando il contrasto per esaltare il colmo del tetto o un altro particolare di interesse; l'immagine è importata in un file *PowerPoint*, per sovrapporre al colmo una freccia ruotata in senso orario a partire da Nord; due altre frecce, di colori diversi e con inclinazioni superiore o inferiore alla prima di  $1^\circ$ , permettono di limitare l'orientamento individuato. Quale ulteriore verifica, l'immagine è ancora più ingrandita e contrastata, quindi è ruotata verso l'alto di un angolo pari all'azimut già individuato, tramite *ArcSoft PhotoStudio 2000*; l'immagine è poi importata nel file *PowerPoint*, per affiancare ai lati del colmo due frecce parallele verticali.

METODO B. Adriano Gaspani (comunicazione privata, 10/9/2010), ha suggerito di usare *Google Earth*, che fornisce spesso varie immagini della stessa area e a ingrandimento più elevato, e di misurare direttamente il particolare di interesse con lo strumento Righello. Ciò è stato applicato alle fotografie a più alta risoluzione disponibili.

METODO C. Una variante, anch'essa suggerita da Gaspani, riguarda le fotografie di provenienza diversa da *Google Earth*: sono aperte con *Gimp*, per misurare il particolare di interesse con lo strumento Misurino. È stato applicato alle foto da *Bing Maps*.

Per i primi tre metodi, in base ad analisi effettuate e confronti con misure in sito, l'incertezza è stata ripartita empiricamente in classi:  $\pm 0^\circ,5$  colmo lungo e ben definito;  $\pm 1^\circ$  colmo breve e ben definito;  $\pm 1^\circ,5$  colmo lungo ma poco definito;  $\pm 2^\circ$  colmo breve e poco definito. La misura è mediocre per le due ultime classi:  $\pm 3^\circ$  colmo non più esistente e muri poco definiti;  $\pm 4^\circ$  colmo non più esistente e muri di altezza variabile. Si veda la documentazione fornita nelle schede web.

METODO D. Applicazione più rigorosa del metodo B. Si considerano tutte le fotografie disponibili, escludendo solo quelle ove il particolare di interesse non è misurabile (per contrasto troppo tenue o risoluzione molto bassa). L'orientamento è misurato cinque volte su ogni immagine, alternativamente dal lato illuminato e da quello buio; è quindi calcolata la media aritmetica  $x$  e la deviazione standard  $\sigma$  con il fattore  $1/(n-1)$ . Qualora, come accade in genere per *Google Earth*, siano state misurate due o più fotografie, è calcolata la media delle medie  $X$ , pesando le medie aritmetiche di cui sopra con l'inverso delle rispettive varianze  $\sigma^2$ ; la sua incertezza  $\sigma$  è data dalla radice quadrata della sommatoria delle rispettive varianze  $\sigma^2$ .

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1) \quad w_i = \frac{1}{\sigma_i^2} \quad (2) \quad \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \bar{x}_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (3) \quad \bar{\sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{1}{w_i}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2} \quad (4)$$

METODO E. Applicazione più rigorosa del metodo C. *Bing Maps* fornisce attualmente una sola fotografia, su cui è misurato cinque volte l'orientamento di interesse, alternativamente dal lato illuminato e da quello buio; è quindi calcolata la media aritmetica  $x$  e il triplo della deviazione standard  $\sigma$  con il fattore  $1/(n-1)$ . Si considera  $3\sigma$ , essendo in presenza di una sola serie di dati.

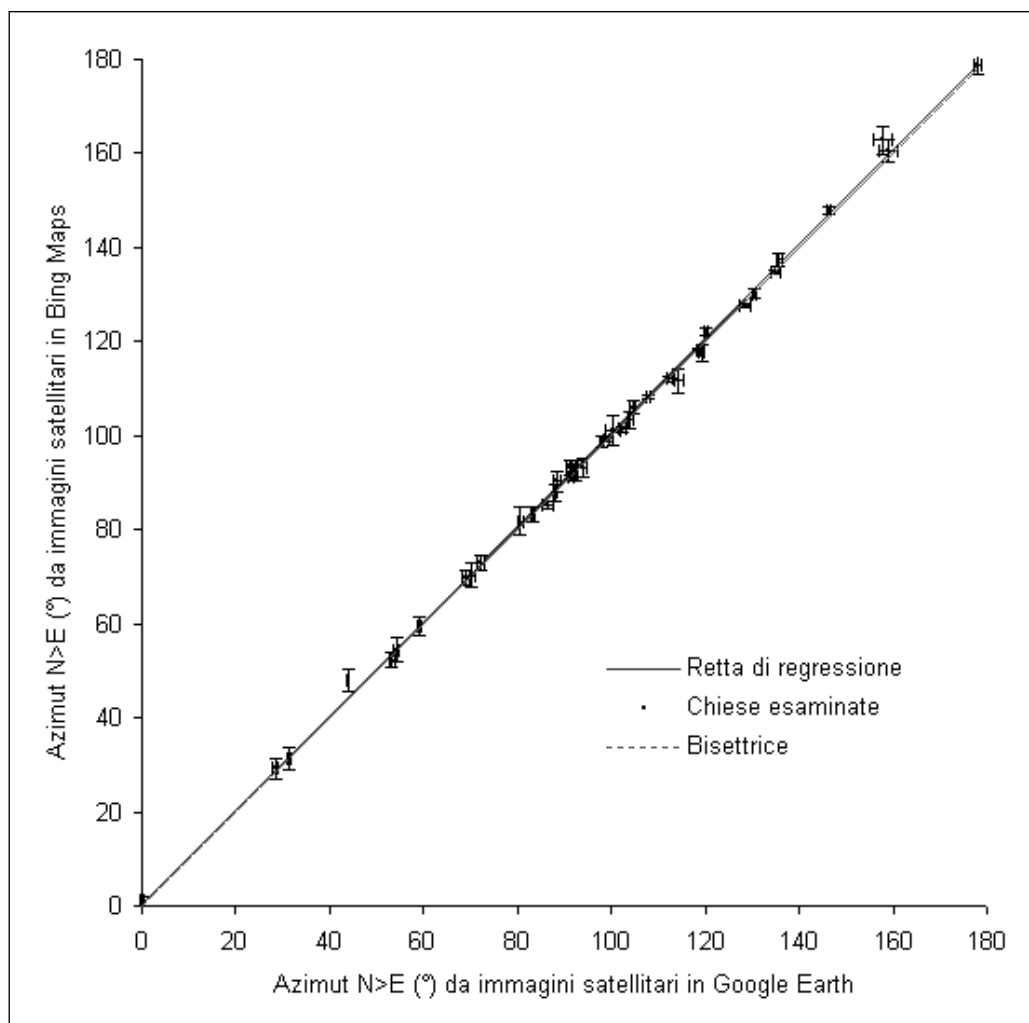
STATO DELL'ARTE. Le formule (3) e (4) di cui sopra sono applicate ai dati ottenuti con i metodi D ed E. L'incertezza risultante è utile per valutare la convenienza di approfondire l'analisi dell'orientamento con la ricerca del possibile significato astronomico (in primo luogo, le relazioni con le feste fisse e mobili del calendario liturgico); un possibile criterio è:  $\sigma$  inferiore o pari a  $\pm 1^\circ$ . È un limite molto restrittivo, attualmente soddisfatto solo per 10 chiese; dovrebbe, però, essere quasi sempre raggiungibile grazie a ulteriori e più adatte fotografie satellitari.

I vari metodi, come intuibile, hanno fornito risultati tanto più vicini quanto più è grande l'edificio, nitida l'immagine e ben contrastato il colmo del tetto.

In Tabella 1, le prime tre colonne riportano numerazione progressiva, comune e nome della chiesa. La quarta e la quinta colonna forniscono l'orientamento dell'asse longitudinale dalla facciata all'abside, a parte un solo caso in cui è indicato quello della facciata; si tratta dello stato dell'arte, basato sulla valutazione di quanto calcolato con i metodi D (da *Google Earth*) ed E (da *Bing Maps* e *Gimp*) di cui sopra; tali valori sono riportati dalla sesta alla nona colonna. Gli edifici sono ordinati per incertezza crescente dell'orientamento: il valore qui considerato è l'area definita dalle barre di errore delle misure con i metodi D ed E; tale criterio è risultato utile anche per analizzare il grafico in Figura 3, realizzato sulla base della Tabella 1.

Comune	Nome attuale della chiesa	Stato dell'arte		Metodo D Google Earth		Metodo E Bing & Gimp		Area errore $4\sigma_D\sigma_E$	
		Azimut ° N>E	$\sigma$	Azimut ° N>E	$\sigma_D$	Azimut ° N>E	$\sigma_E$		
1	Genova	S. Lorenzo	<b>118,4</b>	<b>0,4</b>	118,6	0,4	118,3	0,2	0,3
2	Genova	S. Salvatore	<b>91,1</b>	<b>0,7</b>	91,2	0,6	91,1	0,3	0,7
3	Noli	S. Paragorio	<b>108,1</b>	<b>0,6</b>	107,9	0,5	108,2	0,4	0,8
4	Genova	S. Maria delle Vigne	<b>99,0</b>	<b>0,6</b>	98,9	0,5	99,0	0,4	0,8
5	Genova	S. Maria di Castello	<b>146,6</b>	<b>0,9</b>	146,4	0,3	147,7	0,8	1,0
6	Genova	S. Marco al Molo	<b>134,9</b>	<b>0,9</b>	134,9	0,9	134,9	0,3	1,1
7	Genova	SS. Cosma e Damiano	<b>120,6</b>	<b>0,9</b>	120,3	0,4	122,0	0,8	1,3
8	San Remo	S. Siro	<b>98,0</b>	<b>1,1</b>	98,0	0,3	98,7	1,1	1,3
9	Genova	S. Maria del Prato	<b>112,2</b>	<b>0,8</b>	112,3	0,6	112,1	0,6	1,4
10	Ventimiglia	S. Maria Assunta	<b>130,5</b>	<b>1,0</b>	130,5	0,4	130,2	0,9	1,4
11	Albenga	SS. Simone e Giuda a S. Fedele	<b>0,2</b>	<b>1,1</b>	0,1	0,4	1,0	1,0	1,6
12	Genova	S. Giovanni in Paverano	<b>101,7</b>	<b>1,0</b>	102,3	0,8	101,4	0,6	1,9
13	Genova	S. Donato	<b>127,9</b>	<b>1,4</b>	128,4	1,3	127,8	0,4	2,1
14	Imperia	S. Giorgio a Torrazza	<b>91,7</b>	<b>1,6</b>	91,7	0,4	92,3	1,5	2,4
15	Brugnato	SS. Pietro, Lorenzo e Colombano	<b>92,5</b>	<b>2,2</b>	92,5	0,3	92,4	2,2	2,6
16	Uscio	S. Ambrogio	<b>88,2</b>	<b>1,7</b>	88,2	0,4	87,9	1,7	2,7
17	Albenga	S. Michele	<b>31,3</b>	<b>2,3</b>	31,3	0,3	31,3	2,3	2,8
18	Alassio	S. Croce	<b>44,0</b>	<b>2,3</b>	43,9	0,3	48,0	2,3	2,8
19	Noli	S. Pietro	<b>104,7</b>	<b>1,5</b>	104,5	0,5	105,9	1,4	2,8
20	Andora	S. Nicolò	<b>91,2</b>	<b>1,6</b>	91,0	0,5	93,2	1,5	3,0
21	Levanto	S. Siro a Montale	<b>136,0</b>	<b>1,5</b>	135,7	0,6	137,4	1,4	3,4
22	Andora	SS. Giacomo e Filippo	<b>83,3</b>	<b>1,8</b>	83,3	0,5	83,2	1,7	3,4
23	Albenga	S. Giorgio di Campochiesa	<b>53,2</b>	<b>1,8</b>	53,3	0,5	52,3	1,7	3,4
24	Genova	S. Stefano	<b>85,6</b>	<b>1,4</b>	86,4	1,1	85,2	0,8	3,5
25	Genova	S. Agostino della Cella	<b>119,1</b>	<b>2,0</b>	119,2	0,5	117,6	1,9	3,8
26	Portovenere	S. Lorenzo	<b>28,4</b>	<b>2,2</b>	28,4	0,5	29,2	2,1	4,2
27	Diano Castello	S. Maria Assunta	<b>59,1</b>	<b>2,2</b>	59,1	0,5	59,4	2,1	4,2
28	Vezzano Ligure	S. Maria	<b>103,9</b>	<b>1,9</b>	104,0	0,7	103,4	1,8	5,0
29	Albenga	S. Stefano di Massaro	<b>69,0</b>	<b>1,8</b>	68,8	0,8	69,6	1,6	5,1
30	Albenga	S. Stefano in Pian Cavatorio	<b>54,3</b>	<b>2,5</b>	54,3	0,6	54,5	2,4	5,8
31	Camogli	S. Nicolò di Capodimonte	<b>178,2</b>	<b>2,2</b>	178,1	0,7	178,8	2,1	5,9
32	Genova	S. Siro di Struppa	<b>72,4</b>	<b>1,9</b>	72,2	0,9	72,9	1,7	6,1
33	Genova	Commenda di S. Giovanni di Pré	<b>88,5</b>	<b>2,2</b>	88,3	0,8	90,2	2,1	6,7
34	Sestri Levante	S. Nicolò dell'Isola	<b>80,7</b>	<b>3,1</b>	80,6	0,7	81,8	3,0	8,4
35	Genova	S. Giovanni di Pré	<b>93,7</b>	<b>2,3</b>	93,8	1,0	93,2	2,1	8,4
36	Ventimiglia	S. Michele	<b>70,0</b>	<b>2,8</b>	70,0	1,0	70,2	2,6	10,4
37	Portovenere	S. Venerio del Tino (muri sud)	<b>114,0</b>	<b>2,8</b>	114,3	1,0	111,7	2,6	10,4
38	Cipressa	S. Pietro a Lingueglietta	<b>100,4</b>	<b>3,4</b>	100,3	1,4	101,0	3,1	17,4
39	Cervo	S. Caterina	<b>159,6</b>	<b>3,1</b>	159,0	1,9	160,5	2,4	18,2
40	Varazze	S. Ambrogio Vecchio (facciata)	<b>159,3</b>	<b>3,6</b>	157,9	1,9	162,9	3,0	22,8

**Tab. 1.** Chiese ordinate per incertezza crescente dell'orientamento principale.



**Fig. 3.** Coerenza delle fotografie satellitari utilizzate

Il diagramma confronta gli allineamenti misurati con le fotografie di *Google Earth* (metodo D) con quelli provenienti da *Bing Maps* (metodo E); si sottolinea che in nessun caso *Google* e *Bing* hanno fornito le stesse riprese.

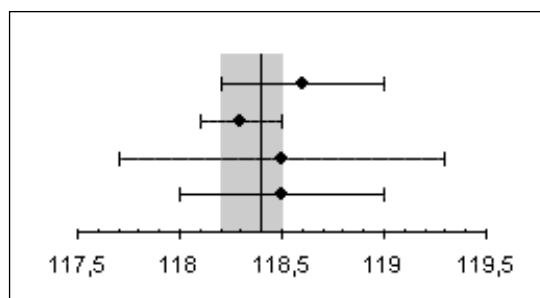
Dato che le griglie di riferimento delle fotografie sono riferite allo stesso ellissoide, dati di incertezza zero si dovrebbero allineare sulla bisettrice del quadrante in Figura 1. In realtà, le misure sono basate su fotografie, più o meno nitide, riferite all'ellissoide con una incertezza non nulla. Le misure hanno quindi barre di errore in  $x$  e in  $y$  e risultano disperse sulla retta di regressione  $y = 1,0022 x + 0,2512$ ; l'indice di correlazione è comunque assai elevato (0,9993) e la retta di regressione è quasi sovrapposta alla bisettrice  $y = x$ .

L'intercetta di una retta quasi parallela alla bisettrice fa pensare a un errore sistematico, dell'ordine di 15' per la Liguria, tra i sistemi di riferimento delle immagini *Google Earth* e di quelle *Bing Maps*. Tale ipotesi dovrà essere verificata con un maggior numero di dati.

È intuitivo che l'incertezza dell'orientamento così determinato sia inversamente proporzionale alla lunghezza del tratto misurato sulla fotografia, per cui non stupisce che il caso migliore sia costituito dal duomo genovese, S. Lorenzo, che ha dimensioni eccezionali per la Liguria: un colmo misurabile pari a m 73 ha permesso di usare anche immagini inadatte per chiese più piccole, tra cui una fotografia fornita da *Yahoo!* e una presente in un atlante fotogrammetrico.

Nell'agosto 2011 *Google Earth* fornisce sette fotografie, riprese dall'agosto 2003 al luglio 2008: solo nell'immagine del 19/8/2003 il colmo del tetto è così poco definito da sconsigliarne la misura; negli altri casi la deviazione standard è risultata compresa tra  $0^{\circ},09$  e  $0^{\circ},24$ . La deviazione standard è risultata ancora inferiore per l'immagine fornita da *Bing Maps*, tramite *Flash Earth*. I risultati qui ottenuti sono riassunti nella Tabella 2; il diagramma a lato riporta gli stessi dati, evidenziando in grigio l'intervallo compatibile con tutte le misure e con una linea verticale il valore medio dell'azimut, pesato con l'inverso del quadrato delle rispettive incertezze.

Metodo	Azimut ° N>E
Google Earth e Righello	$118,6 \pm 0,4$
Bing Maps (Flash Earth) e Gimp	$118,3 \pm 0,2$
Yahoo! (Flash Earth) e Gimp	$118,5 \pm 0,8$
Atlante di Genova	$118,5 \pm 0,5$



**Tab. 2 e Fig. 4.** Asse longitudinale di S. Lorenzo

La cattedrale genovese è stata misurata a più riprese da Mario Codebò e collaboratori (comunicazioni private), con i risultati esposti nel seguito.

Metodo	Azimut ° N>E
Teodolite, squadra sferico e Sole (2002)	$118,52 \pm 0,10$
Lo stesso metodo (2010, verso l'abside)	$117,45 \pm 0,38$
Lo stesso metodo (2010, verso la facciata e sottraendo $180^{\circ}$ )	$119,50 \pm 0,42$

**Tab. 3.** Asse longitudinale di S. Lorenzo da misure in sito

L'azimut medio, ottenuto pesando le medie in Tabella 3 con l'inverso del quadrato delle incertezze rispettive, è pari a  $118^{\circ},5$ ; se si quantifica la sua incertezza mediante la radice quadrata della sommatoria delle singole incertezze al quadrato, si ottiene  $\pm 0^{\circ},6$ . Nel caso del duomo genovese, i

risultati ottenuti con i metodi qui esposti ( $118^{\circ},4 \pm 0^{\circ},4$  – dalla Tabella 1) sono dunque comparabili a quelli di misure in sito riferite al Sole, ma queste – o i rilievi basati esclusivamente su metodi GPS – sono indispensabili per diminuire l'incertezza di misura e verificare allineamenti non percettibili con fotografie satellitari o aeree: ad esempio per finestre absidali con assi divergenti da quello della navata centrale.

Si noti che il dato più preciso fra quelli misurati in sito ha una incertezza pari a  $\pm 0^{\circ},1$ , vale a dire  $\pm 6'$ ; ciò corrisponde a 1/5 di disco solare. Il Sole, infatti, ha un diametro apparente pari, in media, a  $32'$ : il diametro orizzontale non cambia per effetto della rifrazione, per cui rimane costante anche quando il Sole è prossimo all'orizzonte astronomico. È difficile pensare che una chiesa sia stata orientata con tale precisione nella fase della fondazione, sia con metodi quale il cerchio indiano che con allineamenti ottici lontani (verso rilievi o incavi nel profilo dell'orizzonte naturale). Ne consegue che un  $3\sigma$  pari a  $\pm 0^{\circ},1$  è un obiettivo che è inutile superare nelle misure e che non ha senso riportare queste al secondo d'arco, come non di rado capita di leggere in letteratura.

Il risultato peggiore ottenuto con i metodi qui esposti è costituito dalle rovine di S. Maria in Valle Christi, presso Rapallo; misurando resti di muri longitudinali di altezza decrescente, si è ottenuto  $104^{\circ} \pm 3^{\circ}$  N>E, contro  $101^{\circ},56 \pm 0^{\circ},06$  da rilievi sul campo (Codebò, De Santis 2003). La chiesa non compare in Tabella 1: fa parte di un gruppo di 13 edifici con un orientamento meno attendibile, perché basato su fotografie fornite da *Google Earth* oppure da *Bing Maps*.

## 10. Prospettive

Ulteriori risultati su chiese già considerate e nuovi edifici continueranno ad essere forniti tramite *Urania Ligustica*. I futuri articoli di questa serie affronteranno questioni di metodo, presenteranno risultati emersi dalla comparazione delle chiese o approfondiranno l'analisi di singoli edifici. Le pagine web relative alle varie chiese, già ricche di illustrazioni e informazioni di base, dovrebbero favorire rilievi in sito, che permettano di migliorare di almeno un ordine di grandezza la precisione dell'orientamento stimato, nonché valutare altre possibili illuminazioni (es. monofore absidali).

Con tali contributi si vuole stimolare la realizzazione di opere analoghe per le altre regioni italiane e, più in generale, la collaborazione fra gli specialisti delle varie discipline coinvolte.

## Ringraziamenti

Lo studio è stato stimolato da Clive Ruggles (2002), Manuela Incerti (2009) ed Elio Antonello (2010). Suggerimenti di carattere generale sono pervenuti da Fabrizio Bònoli; sui metodi, da Adriano Gaspani; sull'orientamento delle chiese liguri, da Mario Codebò.

## Bibliografia

- AA. VV. (1982) *Liguria*, Milano: Touring Club Italiano.
- AA.VV. (1995) *Atlante di Genova. La forma della città in scala 1:2000 nell'ortofotopiano e nella carta numerica*, Venezia: Marsilio.
- Balestrieri R. (2002) in *Archeoastronomia - Un dibattito tra archeologi ed astronomi alla ricerca di un metodo comune - Genova, 8-9/2/2002 - San Remo, 1-3/11/2002*, Genova: Istituto Internazionale di Studi Liguri, 131.
- Balestrieri R. (2009) in *Atti del IX Convegno della Società Italiana di Archeoastronomia (Arcetri, 14-16/9/2009)*, in corso di pubblicazione.
- Cervini F. (2002) *Liguria romanica*, Milano: Editoriale Jaca Book.
- Chierici S., Citi D. (1979) *Italia Romanica – Il Piemonte. La Val d'Aosta. La Liguria*, Milano: Editoriale Jaca Book.
- Codebò M. (Vari) si veda <http://www.archaeoastronomy.it/>, in collaborazione con De Santis H.
- Codebò M., De Santis H. (2003) in *Atti del I Congresso nazionale di archeoastronomia, astronomia antica e culturale e astronomia storica (Padova 28-29/09/2001)*, SIA.
- Di Fabio C., a cura di, (1998) *La Cattedrale di Genova nel Medioevo. Secoli VI-XIV*, Milano: Silvana Editoriale.
- Gerola G. (1936) *Rivista del R. Istituto d'Archeologia e Storia dell'Arte*, 5, fascicolo 3.
- Romano G. (1997) *Memorie della Società Astronomica Italiana*, 68, 723.
- Zach F. X. von (1818) *Correspondance astronomique, géographique, hydrographique et statistique*, 1, 336.