

ANALISI DELLE RETI E ARCHEOLOGIA: IL CASO STUDIO DELLA GALILEA

1. INTRODUZIONE

Nell'area del Levante meridionale, la piccola regione della Galilea ha sempre costituito un caso di studio particolare, dovuto in buona parte al fatto che il territorio si trovò ad essere fondamentale nello sviluppo di due importanti religioni monoteiste quali il giudaismo e il cristianesimo. In effetti, dopo la rivolta di Bar Kokhba del 132-135 d.C. e l'istituzione della colonia di *Aelia Capitolina* sul sito di Gerusalemme, il sinedrio di Gerusalemme si trasferì in Galilea e le scuole rabbiniche di Sepphoris e Tiberiade divennero centri fondamentali per la creazione di alcuni dei testi più importanti della religione ebraica, come la Mishnà e il Talmud palestinese. D'altro canto, la vita e le opere di Gesù Cristo, svoltesi per la maggior parte proprio nei villaggi della Galilea e fulcro della religione cristiana, attirarono in questa regione pellegrini e successivamente studiosi delle origini della cristianità.

Tale peculiarità ha trovato riscontro in un considerevole numero di studi dedicati alla storia della Galilea (Fig. 1), accompagnato da differenti e spesso contrastanti ipotesi sulla natura etnica e religiosa, ma anche sulla condizione economica degli abitanti della regione durante il periodo a cavallo tra la dominazione dei sovrani ellenistici (Tolomei prima, Seleucidi poi) e quella romana. Gli abitanti della Galilea sono stati considerati sia discendenti degli Israeliti che popolazione alloctona; c'è stato chi ha pensato che conservassero una religione vicina alla tradizione giudaica e chi vi ha visto chiare tracce della religione ellenistica; alcuni poi hanno individuato qui una forte presenza di nazionalisti zeloti, mentre per altri la Galilea fu sostanzialmente remissiva nei confronti dei vari dominatori succedutisi nei secoli (per il dibattito sulla Galilea, cfr. in particolare REED 2002, 8-9, con bibliografia precedente).

Sebbene il dibattito sia ancora aperto, la tesi più condivisa attualmente è che gli abitanti della regione, in particolare dell'area meridionale definita Bassa Galilea, fossero prevalentemente giudei tra I secolo a.C. e I secolo d.C. Questa tesi pare essere comprovata dalla presenza di alcune evidenze archeologiche che hanno spinto gli studiosi a pensare che esse possano essere legate alle peculiari pratiche religiose giudaiche. In effetti, è stato proprio lo sviluppo delle conoscenze archeologiche dei siti della Galilea a incrementare gli studi sull'area. In particolare, sono state individuate alcune pratiche nell'uso di determinati manufatti e strutture, come i bagni intonacati ai quali si accedeva attraverso alcuni gradini, collegabili alla purificazione rituale dallo stato di impurità in cui poteva cadere il corpo umano a contatto con malattie

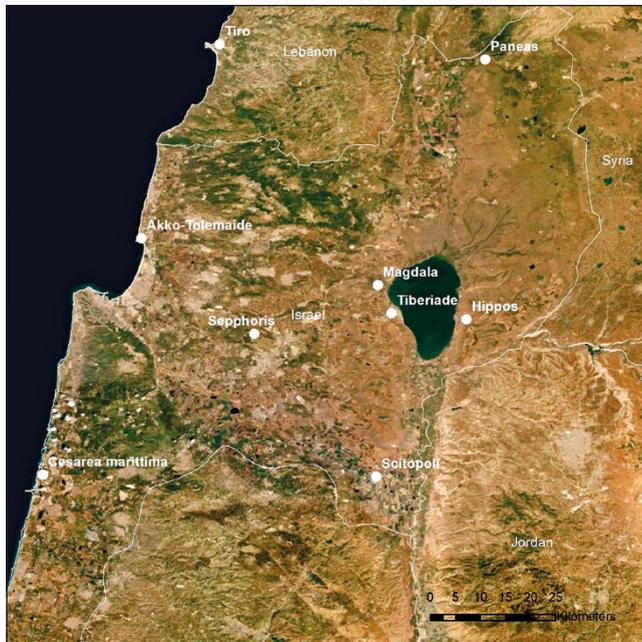


Fig. 1 – Mappa dei maggiori siti citati nel testo.

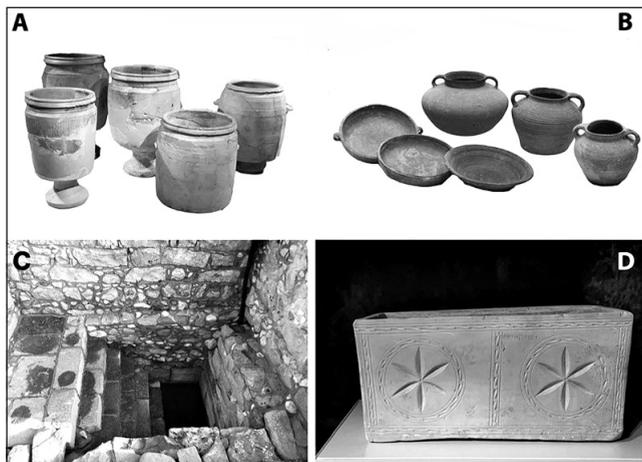


Fig. 2 – Immagine dei reperti assimilati alle pratiche di purità giudaiche: A) *chalkstone vessels*; B) ceramica di Kefar Hananya (da ADAN-BAYEWITZ, WIEDER 1992, fig. 3); C) un *mikveh*, ovvero un bagno rituale, da Migdal (Magdala); D) ossuario di Giuda, Israel National Museum.

e conosciuti col termine *mikva'ot*, gli ossuari e il vasellame da cucina a distribuzione regionale (la cd. “ceramica di Kefar Hananya”; ADAN-BAYEWITZ 1993) (Fig. 2).

Questi elementi, che presi singolarmente paiono significare poco nell'economia dell'interpretazione archeologica, possono invece dare prova della esistenza di una vera e propria prassi, definita da alcuni studiosi “giudaismo domestico” (BERLIN 2005). Essi caratterizzano vari territori, non solo la Galilea, ma anche le aree del Golan e la regione della Giudea vera e propria. Tali regioni, dunque, risulterebbero collegabili non solo per le pratiche religiose, ma anche per la loro cultura in generale. Ovviamente, non esiste una diretta equazione tra cultura materiale e pratiche sociali o religiose e si commetterebbe un errore nel pensare che la presenza di un determinato manufatto possa significare indiscutibilmente che la persona che ne faceva uso ne conoscesse la finalità primaria e non ne avesse invece modificato il significato o la pratica. Tuttavia, pare quantomeno verosimile considerare che la compresenza di alcuni di questi manufatti negli stessi siti possa avere una certa valenza.

Tra le evidenze analizzate, ne abbiamo quindi prese in considerazione alcune legate alle pratiche di purificazione giudaiche, in particolare i *mikva'ot*, su cui ci siamo già soffermati, e diversi tipi di vasi in gesso (di solito definiti semplicemente come *chalkstone vessels*) che sono stati associati alle pratiche di purezza ebraiche, soprattutto in relazione ai testi rabbinici che li ritenevano ottimali allo scopo, a differenza dei vasi di metallo o vetro.

Un'altra pratica molto diffusa nell'area di Gerusalemme tra il I secolo a.C. e il I secolo d.C., e successivamente diffusasi anche in Galilea, era quella di conservare i resti dei defunti in ossuari. Gli Ebrei erano soliti seppellire i morti in nicchie o arcosoli, ma in una seconda fase le ossa venivano raccolte e conservate in piccoli ossuari di gesso, a volte decorati. Questa pratica conobbe una riduzione di utilizzo dopo la distruzione del Tempio di Gerusalemme nel 70 d.C. da parte di Tito, sebbene rimase piuttosto diffusa soprattutto nel nord, in Galilea, dove sono stati ritrovati ossuari del III secolo d.C. (RAHMANI 1994, 23-25).

Considerando che per individuare eventuali collegamenti tra i siti sono stati presi in esame reperti di diversa natura (nello specifico, monete, *mikva'ot*, *chalkstone vessels* e ossuari), in questo lavoro preliminare abbiamo utilizzato come metodologia di riferimento l'analisi delle reti multiplex (*multiplex network analysis*; KIVELÄ *et al.* 2014), così come sperimentato da BRUGHMANS (2013) e in linea con la tendenza recente di utilizzare metodi statistici sofisticati per l'analisi di dati archeologici, quali ad esempio le reti neurali (RAMAZZOTTI 2014 e, da ultimo, RAMAZZOTTI 2018, con bibliografia precedente). Il metodo delle reti multiplex consente di modellare numerosi sistemi complessi fisici e sociali che caratterizzano il mondo reale come un insieme di unità elementari (dette nodi o vertici, secondo la terminologia classica dell'analisi delle

reti) connesse tra loro da diversi legami di differente natura (BRÓDKA *et al.* 2018). Questi sistemi, infatti, sono ben descritti in termini di rete multiplex, dove i legami tra le unità presenti in ogni livello (o strato) rappresentano diversi tipi di interazioni esistenti all'interno dello stesso insieme di soggetti considerato su livelli differenti. Pertanto, piuttosto che analizzare le relazioni tra tutti i nodi in termini di rete classica (cioè una rete con un solo livello, definita anche *monoplex network*), viene tenuto conto del fatto che i legami possano assumere connotazioni differenti, anche nello stesso insieme di nodi (BERLINGERIO *et al.* 2013).

Il fatto che nelle reti multiplex sia lo stesso insieme di nodi ad essere collegato da diversi tipi di legami – i quali, tra l'altro, rappresentano l'elemento fondamentale che permette di definire i differenti livelli considerati nella rete – consente di caratterizzarle rispetto al più comune *multilayer network*, tanto che le reti multiplex ne vengono considerate un caso particolare. Nello studio qui proposto, l'insieme di nodi è rappresentato dai siti individuati nell'area presa in esame, mentre i livelli della rete sono due: uno costituito dalle monete (indicate con il nome della città nella quale sono state coniate) e il secondo dagli altri reperti considerati, cioè i *mikva'ot*, i *chalkstone vessels* e gli ossuari.

Per quanto riguarda le reti multiplex, negli ultimi decenni sono stati elaborati diversi metodi per la trattazione e lo studio di tali sistemi complessi, al fine di indagarne e descriverne la struttura e la dinamicità dal punto di vista dell'analisi delle reti. Uno dei modi di procedere più semplici è quello di considerare la rete derivante da tali strutture come la rete risultante dall'aggregazione di tutti i legami osservati tra un certo insieme di unità elementari della rete (ottenendo così quella che viene definita *flattened network*: KANAWATI 2015). Nonostante ciò, questo tipo di rappresentazione aggregata conduce in genere alla perdita di informazioni rilevanti riguardo la struttura e la funzione originale del sistema, dal momento che non consente di tenere conto del fatto che in molti casi i costituenti di base di quest'ultimo possano essere connessi tra loro mediante una varietà di relazioni con differente rilevanza e significato (KURANT, THIRAN 2006).

Una descrizione più accurata di tali sistemi di relazioni può quindi essere effettuata in termini di *multiplex network* (BATTISTON, NICOSIA, LATORA 2014). Negli ultimi anni sono stati proposti numerosi contributi volti all'elaborazione e alla definizione di una formalizzazione matematica per questa tipologia di reti (DE DOMENICO *et al.* 2013). A tal riguardo una serie di misure è stata predisposta, prevalentemente estendendo quelle già realizzate per le reti classiche, al fine di delineare le caratteristiche delle proprietà strutturali delle reti multiplex. Tra queste, possiamo qui annoverare il grado dei nodi; la possibile esistenza di legami tra una stessa coppia di nodi in più livelli della struttura multiplex; le misure di centralità, quali la *betweenness centrality*

(BATTISTON, NICOSIA, LATORA 2014). Importanti, poi, sono anche tutte le misure utilizzate per identificare quelle caratteristiche specifiche che si esplicano solo nel caso delle reti multiplex, quali il coefficiente di partecipazione e le misure di clustering (BATTISTON, NICOSIA, LATORA 2014).

Considerate tali premesse, è possibile ora esplicitare le domande e gli interessi che hanno condotto alla realizzazione di questo lavoro e che possono essere riassunti nei punti seguenti:

- 1) utilizzare i metodi statistici, in linea con il dibattito sull'applicazione dell'analisi delle reti nel campo dell'archeologia come metodo per gestire differenti tipologie di dati;
- 2) ricostruire le connessioni tra gli insediamenti ebraici in Galilea sulla base di prove consistenti;
- 3) verificare la presenza degli Ebrei in altri insediamenti rispetto a quelli conosciuti all'interno dell'area considerata.

2. METODOLOGIA

Le considerazioni effettuate nel paragrafo precedente consentono di affermare che gli elementi presi in esame costituiscono un sistema complesso, che comprende differenti tipologie di legami tra le unità di base che lo compongono (ovvero un sistema composto da siti differenti) e due principali tipologie di artefatti che connettono tali siti tra loro (e che definiscono i due strati della rete, ovvero le monete e gli altri reperti, cioè *mikva'ot*, *chalkstone vessels* e ossuari). Quando risulta possibile distinguere la natura di questi legami, un approccio efficace per descrivere il sistema preso in considerazione consiste nel raggruppare in un'unica struttura le relazioni dello stesso tipo presenti nei differenti livelli. Questo è il punto di partenza per l'analisi delle reti multiplex (KANAWATI 2015; BRÓDKA *et al.* 2018).

Da un punto di vista più formale, supponiamo di avere un sistema composto da N nodi e M livelli, dove in ogni livello della struttura i legami risultano essere non pesati e indiretti. Possiamo associare ad ogni livello α (con $\alpha = 1, 2, \dots, M$) una matrice di adiacenza $A^{[\alpha]} = \{a_{ij}^{[\alpha]}\}$, dove $a_{ij}^{[\alpha]} = 1$ se il nodo i e il nodo j sono connessi tra loro mediante un legame di qualsiasi tipo sul livello α , così che ognuno degli M livelli risulta essere pari ad una classica rete non pesata. Un sistema multiplex così definito è completamente specificato dal vettore delle matrici di adiacenza degli M livelli, indicato come $\mathbf{A} = \{A^{[1]}, A^{[2]}, \dots, A^{[M]}\}$.

Definiamo il grado di un nodo i su un dato livello come $k_i^{[\alpha]} = \sum_j a_{ij}^{[\alpha]}$, con $0 \leq k_i^{[\alpha]} \leq N - 1 \forall_i, \forall_\alpha$. Di conseguenza, il grado di un nodo i in una rete multiplex è rappresentato dal vettore $\mathbf{k}_i = (k_i^{[1]}, k_i^{[2]}, \dots, k_i^{[M]})$, con $i = 1, 2, \dots, M$. Seguendo la notazione tipicamente utilizzata nel caso delle reti classiche, utilizziamo le lettere minuscole per indicare le caratteristiche dei nodi e le

lettere maiuscole per indicare le proprietà ottenute mediante la somma sui nodi o i legami, sia al livello del singolo strato che a livello dell'intero sistema.

Le variabili vettoriali \mathbf{A} e \mathbf{k}_i sono necessarie per immagazzinare in maniera appropriata tutta la ricchezza (informativa) contenuta nelle reti multiplex (BATTISTON, NICOSIA, LATORA 2014). A questo punto, risulta utile definire e formalizzare le matrici di adiacenza aggregate (nelle quali non viene però considerato il fatto che i legami appartengono a strati differenti) utilizzate nell'analisi per fini comparativi:

– *Aggregated topological adjacency matrix* $\mathcal{A} = \{a_{ij}\}$, dove:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se } \exists \alpha : a_{ij}^{[\alpha]} = 1 \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases}$$

Questa è la matrice di adiacenza della rete non pesata ottenuta dalla struttura multilivello considerando tutte le coppie di nodi i e j connessi in almeno uno dei livelli della rete multiplex e trascurando sia la natura che la possibile esistenza di legami tra quella coppia di nodi anche su livelli differenti. Si ottiene così una matrice binaria che indica solo se due nodi sono connessi o meno tra loro in almeno uno dei livelli della rete. In questo tipo di matrice il grado del nodo i viene calcolato come marginale di riga, ovvero come $k_i = \sum_j a_{ij}$ (BATTISTON, NICOSIA, LATORA 2014; KANAWATI 2015). La matrice descrive una rete binaria ad un livello che può essere studiata utilizzando l'insieme di misure ormai ampiamente descritte ed utilizzate nel caso delle reti classiche ad un livello.

– *Aggregated overlapping adjacency matrix* $\mathcal{O} = \{o_{ij}\}$. L'introduzione di questa matrice si rende necessaria per superare il limite maggiore dell'*aggregated topological adjacency matrix*, ovvero che questa matrice non tiene in considerazione che in una rete multiplex la stessa coppia di nodi può essere connessa da legami di differente natura. A tale scopo, viene introdotto l'*edge overlap*, cioè la sovrapposizione del legame tra due nodi i - j in due livelli α e α' , definito, nel caso in cui si considerino solo due livelli, come:

$$o_{ij}^{[\alpha, \alpha']} = a_{ij}^{[\alpha]} + a_{ij}^{[\alpha']}$$

Estendendo la definizione al caso in cui si considerino tutti i livelli si ha $o_{ij} = \sum_{\alpha} a_{ij}^{[\alpha]}$, con $0 \leq o_{ij} \leq M \forall i, j$. Anche in questo caso, il grado del nodo i viene calcolato come marginale di riga della matrice considerata. La matrice \mathcal{O} non risulta essere differente dalla classica matrice di adiacenza pesata derivante da una rete ad un livello (BATTISTON, NICOSIA, LATORA 2014).

Queste matrici aggregate e le corrispondenti misure, definite su di esse e utilizzate allo scopo di provare ad analizzare la struttura multilivello considerata, hanno un potenziale limitato e spesso falliscono nell'individuare e

descrivere le caratteristiche chiave della struttura della rete multiplex. Infatti, sebbene con la matrice \mathcal{O} si superino le difficoltà relative all'identificazione della presenza di più legami fra coppie di nodi presenti in livelli differenti (limite della matrice \mathcal{A} , come esposto in precedenza), nulla comunque si sa riguardo la natura di questi legami (informazione che viene invece conservata nella variabile vettoriale \mathbf{A}) che di solito rende la matrice incapace di individuare le caratteristiche principali di un sistema con struttura multiplex.

Altre misure utilizzate solitamente per descrivere le caratteristiche dei livelli di una struttura multiplex e utilizzate nell'ambito di questo lavoro sono:

– Il coefficiente di partecipazione (*participation coefficient* P_i), definito come:

$$P_i = \frac{M}{M-1} \left[1 - \sum_{\alpha=1}^M \left(\frac{k_i^{[\alpha]}}{o_i} \right)^2 \right]$$

è una misura utilizzata per quantificare la partecipazione di un nodo alle differenti comunità della rete. In altre parole, questa misura viene impiegata per determinare la ricchezza dei pattern di correlazione tra i livelli, permettendo così di verificare quanto ogni nodo sia importante all'interno di ogni livello. Difatti, potrebbe verificarsi che un nodo identificato come centrale in uno strato non lo sia (o addirittura sia un nodo isolato) in un altro livello. Il coefficiente di partecipazione, pertanto, rappresenta una quantità utilizzata per descrivere la distribuzione dei gradi dei nodi nei vari livelli, cosa che non è possibile evincere tramite nessuna delle matrici aggregate di adiacenza considerate, neanche l'*aggregated overlapping adjacency matrix*. Il coefficiente di partecipazione risulta essere uguale a 0 quando tutti i legami di un nodo sono presenti in un unico strato della rete, mentre è uguale a 1 se un nodo presenta esattamente lo stesso numero di legami in tutti gli M livelli della rete. In generale, quindi, maggiore è il valore di P_i , più equamente sono distribuiti i legami (e quindi la "partecipazione") del nodo i sugli M livelli della rete multiplex. Sulla base del valore assunto da P_i , possiamo distinguere il generico nodo come *focused* (con $0 < P_i \leq 1/3$), *mixed* (se $1/3 < P_i \leq 2/3$) o *truly multiplex* ($P_i \geq 2/3$). Il coefficiente di partecipazione globale per l'intera rete può essere definito come:

$$P = 1/N \sum_i P_i$$

– Il coefficiente di clustering locale (*local clustering coefficient*) $C_{i,1}$, utilizzato per verificare quanto due vicini di un nodo i siano connessi tra loro, misurando la frazione delle triadi centrate in i che si congiungono in un triangolo all'interno della rete. Dal momento che ogni livello di una rete multiplex può essere visto con una rete singola, il valore del coefficiente di clustering locale della rete può essere utilizzato per identificare la quantità di triangoli formatisi

in ogni livello. Allo scopo di generalizzare la nozione di coefficiente di raggruppamento alle reti multiplex definiamo il concetto di 1-triade centrata sul nodo i , per esempio $j-i-k$, come una triade nella quale entrambi i legami $j-i$ e $i-k$ si trovano sullo stesso livello. Ancora, definiamo il concetto di 2-triangolo come un triangolo formato da un legame appartenente ad un livello e altri due legami appartenenti al secondo livello (non sono state approfondite le definizioni considerate perché, come si vedrà in seguito, quella analizzata in questo lavoro è una rete multiplex a due livelli, definita anche “rete duplex”, per la quale è possibile applicare solo questo coefficiente di clustering locale). Il coefficiente di clustering globale, dunque, può essere definito come:

$$C_{i,1} = \frac{\sum_{\alpha} \sum_{\alpha' \neq \alpha} \sum_{j \neq i, m \neq i} (a_{ij}^{[\alpha]} a_{jm}^{[\alpha']} a_{mi}^{[\alpha]})}{(M-1) \sum_{\alpha} \sum_{j \neq i, m \neq i} (a_{ij}^{[\alpha]} a_{mi}^{[\alpha]})}$$

cioè come il rapporto tra il numero di 2-triangoli che contengono il nodo i ed il numero di 1-triadi centrate in i . Il coefficiente di clustering globale (BATTISTON, NICOSIA, LATORA 2014) può essere definito come:

$$C_1 = 1/N \sum_i C_{i,1}$$

3. DATASET

I dati utilizzati sono stati estrapolati mediante un lavoro di indagine bibliografica, ovvero sono stati raccolti avvalendosi di report su scavi e ricognizioni condotti nell’area considerata¹, oltre che di libri e articoli relativi alle evidenze archeologiche in esame. La bibliografia relativa alla Galilea nell’arco di tempo preso in considerazione risulta davvero ampia e variegata. Per questo lavoro sono state consultate numerose fonti, tra cui riportiamo in questa sede le pubblicazioni più recenti che hanno fornito dati di insieme, quali: HERBERT 1994; RAHMANI 1994; FRANKEL *et al.* 2001; REED 2002; HERBERT, BERLIN 2003; ZANGENBERG, ATTRIDGE, MARTIN 2006; LEIBNER 2009; FIENSY, STRANGE 2014, 2015; CIMADOMO 2019, 36-43. Per alcuni dei materiali, infine, ci si è basati su alcune recenti pubblicazioni: per *mikva’ot* e *chalkstone vessels* è stato particolarmente utile il recente libro di Rick BONNIE (2019), del quale è possibile reperire online tabelle aggiornate (<https://zenodo.org/record/1482679#.XnTxCS2h0fw>); per le monete, invece, il volume di riferimento principale resta quello di Danny SYON (2015).

Nello specifico, sulla base di una prima lettura dei dati bibliografici sono stati individuati 153 siti, che rappresentano le righe della matrice di affiliazione

¹ Particolarmente utili sono i risultati raggiunti dalla Israel Antiquity Authority, visionabili sul sito http://www.antiquities.org.il/default_en.aspx.

che si è costruita. Le colonne invece sono i diversi reperti considerati. Dopo questa fase preliminare, il materiale bibliografico è stato ulteriormente scrupolosamente esaminato per registrare un legame tra il sito e il reperto ogniqualvolta all'interno di ciascun articolo o rapporto di scavo fosse stato riportato il ritrovamento di uno specifico reperto in uno specifico sito.

Ai fini dell'analisi, quindi, sono stati analizzati 153 siti, selezionati in base alle attestazioni. Per quanto riguarda i manufatti presi in considerazione, la breve panoramica iniziale sulla storia della Galilea è di importanza fondamentale per comprendere le ragioni che hanno portato a fare determinate scelte. La regione rappresenta un punto di passaggio per scambi commerciali tra i territori della costa e dell'entroterra, in direzione E-O, ma anche sulla direttiva N-S. Tale circostanza ha di fatto reso possibile l'incontro di culture differenti che provenivano dalle aree circostanti. Per tali motivi, si è deciso di partire dallo studio e dall'esame della diffusione e della presenza delle monete nell'intera area.

Tra i dati archeologici, le monete rappresentano indubbiamente un caso eccezionale, in quanto, sebbene la data della loro coniazione possa essere stimata con grande precisione, la distribuzione delle stesse risulta essere in molti casi meno utile rispetto alla distribuzione di altri manufatti. Ciò è dovuto principalmente al fatto che le monete continuano spesso a circolare per anni, anche dopo che la zecca cessa la propria attività. Al contrario, poi, esse possono essere anche soggette a fenomeni di tesaurizzazione a causa del loro valore intrinseco. Nonostante ciò, si è deciso di analizzare la distribuzione delle monete, in particolare quelle di bronzo, per due motivi: anzitutto, esse inducono a evidenziare la presenza o l'assenza di un avvenuto scambio con le città localizzate in regioni vicine; in secondo luogo, perché nel caso specifico la distribuzione delle monete pare riflettere piuttosto fedelmente la situazione politica in Galilea nel periodo considerato, come testimoniato da altre fonti (SYON 2015, 25-28).

Oltre alle monete, considerando anche le problematiche che il loro utilizzo comporta come appena esposto, abbiamo poi incluso nell'analisi alcuni manufatti solitamente considerati come indicatori della comune identità tra Galilei ed Ebrei. Questi sono gli *chalkstone vessels*, i *mikva'ot* e gli ossuari, di cui si è già parlato nella parte introduttiva. Data la loro natura (come peso, forma, etc.) questi manufatti sono stati trovati in posizione primaria.

4. ANALISI E RISULTATI

I dati raccolti sono stati organizzati in una matrice di affiliazione (ovvero, una matrice nella quale gli individui coinvolti nell'indagine sono riportati nelle righe e gli eventi cui i soggetti partecipano sono riportati nelle colonne) con 153 righe (i siti) e 19 colonne (i manufatti, con 16 colonne per le monete e 3

per gli altri reperti). L'analisi è stata condotta utilizzando i software Pajek e R. Dapprima, tramite il software Pajek, è stata realizzata un'analisi delle reti classica. Nello specifico, si tratta sia di un'analisi di rete *two-mode* sull'intero dataset, sia di un'analisi di rete *one-mode* sull'intero dataset e in un secondo momento sulle colonne delle monete². In entrambi i casi (rete *two-mode* e *one-mode*) sono stati utilizzati come misura di centralità la *betweenness centrality* e come metodo di clustering il metodo Louvain per la *community detection*.

La misura di centralità *betweenness centrality* in una rete determina il ruolo di mediatore di un nodo, nel senso che fornisce una misura del ruolo di "connettore" (degli altri attori della rete) di un nodo. Il nodo in questione assume quindi la funzione di *broker*: maggiore è la *betweenness*, maggiore è, probabilmente, il potere posseduto da quel nodo. In altre parole, la *betweenness* di un nodo indica il grado con cui i membri di una rete, per comunicare tra loro, sono "obbligati" a passare necessariamente per quel nodo. In maniera molto generale, la *betweenness centrality* viene calcolata come il rapporto tra il numero di percorsi più brevi passanti per il nodo d'interesse e il numero totale di percorsi più brevi fra due nodi nell'intera rete. Nei grafici presentati successivamente, la grandezza dei vertici indicherà la loro *betweenness centrality*, nel senso che più grande sarà un vertice maggiore sarà il valore della misura di centralità di quel nodo.

Per quanto riguarda il metodo di Louvain per la *community detection*, si tratta di un metodo usato per evidenziare la presenza di comunità (gruppi o cluster) all'interno di grandi reti. Per la determinazione dei gruppi viene calcolata la densità dei legami all'interno della comunità, comparandoli a quelli tra le comunità. Tecnicamente, il metodo massimizza il valore della modularità, la quale quantifica la qualità dell'assegnazione di un nodo ad una comunità valutando quanto quei nodi sono connessi in maniera densa con i nodi all'interno della comunità comparato con quanto sarebbero connessi in un *random network* (WASSERMAN, GALASKIEWICZ 1994).

In seguito, attraverso il software R sono stati realizzati dei grafici impiegando le informazioni ottenute mediante l'analisi realizzata su Pajek ed è stata condotta l'analisi della rete multiplex, utilizzando in quest'ultimo caso in particolare il pacchetto *mplex*. Per quanto riguarda l'analisi della rete *two-mode* realizzata sull'intero dataset e rappresentata in Fig. 3, quello che emerge in particolare è la centralità delle monete coniate a Tiro, seguita dalle altre zecche. La città fenicia risulta infatti essere un polo attrattivo per numerosi siti, soprattutto per quelli situati nell'Alta Galilea e orbitanti nella

² Nella rete *one-mode* tutte le unità del sistema appartengono alla stessa tipologia e le connessioni esistenti rappresentano i legami tra i diversi individui. Questa rete si ottiene dalla matrice di adiacenza, ovvero una matrice con gli individui sia sulle righe che sulle colonne (matrice individui-indivui). La rete *two-mode* si ottiene invece dalla matrice di affiliazione.

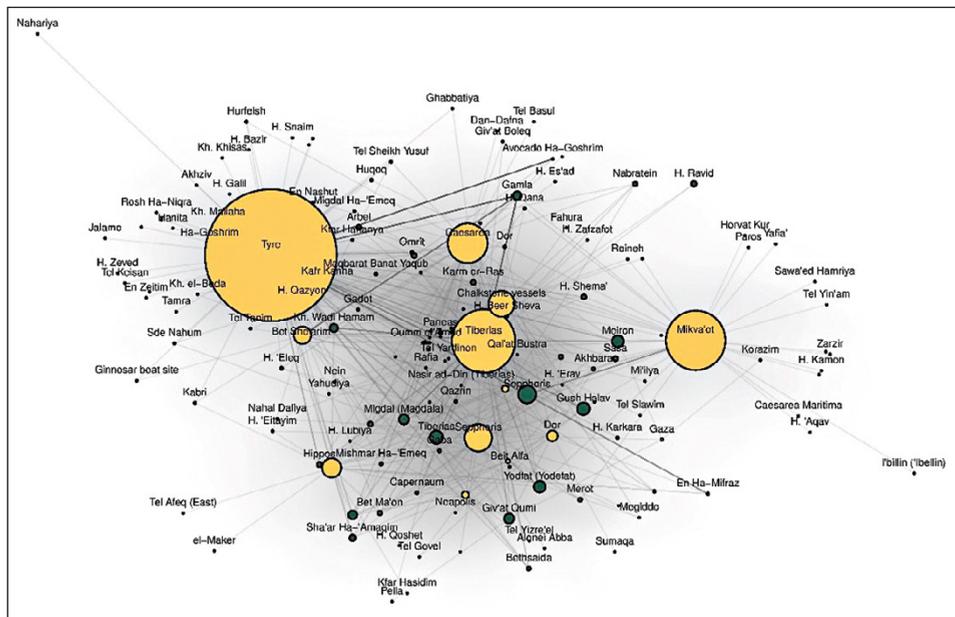


Fig. 3 – Rete *two-mode* calcolata sull'intero dataset, considerando sia i siti (verde scuro) che tutti i manufatti (giallo).

sua sfera di influenza ben prima del periodo da noi considerato. Le altre zecche maggiori sono rappresentate da Tiberiade e Cesarea Marittima, seguite da Sepphoris e Akko-Tolemaide. Interessante è notare la distribuzione delle monete di Tiberiade, presenti in numerosi villaggi della zona, a differenza delle monete di Cesarea o di Akko-Tolemaide, che invece si concentrano in quantità massiccia in aree circoscritte.

Oltre a ciò, rilevante risulta essere la posizione dei *mikva'ot* e dei vasi in gesso, rinvenuti vicino a molti piccoli siti di minore importanza. Tra i siti, è abbastanza evidente la centralità di Sepphoris, seguita da Tiberiade e Magdala. Un caso interessante è rappresentato invece da Paneas (Cesarea Filippi), città fondata da Erode Filippo, figlio di Erode il Grande, solitamente considerata una sorta di *enclave* greco-romana soprattutto per la presenza di templi dedicati al dio Pan e ad Augusto. Tuttavia, la vicinanza nel grafico di Paneas ai *mikva'ot* e soprattutto ai *chalkstone vessels* potrebbe far pensare ad una forte presenza giudaica nella città o quantomeno nel suo territorio.

Al contrario, invece, le città di Hippos e di Nisa-Scitopoli, anche se vicine a molte città giudaiche, non presentano evidenze che permettano di affermare che i loro territori fossero caratterizzati dalla presenza di genti di religione giudaica. Queste due città erano in effetti considerate città greche

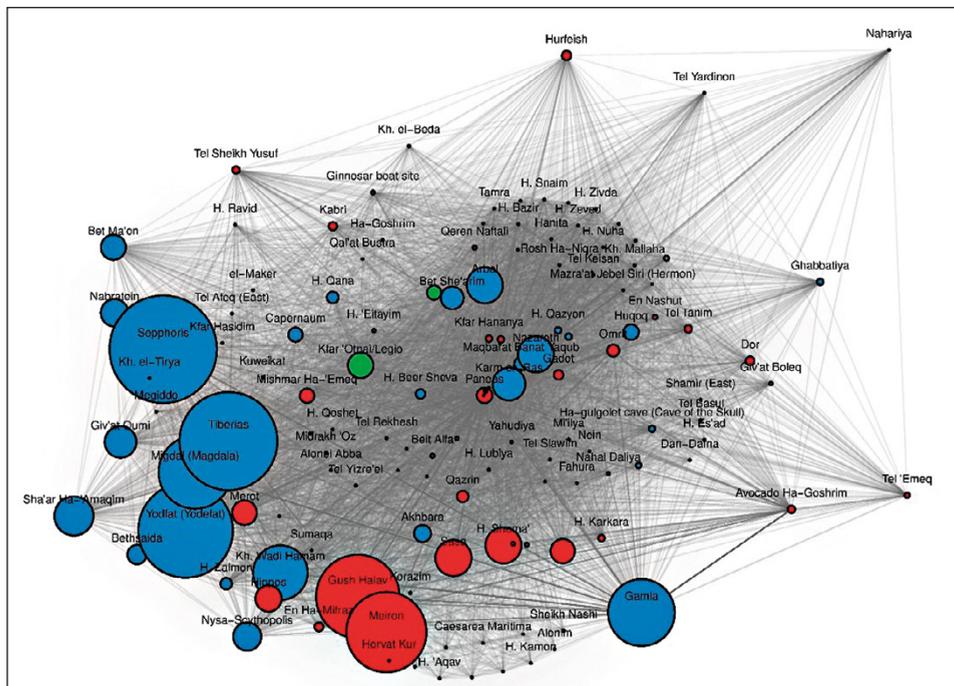


Fig. 4 – Rete *one-mode* dei siti calcolata sull'intero dataset (considerando tutti i manufatti). I colori indicano l'appartenenza dei siti ai diversi cluster identificati mediante il metodo Louvain per la community detection.

già in antichità; l'analisi di rete qui condotta sembra rafforzare e confermare questa visione, anche se la distribuzione delle monete fa pensare ad un elevato volume di scambi, soprattutto commerciali, con le città della costa, in particolare Akko-Tolemaide.

In seguito, si è deciso di calcolare la rete *one-mode* sull'intero dataset, tenendo in conto sia le monete sia gli altri reperti. Da tale analisi, risulta evidente la presenza di tre cluster: è in questo caso netta la preponderanza del gruppo formato dai centri principali, che non a caso fanno tutti parte dello stesso cluster (blu) e spesso arrivano a incrociarsi tra loro, essendo punti fondamentali dell'intera rete. Un secondo gruppo (rosso) è composto da siti eterogenei, in alcuni casi collegabili per questioni geografiche (come Meiron e Gush Halav); in altri casi, invece, sono assimilati nello stesso cluster (verde chiaro) siti che probabilmente hanno caratteristiche simili, sebbene non sia così facile trovare un collegamento. In questo caso va tenuta presente l'aleatorietà del ritrovamento archeologico, che per sua natura non può certamente essere omogeneo in tutti i siti scavati (Fig. 4).

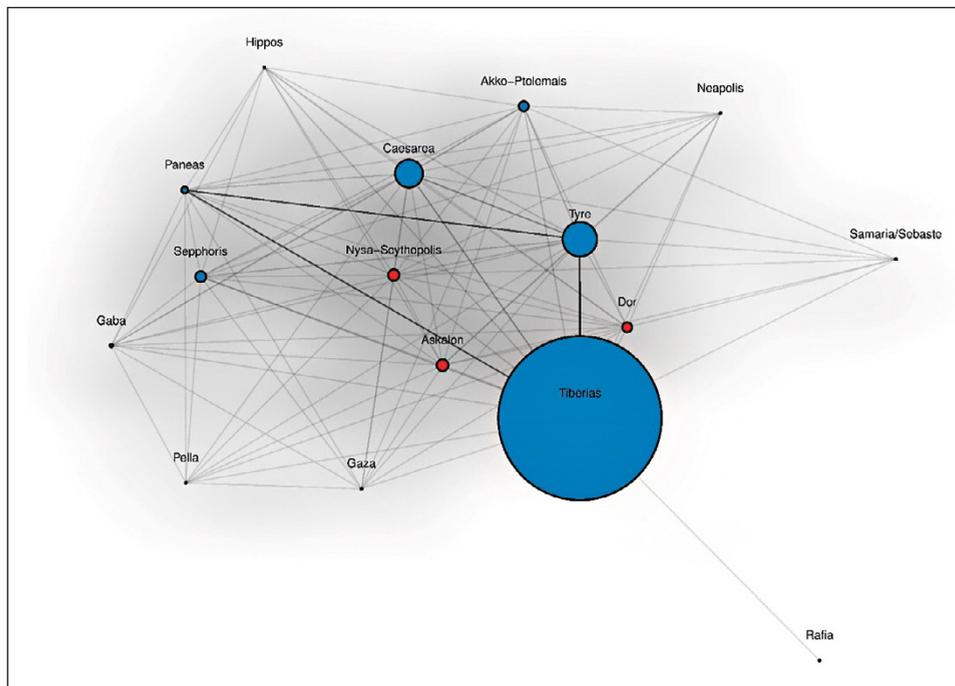


Fig. 5 – Rete *one-mode* delle monete (matrice monete \times monete) calcolata sul dataset considerando come artefatti solo le monete. I colori indicano l'appartenenza ai diversi cluster identificati mediante il metodo Louvain per la community detection.

Abbiamo successivamente deciso di condurre le analisi sul dataset, considerando tra i reperti le sole monete ed esaminando la rete *one-mode* sia delle zecche che dei siti. In questo contesto la città di Tiberiade risulta indubbiamente la zecca principale della regione, seguita da Tiro e Cesarea Marittima (cluster blu). Questo schema delinea piuttosto chiaramente il quadro politico del I e II secolo d.C., momento in cui Tiro, che aveva dominato gran parte dell'area fino al I secolo a.C., perde parte della sua influenza politica e soprattutto commerciale al seguito della fondazione della nuova capitale della regione, Tiberiade appunto, che toglie il ruolo di predominio in precedenza occupato da Sepphoris. Infatti, Erode Antipa, figlio di Erode il Grande che aveva ricevuto il governo delle aree di Galilea e Perea alla morte del padre, nel 20 a.C. fondò una nuova capitale e la dedicò all'imperatore romano Tiberio (Fig. 5).

Per quanto riguarda la rete *one-mode* calcolata rispetto ai siti sul dataset considerando solo le monete, emerge chiaramente la presenza di due grandi comunità, simili a quelle già individuate nell'analisi *one-mode* che prendeva in considerazione tutti i reperti (cfr. *supra*). Tale analisi si differenzia dalla

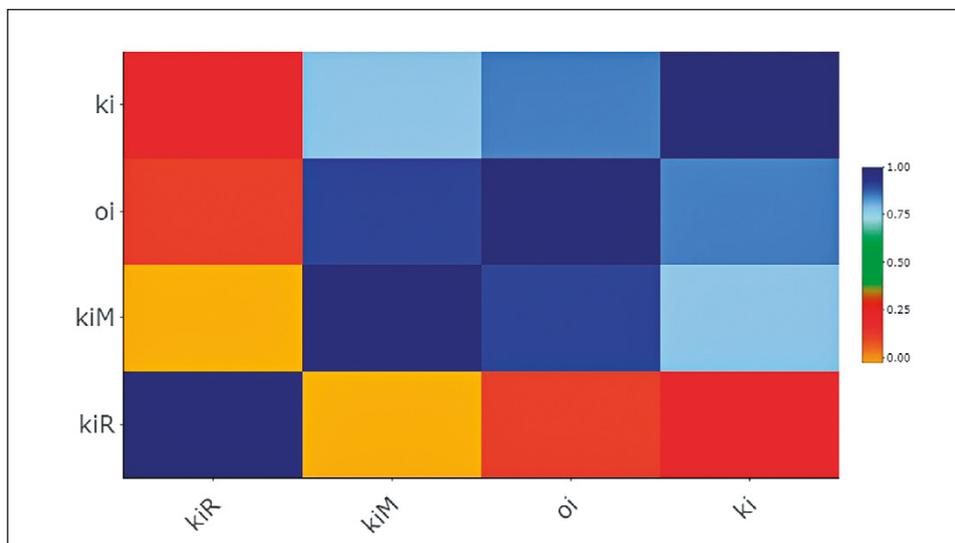


Fig. 7 – Heatmap dei vettori dei gradi dei nodi nei singoli livelli e nelle matrici di adiacenza aggregate.

dei nodi risulta essere isolato. Il grado massimo registrato è 43. In entrambi i casi, la città col grado maggiore è la città di Sepphoris, risultato che sembra confermare quanto già osservato dall'analisi delle reti *one-mode* e *two-mode* di cui si è discusso in precedenza, permettendo così di sottolineare ulteriormente l'importanza di questa città.

Successivamente, allo scopo di quantificare la correlazione tra le distribuzioni dei gradi dei nodi nei diversi livelli e nelle due matrici di adiacenza aggregate, si è deciso di calcolare il coefficiente di correlazione di Kendall. La scelta di utilizzare questo coefficiente rispetto al più classico coefficiente di correlazione di Pearson è dovuta al fatto che esso rappresenta una misura non-parametrica di dipendenza tra due vettori. Questa misura risulta particolarmente adatta quando si intende eseguire dei confronti a coppie di vettori ordinati di variabili quantitative, dove quello che si vuole indagare è la concordanza nell'ordine della singola coppia scelta piuttosto che il valore numerico. I risultati, illustrati nella *heatmap* in Fig. 7, mostrano immediatamente che la correlazione più elevata si osserva tra le distribuzioni dei gradi dei nodi delle matrici di adiacenza aggregate, cioè l'*aggregated topological adjacency matrix* (ki) e l'*overlapping topological adjacency matrix* (oi).

Una debole correlazione si osserva tra la distribuzione dei gradi dei nodi delle matrici aggregate e del livello dei manufatti (kiR) e una forte correlazione tra le distribuzioni dei gradi dei nodi delle matrici aggregate e la distribuzione del grado dei nodi del livello delle monete (kiM). Infine, il livello delle monete

e quello delle altre evidenze presentano bassi valori del coefficiente di correlazione (presenza di una correlazione leggermente negativa tra i livelli pari a -0.016), che indicano la presenza di una relazione debole o quasi assente.

Dato il basso valore del coefficiente di correlazione osservato tra i gradi degli stessi nodi su livelli differenti, è stato necessario introdurre una misura che quantificasse la ricchezza dei pattern di correlazione tra i livelli, ovvero il coefficiente di partecipazione, di cui si è già detto in precedenza. In generale, questo coefficiente risulta essere uguale a 0 quando tutti i legami di un nodo i giacciono su un unico livello, mentre è uguale ad 1 se il nodo i presenta esattamente lo stesso numero di legami su tutti gli M livelli della rete. I risultati mostrano che quasi tutti i nodi hanno un coefficiente di partecipazione molto alto. Infatti, 135 nodi su 153 risultano essere *truly multiplex*, in quanto hanno un valore del coefficiente di partecipazione maggiore di 0.6.

I risultati, che ad un primo sguardo possono sembrare contrastanti, sono in realtà esemplificativi della condizione dei piccoli villaggi della Galilea, spesso piuttosto isolati e quindi meno ricettivi al cambiamento. I grandi centri, come Sepphoris o Tiberiade, furono invece in costante contatto con realtà estranee e quindi più pronte ad accogliere genti di differenti tradizioni. Potremmo dunque parlare di due regioni separate: da un lato, la Galilea rurale, costituita da villaggi di media e piccola grandezza che sicuramente conservarono molti aspetti tradizionali della cultura giudaica; dall'altro lato, la Galilea formata da villaggi medio-grandi, al centro di contatti con realtà straniere e con le città della costa (Tab. 1).

Sito	P_i	Sito	P_i
Akbara	0.8744993	Meiron	0.8512117
Karm er-Ras	0.8671875	Bet She'arim	0.8509541
H. Shema'	0.8580332	Sepphoris	0.8502289
Arbel	0.8580332	Yodfat (Yodefata)	0.8499827
Nazareth	0.8580332	Tiberias	0.8499827
H. Qana	0.8572292	Merot	0.8498811
Huqoq	0.8559410	Capernaum	0.8437500
Gamla	0.8532986	Sasa	0.8432636
Migdal (Magdala)	0.8524582	Kfar Hananya	0.8431023
Gush Halav	0.8512117	Migdal Ha'-Emeq	0.8431023

Tab. 1 – Tabella dei 20 siti con il valore del coefficiente di partecipazione più elevato.

Infine, un'altra misura particolarmente utile in fase esplorativa è il coefficiente di clustering locale, calcolato per ogni singolo nodo, e il coefficiente di clustering globale per l'intera rete. I risultati mostrano che solo quattro siti presentano un livello relativamente alto di coefficiente di clustering locale (Tab. 2), mentre il coefficiente di clustering globale risulta essere pari a

0.065, valore estremamente basso. Ciò significa che, nonostante la vicinanza territoriale, che doveva portare in ogni caso a scambi di diverso genere, ogni sito sembra preservare una certa indipendenza. Gli elementi utilizzati per i riti di purificazione, probabilmente importati dalla vicina Giudea, dovettero svilupparsi successivamente in maniera autonoma in ogni insediamento, e gli abitanti della Galilea, sebbene consapevoli di una comune origine, non dovettero mai sentirsi appartenenti ad una causa comune, come dimostrato dagli eventi successivi, quando, durante la rivolta giudaica del 70 d.C., molti dei villaggi si trovarono a preferire l'alleanza con Roma anziché fare causa comune con i rivoltosi.

Siti	P_i
Deir Hanna	0.52536232
Hammath Tiberias	0.52536232
Nasir ad-Din (Tiberias)	0.52536232
Tel Rekhes	0.52536232

Tab. 2 – Tabella dei siti con il valore del coefficiente di clustering locale più alto.

5. DISCUSSIONE DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

I dati finora raccolti dovranno indubbiamente essere ampliati allargando gradualmente la rete, sia estendendo l'area di studio, sia considerando ulteriori evidenze archeologiche, allo scopo di fornire una più comprensiva e precisa panoramica della situazione dell'area nel periodo di riferimento. Dai risultati ottenuti in questa analisi preliminare è comunque possibile trarre delle conclusioni, che verranno poi estese tramite l'aggiunta di ulteriori elementi al dataset. Infatti, attraverso l'analisi delle reti multiplex risulta chiaro che i due livelli siano tra loro interconnessi. Questo potrebbe significare che, nonostante i manufatti considerati (*mikva'ot*, *chalkstone vessels* e ossuari) attestino la presenza di popolazioni giudaiche nell'area, soprattutto nei villaggi e in porzioni dei centri maggiori, dovettero esistere scambi commerciali con genti di tradizioni e culture alloctone.

D'altro canto, questa analisi evidenzia come il potere commerciale di alcune città, quali Tiro o Cesarea, così come i cambiamenti politici, non abbiano influenzato minimamente le pratiche degli abitanti dell'area, i quali in molti casi mantennero proprie tradizioni e stili di vita; è bene ricordare, però, che la presenza di indicatori della presenza giudaica sul territorio non è così incisiva (nel senso che non sembra molto diffusa) come avrebbe dovuto essere, considerazione che non permette di affermare che l'area fosse stata "giudaizzata" dagli Asmonei come spesso si ritiene. È vero che durante il

periodo di conquista della Galilea da parte degli Asmonei ci fu una crescita esponenziale del numero e della dimensione dei siti, ma uno studio ha dimostrato che questa crescita fu relativa soprattutto ad insediamenti posti ai margini della regione, come nell'area della Decapoli, considerata anche dagli antichi di influenza greca. Gli insediamenti della Galilea vera e propria rimasero di grandezza media o piccola, vicino ai terreni adatti all'agricoltura, in posti facili da difendere da attacchi esterni (LEIBNER 2009, 318; 328). La natura stessa degli insediamenti ha portato probabilmente ad uno scarso contatto tra gli stessi. Ne consegue che gli scambi, nonostante la vicinanza territoriale, dovettero essere relativamente modesti, come dimostrato dalle analisi sopra illustrate.

Questi dati sono ovviamente parziali, ma si può ad ogni modo individuare una certa omogeneità nei risultati. Nonostante sia possibile collegare i *mikva'ot* e i vasi di gesso con l'attenzione alle pratiche relative alla purezza, si rende necessario ricordare che questi elementi sono associati solo con quella che sembra essere stata una minoranza della popolazione: la maggior parte degli insediamenti della Galilea era costituita da piccoli villaggi agrari, con sparse prove della presenza di una cultura omogenea. Non è dunque possibile utilizzare questi manufatti per delimitare i confini etnici o religiosi dell'area, ma essi permettono solo di affermare che ci fosse la presenza di una parte della popolazione che probabilmente seguiva le pratiche religiose giudaiche.

PAOLO CIMADOMO

Dipartimento di Studi Umanistici
Università degli Studi di Napoli "Federico II"
paolo.cimadomo@unina.it

CARLA GALLUCCIO

Dipartimento di Statistica, Informatica, Applicazioni "Giuseppe Parenti"
Università degli Studi di Firenze
carla.galluccio@unifi.it

GIANCARLO RAGOZINI

Dipartimento di Scienze Politiche
Università degli Studi di Napoli "Federico II"
giancarlo.ragozini@unina.it

BIBLIOGRAFIA

- ADAN-BAYEWITZ D. 1993, *Common Pottery in Roman Galilee. A Study of Local Trade*, Jerusalem, Bar-Ilan University Press.
- ADAN-BAYEWITZ D., WIEDER M. 1993, *Ceramics from Roman Galilee: A comparison of several techniques for fabric characterization*, «Journal of Field Archaeology», 19, 2, 189-205.
- BATTISTON F., NICOSIA V., LATORA V. 2014, *Structural measures for multiplex networks*, «Physical Review», 89, 3, 1-14.

- BERLIN A.M. 2005, *Jewish life before the revolt: The archaeological evidence*, «Journal for the Study of Judaism in the Persian, Hellenistic, and Roman Period», 36, 417-470.
- BERLINGERIO M., COSCIA M., GIANNOTTI F., MONREALE A., PEDRESCHI D. 2013, *Multidimensional networks: Foundations of structural analysis*, «World Wide Web», 16, 5-6, 567-593.
- BONNIE R. 2019, *Being Jewish in Galilee. An Archaeological Study*, Turnhout, Brepols.
- BRÓDKA P., CHMIEL A., MAGNANI M., RAGOZINI G. 2018, *Quantifying layer similarity in multiplex networks: A systematic study*, «Royal Society Open Science», 5, 8, 1-16.
- BRUGHMANS T. 2013, *Thinking through networks: A review of formal networks methods in archaeology*, «Journal of Archaeological Method and Theory», 20, 4, 1-41.
- CIMADOMO P. 2019, *The Southern Levant during the First Centuries of Roman Rule (64 BCE-135 CE)*, Oxford and Philadelphia, Oxbow Books.
- DE DOMENICO M., SOLÉ-RIBALTA A., COZZO E., KIVELÄ M., MORENO Y., PORTER M.A., GÓMEZ S., ARENAS A. 2013, *Mathematical formulation of multilayer networks*, «Physical Review», 10, 3, 4, 1-15.
- FIENY D.A., STRANGE J.R. (eds.) 2014, *Galilee in the Late Second Temple and Mishnaic Periods*, Vol. 1, Minneapolis, Fortress Press.
- FIENY D.A., STRANGE J.R. (eds.) 2015, *Galilee in the Late Second Temple and Mishnaic Periods*, Vol. 2, Minneapolis, Fortress Press.
- FRANKEL R., GETZOV N., AVIAM M., DEGANI A. (eds.) 2001, *Settlement Dynamics and Regional Diversity in Ancient Upper Galilee*, Jerusalem, The Israel Antiquity Authority.
- HERBERT S. (ed.) 1994, *Tel Anafa I. Final Report on Ten Years of Excavation at a Hellenistic and Roman Settlement in Northern Israel*, JRA Supp. Series 10.1, Ann Arbor, Michigan.
- HERBERT S., BERLIN A. 2003, *A new administrative center for Persian and Hellenistic Galilee: Preliminary report of the University of Michigan/University of Minnesota excavations at Kedesb*, «Bulletin of the American Schools of Oriental Research», 329, 13-59.
- KANAWATI R. 2015, *Multiplex network mining: A brief survey*, «IEEE Intelligent Informatics Bulletin», 16, 1, 24-27.
- KIVELÄ M., ARENAS A., BARTHELEMY M., GLEESON J.P., MORENO Y., PORTER M.A. 2014, *Multilayer networks*, «Journal of Complex Networks», 2, 3, 203-271.
- KURANT M., THIRAN P. 2006, *Layered complex networks*, «Physical Review Letters», 96, 13, 1-5.
- LEIBNER U. 2009, *Settlement and History in Hellenistic, Roman, and Byzantine Galilee: An Archaeological Survey of the Eastern Galilee*, Tübingen, Mohr Siebeck.
- RAHMANI L.H. 1994, *A Catalogue of Jewish Ossuaries*, Jerusalem, The Israel Antiquity Authority.
- RAMAZZOTTI M. (ed.) 2014, ARCHEOSEMA. *Artificial Adaptive Systems for the Analysis of Complex Phenomena. Collected Papers in Honour of David Leonard Clarke*, «Archeologia e Calcolatori», Suppl. 6 (http://www.archcalc.cnr.it/supplements/idyear_sup.php?IDyear=20142-01-01).
- RAMAZZOTTI M. 2018, *Landscape archaeology and Artificial Intelligence: The neural hypersurface of the Mesopotamian urban revolution*, in V. BIGOT JULOUX, A.R. GANSELL, A. DI LUDOVICO (eds.), *CyberResearch on the Ancient Near East and Neighboring Regions. Case Studies on Archaeological Data, Objects, Texts, and Digital Archiving*, Digital Biblical Studies, Vol. 2, Leiden, Boston, Brill, 60-82.
- REED J.L. 2002, *Archaeology and the Historical Jesus. A Re-Examination of the Evidence*, Harrisburg, Trinity Press International.
- SYON D. 2015, *Small Change in Hellenistic-Roman Galilee. The Evidence from Numismatic Site Finds as a Tool for Historical Reconstruction*, Jerusalem, Israel Numismatic Society.
- WASSERMAN S., GALASKIEWICZ J. 1994, *Advances in Social Network Analysis: Research in the Social and Behavioral Sciences*, Thousand Oaks, California, Sage Publications.
- ZANGENBERG J., ATTRIDGE H.W., MARTIN D.B. (eds.) 2006, *Religion, Ethnicity and Identity in Ancient Galilee: A Region in Transition*, Tübingen, Mohr Siebeck.

ABSTRACT

The area of Northern Israel has been a region of interest for archaeologists. Textual materials are various and useful to reconstruct the history of the region, as well as a lot of data coming from the material culture. This way, archaeologists may shed light on the complex framework of cultures that developed in this territory. In the period between the 1st century BCE and the 2nd century CE, the growing influence of the Romans generated a substantial integration of Galilee into a global context. Through the application of new types of analysis, it is possible to reconstruct cultural and commercial trades of the area. The application of network analysis to archaeological questions is a pivotal subject of scientific debate. In this work, we aim to reconstruct the dynamic connections between Jewish settlements in Galilee on the basis of consistent evidence, speculating on the presence of links whenever proof lacks. Data referring to many types of artefacts were derived from the analysis of scientific papers and archaeological excavation catalogues. This way we obtained a multiplex network in which the nodes are the sites and the links are given by the presence of the different artefacts. Here we present the first findings from an exploratory analysis. Visualization methods are exploited, such as multi-force embedding and multi-task network embedding algorithm. More specifically, the latter, which is based on link prediction, seems to be particularly suited for the data we are dealing with, in which the absence of a link could be due to missing data. Moreover, in order to consider how connections have changed over the reference period, a temporal approach is used. Multiplex network analysis can also be used to model dynamic networks where each layer corresponds to the network state at a given moment.