4

Dinamiche epidemiologiche e *governance* sanitaria in Trentino-Alto Adige

Tiziano Brunialti, Elena Dai Prà, Nicola Gabellieri, Andrea Marco Raffaele Pranzo, Daniele Sanmartino

Centro Geo-Cartografico di Studio e Documentazione (GeCo), Università di Trento

Epidemiological dynamics and health governance in Trentino-Alto Adige
Within the framework of the common project aimed at the production of a Covid-19 Atlas about the infection geographies in Italy, this essay focuses upon the epidemiological dynamics occurred across the territory of Trentino-Alto Adige Region during spring 2020. Through the collection and the spatial-statistical analysis of open source publicly available data, and their integration in a territorial informative infrastructure with GIS, we were able to detect some of the very first outbreaks and the main spreading directions of the pandemic, and we could produce thematic maps. The comparative analysis of demographic, social, economic, and environmental data allowed us to identify some relationships that contribute to outline an epistemological overview about the main factors that could have affected the geographical pattern of the pandemic. In particular, we could highlight the weak role of environmental factors like air pollution as opposed to the stronger effects of other territorial processes. The case studied hereby represents a unique entity within the Italian administrative system, as it undergoes two different Health Authorities, one controlled by the Autonomous Province of Trento, the other belonging to the Autonomous Province of Bolzano. It provides therefore the opportunity to deal with the intrinsic difficulties stemming from the collection, comparison and analysis of data produced by different entities while reconstructing the pandemic patterns within territories subjected to independent surveillance and mitigation measures.

Keywords: *epidemiological cartography, Covid-19, Trentino-Alto Adige, Geographic Information Systems, extra-regional flows*

1. Introduzione[1]

Il Trentino-Alto Adige rappresenta un *unicum* nel panorama dell'assetto amministrativo delle regioni italiane: a seguito dei due statuti di autonomia del 1948 e del 1971 un vasto numero di competenze legislative, normative e gestionali – tra cui la sanità – sono state affidate alle due Province di Trento e di Bolzano, portando questi due enti

[1] Il presente articolo è frutto di riflessioni e di lavoro congiunti; tuttavia, i paragrafi 1 e 3.1 sono da ricondurre a Elena Dai Prà, i paragrafi 2 e 6 a Daniele Sanmartino, i paragrafi 3.2 e 8 a Nicola Gabellieri, i paragrafi 4 e 7 a Tiziano Brunialti, i paragrafi 3.3 e 5 ad Andrea Marco Raffaele Pranzo.

ad assumere delle funzioni *de facto* regionali (Peterlini, 1996; Giovanetti, 2004; Ferretti e altri, 2020).
Sia l'Azienda provinciale per i servizi sanitari (APSS) della Provincia autonoma di Trento (di seguito, PAT) sia l'Azienda sanitaria dell'Alto Adige (ASDAA) della Provincia autonoma di Bolzano-Alto Adige (di seguito, PAB) hanno sviluppato proprie forme di *governance* della pandemia, con diversi protocolli, prassi e strategie di monitoraggio ed intervento, anche divergendo, in alcuni casi, dalle decisioni del governo centrale in virtù dello statuto di autonomia. Tale indipendenza si è riflessa anche nella fase di raccolta e condivisione dei dati sanitari. I due enti hanno sviluppato forme eterogenee di rilevamento dei casi positivi, e costruito banche dati strutturalmente diverse, cosa che ha reso difficile una loro integrazione per la lettura unitaria del fenomeno. La stessa divulgazione dei dati è stata ampiamente discordante, e questo invita a riflettere sul problema della interoperabilità dei dati non solo tra pubblica amministrazione e accademia, ma anche tra diversi enti pubblici. Inoltre, a queste forme di monitoraggio autonome sono poi seguite risposte altrettanto divergenti, con diversi sistemi di restrizioni attuati nelle due province durante la fase autunnale della pandemia.
Tale quadro amministrativo ha avuto conseguenze dirette nel presente studio: i dati sull'andamento dei contagi pubblicati dalle due amministrazioni sono stati raccolti in forme diverse e una loro lettura e interpretazione deve tenere conto di questa eterogeneità delle fonti. Tale difformità caratterizza non solo le statistiche epidemiologiche, ma tutti i dati utilizzati per questo studio; le due Province autonome hanno ognuna un proprio ufficio cartografico e un portale cartografico con diversi strati informativi disponibili.
Inoltre, interventi e limitazioni hanno avuto differenti impatti sulle dinamiche dell'epidemia, le quali non potranno perciò essere lette unitariamente, ma dovranno essere interpretate ognuna in seno al proprio quadro amministrativo. Questo aspetto della ricerca ha riprodotto su scala locale le stesse problematiche che caratterizzano la scala nazionale – in un Paese in cui il monitoraggio dei dati è demandato agli enti locali – e che, a filo di metafora, ci invitano a considerare il Trentino-Alto Adige come un peculiare esempio di Dioscuri della *governance* sanitaria: come i gemelli della mitologia greca, ognuno dotato di una propria personalità e di proprie distinte vocazioni, le due province della medesima regione hanno sviluppato due diverse politiche sanitarie per rispondere alle sfide poste dalla pandemia, ponendo un forte problema epistemologico, oltre che metodologico.
Per questo motivo, nelle pagine che seguono, le due province sono state esaminate in alcuni casi come contesti unitari, ma più spesso come due casi studio separati, sia a livello di analisi testuale sia di rappresentazione cartografica.

I dati adoperati per lo studio sono stati estratti da molteplici fonti locali, nazionali e internazionali:
a) Portale geocartografico Trentino[2];
b) Dashboard di monitoraggio Covid-19 di Trentino Digitale[3];
c) Portale Fondazione Bruno Kessler[4];

[2] *http://www.territorio.provincia.tn.it/portal/server.pt/community/portale_geocartografico_trentino/254* (ultimo accesso: 30.IV.2021).
[3] *https://patn.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/30d39ef2c83a47d285512a4685235843* (ultimo accesso: 30.IV.2021).
[4] *https://covid19trentino.fbk.eu/* (ultimo accesso: 30.IV.2021).

d) Catalogo OPENdata Trentino[5];
e) Geoportale Alto Adige[6];
f) PAB – Protezione Civile[7];
g) ISPAT – Istituto di statistica della PAT[8];
h) ASTAT – Istituto di statistica della PAB[9];
i) ISTAT – Istituto nazionale di statistica[10];
j) EEA *geospatial data catalogue* (Agenzia europea dell'ambiente)[11].

2. Il contesto territoriale: geografia fisica e demografia

Il territorio della PAT copre un'area di 6.207 km² ed è interamente collocato nelle Alpi orientali (fig. 1). Le valli principali sono la Valle dell'Adige, la Valsugana, le Valli Giudicarie, la Val di Sole, la Val di Non e la Val di Fiemme. L'andamento delle valli risulta essere prevalentemente nord-sud, con l'eccezione della Valsugana, caratterizzata maggiormente da un andamento est-ovest (Marazzi, 2005). Altimetricamente, gli estremi sono rappresentanti dai 65 metri s.l.m. del Lago di Garda e dai 3.769 metri s.l.m. del Monte Cevedale.
Il territorio della PAB si estende per 7.398 km², confina con la Svizzera e l'Austria ed è situato all'interno dell'Arco Alpino Orientale, risultando anch'esso completamente montuoso. Le valli principali sono la Valle dell'Adige, la Valle dell'Isarco, la Val Pusteria e la Val Venosta (Marazzi, 2005). La quota più alta corrisponde

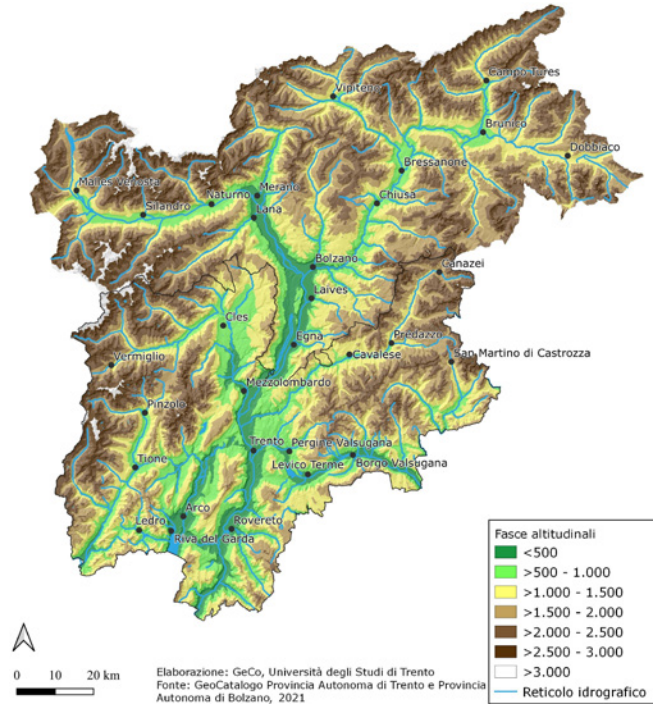

Fig. 1. Carta fisica dei territori studiati, con altimetria e centri urbani principali

[5] *https://dati.trentino.it/* (ultimo accesso: 30.IV.2021).
[6] *http://geocatalogo.retecivica.bz.it/geokatalog/#!* (ultimo accesso: 30.IV.2021).
[7] *http://www.provincia.bz.it/sicurezza-protezione-civile/protezione-civile/dati-attuali-sul-coronavirus.asp* (ultimo accesso: 30.IV.2021).
[8] *http://www.statistica.provincia.tn.it/* (ultimo accesso: 30.IV.2021).
[9] *https://astat.provincia.bz.it/it/default.asp* (ultimo accesso: 30.IV.2021).
[10] *http://demo.istat.it* (ultimo accesso: 30.IV.2021).
[11] *https://sdi.eea.europa.eu/catalogue/srv/eng/catalog.search#/metadata/2147c2a2-95d9-46aa-8058-13f61a254ce6* (ultimo accesso: 30.IV.2021).

alla cima dell'Ortles, (3905 m s.l.m.), mentre la più bassa si trova al confine con la PAT, nella Val d'Adige (208 m s.l.m.).
Secondo i dati ISTAT, la regione Trentino-Alto Adige risulta avere al 1° gennaio 2020 una popolazione di 1.078.069 unità, così suddivisa: 545.425 residenti nella PAT e 532.644 residenti in PAB. Il territorio trentino è amministrato in 166 comuni, aggregati in quindici Comunità di Valle, che costituiscono enti territoriali intermedi con la Provincia. Il territorio altoatesino, invece, è composto da 116 comuni, a loro volta aggregati in otto Comunità Comprensoriali. La popolazione è distribuita in modo disomogeneo, con alta concentrazione nei fondivalle e, in particolare, in corrispondenza delle città maggiori, come Trento, Bolzano, Merano e Rovereto (fig. 2).
Nella PAT il 49,5% dei residenti risiede sotto la quota dei 250 m s.l.m., ed appena il 18,9% oltre i 750 m s.l.m. La densità media della popolazione risulta essere pari a 87 abitanti/km^2. L'area di Trento, la Vallagarina, la piana del basso Sarca e l'Alta Valsugana presentano una densità superiore ai 100 abitanti per km^2, mentre i comuni più periferici delle aree orientali e occidentali mostrano una densità abitativa decisamente inferiore. Rovereto presenta la maggior densità (790 ab./km^2), seguito a poca distanza dal capoluogo Trento (753 ab./km^2), mentre la minor densità è registrata nei comuni di Bresimo e di Valdaone (rispettivamente 6,19 e 6,49 ab./km^2).
Anche nel caso dell'Alto Adige, un quinto della popolazione risiede a Bolzano (106.023 abitanti), mentre la densità media è di 72 abitanti/km^2. Il capoluogo è caratterizzato anche dalla più elevata densità abitativa (1.996 ab./km^2), mentre diversi comuni, come Martello e Senales, registrano valori inferiori ai 10 abitanti/km^2 (rispettivamente 5,81 e 5,93 ab./km^2). La densità risulta essere maggiore lungo la Valle dell'Adige, mentre diminuisce presso i comuni più in quota.
Dal punto di vista dell'evoluzione demografica, al 2019 la Regione del Trentino-Alto Adige mostra un tasso di natalità di 8,8 nati/1.000 abitanti, e un tasso di mortalità di 8,9 morti/1.000 abitanti, con una crescita naturale pari a -0,1 su 1.000 abitanti. Per confronto, la media nazionale si attesta a 7 nati/1.000 abitanti, 10,5 morti/1.000 abitanti, per una crescita naturale di -3,5 su 1.000 abitanti; pertanto, questa regione risulta essere sopra la media italiana, pur registrando comunque una crescita negativa.
Scendendo al livello provinciale, emergono alcune differenze: il Trentino presenta, al 2019, un indice di natalità di 7,8 nati/1.000 abitanti a fronte di un indice di natalità in Alto Adige di 9,8/1.000 ab. Il tasso di mortalità risulta, inoltre, più alto in Trentino (9,4 morti/1.000 abitanti) rispetto all'Alto Adige (8,4 morti/1.000 abitanti).
Come è possibile osservare attraverso le piramidi demografiche (fig. 2), gli abitanti appartenenti alle classi comprese tra i 40 e i 69 anni rappresentano la proporzione maggiore, mentre le classi più giovani sono minoritarie. Anche l'indice di vecchiaia, pari a 142,6%, e il dato sull'età media, di 43,7 anni, evidenziano una popolazione anziana, in coerenza con l'andamento nazionale, seppur in modo meno marcato (l'indice di vecchiaia nazionale è al 173% e l'età media è di 45,4 anni). Anche in questo caso è possibile registrare alcune differenze tra le due province: il Trentino presenta un indice di vecchiaia (158,7%) nettamente superiore a quello dell'Alto Adige (126,6%).
La mappatura del pendolarismo, sia interno che interregionale, ha rappresentato un passaggio chiave dello studio, essendo la mobilità un fattore cruciale per lo studio della diffusione della pandemia, come già rilevato altrove (Zheng e altri, 2020; Casti, 2020). La carenza di dati aggiornati ha rappresentato una sfida per la ricostruzione della mobilità. La figura 3 mostra, in valori assoluti, i flussi di pendolarismo per motivi di lavoro o di studio, così come sono stati registrati nel censimento ISTAT del 2011; questi

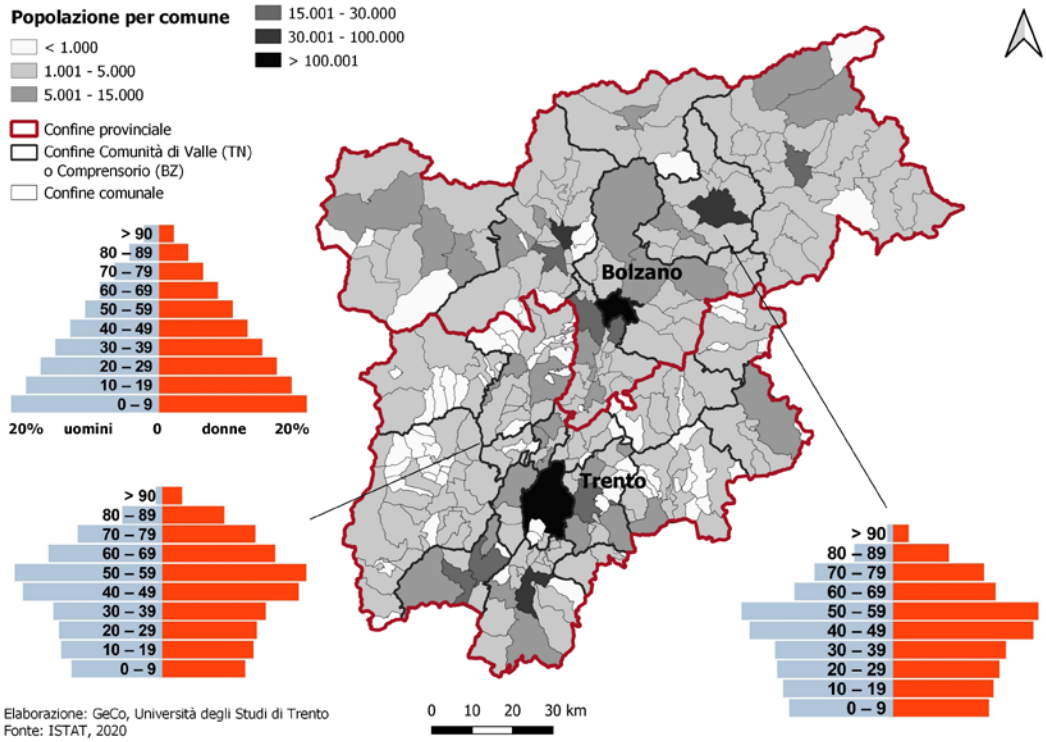

Fig. 2. Distribuzione della popolazione e suddivisione per classi di età al 1° gennaio 2020

dati, per quanto ormai desueti, possono comunque essere suggestivi della direzione e della portata dei principali flussi di spostamento quotidiano della popolazione.
Per la provincia di Trento sono state studiate le due città più popolose, Trento (in blu) e Rovereto (in verde). È possibile notare come i flussi di dimensioni maggiori siano generati soprattutto dai comuni più prossimi alle due città, le quali fungono da centri demici gravitazionali rispettivamente della Val d'Adige e della Vallagarina, entrambi territori fittamente urbanizzati. Altri flussi particolarmente intensi in arrivo nelle città in esame provengono dai centri principali delle valli limitrofe. In particolare, l'asse principale degli spostamenti di corto raggio risulta avere andamento nord-sud, e segue fedelmente il percorso dell'Adige e le sue rive densamente popolate.
Similmente, è possibile osservare anche i flussi in ingresso verso i due principali centri abitati dell'Alto Adige: Bolzano (in blu) e Merano (in verde). I flussi di maggior portata sono quelli che legano Bolzano ai comuni immediatamente limitrofi, ma anche quelli intercorrenti fra Bolzano e Merano, e tendono anche in questo caso a ricalcare il tracciato dei fondivalle, con un picco di intensità lungo la Valle dell'Adige, che si biforca proseguendo lungo il fiume Isarco.

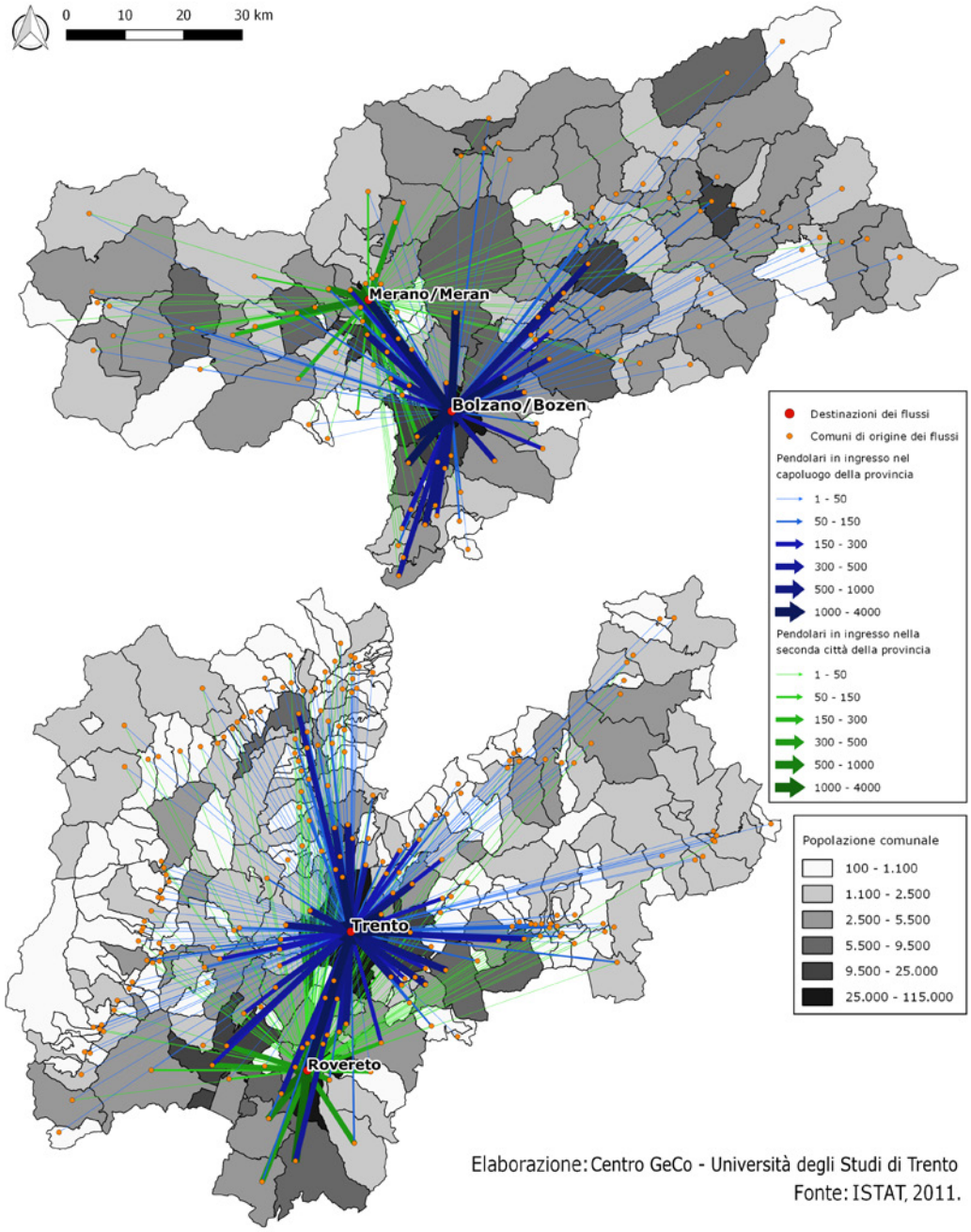

Fig. 3. Flussi aggregati di mobilità per studio e lavoro nelle quattro maggiori città delle province autonome di Bolzano e Trento

3. Le dinamiche spaziali dell'epidemia di Covid-19

3.1. La diffusione spaziale dei contagi durante la prima ondata

La pandemia ha colpito la regione del Trentino-Alto Adige in maniera particolarmente severa, secondo dinamiche spaziali già in parte delineate (Giuliani e altri, 2020; Brunialti, Dai Prà e Gabellieri, 2020). La figura 4 rappresenta la distribuzione comunale dei casi positivi totali al 2 maggio, poco prima dell'allentamento delle restrizioni nazionali, con il numero riportato in valori assoluti. La mosaicatura ottenuta evidenzia con forza l'eterogeneità della distribuzione spaziale dei contagi: come prevedibile, le due città maggiormente colpite (con più di 400 casi positivi) risultano essere le più popolose della regione, Trento e Bolzano; subito dopo, spiccano però i comuni di Arco e Pergine Valsugana, rispettivamente classificati nelle fasce 300-400 e 200-300 contagi. Viceversa, la terza e la quarta città per abitanti (Rovereto e Merano) mostrano meno contagi in valori assoluti rispetto ai centri appena menzionati.

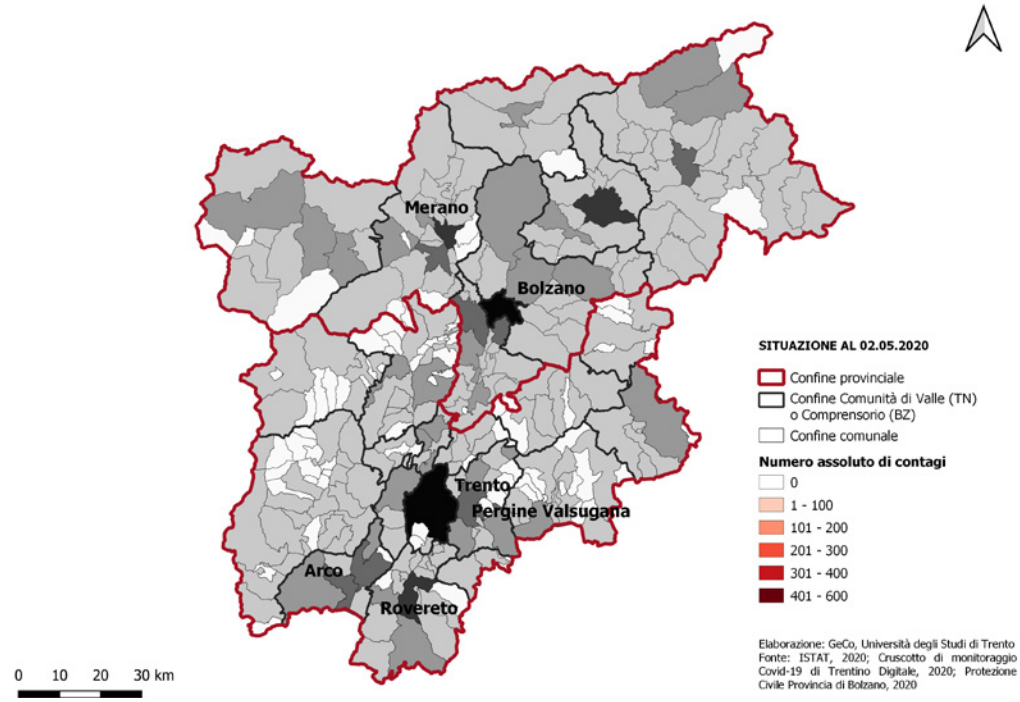

Fig. 4. Numero di casi positivi cumulati dal 1° marzo al 2 maggio 2020 aggregati per comune

3.2. L'evoluzione mensile dell'incidenza dei contagi sulla popolazione totale in Provincia di Trento

Il Trentino è stato tra i primi territori italiani colpiti dalla pandemia di Covid-19, divenendo focolaio importante di casi poco dopo l'individuazione dei focolai primari in Lombardia e in Veneto. Il primo caso positivo accertato è stato rilevato il 2 marzo a Trento. L'aumento dei contagi nelle prime settimane del mese è stato rapido, ed entro la fine di marzo il numero dei comuni privi di casi positivi era ormai molto basso. Dalla figura 5 si osserva che, a conclusione del primo mese di diffusione incontrollata del virus (28 marzo 2020), i casi positivi presentavano una distribuzione fortemente non uniforme, con tre aree particolarmente colpite poste a nord-est, a ovest e a sud-ovest. Questo schema di diffusione spaziale sembra successivamente radicarsi e caratterizzare tutta la prima ondata pandemica, come visibile nelle carte a coroplete relative ai mesi di aprile, maggio e giugno 2020. Queste mostrano una intensificazione dei contagi nelle aree citate, nonché il graduale irradiamento dell'infezione nei comuni limitrofi e lungo i fondivalle.
In base al *pattern* evidenziato, già verso la fine del mese di marzo emerge come alcuni comuni siano stati caratterizzati da picchi di contagio particolarmente elevati (fino al 5%), e come questi valori siano aumentati considerevolmente nei mesi successivi, arrivando a massimi impressionanti, di poco inferiori al 16%. Al 7 giugno il numero assoluto dei casi positivi cumulati risultava essere di 4.435 unità. È interessante sottolineare come le aree maggiormente colpite in termini relativi non abbiano coinciso con quelle a maggiore densità abitativa, localizzandosi piuttosto nelle aree di nord-est e ovest, entrambi territori montani a vocazione turistica caratterizzati da un ridotto numero di abitanti. Si possono menzionare, per il nord-ovest, i comuni di Pinzolo, Vermiglio e per il nord-est il comune di Canazei, nell'alta Val di Fassa.

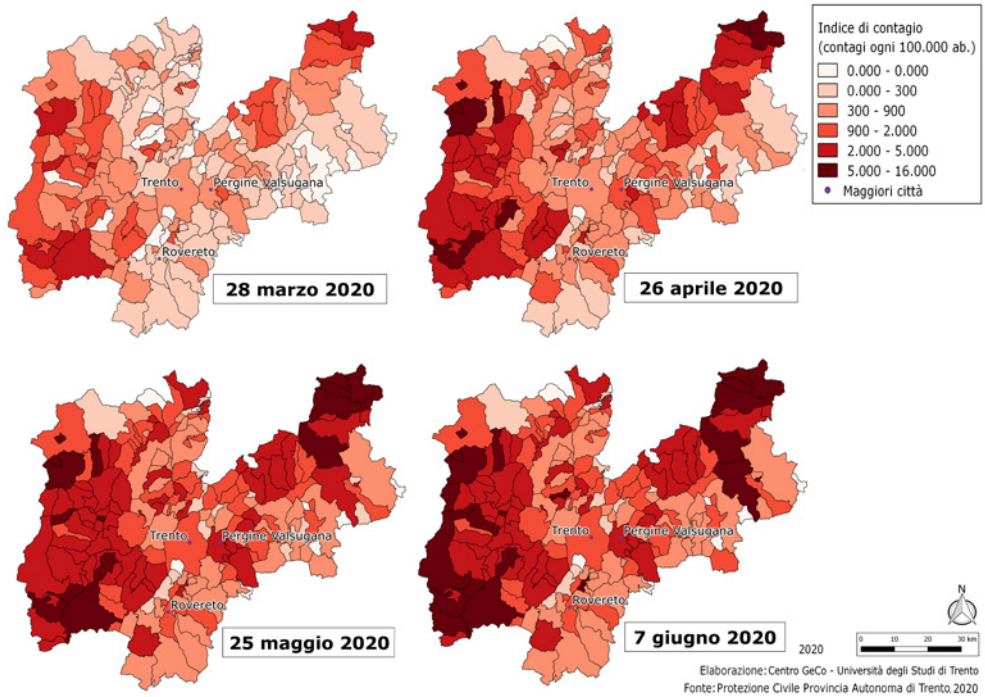

Fig. 5. Evoluzione del contagio rispetto alla popolazione residente per i comuni della PAT nel periodo marzo-giugno 2020

Anche i comuni sudorientali del territorio provinciale hanno sperimentato una percentuale di contagi elevata. In questo secondo caso una possibile spiegazione potrebbe derivare dal combinato effetto della vicinanza geografica con uno degli epicentri italiani della pandemia, la provincia di Brescia (Lombardia), confinante con le Valli Giudicarie, e dei focolai esplosi in quasi tutte le strutture assistenziali per anziani presenti in questi comuni.

3.3. L'evoluzione mensile dell'incidenza dei contagi sulla popolazione totale in provincia di Bolzano – Alto Adige

Nella Provincia autonoma di Bolzano la pandemia si è manifestata secondo dinamiche territoriali differenti, dopo il primo caso positivo individuato già il 1° marzo. Come è possibile osservare in figura 6, le percentuali dei contagi a livello comunale nel territorio altoatesino hanno raggiunto valori nettamente inferiori rispetto alla provincia di Trento, con picchi che non hanno superato il 2,65% di casi positivi nei comuni più colpiti. Al 7 giugno 2020 il numero assoluto cumulato di casi positivi risultava essere di 2.603 unità, poco più della metà rispetto al Trentino. Questa netta differenza spiega anche la necessità di adottare scale differenti nella produzione delle due carte epidemiologiche a coroplete, nonché la diversa intensità cromatica dei mosaici.
Anche in questo caso la distribuzione dei casi positivi non è stata omogenea; l'intera porzione occidentale della provincia è stata decisamente poco interessata dalla pandemia durante tutto il periodo di studio, mentre, al contrario, l'area dolomitica della Val Gardena, ad

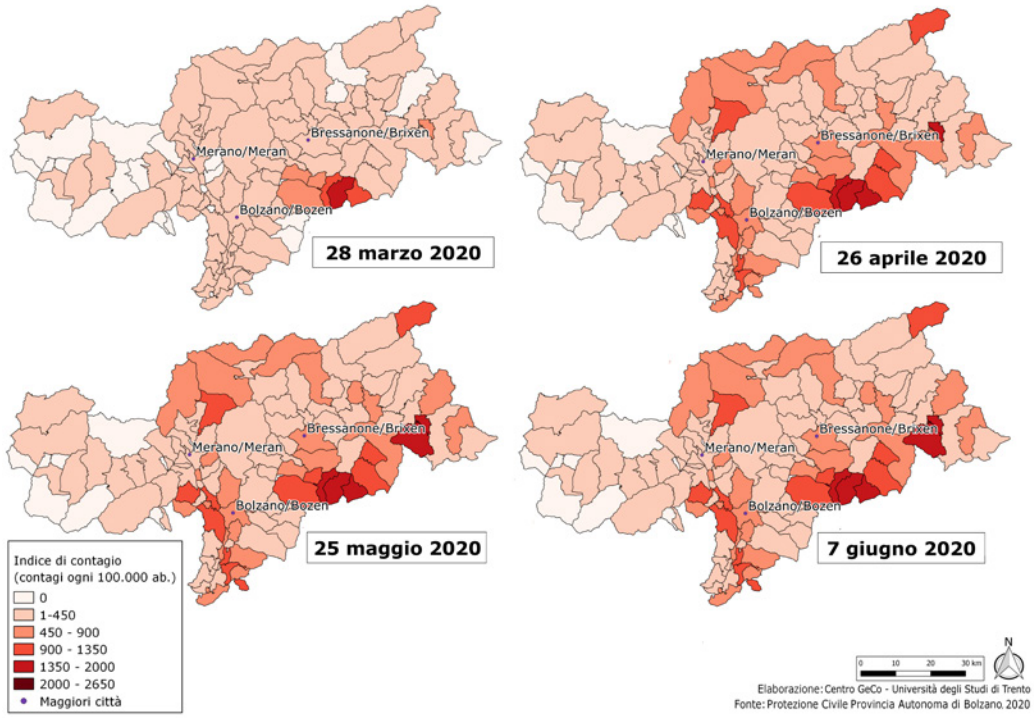

Fig. 6. Evoluzione del contagio rispetto alla popolazione residente per i comuni della PAB nel periodo marzo-giugno 2020

est di Bolzano (Selva di Val Gardena, Ortisei) ha presto raggiunto percentuali anomale di casi positivi rispetto al resto della provincia. La clusterizzazione del contagio è già osservabile nella carta di marzo, e si è intensificata nei mesi successivi. Anche in questo caso non si tratta di un'area caratterizzata da una elevata densità abitativa o produttiva, che privilegia invece una forte vocazione turistica legata allo sport invernale (Kuebart e Stabler, 2020). Una conclusione simile potrebbe essere tratta per i focolai tardivi sorti successivamente in altre località minori, come per esempio la zona di Braies e Villabassa, il comune di Predoi, l'area di San Leonardo in Passiria e di Racines (comprensori del Passo Giovo).

4. Le strutture ospedaliere e le Residenze Sanitarie Assistenziali (RSA)

Un fattore importante nella gestione della pandemia di Covid-19 è stato la capacità delle strutture ospedaliere e delle RSA di affrontare l'emergenza. In Trentino-Alto Adige, come è possibile osservare nella figura 7, le RSA sono distribuite in tutto il territorio regionale, seguendo non solo le aree di maggior densità abitativa, ma tutti i fondivalle, anche quelli meno urbanizzati. Dal punto di vista spaziale, le strutture in questione caratterizzate dalla maggior capienza risultano essere localizzate in prossimità dei centri abitati di maggiori dimensioni; prima dell'inizio dello stato di emergenza erano in grado di garantire 4,3 posti ogni 1.000 persone nella PAT, e di 4,2 posti ogni 1.000 persone nella PAB. Questi valori erano superiori rispetto alla media nazionale, che è inferiore a 4,0 posti ogni 1.000 persone (*Rapporto sanità*, 2018). Si può osservare come il maggior numero di strutture sia situato vicino a Trento, Bolzano, Merano e Rovereto, le quattro maggiori aree

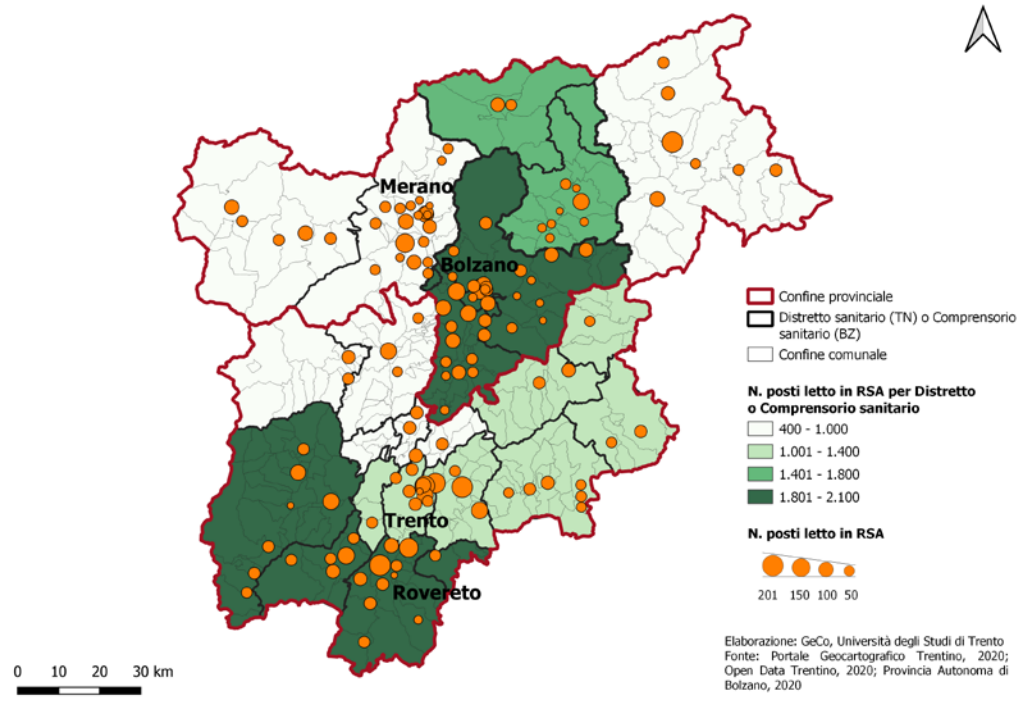

Fig. 7. Infrastrutture sanitarie: localizzazione delle strutture ospedaliere e residenze sanitarie assistenziali (RSA), con relativa dotazione di posti letto

urbane della regione in termini di popolazione residente. Nelle aree periferiche è comunque possibile individuare alcune RSA di dimensioni ragguardevoli, situate in comuni a bassa densità abitativa, e non è peregrino ritenere che ciò possa aver influito sul bilancio finale dei contagi in queste zone.
A livello nazionale, la diffusione della Covid-19 nelle RSA è stata considerata una dinamica cruciale per l'influenza che ha prodotto sul tasso di mortalità locale della malattia stessa, in quanto numerosi focolai si sono verificati in queste strutture con esiti particolarmente nefasti dovuti all'estrema fragilità degli ospiti. La carta in figura 8 riporta il numero assoluto di contagi avvenuto nelle RSA nell'ambito delle Comunità di Valle della PAT alla data del 3 aprile 2020[12]. Le strutture sono state colpite dalla pandemia con una distribuzione spaziale non omogenea. Le RSA collocate nelle aree orientali della provincia sembrano essere state molto meno interessate di quelle collocate nelle aree occidentali, un effetto, questo, probabilmente derivante dalla generale diffusione spaziale dei contagi, anche se con importanti eccezioni: i comuni di Canazei e, in misura minore, di Pinzolo (Madonna di Campiglio) non hanno riportato un elevato numero di casi in RSA, mentre hanno riportato un elevato numero di casi a livello comunitario, a conferma del fatto che in queste aree le ragioni dell'intensa diffusione del contagio vanno ricercate altrove (Brunialti, Dai Prà e Gabellieri, 2020).

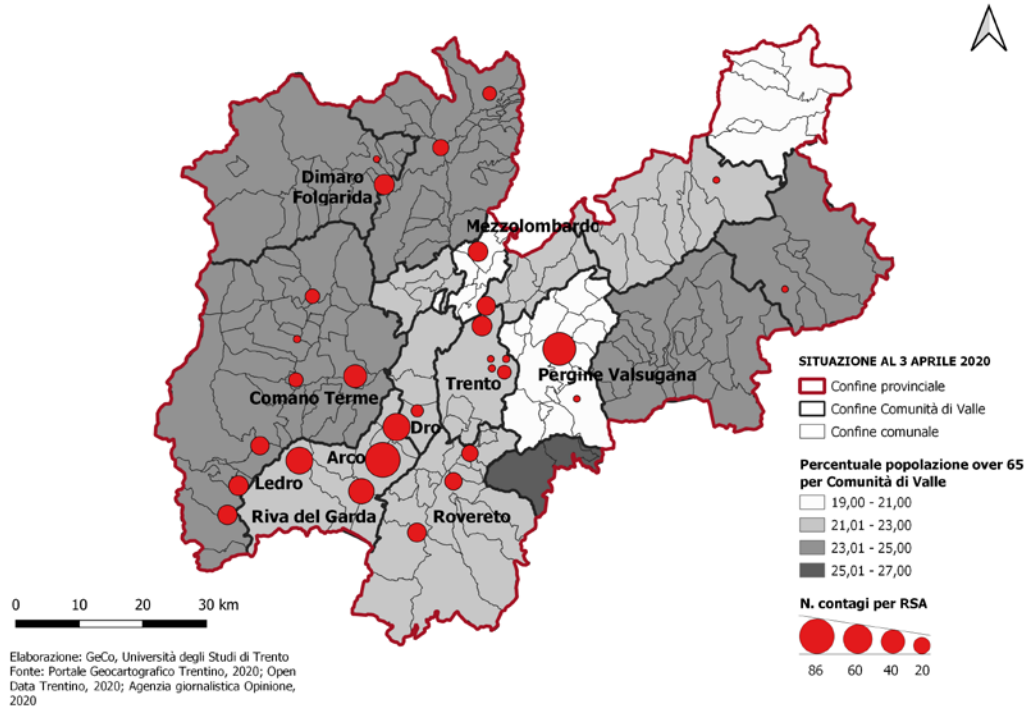

Fig. 8. Incidenza del contagio nelle Residenze sanitarie assistenziali della PAT

[12] Agenzia Giornalistica Opinione (3 aprile 2021), *https://www.agenziagiornalisticaopinione.it/lancio-dagenzia/apss-trentino-coronavirus-dati-rsa-al-3-aprile-718-in-totale-i-casi-clinici-registrati-di-questi-298-i-confermati-da-tampone/* (ultimo accesso: 3.IV.2021).

Limitatamente al territorio della PAT, le due aree più colpite in termini di contagi in RSA risultano essere quella di Trento e l'area a sud-ovest (Alto Garda e Valli Giudicarie). Il caso del capoluogo è probabilmente legato al numero assoluto di contagi molto elevato, dovuto alla maggior popolazione residente, mentre la situazione di Arco, Riva del Garda, Ledro e dei comuni delle Valli Giudicarie potrebbe essere correlata all'influenza della vicinanza geografica con la provincia di Brescia e, dunque, del già menzionato pendolarismo di corto raggio.

5. L'inquinamento atmosferico

Nell'ambito dei vari studi svolti sullo sviluppo della pandemia di Covid-19, numerose pubblicazioni hanno suggerito la sussistenza di possibili associazioni spaziali fra la propagazione della pandemia a livello locale e alcune variabili ambientali come l'inquinamento, inteso sia come concentrazione atmosferica media locale di specifici composti chimici, sia come andamento periodico locale dell'Indice di qualità dell'aria (Coccia, 2020; Casti, 2020; Consolandi e Rodeschini, 2020; Murgante e altri, 2020) hanno investigato la possibile relazione tra l'estensione delle aree più colpite durante l'ondata di marzo-aprile 2020 e i territori afflitti cronicamente da elevati livelli di inquinamento atmosferico nell'ambito della pianura padana, trovando corrispondenze nelle province della Lombardia centrale, tra le più intensamente colpite dalla pandemia.
Tra gli inquinanti ambientali considerati come cruciali nell'influenzare le dinamiche epidemiologiche, la letteratura si è focalizzata sulle polveri sottili (PM_{10} e $PM_{2,5}$) e sul biossido di azoto (NO_2).
Le prime (definite PM dall'inglese *Particulate Matter*) indicano un insieme non omogeneo di particelle sia solide che liquide, caratterizzate da una dimensione inferiore ai 10,0 μm che ne garantisce la capacità di restare in sospensione in atmosfera. Le PM_{10}, per via della loro pericolosità per la salute umana, sono oggetto di esplicite limitazioni normative. Il dlgs 155 del 2010 (in recepimento della direttiva europea 2008/50/CE) stabilisce i valori limite per la concentrazione atmosferica al suolo di PM_{10}, normandone le soglie massime di tolleranza secondo diversi intervalli temporali.
Data la difficoltà nel reperire dati esaustivi a scala sub-provinciale per il territorio di interesse, nella figura 9 viene riportata la carta contenente i dati provenienti dall'*Air Quality in Europe Report*, la quale mostra i livelli medi di PM_{10} nel Nord Italia per il 2017 (figura 9A). Considerando il *pattern* spaziale risultante dall'elaborazione dati, è possibile osservare come gran parte della Pianura Padana mostri valori molto vicini, se non superiori, al limite legale imposto dalla normativa europea e italiana. Le pianure della Lombardia e del Veneto, oltre alla città di Torino, risultano essere le più pericolosamente prossime ai livelli limite, mentre la conurbazione metropolitana di Milano riscontra livelli superiori ai 40 μm.
Spostando l'attenzione sulla regione Trentino-Alto Adige (fig. 9B), è possibile osservare dalla carta come la concentrazione atmosferica delle PM_{10} risulti essere nettamente inferiore rispetto alle aree pianeggianti dell'Italia settentrionale. I più elevati valori di concentrazione atmosferica sono riscontrabili presso le città di Trento, Bolzano, Rovereto e la piana dell'alto Garda (Arco e Riva del Garda). Anche in questi casi, però, i valori massimi non superano i 30 $\mu g/m^3$ medi annui (il più elevato è di 26 $\mu g/m^3$, registrato presso Riva del Garda). Il valore medio regionale è di circa 8,6 $\mu g/m^3$, molto al di sotto dei limiti di allarme. Rispetto alla Pianura Padana, la bassa densità abitativa e l'attivazione ciclica delle brezze di valle delinea un quadro differente, determinando una migliore qualità dell'aria.

Il biossido di azoto (NO_2), invece, è un composto chimico gassoso, altamente tossico ed irritante, ritenuto particolarmente pericoloso per la salute umana, ragione per cui è stato tenuto in considerazione nella ricerca di eventuali correlazioni con l'andamento locale della pandemia.
Il dlgs 155 del 2010 stabilisce i valori limite anche per le concentrazioni atmosferiche di biossido di azoto.
Nella figura 10A è possibile osservare, innanzitutto, la distribuzione media annuale del biossido di azoto nel Nord Italia. Le aree con i più alti valori medi di concentrazione risultano essere le conurbazioni di Milano e di Torino, ma i valori tendono a decrescere rapidamente allontanandosi dalle zone urbane e, in generale, dalle aree ad elevata densità abitativa.
La figura 10B mostra la carta in dettaglio relativa al Trentino-Alto Adige. In maniera analoga alla carta delle PM_{10}, le maggiori concentrazioni di biossido di azoto si registrano lungo le valli principali e presso le maggiori città: Trento, Bolzano, Rovereto, Merano e l'area di Arco e Riva del Garda. In questo caso, i valori massimi si raggiungono a Bolzano (34 µg/m^3), mantenendosi comunque al di sotto del limite legale. Il valore medio si attesta poco sopra i 7 µg/m^3.

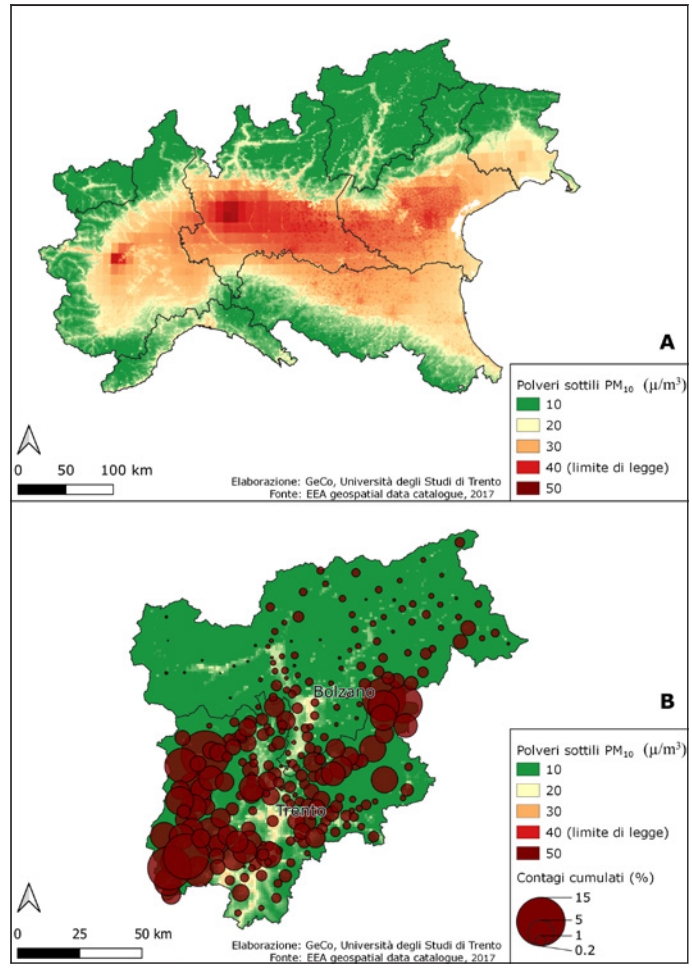

Fig. 9. Qualità dell'aria: concentrazione media annua di polveri sottili (PM_{10}) per il Nord Italia (9A) e sovrapposizione, al dato sulle PM_{10}, dei contagi cumulati al 7 giugno 2020 per il Trentino Alto-Adige (9B)

Per quanto in questa sede ci si limiti ad un mero apprezzamento visivo dei fenomeni, senza dunque procedere ad una vera e propria analisi di correlazione bivariata o multivariata delle grandezze in esame, si può comunque cautelativamente sostenere che i risultati ottenuti con l'*overlay* sconsiglino di trarre conclusioni di associazione spaziale fra inquinamento atmosferico ed entità locale del contagio, dal momento che le due variabili mostrano *pattern* indipendenti l'uno dall'altro. Un'ipotesi di associazione non è agevolmente argomentabile anche perché le maggiori concentrazioni di inquinanti sono registrate lungo i principali fondivalle, con accumuli marcati presso i maggiori centri abitati e le grandi arterie di comunicazione, pertanto non esiste un vero e pro-

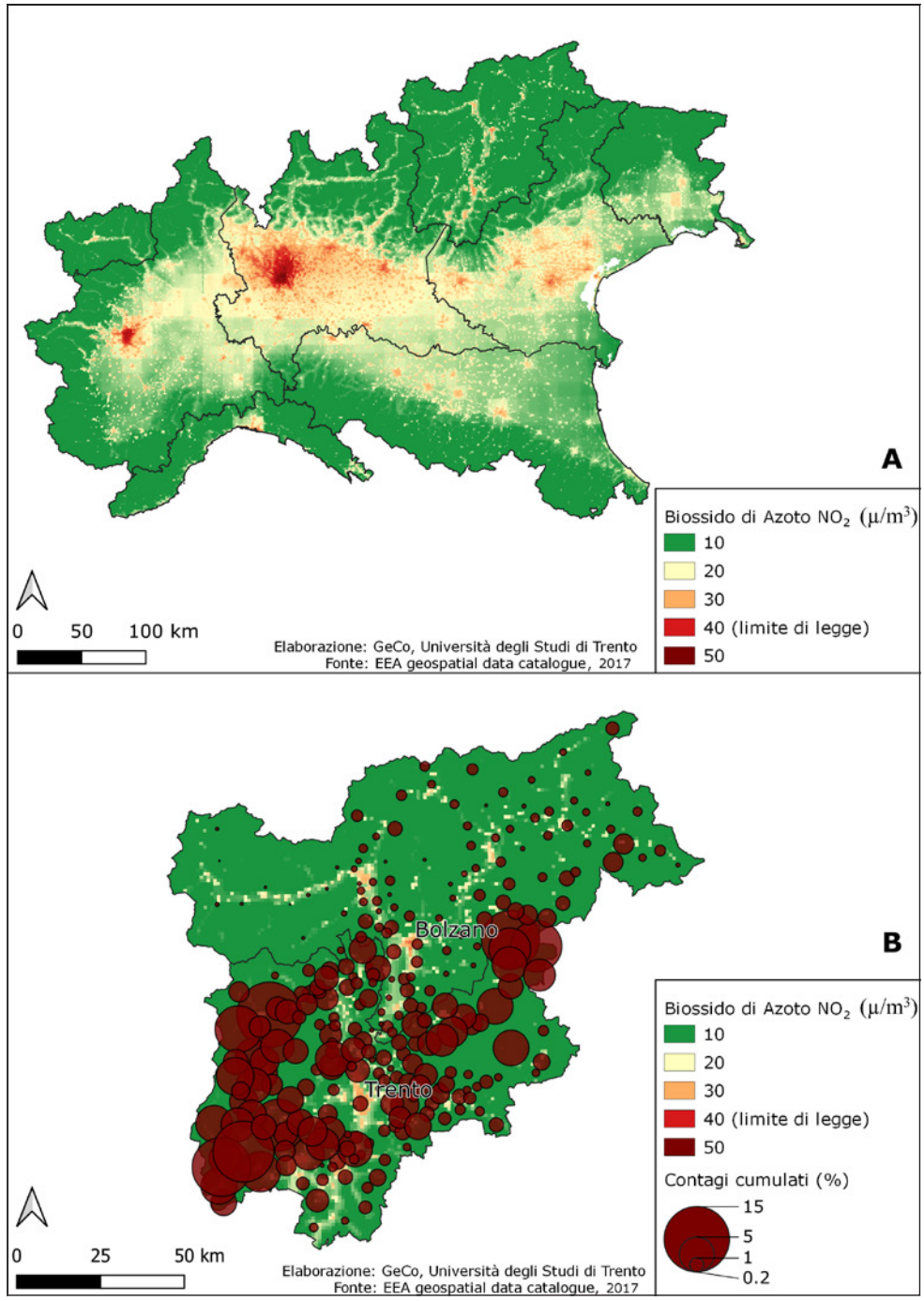

Fig. 10. Qualità dell'aria: concentrazione media annua di biossido di azoto (NO_2) per il Nord Italia (10A) e sovrapposizione, al dato di NO_2, dei contagi cumulati al 7 giugno 2020 per il Trentino Alto-Adige (10B)

prio «gruppo di controllo» equiparabile alle comunità studiate che consenta di epurare qualsivoglia deduzione dai numerosi fattori di confondimento demografici, sociali, sanitari legati alle peculiarità del contesto antropico della regione.

6. I sistemi produttivi

È stato ipotizzato (Casti, 2020; Consolandi e Rodeschini, 2020), soprattutto in riferimento alla struttura economico-produttiva delle comunità della Pianura Padana, un possibile legame spaziale tra le aree a maggiore vocazione produttiva/industriale e una maggior aggressività della pandemia a livello locale, verosimilmente per la più elevata presenza di lavoratori nei servizi essenziali (Amdaoud e altri, 2020). Viene pertanto proposta in figura 11 una carta di punti relativa alla PAT, con la collocazione geografica delle attività produttive censite nella provincia, mentre la sottostante carta a coroplete illustra il numero medio di casi attivi ogni 100 abitanti su scala comunale per marzo 2020. A causa del differente modo in cui sono strutturati gli archivi di dati geografico-statistici delle due province, non è stato possibile riportare una mappa equivalente per la PAB.
Si può osservare come le aree a maggior concentrazione di attività produttive (siti industriali, commerciali e agricoli) siano addensate in massima misura lungo la valle dell'Adige e lungo la Valsugana, raggiungendo le massime concentrazioni in prossimi-

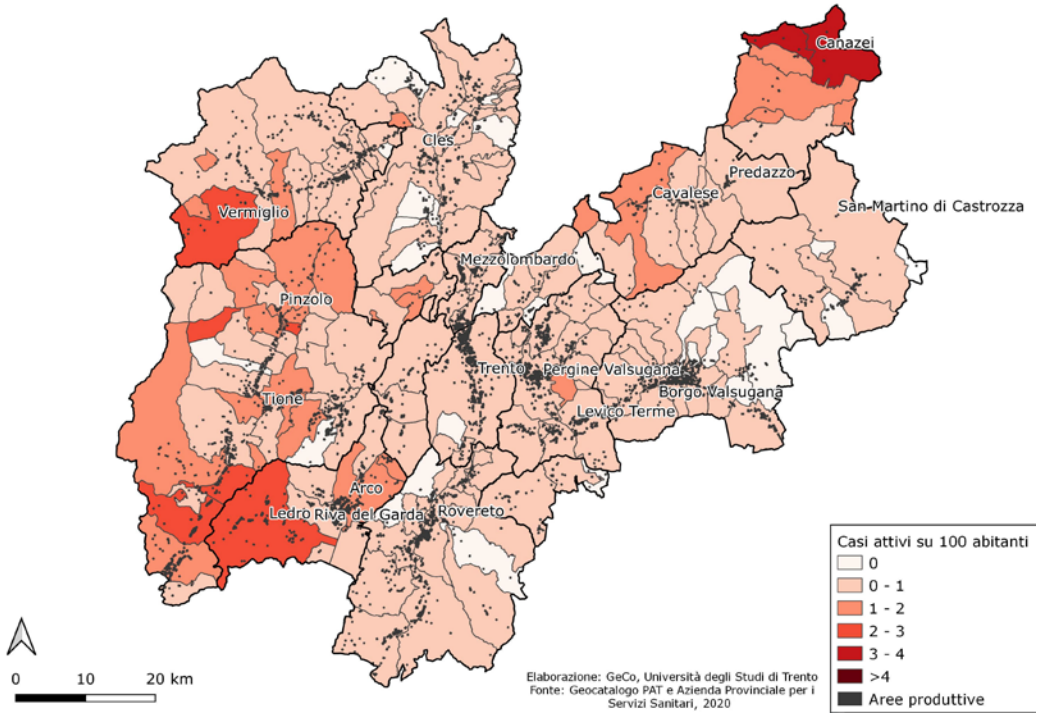

Fig. 11. Le imprese del tessuto produttivo della PAT (punti grigi) confrontate in *overlay* con i casi attivi ogni 100 abitanti per il mese di marzo 2020

tà dei maggiori centri urbani: Trento, Rovereto, Pergine Valsugana e Borgo Valsugana. Ad una semplice comparazione *de visu* non si notano particolari corrispondenze fra i comuni con i più elevati valori medi di casi attivi per il mese di marzo 2020, valori qui adottati come esemplificativi dell'intensità della diffusione comunitaria della pandemia, e comuni nei quali ricadono i più fitti addensamenti di attività produttive. In particolare, i comuni di Trento, Pergine Valsugana, Rovereto e Borgo Valsugana presentano un numero di casi in linea con la classe di valori più rappresentata nell'intera provincia, pur ospitando le maggiori concentrazioni di attività produttive.
Sembra pertanto verosimile affermare che, per quanto riguarda il territorio della PAT, il contagio, nel suo stadio iniziale, non abbia potuto o non abbia avuto tempo di sfruttare le relazioni e i contatti generati dalla densità del tessuto produttivo, ma sia stato viceversa influenzato e rafforzato localmente da altri fattori.

7. La vocazione turistica

Per il Trentino-Alto Adige la centralità economica del turismo, attirato sia dal cosiddetto «oro bianco», ovvero gli impianti sciistici di fama internazionale, sia da attività a minore concentrazione stagionale come il trekking o il termalismo, è stata ampiamente richiamata dalla ricerca (Kreisel e Reeh, 2011; Dai Prà, 2013).
La figura 12 fornisce il dato sulle presenze turistiche nelle due province autonome, ripartito secondo comprensori e ambiti turistici[13]; i punti grigi riportano la percentuale di contagi sulla popolazione, ripartita secondo il medesimo livello di aggregazione territoriale per agevolare la comparazione. Ad una prima lettura, alcune aree ad elevata presenza turistica appaiono anche caratterizzate da un'elevata percentuale di contagi (le aree di Canazei, della Val Gardena e di Madonna di Campiglio). Tuttavia, questo fattore da solo non sembra essere sufficiente a motivare il *pattern* spaziale del contagio. In particolare, le aree altoatesine al confine con l'Austria (nord e nord-est) presentano un'elevata presenza turistica, ma un numero relativamente ridotto di casi positivi di Covid-19 rispetto alla popolazione.
Una ulteriore ipotesi di corrispondenza spaziale, che dovrà essere ulteriormente approfondita anche alla luce di studi simili compiuti in altri paesi (Kuebart e Stabler, 2020; Ramírez e Lee, 2020; Correa-Martínez e altri, 2020), è quella evidenziata da una parziale correlazione tra numero di casi positivi per comune e localizzazione di strutture come i comprensori sciistici (fig. 13).

[13] Il territorio della provincia di Trento è suddiviso in 14 ambiti turistici, promossi dalle Aziende per il turismo, e in 6 zone minori nelle quali la promozione turistica avviene attraverso i Consorzi turistici. Nella provincia di Bolzano sono individuati 8 comprensori al cui interno sono presenti 11 Consorzi turistici.

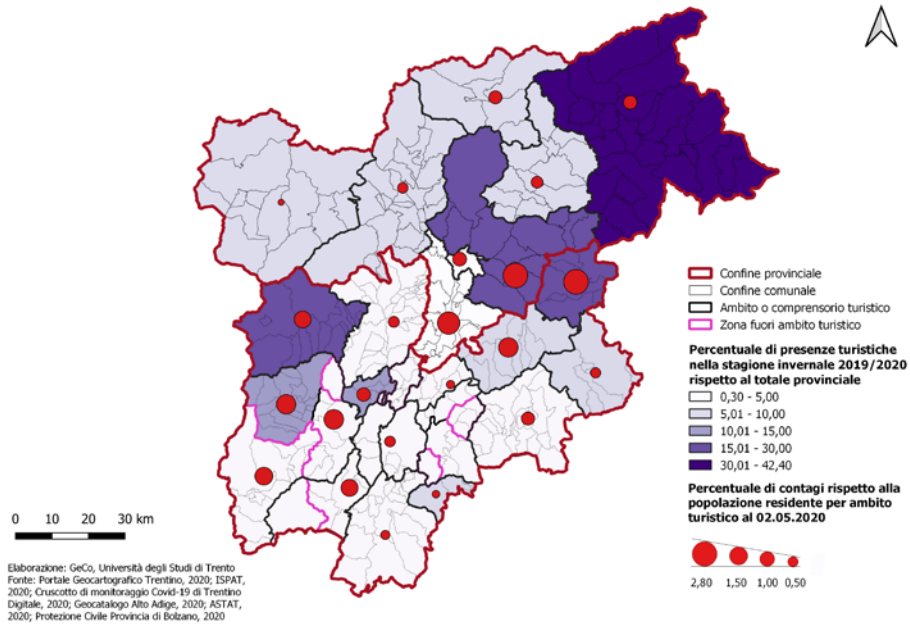

Fig. 12. Percentuale, rispetto alla popolazione, di presenze turistiche nella stagione invernale 2019/2020 ripartita secondo gli ambiti turistici (coropleta in toni di viola) con sovrapposti i valori (punti rossi) di percentuale di contagi rispetto alla popolazione

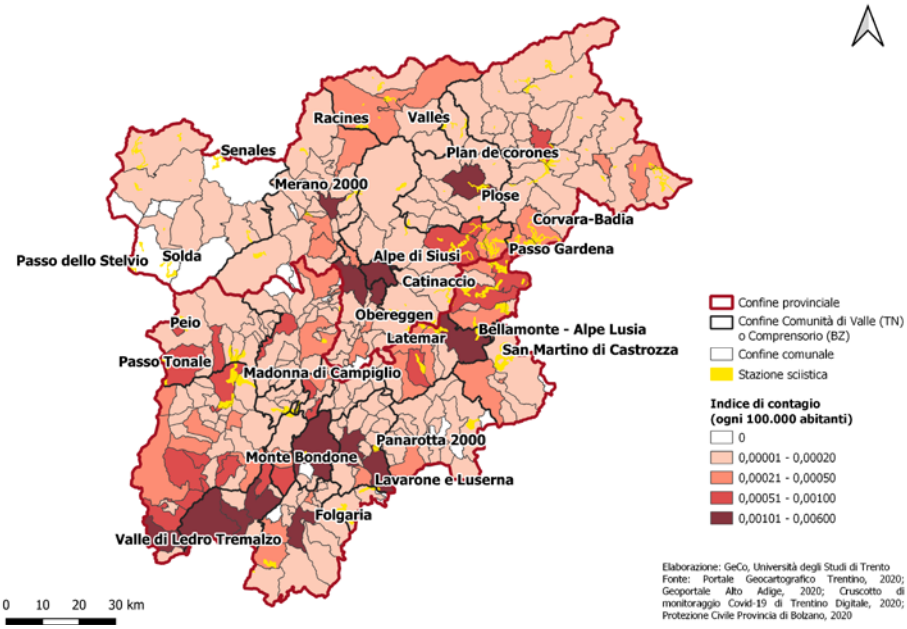

Fig. 13. Localizzazione dei principali comprensori sciistici (in giallo) sovrapposti alla carta a coroplete dei valori percentuali di casi positivi rispetto alla popolazione comunale

8. Conclusioni

Come esposto nell'introduzione, l'analisi spaziale della regione Trentino-Alto Adige presenta dei forti ostacoli metodologici, dettati dalla presenza di due soggetti, le province autonome, del tutto indipendenti nella produzione di dati sanitari e di dati geografici. Al tempo stesso, questa natura bicefala e «Dioscura» della *governance* sanitaria e statistica impone di confrontarsi con le problematiche relative alla manipolazione di dati eterogenei che possono caratterizzare gli ambiti territoriali a diverse scale, non ultimo lo stesso panorama nazionale.

Contraddistinte da flussi interni simili, a causa di simili caratteristiche demografiche e geografiche, le due province sono state colpite dalla prima fase della pandemia di Covid-19 sin dai primi giorni di marzo 2020. In entrambe il *pattern* spaziale ha evidenziato delle aree di maggiore intensità del contagio, mentre altre aree sono state interessate in maniera marginale, probabilmente anche grazie alle misure di contenimento adottate.

Per entrambe le province, la mobilità interna verso i quattro centri demici di riferimento non ha rappresentato, nella prima ondata, un fattore particolarmente incisivo di propagazione del contagio; in una fase così precoce della pandemia, il contributo probabilistico di nuovi contagi importati dall'esterno del territorio regionale (Wells e altri, 2020) era ancora di proporzioni maggiori rispetto al contributo interno nel momento in cui sono intervenute le restrizioni alla mobilità (Giuliani e altri, 2020). Similmente, la vocazione produttivo/industriale di determinate aree non sembra aver svolto un ruolo preponderante nel determinare l'andamento dei contagi primaverili. Anche i valori generali di inquinamento atmosferico al suolo non sembrano aver potuto rappresentare una variabile propulsiva in qualche modo connessa con la più o meno rapida diffusione dei contagi. Viceversa, un possibile indicatore di maggior rilievo è stato la distribuzione delle Residenze Sanitarie Assistenziali (RSA), punti di altissima fragilità del sistema socio-assistenziale, spesso severamente colpiti dalla pandemia.

A differenza di quanto emerge dagli studi di altri contesti territoriali (Casti, 2020; Consolandi e Rodeschini, 2020), le aree di maggior incidenza della prima fase della pandemia in Trentino-Alto Adige non hanno coinciso con comuni ad alta densità abitativa o ad alto livello di inquinamento, quanto piuttosto con comuni ad alta presenza di flussi di mobilità, soprattutto di tipo extra-regionale. A testimonianza indiretta del ruolo chiave del pendolarismo e degli spostamenti periodici ed episodici come fattore di superdiffusione si possono menzionare anche le nuove e diverse dinamiche che hanno caratterizzato la seconda ondata pandemica, consumatasi nell'autunno 2020, durante la quale i focolai di Covid-19 hanno manifestato una distribuzione nettamente più omogenea. Le analisi dei dati relativi alla cosiddetta seconda ondata potranno aprire prospettive interessanti per delineare le discontinuità dei processi di diffusione e far emergere ulteriori fattori di influenza sulle tendenze epidemiologiche a scala locale.

In conclusione, rispetto al quadro già tracciato dagli studi nazionali e internazionali in campo geografico, il Trentino-Alto Adige ha sperimentato dinamiche divergenti rispetto al contesto dell'Italia settentrionale, presentando, invece, vistose similitudini con quanto avvenuto in analoghi contesti territoriali di montagna (Correa-Martínez e altri, 2020; Kuebart e Stabler, 2020; Ramírez e Lee, 2020).

Riferimenti bibliografici e sitografici

Amdaoud Mounir, Giuseppe Arcuri e Nadine Levratto (2020), *Covid-19: analyse spatiale de l'influence des facteurs socio-économiques sur la prévalence et les conséquences de l'épidémie dans les départements français*, in «EconomiX», Working Paper, Université Paris Nanterre.

Brunialti Tiziano, Elena Dai Prà e Nicola Gabellieri (2020), *Malattie infettive e cartografia per l'analisi e il monitoraggio: il progetto di mappatura del COVID-19 in Trentino*, in «Bollettino dell'Associazione italiana di cartografia», 170 Special Issue, pp. 19-36.

Casti Emanuela (2020), *Geografia 'a vele spiegate'. Analisi territoriale e mapping riflessivo sul COVID-19 in Italia*, in «Documenti geografici», 1, pp. 61-83.

Coccia Mario (2020), *Factors Determining the Diffusion of COVID-19 and Suggested Strategy to Prevent Future Accelerated Viral Infectivity Similar to COVID*, in «Science of the Total Environment», 729, https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7169901/.

Consolandi Elisa e Marta Rodeschini (2020), *La cartografia come operatore simbolico: il contagio del COVID-19 in Lombardia*, in «Documenti geografici», 1, pp. 711-724.

Correa-Martínez Carlos L., Stephanie Kampmeier, Philipp Kümpers, Vera Schwierzeck, Mark Hennies, Wali Hafezi, Joachim Kühn, Hermann Pavenstädt, Stephan Ludwig e Alexander Mellmann (2020), *A Pandemic in Times of Global Tourism: Superspreading and Exportation of COVID-19 Cases from a Ski Area in Austria*, in «Journal of Clinical Microbiology», 58, 6.

Dai Prà Elena (2013), *Geografie del benessere. La riqualificazione ecosostenibile del comparto termale e paratermale in Trentino*, Milano, FrancoAngeli.

Dai Prà Elena, Carolien Fornasari e Aurora Rapisarda (2020), *Leggere e comunicare l'emergenza attraverso la cartografia: per una analisi della trasmissione dei dati epidemiologici durante l'emergenza COVID-19*, in «Bollettino dell'Associazione italiana di cartografia», 170 Special Issue, pp. 4-18.

Ferretti Claudia, Lisa Grazzini, Patrizia Lattarulo e Marika Macchi (2020), *Assetti istituzionali e differenti velocità di governo. L'emergenza sanitaria ed economica, un banco di prova per la governance regionale*, in IRES Piemonte, IRPET, SRM, PoliS Lombardia, IPRES, Liguria Ricerche, Agenzia Umbria Ricerche (a cura di), *La finanza territoriale. Rapporto 2020*, Soveria Mannelli, Rubbettino, pp. 143-171.

Giovanetti Pierangelo (2004), *Trent'anni di* «devolution»*: l'esperienza del Trentino-Alto Adige*, in «Il Mulino», 3, pp. 436-444.

Giuliani Diego, Maria Michela Dickson, Giuseppe Espa e Flavio Santi (2020), *Modelling and Predicting the Spatio-Temporal Spread of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in Italy*, in «BMC Infectious Diseases», 20, 700, https://bmcinfectdis.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12879-020-05415-7.

Kreisel Werner e Tobias Reeh (2011), *Tourism and Landscape in South Tyrol*, in «Central European Journal of Geosciences», 4, pp. 410-423.

Kuebart Andreas e Martin Stabler (2020), *Infectious Diseases as Socio-Spatial Processes: The COVID-19 Outbreak in Germany*, in «Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie», 3, pp. 482-496.

Marazzi Sergio (2005), *Atlante orografico delle Alpi*, Ivrea, Priuli & Verlucca.

Murgante Beniamino, Giuseppe Borruso, Ginevra Balletto, Paolo Castiglia e Marco Dettori (2020), *Why Italy First? Health, Geographical and Planning Aspects of the COVID-19 Outbreak*, in «Sustainability», 12, 5064.

Peterlini Oskar (a cura di) (1996), *Autonomia e tutela delle minoranze nel Trentino-Alto Adige: cenni di storia, diritto e politica*, Trento, Consiglio Regionale del Trentino-Alto Adige.

Ramírez Ivan J. e Jieun Lee (2020), *COVID-19 Emergence and Social and Health Determinants in Colorado. A Rapid Spatial Analysis*, in «International Journal of Environmental Research and Public Health», 17, 3856, https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7312929/.

Rapporto sanità Provincia autonoma di Trento 2018 (2018), Roma, C.R.E.A. Sanità.

Stein Richard A. (2011), *Super-spreaders in Infectious Diseases*, in «International Journal of Infectious Diseases», 8, pp. 510-513.

Torri Emanuele, Luca Gino Sbrogiò, Enrico Di Rosa, Sandro Cinquetti, Fausto Francia e Antonio Ferro, (2020), *Italian Public Health Response to the COVID-19 Pandemic: Case Report from the Field, Insights and Challenges for the Department of Prevention*, in «International Journal of Environmental Research and Public Health», 10, https://www.mdpi.com/1660-4601/17/10/3666.

Wells Chad R., Pratha Sah, Seyed M. Moghadas, Abhishek Pandey, Affan Shoukat, Yaning Wang, Zheng Wang, Lauren A. Meyers, Burton H. Singer e Alison P. Galvani (2020), *Impact of International Travel and Border Control Measures on the Global Spread of the Novel 2019 Coronavirus Outbreak*, in «PNAS», 13, pp. 7504-7509.

Zheng Ruizhi, Yu Xu, Weiqing Wang, Guang Ning e Yufang Bi (2020), *Spatial Transmission of COVID-19 Via Public and Private Transportation in China*, in «Travel Medicine and Infectious Disease», 34, 101626, https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7118651/.