

Lo strano caso di Porta Ticinese a Milano: un secondo *nemeton*?

di

Adriano Gaspani¹, Anna Gastaldelli, Francesca Zanzottera, Massimo Villa
Marchese, Loris Feresin, Cecilia Contarin, Ivan Salvoldi

Introduzione

Da tempo è in corso un programma di ricerca e di studio archeoastronomico di probabili siti protostorici che possano riportare traccia dell'esistenza di *nemeton* oppure di *oppida* celtici in territorio italico cisalpino. Una delle principali caratteristiche dei siti di questo tipo è la morfologia ellittica che trova giustificazione archeologica soprattutto in ambito transalpino, e in area celtica irlandese. Lo studio archeoastronomico dei siti archeologici che potrebbero avere rilevanza astronomica sta traendo grande beneficio dalle immagini riprese dai satelliti artificiali in orbita intorno alla Terra. In questo modo è possibile mettere in evidenza le tracce, talvolta molto elusive, lasciate sul territorio dagli antichi insediamenti. Recentemente sono state analizzate svariate strutture ellittiche in territorio cisalpino tra cui anche il *nemeton* di Milano (*nemeton di medelhanon*). L'analisi geometrica ed archeoastronomica di tutti questi siti ha mostrato che il loro perimetro è approssimabile molto bene mediante un'ellisse con gli assi in proporzione pitagorica ($b/a = 3/4$) i quali mostrano anche un consistente orientamento astronomico tanto che le direzioni degli assi sono risultate allineate verso punti dell'orizzonte naturale locale astronomicamente significativi. Dal punto di vista geometrico è stata messa in evidenza la similitudine morfologica tra tutti i *nemeton* ellittici fino ad ora studiati con quella che delimita il *Rath na Rioch* (il recinto dei Re) presente nel sito regale di Temair (Tara) nella contea di Meath in Irlanda. Ora però siamo di fronte ad un caso enigmatico. Un libro pubblicato alcuni anni fa da Gianluca Padovan [1] riporta in copertina un fit ellittico di un presunto secondo *nemeton* situato a Milano, nell'area di Porta Ticinese. Tale area include l'attuale PAN (*Parco Amphitheatrum Naturae*) che include i resti archeologici dell'antico anfiteatro di Milano, oggetto di scavi recenti, ma anche due basiliche: la Basilica di San Lorenzo Maggiore, con le Colonne di San Lorenzo, e quella di Sant'Eustorgio. Secondo il Padovan sarebbe esistito un secondo *nemeton*, forse molto più recente rispetto al *nemeton di Medelhanon*, situato in quella particolare area di Milano. La questione è quindi molto intrigante per tutta una serie di motivi, sia archeologici che storici, tanto che è stato deciso di analizzare la questione durante un recente corso avanzato di Archeoastronomia² dedicato esplicitamente alla geometria dei siti sacri preistorici e protostorici. Tale corso essendo avanzato e di tipo operativo e computazionale ha consentito di collaudare alcune nuove e più potenti metodologie di

¹ S.E.A.C. – European Society for Astronomy in Culture e S.I.A. – Società Italiana di Archeoastronomia, adriano.gaspani.astro@gmail.com

² Corso di Archeoastronomia: “*Geometria sacra preistorica e protostorica*”, (San Pellegrino Terme, 29-30 Aprile 2023).

analisi applicandole a svariati siti antichi che mostrano una morfologia curvilinea. Il sito di Milano Porta Ticinese si adattava perfettamente alle esigenze del corso. Il punto di partenza sono state le numerose immagini satellitari in alta definizione dell'area presa in esame.

Le immagini da satellite

Della città di Milano esistono innumerevoli immagini in alta risoluzione riprese da diversi satelliti artificiali negli ultimi anni. La disponibilità di molte immagini riprese in tempo diversi è rappresenta un consistente vantaggio in quanto i differenti satelliti sono caratterizzati da differenti angoli di ripresa rispetto alla direzione nadirale quindi è possibile stimare con buona approssimazione gli errori derivanti dagli effetti dell'angolo di "swath"³ il quale rappresenta il contributo di maggiore entità all'errore di valutazione degli azimut astronomici di orientazione eseguiti analizzando le immagini tele rilevate. E' stato così possibile elaborare separatamente i vari insiemi di immagini ottimizzando su ciascuna di esse un'ellisse indipendente o poi si è proceduto a confrontare i risultati ottenuti. Uno degli effetti dell'errore di "swath" è proprio quello di deformare l'ellisse osservata stirandola nella direzione ortogonale al moto orbitale del satellite. Questo errore è molto dannoso quando si studia la geometria e l'orientazione di un manufatto archeologico sul terreno e sia una rigorosa georeferenziazione ed un'altrettanto rigorosa georettificazione delle immagini sono necessarie prima di procedere alla misura delle dimensioni lineari e degli angoli di azimut delle linee astronomicamente importanti presenti nel sito.

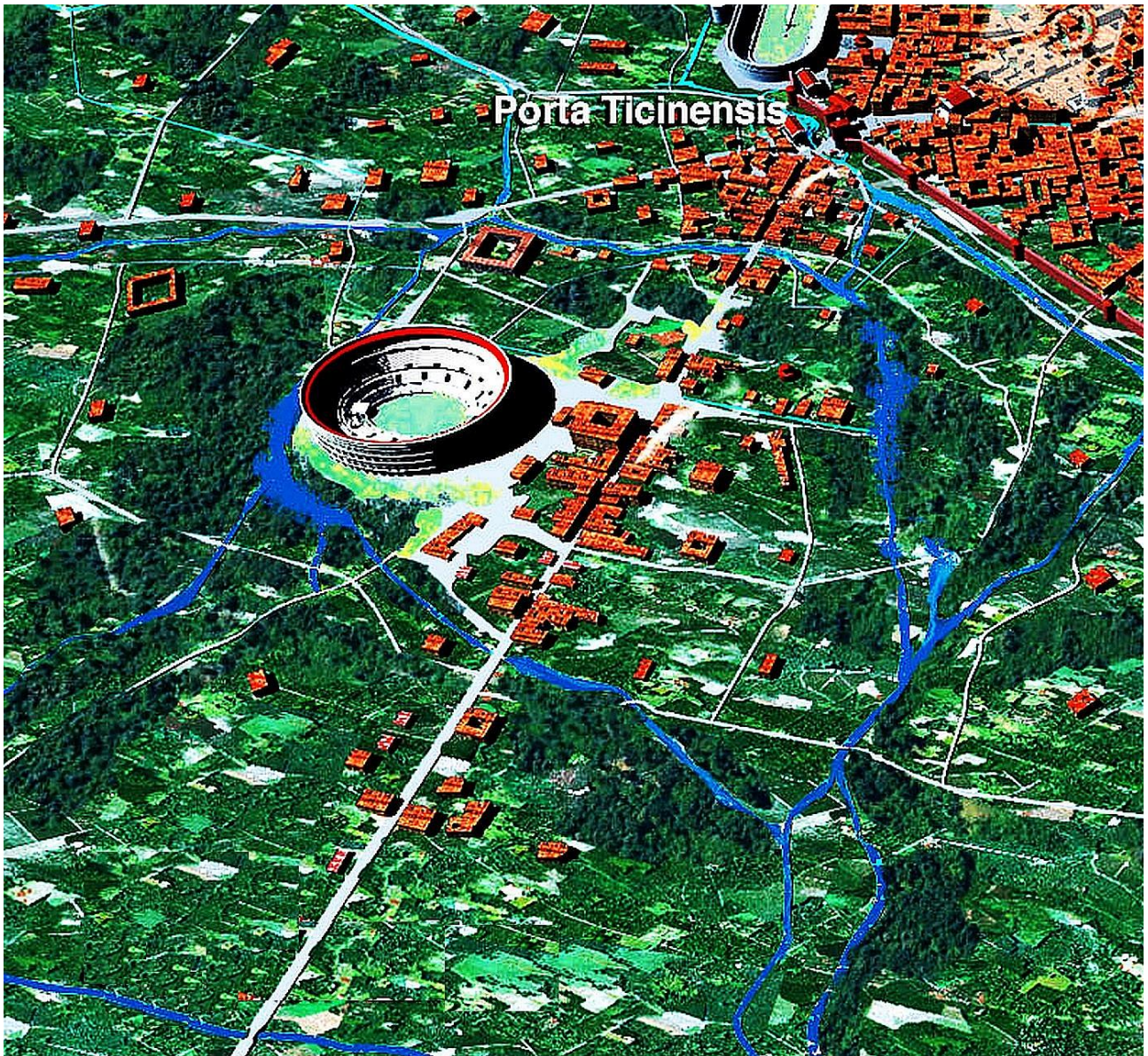
³ La misura dell'azimut (geodetico) astronomico di orientazione delle linee potenzialmente astronomicamente significative rilevabili nei siti archeologici eseguita sulle immagini da satellite presenta tutta una serie di problemi che si riflettono nell'accuratezza con cui tali azimut vengono misurati e che quindi influenzeranno la successiva analisi archeoastronomica del sito archeologico. Dal punto di vista teorico è possibile identificare tre sorgenti principali di errore che concorrono all'errore finale $\epsilon(Az)$ con cui è possibile misurare l'azimut astronomico di orientazione di una linea riconoscibile su un'immagine satellitare. La prima componente, cioè $\epsilon(oper)$ si riferisce all'errore compiuto dall'operatore il quale misura mediante uno strumento software l'azimut di orientazione di una linea sull'immagine satellitare del sito archeologico. Tale errore dipende sia dall'abilità e dall'esperienza di colui che misura sia dall'accuratezza dello strumento software utilizzato. La seconda fonte di errore, cioè $\epsilon(swath)$ rappresenta la causa più pericolosa ai fini della corretta valutazione dell'azimut astronomico di orientazione di una linea identificata sull'immagine satellitare e dipende dall'angolo θ con cui la fotocamera del satellite ha ripreso il sito archeologico che stiamo studiando. Se la ripresa è di tipo zenitale allora $\theta = 0$, altrimenti il valore di tale angolo (detto "angolo di swath") è maggiore di 0 e può arrivare a seconda del satellite e delle condizioni di ripresa anche a valori dell'ordine di 25° come nel caso delle riprese eseguite dal satellite QuickBird gestito da Digital Globe (USA). Se l'esecuzione delle misure avviene sulle ortofoto allora l'angolo θ è nullo in quanto le immagini sono zenitali per definizione. Il terzo errore $\epsilon(georef)$ deriva dalle tecniche utilizzate per georeferenziare e georettificare l'immagine sulla base delle coordinate geografiche accurate di un certo numero di punti di riferimento sul terreno e se la procedura è eseguita a regola d'arte, tale errore è trascurabile.



L'area di Porta Ticinese a Milano che mostra un possibile profilo ellittico. All'interno sono visibili gli scavi dell'Anfiteatro romano.



Il profilo ellittico dell'anfiteatro romano posto all'interno del PAN (*Parco Amphitheatrum Naturae*) a Milano.



Ricostruzione dell'aspetto dell'area oggetto del presente studio (*Porta Ticinensis*) intorno al 300 d.C. L'anfiteatro romano già era presente, mentre l'urbanizzazione generale era abbastanza ridotta e prevalentemente concentrata lungo l'asse viario principale che corrisponde bene all'asse maggiore dell'ellisse che si sviluppava lungo il percorso dell'attuale Via di Porta Ticinese. Anche l'andamento locale dei corsi d'acqua rispetta abbastanza bene la parete settentrionale del profilo ellittico.

L'Analisi Armonica

Tutte le immagini da satellite dell'area urbana milanese oggetto del presente studio mostrano la traccia piuttosto evidente di un possibile profilo ellittico molto ben definito che potrebbe, come è avvenuto in molti casi precedentemente studiati, risalire all'epoca protostorica. Al fine di fare luce sulla questione è stata eseguita un'indagine topografica, geometrica ed archeoastronomica durante il già citato corso di Archeoastronomia applicando una serie di nuove e più efficaci tecniche di analisi basate sulla cosiddetta Analisi

Armonica eseguita impiegando le Serie di Fourier. Il punto di partenza sono state le immagini georettificate e georeferenziate ottenute da satellite le quali, dopo aver rimosso anche il contributo dannoso dovuto all'atmosfera della Terra, permettono di misurare con grande accuratezza le coordinate geografiche dei vari punti sul terreno da utilizzare per determinare i coefficienti della serie di Fourier, dai quali poi ricavare i parametri tipici dell'ellisse che approssima accuratamente le misure eseguite sulle immagini satellitari secondo un determinato criterio di ottimizzazione⁴. La posizione geografica del centro della

⁴ Il problema dell'individuazione del miglior criterio di ottimizzazione per determinare l'ellisse più probabile che si adatta alla morfologia di un sito archeologico individuato sul territorio non è un problema semplice e solleva importanti interrogativi dal punto di vista matematico e statistico. Infatti sul terreno una volta individuata la morfologia ellittica, le deviazioni tra l'andamento del profilo del manufatto e quello di un'ellisse teorica matematicamente stabilita non sono imputabili ad errori casuali indipendenti, ma a modifiche strutturali avvenute durante i secoli e i millenni. Usualmente si ha a che fare con un profilo ellittico definito da una serie di segmenti corrispondenti agli attuali confini dei terreni oppure al sistema viario, quindi le usuali tecniche di ottimizzazione del diretto profilo ellittico secondo il criterio dei Minimi Quadrati non forniscono più quella che dovrebbe essere l'ellisse più probabile. Sia l'analisi teorica che l'esperienza ha dimostrato che le tecniche di ottimizzazione che vanno sotto il nome di R.E.M. (*Robust Estimation Methods*) forniscono risultati di gran lunga migliori e soluzioni di maggior stabilità. Un ulteriore passo avanti è stato fatto applicando l'Analisi Armonica basata sull'impiego delle Serie di Fourier e questo è giustificato non solo dai vastissimi campi di applicazione attuale di questo tipo di analisi, sia in Matematica, Fisica, Ingegneria e altre scienze sia teoriche che sperimentali, ma anche dall'interessante proprietà che un qualsiasi profilo curvilineo, se espresso in termini di variazione del raggio vettore $r(Az)$, cioè la distanza dal centro in funzione dell'azimut astronomico Az , permette di trasformare il profilo curvilineo in una serie di sinusoidi le quali contengono l'informazione completa intorno a tale profilo. Nel caso generale la Serie di Fourier ha la seguente forma analitica:

$$r(Az) = a_0 + a_1 \cdot \cos(Az) + a_2 \cdot \cos(2 \cdot Az) + b_1 \cdot \sin(Az) + b_2 \cdot \sin(2 \cdot Az) + \dots$$

dove i coefficienti $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, \dots$ contengono l'informazione completa intorno alla morfologia curvilinea del sito studiato e l'angolo A_0 è l'azimut astronomico di orientazione dell'asse principale di essa. Nel caso di un profilo ellittico esiste un approccio matematico molto interessante poiché il punto di partenza è lo sviluppo in serie di Fourier, in termini rigorosi, direttamente dell'equazione polare dell'ellisse i cui semiassi sono a (il maggiore) e b (il minore):

$$r(Az) = a \cdot b / \sqrt{(b^2 \cdot \sin^2(Az) + a^2 \cdot \cos^2(Az))}$$

con l'origine nel suo centro e con gli angoli di Azimut astronomico Az contati positivi in senso orario dalla direzione nord del meridiano astronomico locale. Allora avremo:

$$r(Az) = a \cdot b / \sqrt{(b^2 \cdot \sin^2(Az) + a^2 \cdot \cos^2(Az))} = a_0 + a_1 \cdot \cos(Az) + a_2 \cdot \cos(2 \cdot Az) + b_1 \cdot \sin(Az) + b_2 \cdot \sin(2 \cdot Az) + \dots$$

dove:

$$a_0 = \frac{1}{2} \cdot (a+b) \quad ; \quad a_1 = 0 \quad ; \quad a_2 = \frac{1}{2} \cdot (a-b) \cdot \cos(2 \cdot A_0) \quad ; \quad b_1 = 0 \quad ; \quad b_2 = \frac{1}{2} \cdot (a-b) \cdot \sin(2 \cdot A_0)$$

si può dimostrare che una volta determinati sperimentalmente i coefficienti $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, \dots$ della serie di Fourier, si perviene facilmente alle misure dei semiassi a (maggiore) e b (minore) dell'ellisse con:

$$a = a_0 + \sqrt{(a_2^2 + b_2^2)}$$

$$b = a_0 - \sqrt{(a_2^2 + b_2^2)}$$

L'azimut astronomico ottimale A_0 di orientazione dell'asse maggiore dell'ellisse si ottiene con:

possibile ellisse che potrebbe approssimare il profilo curvilineo della struttura viaria locale, riferite all'ellissoide standard geocentrico WGS84, sono le seguenti:

Latitudine: 45° 27' 22",41 N

Longitudine: 9° 10' 50",69 E

La quota altimetrica è pari a 118 metri rispetto al profilo dell'ellissoide geocentrico WGS84.

La Geometria dell'ellisse di Porta Ticinese

Prendiamo in esame l'area di Porta Ticinese a Milano. Le immagini da satellite permettono di ottimizzare matematicamente i coefficienti della serie di Fourier più probabile e quindi parimenti il profilo dell'ellisse più probabile che meglio si adatta alla morfologia rilevata dalle immagini satellitari e parimenti ottimizzare le dimensioni degli assi, il loro rapporto e l'orientazione di tutta la struttura rispetto alle direzioni astronomiche fondamentali permettendo quindi l'esecuzione dell'indagine archeoastronomica.⁵ Il calcolo dei primi cinque coefficienti della serie di Fourier, utilizzando un insieme di 36 punti misurati sulle immagini, ha fornito i seguenti valori ottimali:

$$a_0 = 301.50 \text{ m} ; a_1 = 0 \text{ m} ; a_2 = 43.05 \text{ m} ; b_1 = 0 \text{ m} ; b_2 = 17.56 \text{ m}$$

I valori dei cinque coefficienti della serie di Fourier hanno messo in evidenza che, dal punto di vista geometrico, l'ellisse di Porta Ticinese a Milano è caratterizzata dall'aver le

$$A_0 = \frac{1}{2} \cdot \text{atan}(b_2/a_2)$$

e sarà quello utilizzato per la successiva analisi archeoastronomica. Dobbiamo ricordare che la funzione tangente avendo due rami paralleli distanziati tra loro di 180°, il puro utilizzo di $A_0 = \frac{1}{2} \cdot \text{atan}(b_2/a_2)$ implica un'incertezza sul corretto quadrante dell'azimut astronomico di orientazione A_0 . Il problema può essere facilmente risolto ricordando che:

$$A_0 = \frac{1}{2} \cdot \arccos(a_2 / \sqrt{a_2^2 + b_2^2})$$

e

$$A_0 = \frac{1}{2} \cdot \arcsin(b_2 / \sqrt{a_2^2 + b_2^2})$$

Le quali permettono di determinare il corretto quadrante di A_0 .

Uno dei vantaggi dell'uso della Serie di Fourier risiede nel fatto che gli effetti dell'angolo di *swath*, e quello delle altre distorsioni geometriche dell'immagine satellitare, sono confinati nei coefficienti di ordine dispari della serie di Fourier, cioè a_1, b_1, a_3, b_3 etc. che nel caso teorico sono tutti uguali a 0, mentre invece l'informazione in merito alla geometria ellittica sono confinati nelle frequenze di ordine pari, cioè a_0, a_2, b_2 .

⁵ Dal punto di vista geometrico un'ellisse è univocamente determinata da 5 parametri. Dal punto di vista dell'analisi archeoastronomica conviene utilizzare le coordinate X_0, Y_0 del centro, i due semiassi a e b e l'azimut di orientazione A_0 dell'asse maggiore rispetto alla direzione Y del sistema di coordinate misurato in senso orario. In questo modo l'ellisse è completamente definita e la sua ottimizzazione richiede la determinazione dei valori più probabili di questi 5 parametri, o in alternativa di 5 coefficienti della serie di Fourier.

lunghezze degli assi in proporzione pitagorica, infatti se “*a*” indica l’asse maggiore e “*b*” quello minore, si ottiene:

$$a = 348 \pm 1 \text{ metri} ; b = 255 \pm 1 \text{ metri}$$

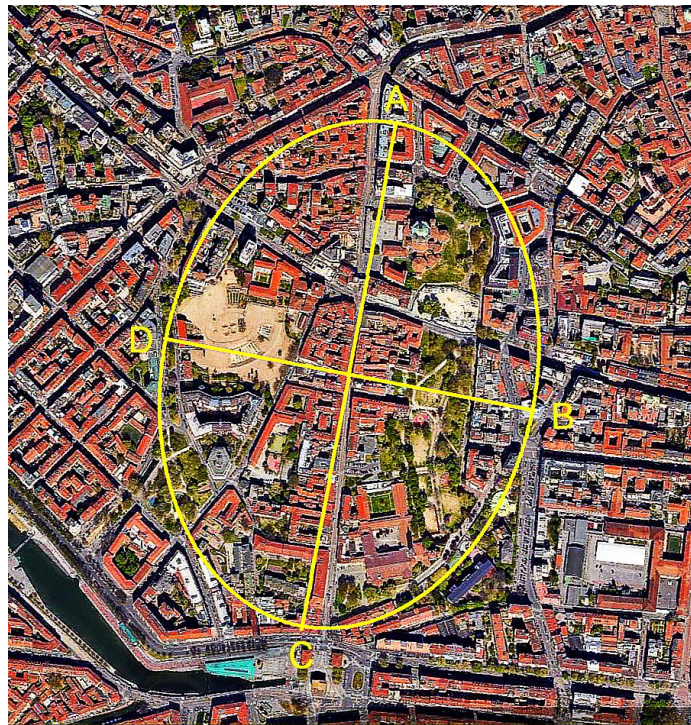
quindi il rapporto assiale vale:

$$a/b=1,36$$

In particolare, con ottima approssimazione si rilevano i seguenti rapporti pitagorici validi per ciascuno dei quattro settori in cui l’ellisse è divisa dai suoi due assi:

$$a/4 = b/3 = c/5 = 86 \pm 1 \text{ metri}$$

quindi il valore ottenuto deve essere un multiplo intero dell’unità di misura lineare *u* utilizzata dalla popolazione che realizzò il manufatto, che può essere calcolata. Qui abbiamo una sorpresa, infatti l’unità di misura lineare non è celtica bensì, con buona approssimazione, il *passus* romano (doppio) da 1.5 metri circa di lunghezza. Infatti, entro i margini di errore, l’asse maggiore dell’ellisse risulta essere 464 passi romani e quello minore 340 passi romani esatti. L’ellisse di Milano Porta Ticinese è quindi caratterizzata dall’aver gli assi in proporzione pitagorica allo stesso modo di quella del *Nemeton di Medelhanon*, e di numerosi altri siti celtici presenti sul territorio padano e del *Rath na Rioch* di Tara in Irlanda.



L’ellisse più probabile che approssima l’andamento della struttura ellittica di Porta Ticinese a Milano derivata dall’analisi armonica.

L'orientazione dell'ellisse di Porta Ticinese

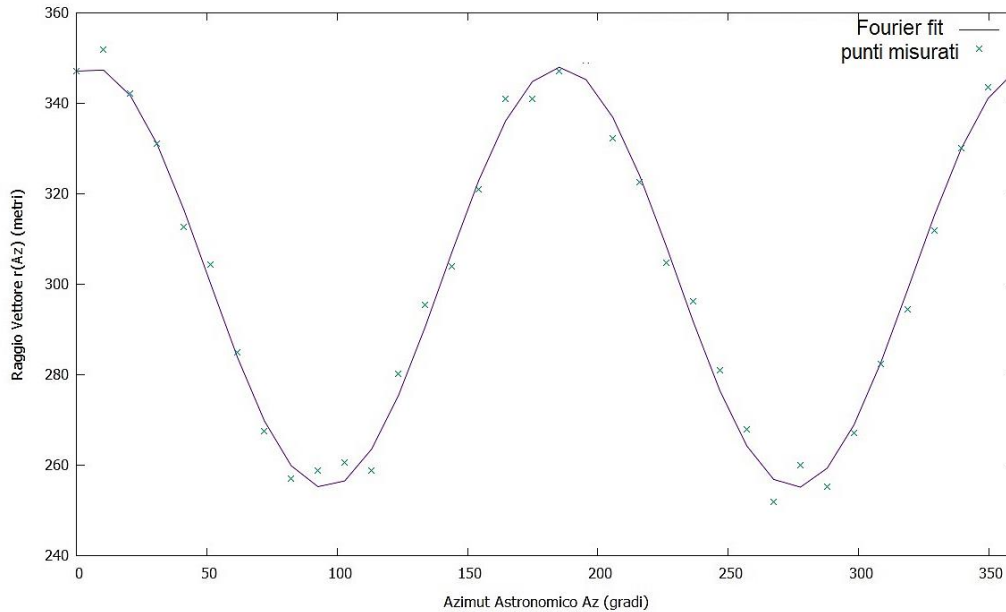
La morfologia ellittica del sito posto nell'area di Porta Ticinese a Milano è quindi stata riconosciuta e messa in evidenza, ma ci sono alcuni fatti degni di nota. Prima di tutto la sua esistenza potrebbe suggerire la presenza di un secondo *nemeton*, costruito alcuni secoli più recente di quello primigenio posto nell'area di Piazza della Scala che fu il primo ad essere riconosciuto come tale e studiato da chi scrive verso la fine degli anni '90 dello scorso secolo. Tra l'altro, come messo in evidenza precedentemente, al suo interno fu costruito, intorno ai primi secoli d.C. il grande anfiteatro. L'analisi di Fourier del profilo ellittico ha mostrato che l'azimut astronomico di orientazione dell'asse maggiore dell'ellisse che approssima l'area esaminata è pari a $11^{\circ}.1 \pm 0^{\circ}.2$ e $191^{\circ}.1 \pm 0^{\circ}.2$ nella direzione opposta. L'azimut astronomico dell'asse minore è pari $101^{\circ}.1 \pm 0^{\circ}.2$ in direzione est e $281^{\circ}.1 \pm 0^{\circ}.2$ in direzione ovest. Questi sono i valori da utilizzare per l'analisi arqueoastronomica, la quale potrebbe suggerire, nel caso dell'esistenza di alcuni allineamenti astronomici correlati con la struttura ellittica, la possibile genuinità del *nemeton*. In caso contrario, cioè se questa struttura fosse solo un artefatto dovuto al progressivo sviluppo urbanistico della città, con grande probabilità non dovrebbe essere astronomicamente orientata. I risultati dell'analisi arqueoastronomica potrebbero fare luce su questo fatto, ma sussiste un consistente problema che verrà descritto più oltre e che ha reso necessaria una nuova analisi ottenendo una seconda soluzione, molto più affidabile della prima e superando il problema, peraltro dovuto all'influenza di alcuni effetti peculiari dello sviluppo urbanistico, attraverso i secoli, dell'area interessata nella città di Milano.

Una seconda e miglior soluzione

L'asse viario principale, cioè il Corso di Porta Ticinese, sembra essere presente già durante i primi secoli, quindi potrebbe esistere la possibilità che fosse stato tracciato dai gromatici romani con l'idea di bisecare il possibile profilo ellittico preesistente. La successiva intensissima urbanizzazione dell'area potrebbe aver introdotto delle deformazioni nel profilo e quindi un certo margine di incertezza nelle misure che attualmente si possono eseguire sulle immagini da satellite. Cercando quindi di recuperare in qualche modo la quantità di informazione iniziale, e stata eseguita una seconda soluzione imponendo un valore fissato dell'azimut astronomico di orientazione A_0 dell'asse maggiore pari al valore di orientazione del Corso di Porta Ticinese rispetto al meridiano astronomico locale pari a $A_0 = 5^{\circ}.5$ misurato sulle immagini satellitari. A questo punto una nuova analisi armonica ha permesso di determinare 5 nuovi coefficienti di Fourier, i quali mostrano un maggior peso:

$$a_0 = 301.5 \text{ m} ; a_1 = 0 \text{ m} ; a_2 = 45.6 \text{ m} ; b_1 = 0 \text{ m} ; b_2 = 8.9 \text{ m}$$

si può notare che la nuova soluzione, caratterizzata da un grado di libertà in meno, sposta parte dell'informazione contenuta nell'armonica di coefficiente b_2 in quella di coefficiente a_2 . In questo modo questa seconda soluzione diviene consistentemente più affidabile rispetto alla precedente. Diminuendo i gradi di libertà diminuirà conseguentemente anche l'entropia della soluzione ottenuta.



Andamento della serie di Fourier (-) ottimizzata su 36 punti misurati (x) sulle immagini satellitari del profilo della struttura curvilinea di Milano Porta Ticinese (seconda soluzione ottimale). I risultati permettono di calcolare il semiassse maggiore dell'ellisse ottimale ($a=348$ metri) e quello minore ($b=255$ metri) e l'azimut astronomico A_0 di orientazione dell'ellisse pari a $5^\circ.5$.

Questi nuovi valori dei cinque coefficienti conducono, entro i ridotti margini di errore, ai medesimi valori dei semiassi dell'ellisse ottimizzati nella precedente soluzione e quindi anche al medesimo rapporto assiale (pitagorico). I valori dei cinque nuovi coefficienti della serie di Fourier hanno messo in evidenza che, dal punto di vista geometrico, l'ellisse di Porta Ticinese a Milano è caratterizzata dall'aver le lunghezze degli assi in proporzione pitagorica, infatti se "a" indica l'asse maggiore e "b" quello minore, si ottiene:

$$a = 348 \pm 1 \text{ metri} ; b = 255 \pm 1 \text{ metri}$$

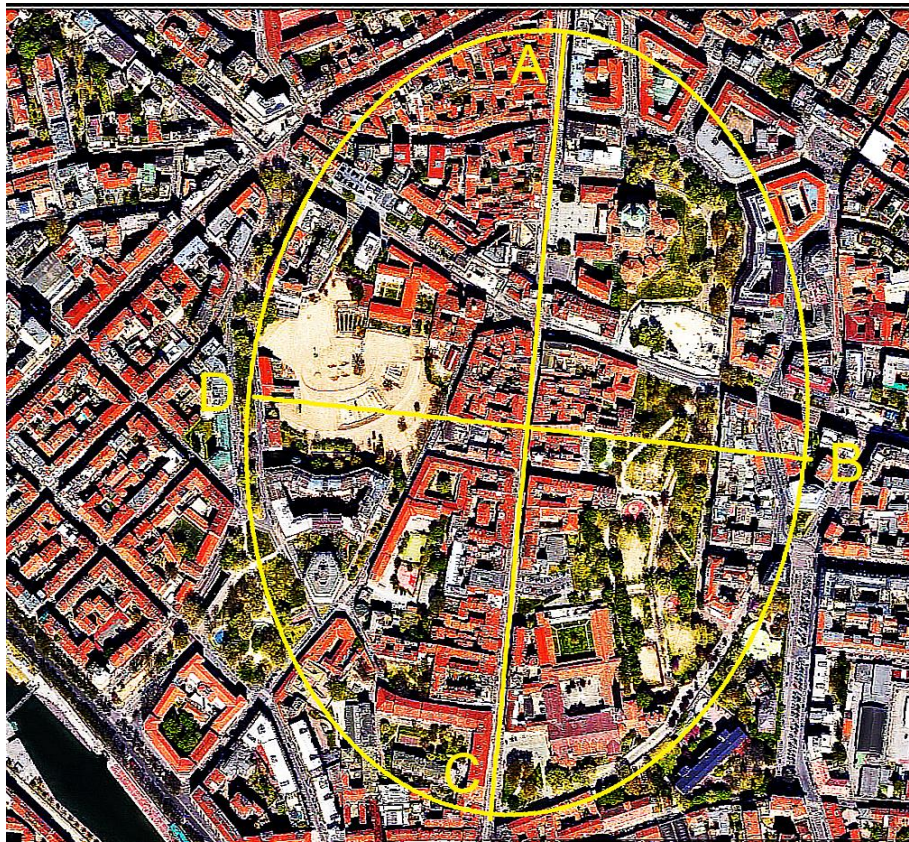
quindi il rapporto assiale vale nuovamente:

$$a/b=1,36$$

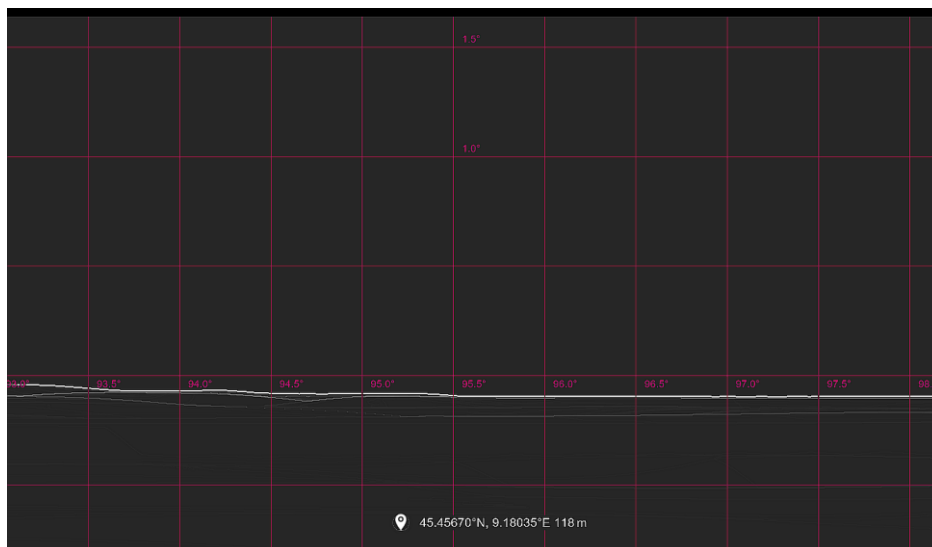
La nuova morfologia ellittica del sito posto nell'area di Porta Ticinese a Milano è quindi stata riconosciuta e messa definitivamente in evidenza, e risulta essere ruotata di circa 6° verso occidente.

La nuova analisi di Fourier del profilo ellittico ha mostrato che l'azimut astronomico di orientazione dell'asse maggiore dell'ellisse che approssima l'area esaminata è pari a $5^\circ.5 \pm 0^\circ.2$ e $185^\circ.5 \pm 0^\circ.2$ nella direzione opposta. L'azimut astronomico dell'asse minore è pari $95^\circ.5 \pm 0^\circ.2$ in direzione est e $275^\circ.5 \pm 0^\circ.2$ in direzione ovest. Questi sono i valori da utilizzare per una seconda analisi arqueoastronomica. Quello che appare chiaro dalla nuova soluzione è che il profilo dell'orizzonte naturale locale nella direzione definita dall'azimut

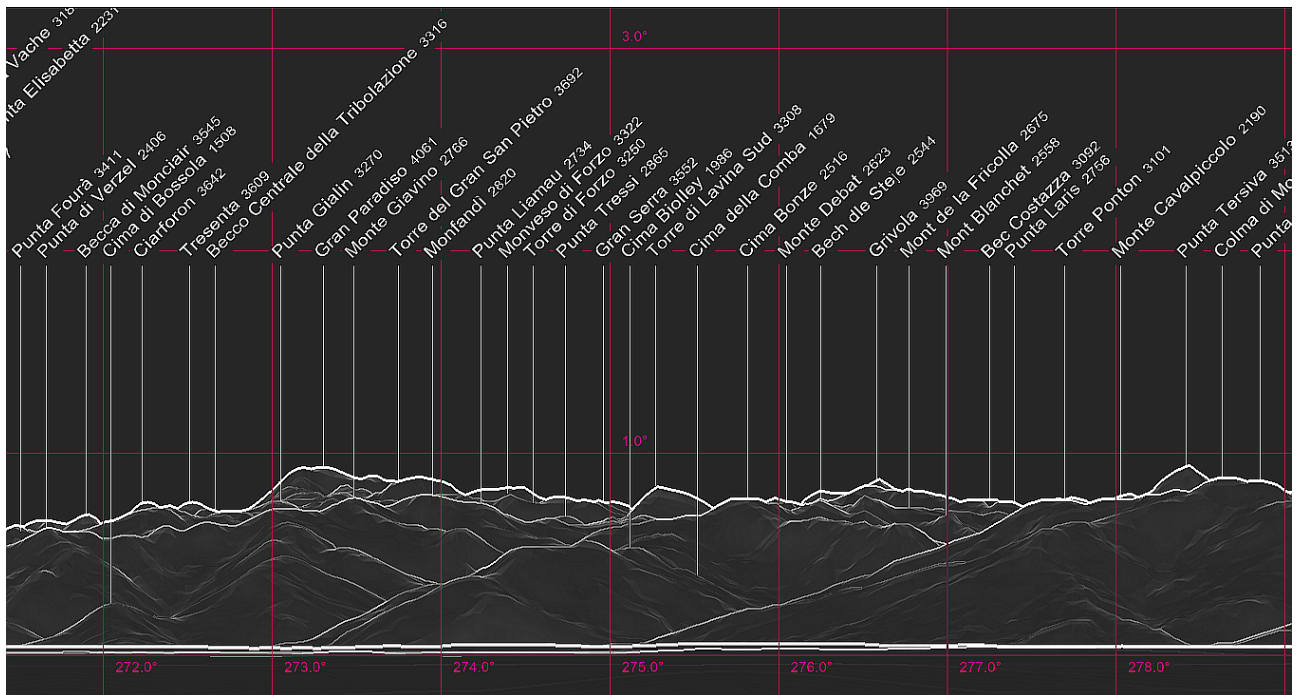
astronomico di orientazione dell'asse minore, pari a $95^{\circ}.5$, presenta una depressione di circa 1° dell'orizzonte naturale locale rispetto a quello astronomico.



Profilo dell'ellisse ottimale imponendo l'azimut astronomico di orientazione dell'asse maggiore $Ao = 5^{\circ}.5$ in accordo con lo sviluppo di Corso di Porta Ticinese.



Andamento del profilo dell'orizzonte naturale locale nella direzione compresa tra 93° e 98° di azimut astronomico, osservato dal centro geometrico dell'ellisse che descrive il *nemeton*. L'orizzonte naturale locale leggermente depresso rispetto a quello astronomico.

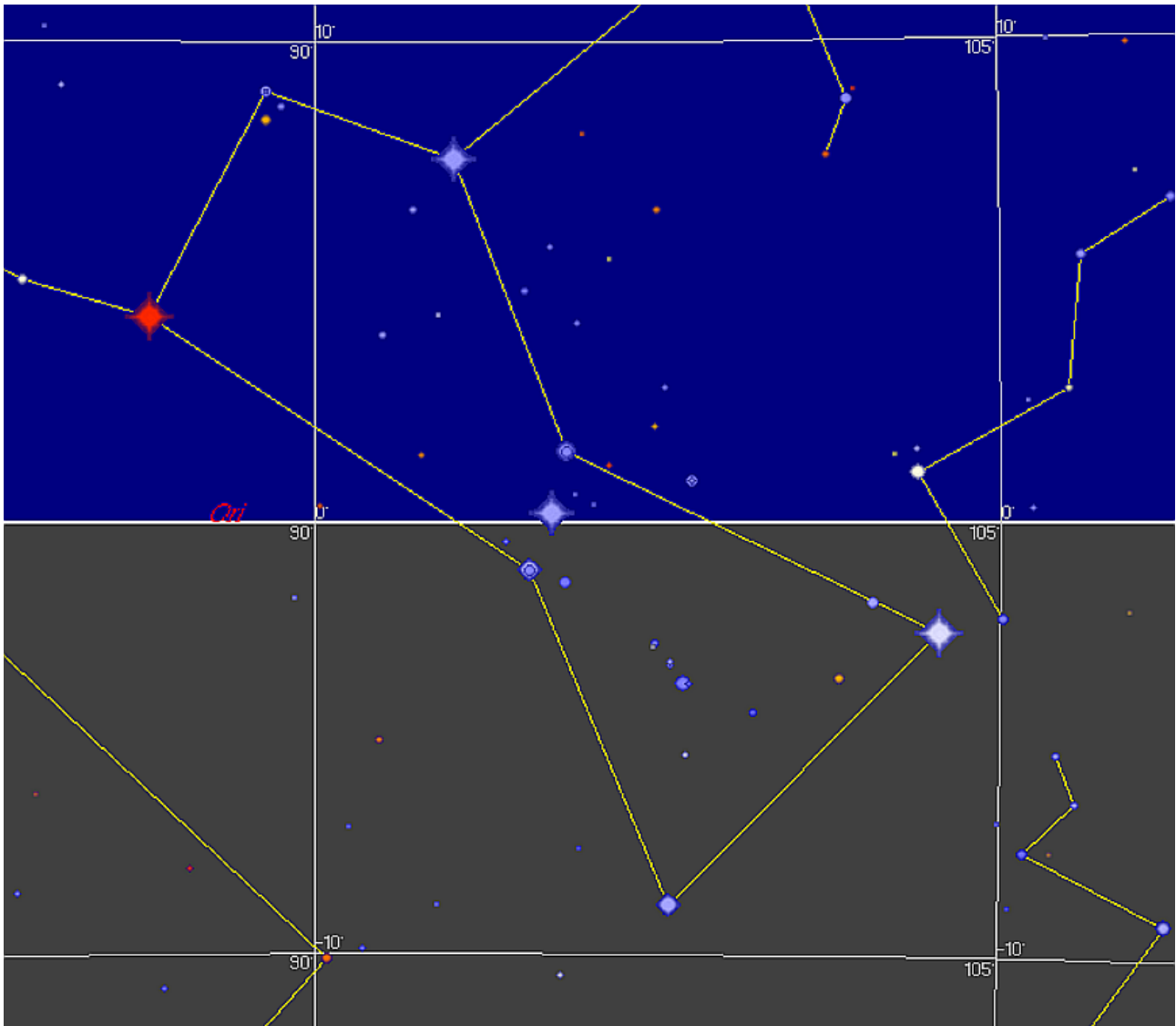


Andamento del profilo dell'orizzonte naturale locale occidentale nella direzione compresa tra 271° e 279° di azimut astronomico, osservato dal centro geometrico dell'ellisse che descrive il *nemeton*. In questa direzione l'orizzonte naturale locale è elevato di circa 1° rispetto a quello astronomico.

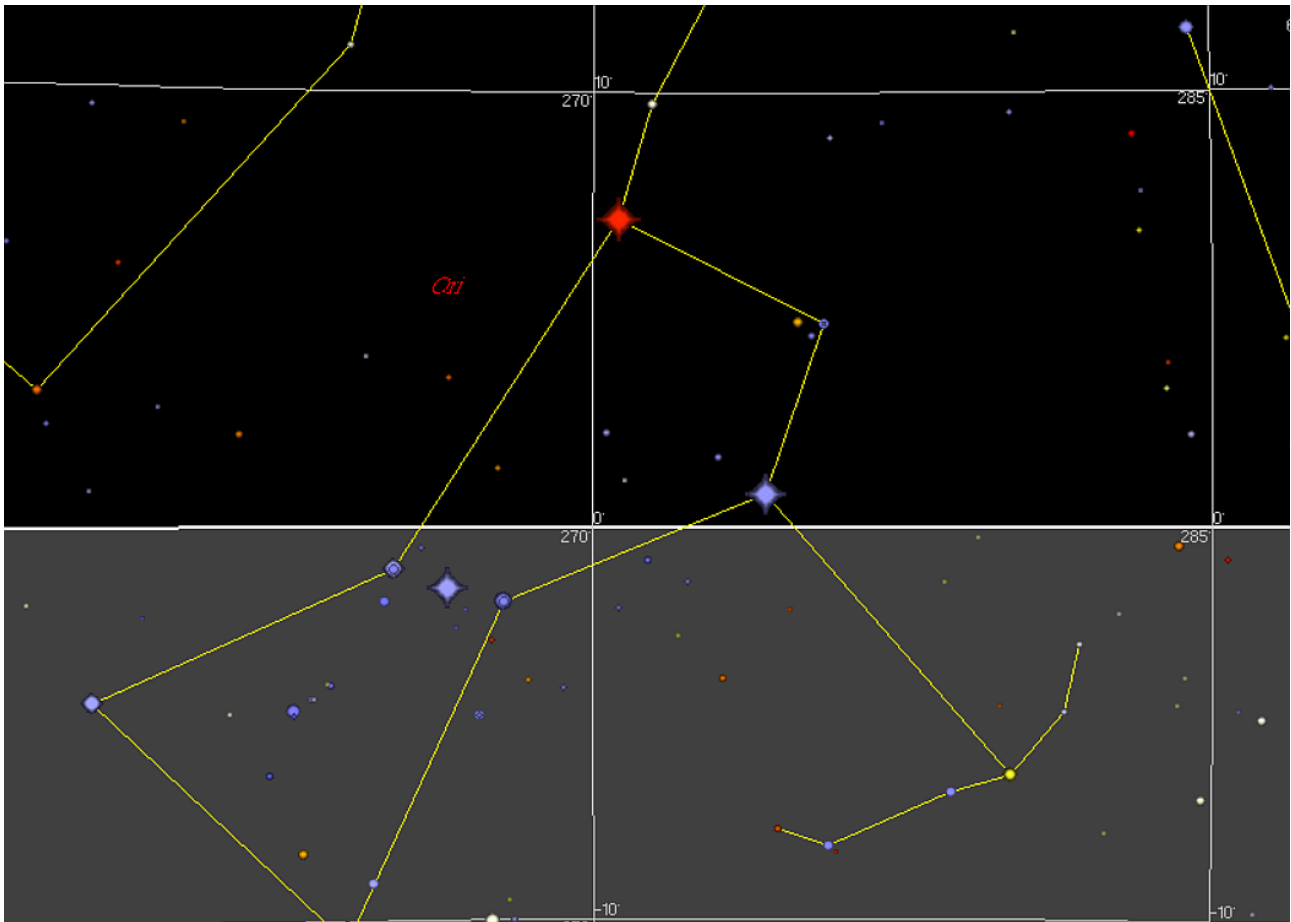
Analisi archeoastronomica

L'analisi dell'orientazione dell'ellisse ottimale ha mostrato in maniera inequivocabile che, entro i limiti di incertezza stabiliti dal processo di ottimizzazione, gli assi dell'ellisse di Porta Ticinese a Milano risultano allineati secondo alcune direzioni astronomicamente significative di tipo stellare. In particolare la direzione dell'asse minore, in entrambi i sensi, è astronomicamente allineata. L'asse minore risulta allineato nella direzione verso il punto dell'orizzonte naturale locale in cui era visibile il sorgere delle stelle della Cintura di Orione. L'analisi archeoastronomica sembrerebbe quindi confermare la genuinità del nuovo *nemeton*, però l'ellisse d'errore della prima soluzione, proiettata sulla Sfera Celeste, risultava piuttosto grande, quindi non costituiva una buona soluzione archeoastronomica poiché il suo livello di affidabilità non era tale da superare i test statistici di controllo. La seconda soluzione invece, quella con l'asse maggiore orientato in accordo con lo sviluppo viario del Corso di Porta Ticinese è molto migliore: praticamente perfetta. L'analisi dell'orientazione della nuova ellisse ottimale ha mostrato in maniera inequivocabile che, entro i limiti di incertezza stabiliti dal processo di ottimizzazione, l'ellisse di Porta Ticinese a Milano risulta astronomicamente orientata lungo una direzione astronomicamente significativa di tipo stellare in particolare l'asse minore risulta allineato con elevata precisione nella direzione verso il punto dell'orizzonte naturale locale in cui era visibile il sorgere delle stelle della Cintura di Orione durante i primi secoli a.C. Nella direzione occidentale è di nuovo la costellazione di Orione ad essere il target astronomico dell'asse minore dell'ellisse. In

particolare si verificava il tramonto della stella Bellatrix (γ Orionis) lungo il profilo del paesaggio locale visto dal centro geometrico dell'ellisse che descrive il nemeton.



Sorgere delle stelle della cintura di Orione lungo la direzione di Azimut astronomico $Az=95^{\circ}.5$, corrispondente alla linea ortogonale allo sviluppo viario di Corso di Porta Ticinese nella direzione orientale, durante i primi secoli A.D. In quella particolare direzione l'orizzonte naturale locale è leggermente depresso rispetto a quello astronomico e questo fa sì che l'accordo tra la direzione di orientazione e quella di sorgere delle stelle della Cintura di Orione sia pressoché perfetto.



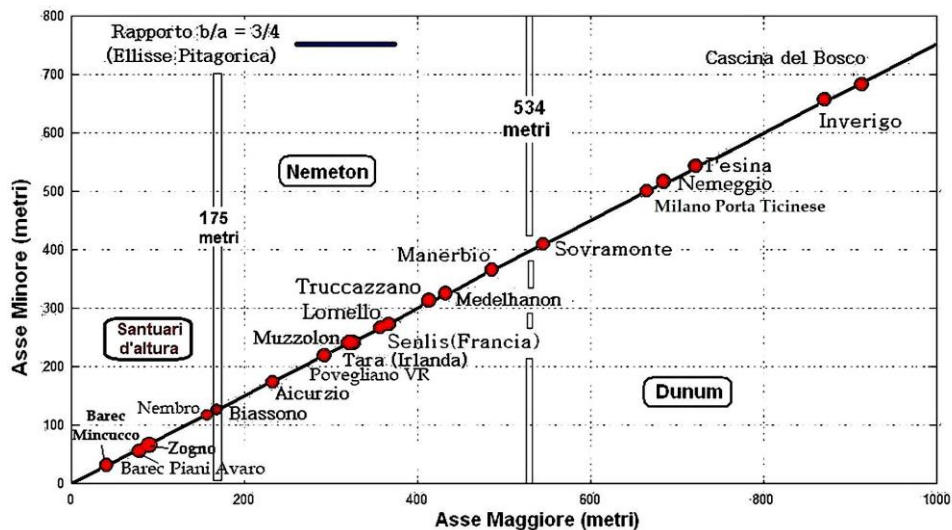
Tramonto di Bellatrix (γ Orionis) lungo la direzione di Azimut astronomico $Az=275^\circ.5$, corrispondente alla linea ortogonale allo sviluppo viario di Corso di Porta Ticinese nella direzione occidentale, durante i primi secoli A.D. In quella particolare direzione l'orizzonte è elevato di circa 1° rispetto a quello astronomico.

Confronto con altre strutture simili

Un'altra possibile valutazione della possibile genuinità di questo *nemeton* potrebbe venire anche dalla sua geometria. Infatti tutte i *nemeton* ellittici celtici fino ad ora individuati in Padania sono caratterizzati dall'essere descrivibili in termini di ellissi i cui assi sono in rapporto pitagorico tra loro, cioè la misura lineare dell'asse minore è molto vicina ad essere $\frac{3}{4}$ di quella dell'asse maggiore. Questo fatto ormai è ben noto e giustificato dalla facilità di tracciamento dell'ellisse pitagorica rispetto ad altre ellissi di rapporto assiale differente. Ebbene come già mostrato prima il rapporto assiale b/a è pari a 0.735 quando il valore teorico sarebbe pari a 0.733. Questo ci dice che la struttura ellittica di Porta Ticinese a Milano, attualmente visibile sulle immagini satellitari, deriverebbe da una precedente struttura ellittica pitagorica che si è poi modificata nel tempo a causa del progressivo sviluppo urbanistico, ma conservando una parte rilevante della sua informazione morfologica.

Dopo il criterio geometrico (struttura ellittica pitagorica), quello archeoastronomico (esistenza di linee astronomicamente significative), vediamo ora di prendere in esame un

terzo criterio, cioè quello metrico. Se confrontiamo le dimensioni lineari dell'ellisse ottimale che approssima il profilo curvilineo dell'area di Porta Ticinese a Milano ci accorgiamo che nel diagramma il suo punto rappresentativo si posizione nell'area relativa ai grandi *nemeton* i quali potrebbero anche essere classificati come *dunum*. E trova strettissime similitudini con i *nemeton* di Nemeggio (BL) e Pesina (VR), in area veneta. Il sito milanese in esame supera anche questo terzo criterio classificandosi come una probabile importante struttura protostorica di origine celtica.



Confronto tra le dimensioni dei *nemeton* ellittici dotati di geometria pitagorica fino ad ora studiati. La linea obliqua rappresenta il rapporto pitagorico tra gli assi dell'ellisse ($b/a=0.75$).

Livello di significatività dei risultati ottenuti

A questo punto rimane da affrontare rigorosamente la questione più importante e cioè se la struttura curvilinea riconosciuta nell'area di Porta Ticinese a Milano costituisce un secondo sito archeologico (sacro o no) di matrice celtica. Durante la presente analisi abbiamo cercato di mettere a punto tre possibili criteri decisionali: quello geometrico, quello archeoastronomico e quello metrico. Adottando un approccio cosiddetto di "Massima Entropia"⁶ abbiamo che ciascuno di questi criteri, in linea di principio, può essere soddisfatto o meno, con un livello di probabilità del 50% (approccio massimamente conservativo), quindi utilizzando questo tipo di approccio possiamo stabilire una valutazione della probabilità P_0 che il sito possa essere stato un *nemeton* celtico nel seguente modo:

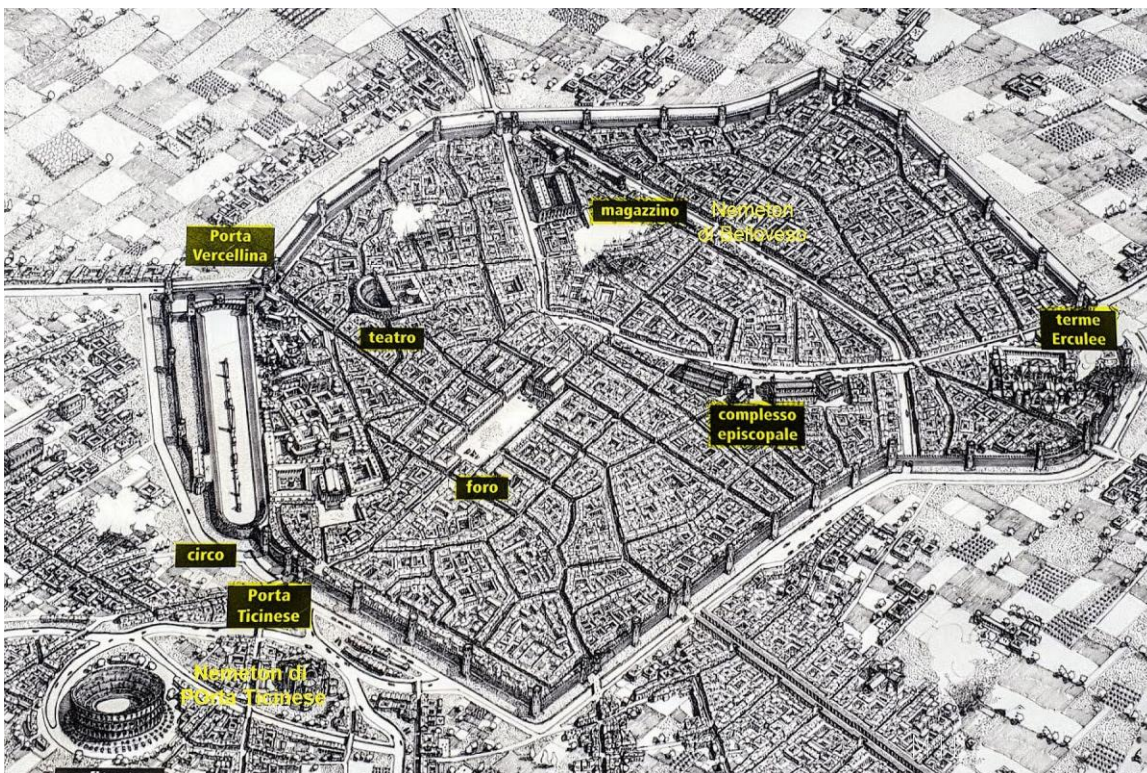
$$P_0 = (1 - 1/2^n)$$

⁶ Il criterio cosiddetto "di Massima Entropia", prevede che si debba assumere valida la minima quantità di informazione pre-requisita nelle ipotesi di lavoro che si adottano durante l'analisi di un fenomeno scientifico.

Dove n è il numero di criteri indipendenti che vengono soddisfatti, ciascuno dei quali ha il 50% di probabilità di esserlo. Utilizzando i tre criteri descritti si ottiene una probabilità P_0 pari a 0.875, quindi abbiamo il 87.5% che il sito di Porta Ticinese a Milano possa essere stato un *nemeton* celtico riutilizzato in epoca romana quale area di sviluppo urbanistico.

Conclusione

In questa sede è stata presa in esame la struttura ellittica, molto evidente dalle immagini da satellite riprese dallo spazio, compresa nell'abitato di Milano e corrispondente alla zona di Porta Ticinese. Questa interessante struttura curvilinea che avrebbe potuto corrispondere ad un possibile altro *nemeton* ellittico, più recente rispetto a quello classico ormai ben noto, che la tradizione farebbe risalire ai Druidi di Belloveso (VI sec. a.C.), fu suggerita da Luca Padovan nel suo volume del 2014. La reale natura della struttura curvilinea, ancora ben evidente sulle immagini satellitari della città di Milano, non era mai stata indagata fino ad ora. Tale struttura si trovava, nei primi secoli A.D. al di fuori delle mura della Milano romana.



I due *nemeton* di Milano. A nord quello cosiddetto di Belloveso, dalla sua leggenda di fondazione, e a sud quello di *Porta Ticinensis*, molto più recente.

Lo sviluppo di nuove tecniche di analisi basate sull'analisi armonica eseguita mediante l'applicazione delle serie di Fourier ha permesso di fare luce sull'intrigante situazione dimostrando che con un livello di probabilità del 87.5% tale struttura corrisponderebbe a quello che resta di un secondo *nemeton*, peraltro più tardo, presente nella Milano protostorica e romana. Anche questo probabile nuovo *nemeton* è risultato essere descritto da un'ellisse pitagorica astronomicamente orientata lungo alcune linee stellari, durante la più

recente metà del I millennio A.D. L'area presa in esame ospita due basiliche: la Basilica di San Lorenzo Maggiore, con le Colonne di San Lorenzo, e quella di Sant'Eustorgio. La struttura ellittica rilevata ospita attualmente anche i resti archeologici del grande anfiteatro romano, che costituiscono il PAN (*Parco Amphitheatrum Naturae*), l'analisi del quale, sempre eseguibile mediante le tecniche di Fourier, grazie alla loro grande generalità e flessibilità, sarà il soggetto di un prossimo articolo.

Bibliografia

- [1] Padovan G., 2014, "**Milano Celta: le tre fortezze**", Collana Archteitura, Lo Scareabeo Editrice, Milano, 2014.
- [2] Cernuti S., Gaspani A., 2006, "**INTRODUZIONE ALL'ARCHEOASTRONOMIA: NUOVE TECNICHE DI ANALISI DEI DATI**", Atti della Fondazione Giorgio Ronchi, vol. LXXXIX, 190 pp. Edizioni Tassinari, Firenze, 2006.
- [3] Gaspani A., 2009 "**GLI INSUBRI: Astronomia e Simbolismo Cosmico delle Popolazioni Celtiche che Fondarono Milano**", Edizioni Keltia, Aosta, 2009.
- [4] Gaspani A., 2006, "*TARA: L'antica residenza dei re d'Irlanda, Aspetti di astronomia e geometria sacra antiche irlandesi*", Rivista Italiana di Archeoastronomia, vol. IV, 2006, pag. 81 - 108.
- [5] Gaspani A., 2022, "*Tara. l'Antica Residenza dei Re d'Irlanda: Aspetti di Astronomia e Geometria Sacra antiche Irlandesi* ", ATRIUM, Studi Metafisici e Umanistici, Anno XXIV, No.3, Associazione Culturale "Cenacolo Pitagorico Adytum", Lavarone (TN), pag. 7-38, 2022.
- [6] Gaspani A., 2013, "**AN NEMGNACHT, L'IDEA DEL CIELO E DEL COSMO NELL'ANTICA IRLANDA**", Collana Paganitas, Ed. Associazione Culturale Fonte di Connla, Ivrea (TO), 2013, ISBN 978-88-98411-17-7.
- [7] Gaspani A., 2019, "**II CIELO DELL'ANTICA IRLANDA. Simbolismo Cosmico nella Mitologia Epica e nelle Leggende**", Collana Antiche Querce, Keltia Editrice, Aosta, 2019. ISBN 978-88-7392-089-6.
- [8] A. Gaspani, S. Cernuti, 1997, "**L'ASTRONOMIA DEI CELTI, Stelle e Misura del Tempo tra i Druidi**", Ed. Keltia (Aosta).
- [9] Kelly F., 2000, "**EARLY IRISH FARMING**", School of Celtic Studies, Dublin Institute for Advanced Studies, Dublin.