

COMPRENDERE LE RETI PER PREVENZIONE E CONTROLLO

- DAL BURDEN AL SISTEMA ALL'INTERVENTO -

FABRIZIO GEMMI, SILVIA FORNI, FRANCESCA COLLINI - ARS TOSCANA

CATERINA RIZZO, VIRGINIA CASIGLIANI, CARLOTTA CIANCARINI - UNIVERSITÀ DI PISA

9 LUGLIO 2026

OBIETTIVO 5

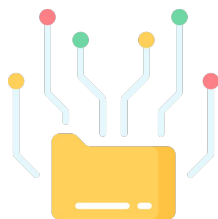


Analizzare i percorsi di trasmissione delle infezioni, ricostruendo la circolazione dei pazienti portatori e/o infetti, al fine di **identificare la dinamica e i pattern di trasmissione** tra gli ospedali e le strutture residenziali socio-sanitarie.

Come?

- 1) stimando il **burden** da dati correnti
- 2) considerando le RSA come parte della **rete** del sistema sanitario
- 3) identificando gli spostamenti delle persone infette o CRE per **intervenire** in modo specifico

METODI



Studio retrospettivo

Soggetti con almeno un periodo di permanenza in una RSA durante l'anno in studio (2023)

Fonti dati correnti

- **OBB** - Flusso FAR Flusso Assistenza Residenziali e Semiresidenziali
- **OBB** - Pronto Soccorso
- **OBB** - Schede di Dimissione Ospedaliera (SDO)
- **OPZ** - *Dati di laboratorio di microbiologia*

Indicatori

- 8 indicatori con i flussi OBB
- 4 indicatori con i flussi OBB+OPZ



Tasso di accessi in PS e dei ricoveri per cause infettive su giorni a rischio nella popolazione in studio

Tasso di **casi incidenti di CRE** per 100.000 giorni/persona a rischio

Unità territoriale:

insieme di RSA che inviano pazienti prevalentemente a un ospedale con pronto soccorso competente per territorio e al relativo laboratorio di microbiologia di riferimento

POPOLAZIONE IN STUDIO

Anno 2023

FRIULI-VG (AUS FC)

EMILIA ROMAGNA

SICILIA

TOSCANA

■ 61-365 ■ 31-60 ■ 1-30



FRIULI-VG (AUS FC)

5.153 residenti (46 RSA)

Emilia Romagna

23.948 residenti (328 RSA)

Sicilia

7.823 residenti (58 RSA)

Toscana

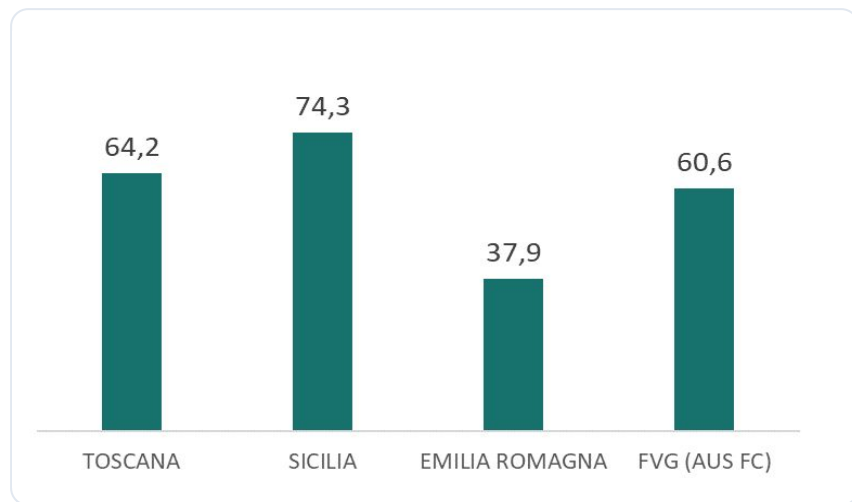
12.161 (318 RSA)

TOTALE

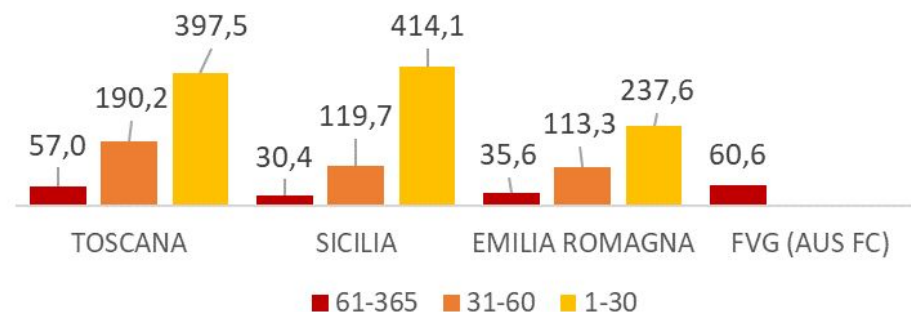
50.543 residenti (750 RSA)

Tasso accesso al Pronto Soccorso per cause infettive in residenti in RSA per 100.000 giornate di permanenza

#BURDEN



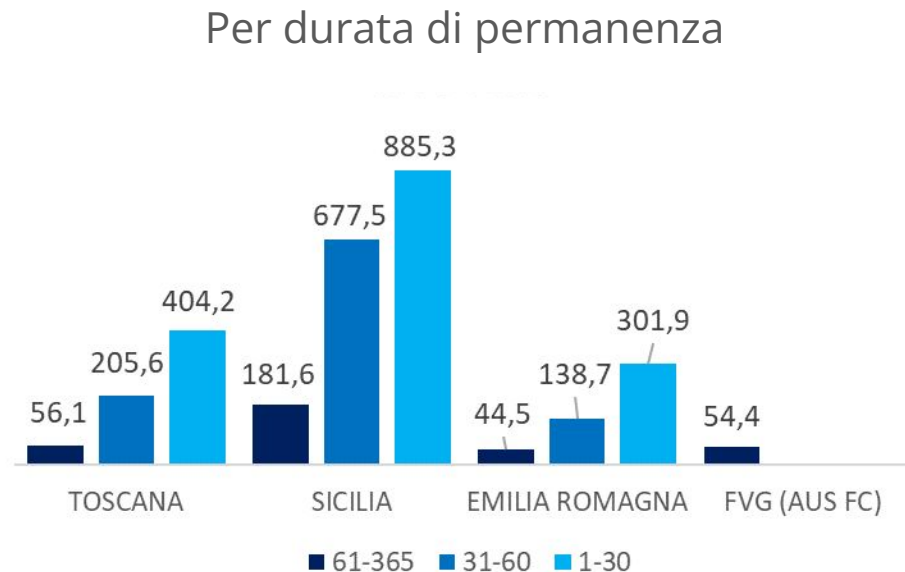
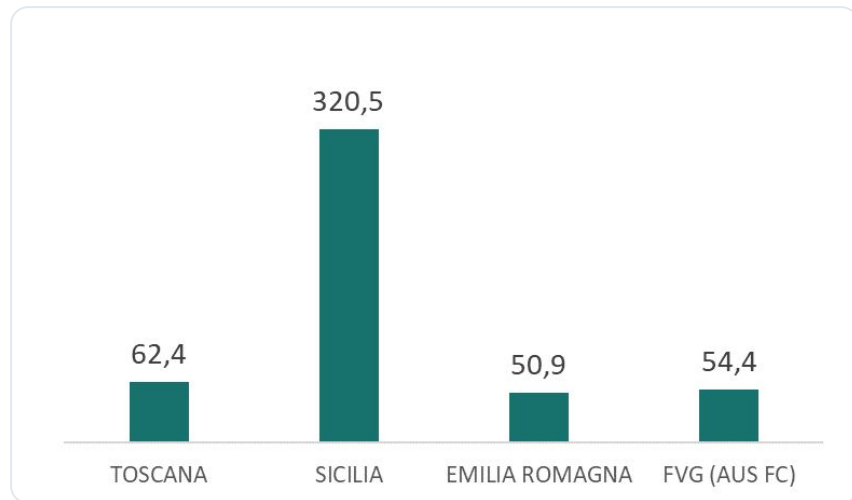
Per durata di permanenza



La stratificazione per durata di permanenza evidenzia in tutte le regioni un gradiente decrescente marcato

Tasso di Ricovero in ospedale per cause infettive in residenti in RSA per 100.000 giornate di permanenza

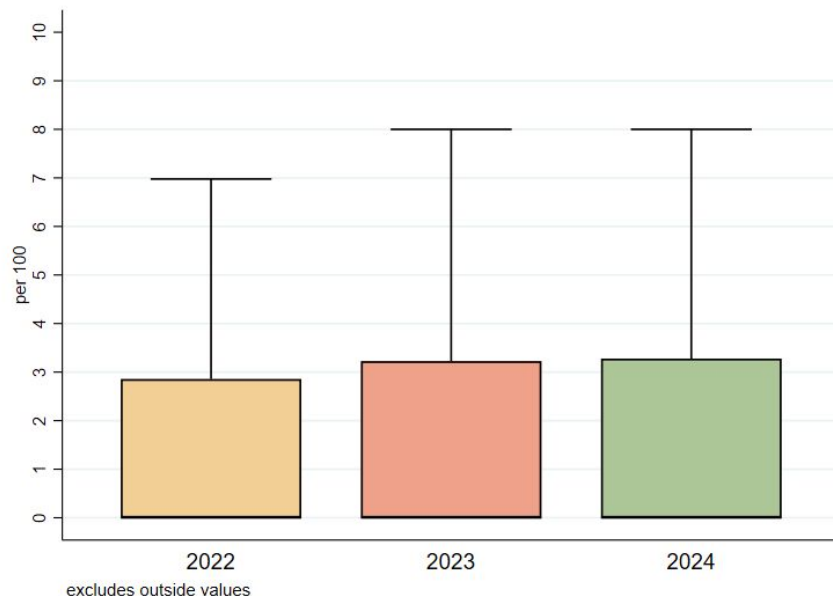
#BURDEN



La stratificazione per durata di permanenza evidenzia in tutte le regioni un gradiente decrescente marcato

Percentuale di residenti in RSA con almeno una positività a CRE negli ultimi 12 mesi - Toscana

#BURDEN

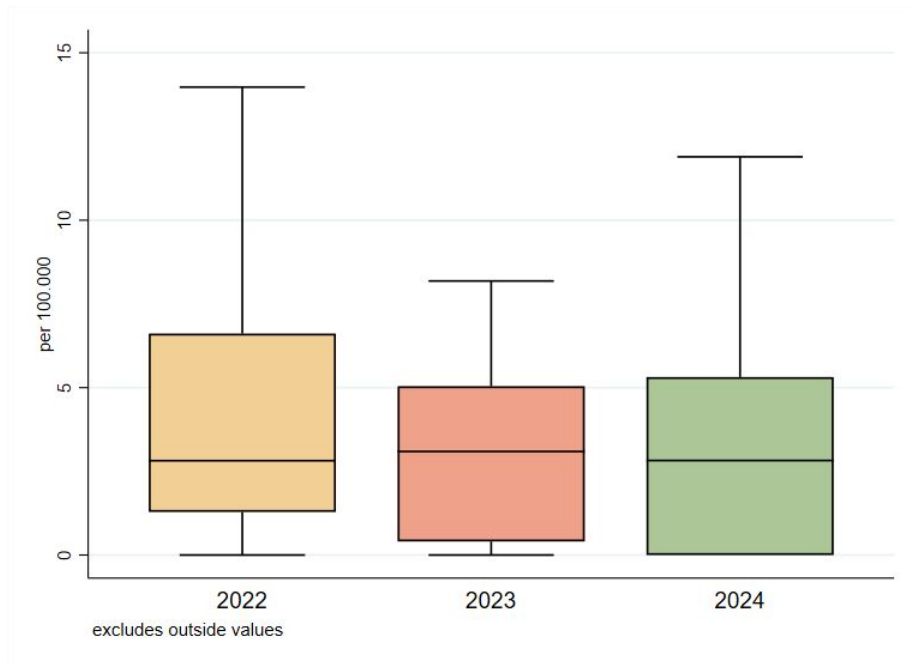


→ % di persone con almeno una positività nei 12 mesi precedenti **intorno al 2%**

→ % di persone con almeno una positività nell'anno in studio:
acquisita in RSA, 0,7%; acquisita in ospedale, 0,2% nel 2024

Tasso di casi incidenti di CRE per 100.000 giorni a rischio, per unità territoriali - Toscana

#BURDEN



→ Nel 2024 il tasso di incidenza di CRE: **4,1 per 100.000 giorni/persona a rischio**, con valori più elevati attribuibili alle **acquisizioni in ambito ospedaliero** (79,7) rispetto a quelle in RSA (3,1)

→ il tasso di incidenza di CRE calcolato per **unità territoriale** va da un minimo di zero a un massimo di 12 per 100.000 giorni/persona a rischio

Fattori associati al burden infettivo - Toscana e Sicilia

#RETE

Modello di Regressione Binomiale Negativa a Effetti Misti (o Multilivello)

Rete ad Alta Densità (Toscana)

318 RSA distribuite in 36 Unità Territoriali.
(Media 8,8 per UT, Picco massimo 21).

Realtà Frammentata (Sicilia)

56 RSA distribuite in 32 Unità Territoriali.
(Media 1,6 per UT, Picco massimo 6).

variabili	Accesso PS		Ricovero	
	TOSCANA	SICILIA	TOSCANA	SICILIA
Percentuale di femmine	-1,1%	-	-	-
Età media	-	-	-4,2%/anno	-4,4%/anno
Permanenza in RSA nell'anno in esame (gg)	-1,1%/gg	-1,9%/gg	-1,1%/gg	-1,9%/gg
Dimensione della RSA	-	-	-	-
Densità della rete (num. di RSA per UT)	-2,6%	-	-2,8%	-4,2%
Scambio RSA -Osp (proporzione max)	+102,1%	-	+125,6%	-
Variabilità residua legata alle UT	Presente	Presente	Alta (0,285)	Assente (0,000)

Effetti trasversali su tassi di PS e ricovero per cause infettive

Età Media Elevata: diminuisce il rischio in entrambi i contesti

Permanenza in RSA: al crescere della degenza media in RSA **diminuisce il rischio**

Dimensione Struttura: Il numero di posti letto non influenza i tassi

Densità della Rete: diminuisce il rischio all'aumentare della grandezza dell'UT

Fattori di Rischio per l'Incidenza di CRE - Toscana 2023-2024

#RETE

Modello di Regressione Binomiale Negativa a Effetti Misti (o Multilivello)

Variabile	IRR	IC 95%	p
% residenti di sesso femminile	0,994	0,974 – 1,014	0,572
% residenti con charlson>2	1,033	1,009 – 1,058	0,007
Età media dei residenti	0,981	0,885 – 1,089	0,725
Incidenza di BSI> media nella UT di appartenenza	1,740	1,070 – 2,832	0,026

Effetti su tassi di incidenza di CRE

Comorbidità: le RSA con quote maggiori di residenti con Charlson >2 hanno un **rischio più elevato** (+3,3%)

Incidenza BSI: appartenere a una UT con elevata incidenza di BSI **aumenta il rischio di CRE di 1,74 volte**

Variabilità residua legata alle UT:

l'incidenza di CRE aumenta di 1,4 volte in più passando da UT a minor rischio a una a maggior rischio

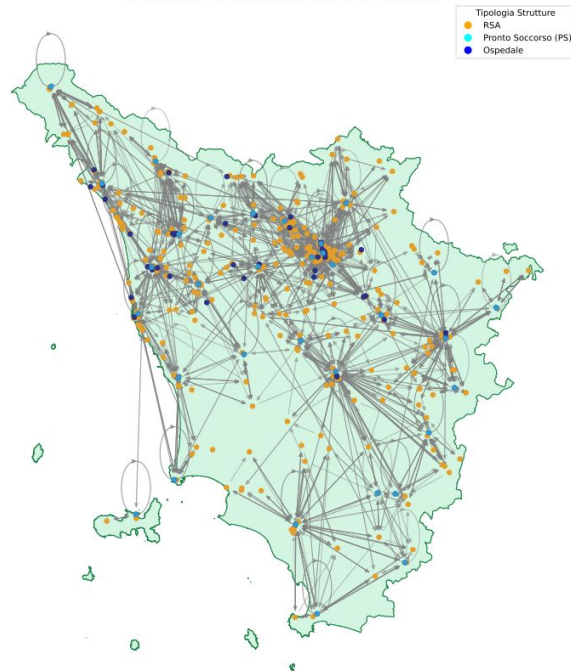
Social Network Analysis



Obiettivi: descrivere le caratteristiche della rete di trasferimento dei pazienti tra ospedali e RSA: densità, connettività, identificare nodi “hub”

The screenshot shows the NetSafe LTCF - 0.0.4 software interface. It includes a file selection area with CSV files like 'cod_ospedal.csv' and 'cod_rsa.csv'. Below are date range selectors (01/01/1970 to 05/03/2026) and checkboxes for 'Considerare Pronto Soccorso' and 'Considerare Ricoveri Ospedale'. There are also dropdowns for 'Sesso' (Entrambi) and 'Tipo incidenza' (Tutti). At the bottom, there are checkboxes for 'Effettua analisi temporale', 'Visualizza mappa', 'Esegui Clustering', and a 'GENERA GRAFO' button. Logos for the Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione and Università di Pisa are at the bottom.

Rete delle Strutture Sanitarie in Toscana



Quattro reti, un unico universo di nodi

461 nodi (340 RSA · 85 ospedali · 36 PS); metriche ricalcolate in ciascuna rete

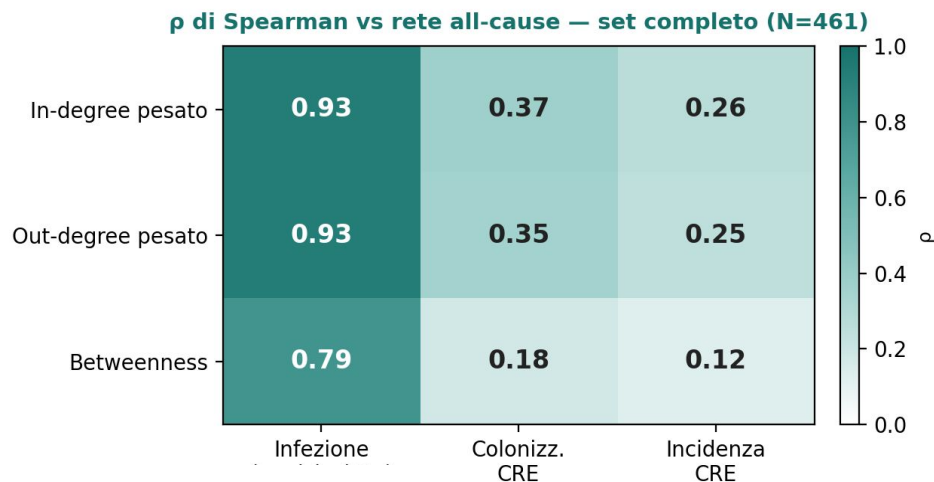
Rete	Attivi	RSA	Osp.	PS	Archi	Trasfer.*	Densità
All-cause	417	325	56	36	2.994	30.917	0,017
Infezione	399	317	46	36	2.052	8.082	0,013
Colonizzazione CRE	52	21	18	13	72	136	0,027
Incidenza CRE	29	13	12	4	30	35	0,037

* Trasferimenti = Σ eventi di trasferimento (grado pesato); archi = coppie dirette distinte di strutture; densità = archi / $n(n-1)$ sui nodi attivi.

Passando dall'all-cause ai trasferimenti CRE-specifici la rete attiva si contrae di ~8 volte (417 → 52 → 29 nodi), ma la densità aumenta (0,017 → 0,027 → 0,037): lo scambio di pazienti CRE è concentrato in un sottoinsieme piccolo ma fittamente interconnesso di strutture, mentre la rete infezione copre ancora quasi tutto il sistema.

I flussi complessivi predicono la posizione CRE?

ρ di Spearman tra le centralità di ciascuna rete e la rete all-cause — set completo (N=461)



Dipende

Rete infezione riproduce quasi perfettamente il flusso all-cause (in-degree $\rho = 0,93$; betweenness $\rho = 0,79$).

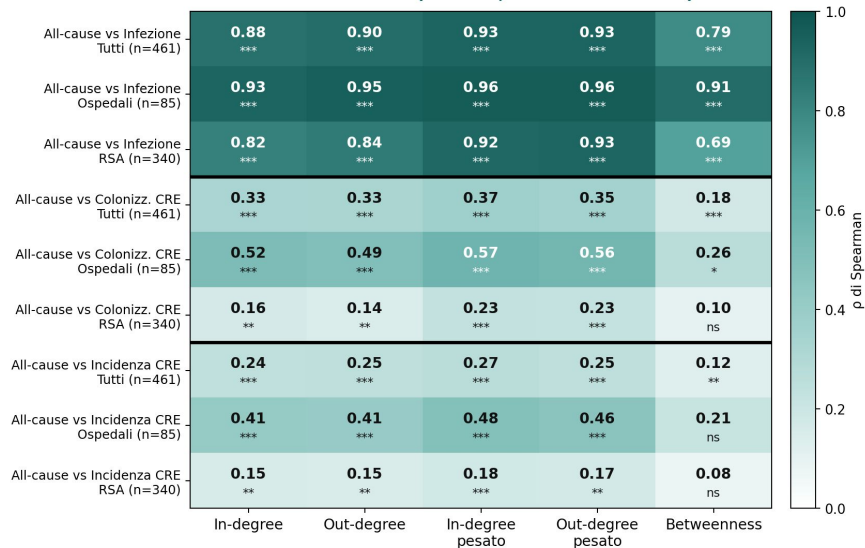
Colonizzazione CRE ρ scende a 0,37 / 0,18.

Incidenza CRE ρ scende ancora a 0,26 / 0,12.

In tutti i confronti la betweenness mostra l'accordo più debole: il ruolo di ponte delle strutture diverge di più tra rete all-cause e reti CRE.

Entriamo nel dettaglio: totale dei nodi vs soli nodi attivi

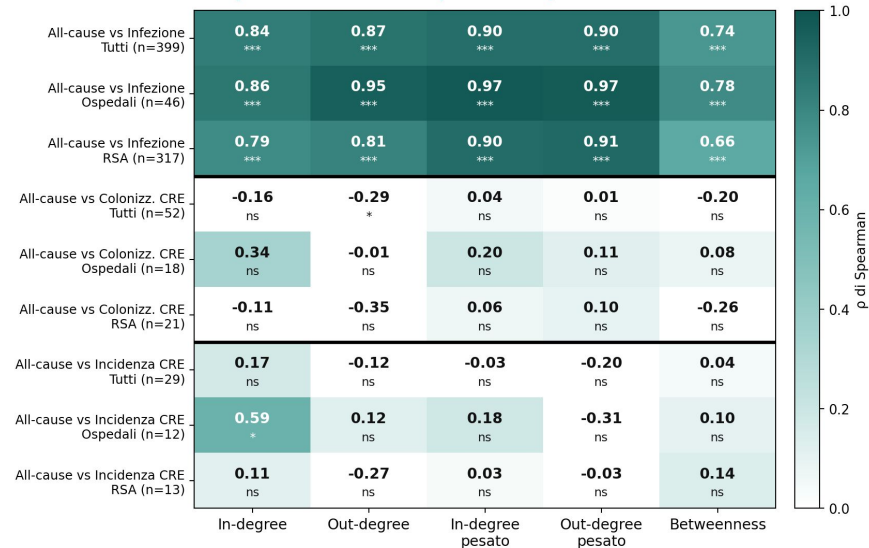
**Correlazioni di Spearman delle centralità tra rete all-cause e reti CRE
SET COMPLETO (Toscana, biennio 2023-2024)**



Significatività: *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$, ns = non significativo; — = n insufficiente

SET COMPLETO (con zeri)

**Correlazioni di Spearman — SOLO NODI ATTIVI nella rete CRE
(zeri condivisi rimossi) — Toscana, biennio 2023-2024**



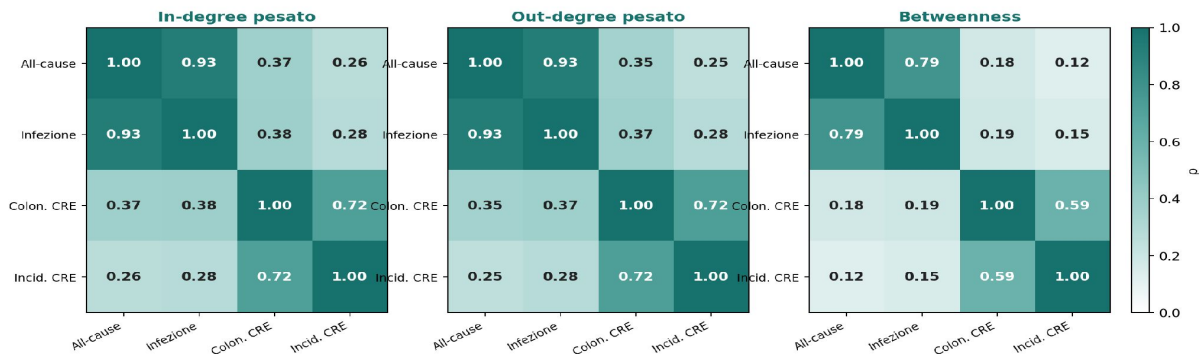
Significatività: *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$, ns = non significativo; — = n insufficiente

SOLO NODI ATTIVI (zeri rimossi)

Con gli zeri la correlazione all-cause↔CRE è positiva e significativa (colonizz. $p=0,37$, $p < 10^{-15}$) ma è un artefatto; tra le sole strutture attive scende a $p=0,05$ ($p=0,75$) e $p=-0,02$ ($p=0,90$), non significative. La rete infezione resta invece concordante in entrambi i casi.

Le quattro reti a confronto a coppie

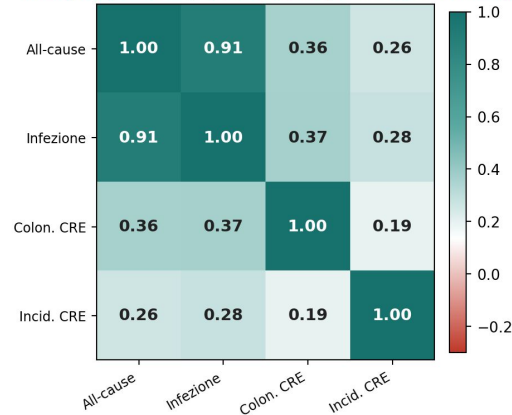
ρ di Spearman a coppie tra le quattro reti — set completo (N=461)



Set completo dei nodi (N=461)

ρ di Spearman tra ogni coppia di reti

In-degree pesato — ρ sui nodi attivi (esclusi zeri condivisi)

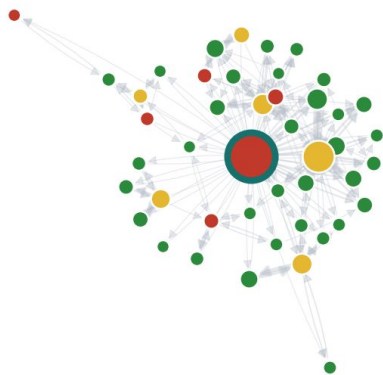


Unione dei nodi attivi (zeri condivisi rimossi)

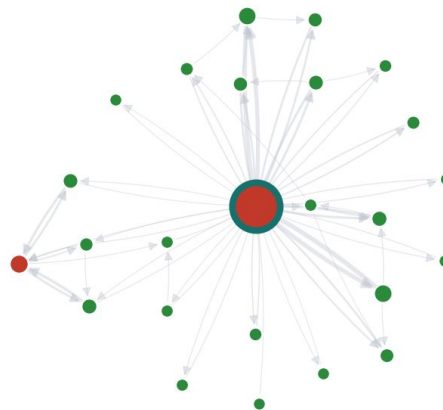
Sul set completo le due reti CRE sembrano formare un cluster proprio (colonizzazione-incidenza $\rho = 0,72$). Rimuovendo i nodi inattivi condivisi, crolla a $\rho = 0,19$: solo la coppia all-cause $\leftrightarrow$ infezione ($\rho = 0,91$) è una corrispondenza strutturale reale. Le reti CRE si disaccoppiano dal sistema generale e in larga parte tra loro.

Caso 1: la funzione di hub ricevente principale si mantiene nella rete per infezione

Rete all-cause
(in-degree pesato = 380, 44 partner)



Rete infezione
(in-degree pesato = 188, 24 partner)

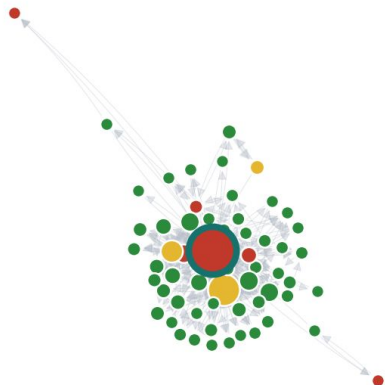


● RSA (LTCF) ● Ospedale ● PS ● struttura focale — trasferimento (spessore $\propto$ volume)

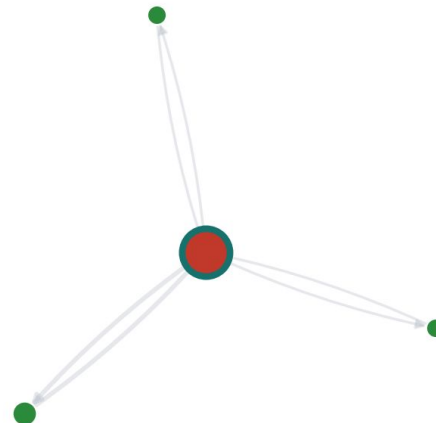
L'hub ricevente, l'ospedale con il massimo in-degree pesato, resta un hub ampio anche nella rete infezione (188 vs 380 di in-degree; 24 vs 44 partner): il flusso infezione ricalca in gran parte quello generale.

Caso 2: la funzione di ponte non rimane sempre prioritaria nella rete CRE

Rete all-cause
(betweenness = 0.110, 61 partner)



Rete colonizzazione CRE
(betweenness = 0.000, 3 partner)

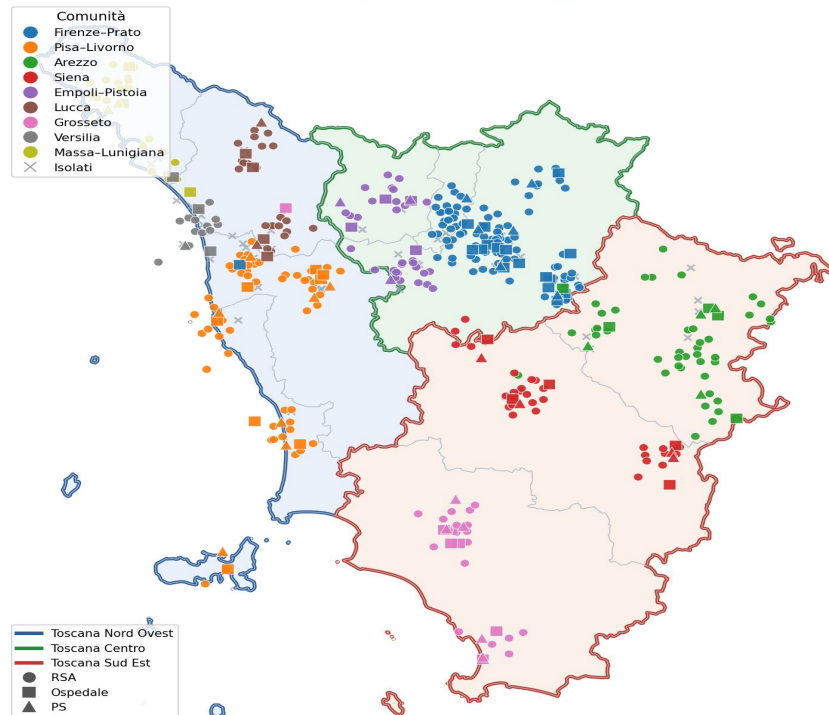


● RSA (LTCF) ● Ospedale ● PS ● struttura focale — trasferimento (spessore $\propto$ volume)

Il nodo a massima betweenness all-cause raggiunge 61 strutture partner, ma fa da ponte solo verso 3 RSA nella colonizzazione CRE e la sua betweenness va a zero. I ponti del flusso generale non sono i ponti del CRE.

Le comunità di scambio

Le comunità di scambio pazienti (Infomap) e le 3 ASL toscane



Strutture sul centroide della zona-distretto (con jitter); confini ASL aggregati dalle province.

Perché è importante

Le 9 comunità basate sui flussi, ricavate dai soli trasferimenti di pazienti, coincidono quasi esattamente con i bacini territoriali toscani.

Sono le unità naturali entro cui il CRE circola (~95% dei trasferimenti CRE resta all'interno) e il livello a cui è organizzato il rischio CRE.

Il CRE non attraversa preferenzialmente i cluster territoriali: le comunità-bacino sono valide unità di contenimento. L'unico canale CRE che scavalca i confini collega le comunità 4 e 2 (uno scambio RSA↔ospedale).

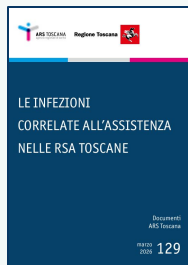
Social Network Analysis

Perché individuare “comunità” (cluster) tra gli spostamenti dei residenti in RSA tra ospedale e PS è importante

- **Oltre la geografia:** Più che la vicinanza geografica, a determinare la trasmissione è la vicinanza nella rete: sono i flussi di pazienti tra strutture a creare vie per la diffusione dei batteri
- **Sinergie operative:** Sapere quali strutture appartengono a una stessa “comunità” indica quali strutture dovrebbero condividere strategie e approcci per la prevenzione delle ICA e la diffusione di MDRO
- **Strutture Ponte:** Identificare strutture che fanno da ponte tra diverse “comunità” consente di pianificare interventi per isolare eventuali focolai infettivi ed evitare che si estendano sul territorio

Output

Pubblicazioni

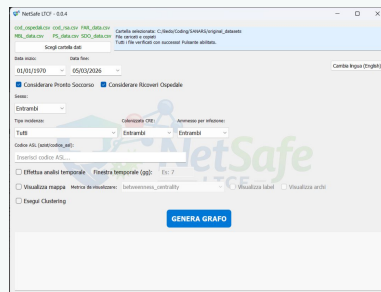


www.ars.toscana.it

1 Report

3 Paper in prep.

Software & Analisi



Applicativo NetSafe
Software Network Analysis



Divulgazione



Health Lab: Il podcast ARS
Toscana

Abstract & Congressi



Abstract accettati a:

- 58° Congresso SItI
- 50° Congresso AIE

Raccomandazioni e prospettive future

Raccomandazioni

- Valorizzare e integrare i flussi informativi per stimare il carico di malattia infettiva e mappare il rischio
- Maggiore attenzione ai nuovi ingressi in RSA per garantire una presa in carico tempestiva
- Capire in ogni contesto il sistema in cui l'RSA si inserisce e come si relaziona con gli altri setting di cura
- La *Social Network Analysis* come strumento utile per identificare cluster, nodi della rete e guidare interventi di sistema

Prossimi passi

- Testare il sistema di indicatori in altre regioni e a livello nazionale
- Utilizzare la SNA per guidare in modo strategico gli interventi di sistema
- Studiare l'utilizzo della SNA nel tempo per analizzare la variazione temporale

