

Rilevamento GPS della rete sentieristica e degli attrattori del Parco regionale del Monte Arci (Sardegna centro-occidentale)¹

Simone Cuccuru (*), Giuseppe Piras (**), Barbara Spanu (*)

(*) S.S.A.S.T. S.r.l., Via Casula n° 7 - 07100, Sassari

(**) Dottore di ricerca in Geografia Ambientale

Premessa

Nel presente contributo viene illustrata la metodologia adottata per il rilevamento della rete sentieristica del Parco regionale del Monte Arci (Sardegna centro-occidentale) attraverso l'utilizzo di sistemi GPS (*Global Positioning System*), l'analisi *post-processing* delle tracce acquisite, la restituzione del rilievo tramite supporti GIS (*Geographic Information System*) con predisposizione del *Database* associato alle caratteristiche metriche - posizionali degli itinerari e il censimento dei contenuti ambientali e storico-culturali di pregio ivi riscontrati. Lo scopo finale del progetto (non descritto nel presente testo) è la costruzione di una piattaforma webGIS associata al Portale del Parco regionale del Monte Arci.

Abstract

This paper illustrated the methodology adopted for the survey of the trails map of the Regional Park of Monte Arci (Central-western Sardinia) through the use of GPS (Global Positioning System), the post-processing analysis of the acquired traces, the restitution operation through GIS (Geographic Information System) and the predisposition of the Database with the metric - positional characteristics of the itineraries and the interesting environmental and historical-cultural contents. The final purpose of the project (not described in the present contribution) is the perform of a webGIS associated to the Portal of the regional Park of Monte Arci.

1. Introduzione

I paesaggi e le peculiarità geografico-fisiche e vegetazionali, unitamente alle altre emergenze storico-culturali, costituiscono una notevole ricchezza per il territorio nel quale sono presenti. Queste emergenze possono costituire i nodi di itinerari tematici, per l'educazione ambientale o, in generale, per l'escursionismo e la ricreazione negli spazi aperti.

Per questo motivo la valorizzazione di itinerari escursionistici, supportati da una adeguata rete sentieristica, appoggiata alla viabilità locale, principale e secondaria, rappresenta il presupposto per un notevole contributo integrativo allo sviluppo turistico-culturale di un territorio.

Nel caso del Monte Arci lo sviluppo della rete viaria locale, oltre alla funzione di connessione degli insediamenti principali e degli abitati sparsi, era indirizzata, soprattutto in passato, all'approvvigionamento delle importanti risorse presenti nella montagna, in primo luogo quelle legate al taglio della legna: *Is Murus*, *Is Ceddus*, *Sa Spendula*, *Cantareddus* rappresentavano le vie principali utilizzate per l'attraversamento della montagna e il trasporto delle materie naturali da esso prelevate.

Attualmente, cessata la loro funzione originaria, queste vie rappresentano una delle modalità più suggestive per la fruizione escursionistica della montagna. Naturalmente il loro utilizzo originario costituisce un valore aggiunto sull'importanza culturale e ricreativa, soprattutto se conservano segni

¹ Mentre l'impostazione, la ricerca bibliografica e l'elaborazione delle figure sono comuni a tutti gli autori, a S. Cuccuru sono da attribuire i paragrafi n. 3,4,5,6,7, a G. Piras i n. 3,4,5,6,7 e a B. Spanu i n. 1,2,4,7.

delle attività del passato, come ad esempio le diverse dispense e piazzole dei carbonai ancora presenti, in stato di ruderi o restaurate (Fig. 1).



Figura 1 - La dispensa dei carbonai lungo la vallata di Is Murus.

2. Il Parco regionale del Monte Arci e il suo territorio

Il Monte Arci è situato nel settore centro-occidentale della Sardegna, in prossimità del Golfo di Oristano. Il perimetro dell'omonimo Parco è quello approvato Legge Regionale 31/89 che definisce un vasto sistema di aree di eccellenza ufficialmente tutelate. Il territorio di interesse ricade sugli 11 comuni che, in misura diversa tra di loro allungano i limiti fino al Monte Arci, quasi che la sommità di quest'ultimo, per altro assai modesta visto che le quote più elevate si aggirano sugli 800 metri, rappresenti il fulcro da cui si snodano a raggiera le diverse "strisciate" suddivise in maniera variabile tra le varie entità amministrative (Fig. 2). Il territorio è interamente compreso nella Provincia di Oristano e si snoda dalla costa del golfo omonimo, dove vi si affaccia con il Comune di Santa Giusta, fino alle aree interne dell'Alta Marmilla. Una posizione geografica particolarmente interessante che comprende il binomio dalla montagna al mare, o viceversa, tanto dibattuto in Sardegna a proposito soprattutto di turismo e dell'esigenza di delocalizzazione temporale e spaziale dei flussi di quello balneare. Il territorio del Parco si affaccia direttamente sulla spianata del Campidano di Oristano, contribuendo a vivacizzare e caratterizzare un paesaggio monotono e ripetitivo quale è quello dell'area di piana grazie alle sue forme aspre e articolate, talvolta profondamente incise, creando un contrasto talmente forte che diviene, nella spettacolarità degli scenari affacciati su un sistema antropico intensamente parcellizzato, motivo di diversità, di contrasto, di singolarità. Una presenza ambientale di pregio che dovrebbe essere considerata in una proposta di valorizzazione complessiva sotto questo profilo del territorio e che porterebbe a ideare un unico sistema naturalistico ambientale, del Monte Arci e delle aree umide costiere, ognuna con una specifica valenza ma interconnessa alle altre con delle vie di natura o vie d'acqua tipo "corridoi di connessione".

3. Modalità operativa del rilevamento degli itinerari con sistemi GPS

Come noto, il sistema GPS (*Global Positioning System*), grazie al supporto della rete satellitare in orbita e alle stazioni di controllo terrestri, consente il posizionamento piuttosto preciso di un punto sulla superficie terrestre, fisso o mobile, attraverso la determinazione delle sue coordinate.

L'applicazione del rilievo GPS ha costituito, in merito finalità del presente Progetto, compiutamente descritto da Scanu (2014), un insostituibile strumento per la strutturazione e la caratterizzazione

della viabilità locale principale e secondaria sulla quale predisporre la rete degli itinerari escursionistici, nonché per l'identificazione univoca dei suoi contenuti geografici e ambientali.

Il rilevamento della viabilità destinata all'escursionismo con supporto GPS ha previsto, in particolare, l'acquisizione dei dati metrici e posizionali, attraverso l'utilizzo di ricevitori autonomi ("single point"), di elementi lineari contigui in modalità dinamica costituenti, nell'insieme, il tracciato degli itinerari (*tracks*) e di elementi puntuali sia di riferimento sia aventi contenuto ambientale rilevante caratterizzanti gli stessi percorsi (*waypoint*).

A tale scopo sono state utilizzate due squadre di rilevatori, ognuna costituita da due figure, una esperta in acquisizione e trattamento di dati con strumentazione GPS e una conoscitrice del territorio e della realtà locale, nonché addetta alla compilazione della scheda di rilevamento e del "libretto di campagna".



Figura 2 - Inquadramento del perimetro del Parco regionale del Monte Arci (in azzurro) e dei limiti territoriali dei comuni in esso ricadenti (in rosso).

Al fine di una adeguata caratterizzazione di ogni singolo itinerario si è proceduto, in particolare, alla segmentazione dinamica della traccia in corrispondenza di punti di appoggio già in fase di acquisizione. Questa operazione è stata particolarmente utile per la distinzione delle caratteristiche dei percorsi e dei segmenti in cui lo stesso risulta suddivisibile per caratteristiche peculiari e omogenee, soprattutto in termini di modalità di fruizione, in relazione, ad esempio, allo stato di conservazione, alla percorribilità, alla tipologia di fondo (Fig. 3; Fig. 4). Il risultato delle registrazioni è rappresentato, pertanto, dall'acquisizione di tratte lineari "interrotte" in corrispondenza del riscontro di variazione degli attributi nei termini previsti dalle classificazioni tipologiche previste nella scheda di rilevamento, di seguito descritta.

Tale approccio metodologico è risultato particolarmente utile per l'identificazione dell'utenza specifica a cui destinare più opportunamente l'itinerario o parti di esso, sulla base, ad esempio, del grado di difficoltà riscontrata (turistico, escursionistico, escursionistico difficile, escursionistico

attrezzato), ma anche in merito alle modalità più consone per la fruizione (*mountain bike*, a cavallo, escursionistico per *trekking*, *nordic walking*, accessibile a diversamente abili, ecc.).

Inoltre, la segmentazione dinamica delle tratte ha consentito l'identificazione univoca di porzioni di tracciati, più o meno lunghi, comuni a diversi itinerari (Fig. 5); in fase di restituzione ed elaborazione dei percorsi effettuati è risultata, pertanto, facilitata l'operazione di "montaggio" degli itinerari definitivi e, nel complesso, l'allestimento dell'articolata rete escursionistica.

Per quanto riguarda gli elementi puntuali (*waypoint*) sono stati distinti gli elementi caratterizzanti la progressione dell'itinerario stesso (incroci, elementi costruttivi, ecc.) e i suoi contenuti tematici (emergenze di interesse ambientale e storico-culturale).

Di rilevante importanza, infatti, ha rivestito il riconoscimento e l'identificazione puntuale di emergenze singole del paesaggio che, spesso, costituiscono l'elemento caratterizzante i percorsi escursionistici. Per tale motivo una particolare classe di *waypoint* è rappresentata da siti di carattere geologico, geomorfologico, botanico-vegetazionale, ma anche di importanza archeologica, storico-artistica e architettonica che, nell'insieme, costituiscono il patrimonio del Parco regionale del Monte Arci e, sostanzialmente, i nodi di connessione di gran parte dei percorsi rilevati (Fig. 6a, 6b).

Come nel caso di alcune tratte lineari, anche per quanto riguarda i *waypoint* comuni a diversi itinerari si è ritenuto opportuno la selezione univoca del punto rappresentativo, identificandolo, ugualmente, attraverso la corrispondenza degli attributi e richiamandolo, pertanto, in maniera inequivocabile nelle schede relative ai diversi percorsi nei quali risultano presenti.

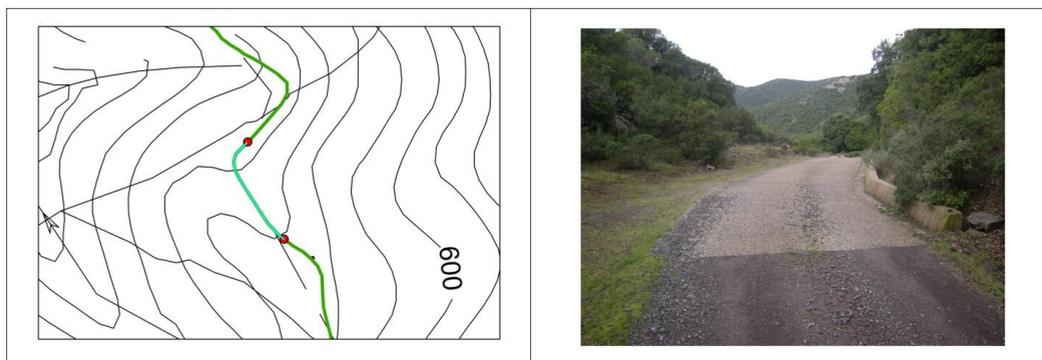


Figura 3 - Segmentazione di tracciati in base a caratteristiche tipologiche (breve porzione di pavimentazione cementata lungo una carrozzabile sterrata).



Figura 4 - Segmentazione di tracciati in base a caratteristiche tipologiche (innesto di una carrareccia sterrata con una carrozzabile asfaltata).

4. La scheda di rilevamento delle caratteristiche della rete sentieristica e degli attrattori

Il “modello di dati” studiato per la registrazione delle caratteristiche della rete sentieristica e degli attrattori trovano sintesi nella scheda di rilevamento, distinta in due sezioni, una relativa ai percorsi lineari e una relativa ai punti di interesse. Attraverso questo strumento è stato possibile assegnare a tutte le entità geometriche rilevate gli attributi che, in termini tipologici e descrittivi, gli caratterizzano. In particolare, i dati inseriti nella scheda derivano in parte, soprattutto per quanto riguarda quelli di natura metrica e posizionale, direttamente dalle informazioni registrate dallo strumento GPS, ma anche dalle evidenze osservate dal rilevatore “a vista” durante i sopralluoghi; in questo caso l’inevitabile discrezionalità dell’osservatore è in gran parte “controllata” grazie alla predisposizione delle liste di attributi predisposte per ogni parametro e sulle cui voci è basata la compilazione delle stesse schede.

Il popolamento della scheda è integrato in fase di lavoro “a tavolino” con le informazioni tematiche territoriali desunte da supporti di diversa natura, quali carte informatizzate, *database* ambientali, studi settoriali, ecc.



Figura 5 – Identificazione di un tratto comune (in blu) a due distinti percorsi escursionistici (in rosso e verde).

La totalità delle informazioni raccolte costituiscono la principale fonte di implementazione del *database* associato alla rete degli itinerari predisposti. La funzione di questo archivio informatizzato è quella di fornire ai fruitori le indicazioni essenziali sugli itinerari, sia in termini di caratteristiche tecniche e dimensionali dei percorsi e dei contenuti peculiari di carattere ambientale, ma anche delle dotazioni e delle strutture funzionali all’attività escursionistica e, in generale, alla ricreazione negli spazi aperti (es. strutture ricettive, aree attrezzate, tipo di segnaletica, punti d’acqua, fattori di degrado, punti di soccorso). Ma, come precedentemente richiamato, già all’atto del rilevamento si è proceduto alla qualificazione delle singole tratte sia, ad esempio, attraverso la distinzione tra le tipologie di viabilità e del tipo di fondo, ma anche in relazione alla difficoltà di progressione e di percorribilità, in maniera da poter suggerire, con maggiore cognizione di causa, l’utenza specifica più adatta e la modalità di fruizione più consona.

5. Accuratezza del rilevamento GPS degli itinerari

Il rilevamento GPS, e quindi la registrazione di tracce lineari e l’identificazione di elementi puntuali, comporta, per sua natura, oltre a imprecisioni legate alle caratteristiche strumentali e alla variabile disponibilità e dislocazione dei satelliti, errori correlabili a condizioni ambientali avverse; queste imprecisioni implicano approssimazioni sostanziali sulle misure, talora con variazioni significative rispetto alle condizioni metriche e posizionali reali, le quali necessitano interventi correttivi, spesso da effettuarsi in fase *post-processing*, se non compensati già all’atto dell’acquisizione del segnale.

In tal senso, tra le condizioni che hanno influenzano l'accuratezza e la qualità della registrazione durante l'esecuzione dei percorsi sono da indicare quelle piuttosto ricorrenti legate alla variabilità dello stato di "libera visuale", tra cui le condizioni meteo avverse, piuttosto rare nel periodo di esecuzione del presente lavoro in campagna, ma, soprattutto, l'elevata copertura boschiva, la presenza di barriere morfologiche naturali e, nel complesso, la conformazione del rilievo.

Le condizioni di "incertezza" del dato, comunque, sono state minimizzate attraverso le operazioni di impostazione strumentale dei parametri e delle modalità di acquisizione dei segnali; in particolare, si è fatto riferimento al parametro PDOP (*Position Dilution Of Precision*) per la valutazione dell'entità dell'errore posizionale e, quindi, sulla precisione del rilievo. A tal proposito l'accuratezza dello strumento è stata impostata ad un valore massimo "5" che, nel caso del rilievo di sentieri escursionistici e, comunque, per gli scopi di cartografia GIS, è da considerarsi accettabile.



Figura 6a – Punti di interesse nel Parco regionale del Monte Arci: il neck vulcanico di Trebina Longa (a sinistra) e le cascatelle lungo il Rio Salonis (a destra).

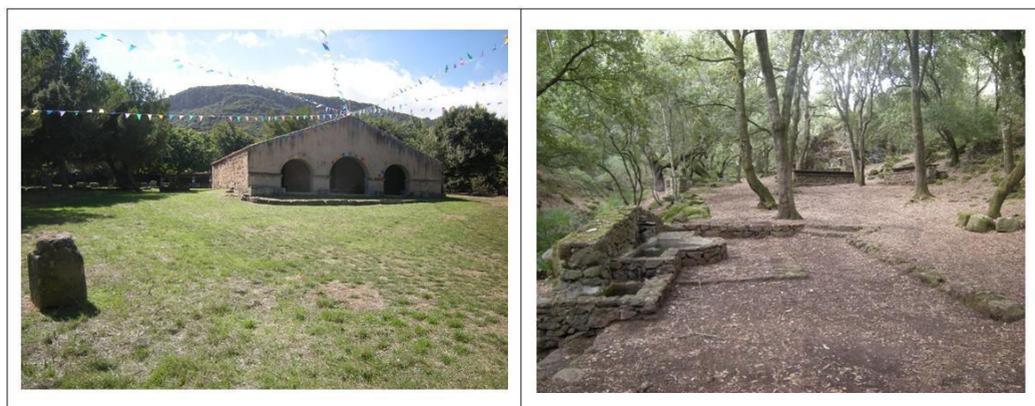


Figura 6b – Punti di interesse nel Parco regionale del Monte Arci: la chiesa campestre di Santa Prisca (a sinistra) e l'area ricreativa attrezzata di Mitza Cruccui (a destra).

Naturalmente durante le operazioni di rilevamento è stato condotto il controllo continuo dell'affidabilità delle misurazioni sulla base dei valori impostati per i parametri di riferimento. La corretta progressione del rilievo, inoltre, è stata costantemente verificata grazie alla possibilità offerta dalla strumentazione GPS di supportare basi topografiche e/o ortofotografiche di sfondo,

utili soprattutto in zone piuttosto difficili sia morfologicamente sia contraddistinte da rilevante copertura vegetazionale.

Si consideri che si è ritenuto opportuno l'acquisizione delle tracce relative agli itinerari sia "in andata" sia "in ritorno", adottando, come detto, la modalità di segmentazione dinamica dei percorsi effettuati. Spesso, come noto, il cambiamento di posizione dei satelliti con lo scorrere del tempo e il verso di percorrenza dell'itinerario influiscono sulla geometria dei tracciati oltre che sulla posizione di punti singoli registrati. In tal senso, quindi, il procedimento è risultato utile per la possibilità di scelta di tracciati, tra quelli acquisiti, ritenuti più idonei in termini di qualità di registrazione riscontrata e rispondenza, in relazione ai supporti cartografici di riferimento, alle reali articolazioni dei percorsi e dell'ubicazione di emergenze singole.

L'elaborazione dei dati grezzi in fase di *post-processing* e la correzione delle imprecisioni "a tavolino", peraltro piuttosto attenuate grazie all'utilizzo di strumentazione di acquisizione del tipo *Mobile Mapper* ad elevata precisione e produttività nella registrazione di dati territoriali, ha consentito una notevole affinazione delle informazioni metriche lineari e puntuali alle condizioni reali riscontrate nel terreno e, conseguentemente, una più fedele rappresentazione delle informazioni negli elaborati informatici finali.

6. Restituzione e predisposizione degli itinerari escursionistici definitivi.

La restituzione e la predisposizione degli itinerari escursionistici definitivi è stata effettuata attraverso l'impiego di sistemi GIS, particolarmente adatti per la gestione di entità geometriche registrate con supporti GPS, anche grazie all'elevata interfacciabilità.

L'operazione fondamentale effettuata sulle tracce "grezze" in ambiente GIS, previa conversione in formato *shapefile*, è stata la correzione geometrica delle anomalie e delle "imperfezioni" di rilevamento (incroci di linee, discostamenti, *kickback*, ecc.; Fig. 7; Fig. 8) ossia l'eliminazione o la modificazione posizionale di punti geografici acquisiti che hanno mostrato notevole scostamento o che mostravano incongruenze geometriche rispetto alla progressione dell'itinerario effettivo.

L'adozione di un livello informativo di riferimento rappresentato dalle ortofoto di recente acquisizione, ha consentito, in questa fase, una migliore approssimazione degli attributi geometrici registrati ed una definizione più precisa del percorso effettuato, nonché dell'esatta ubicazione degli elementi di interesse in esso riscontrati.

Come già evidenziato, la segmentazione dinamica durante l'acquisizione dei tracciati ha permesso una immediata assegnazione degli attributi ai tratti distribuiti lungo la componente spaziale lineare. Ciò ha consentito di ovviare, in fase di elaborazione "a tavolino", alla segmentazione fisica della primitiva geometrica in porzioni omogenee rispetto agli stessi attributi, con un notevole affinazione in termini di precisione e, non meno importante, risparmio di tempo.

Tuttavia, situazioni legate ad alcune condizioni avverse che abbiamo precedentemente richiamato in merito all'accuratezza e la qualità dell'acquisizione e che hanno condotto, fortunatamente in pochi casi, alla perdita o alla scarsissima rispondenza della traccia registrata con la conformazione reale del percorso, hanno reso opportuno, oltre alla ricostruzione geometrica dell'entità lineare mancante o scorretta, anche all'eventuale segmentazione fisica in porzioni rispondenti alle caratteristiche di omogeneità acquisite *in situ* e registrate nelle schede di rilevamento. A tale proposito, se il *gap* è risultato piuttosto contenuto, tale da non rendere opportuna la ripetizione del rilevamento della tratta, la correzione è stata apportata attraverso la ricostruzione del tratto mancante utilizzando come riferimento la più opportuna base tecnica CTR e/o ortofoto georeferenziata (Fig. 9).

Per quanto riguarda le quote ortometriche, l'approssimazione piuttosto grossolana relativamente all'acquisizione del dato in campagna, anch'esso insito nella natura del rilevamento tramite strumentazione GPS, ha comportato interventi di correzione. Per tale motivo si è convenuto, soprattutto quando le tratte rilevate in campagna, o porzioni di esse, hanno mostrato dati altimetrici non rispondenti alla condizione ideale, di proiettare, mediante il supporto GIS, la polilinea del percorso sul modello digitale del terreno (DTM) ad alta definizione, consentendo, in tal modo, un'approssimazione accettabile per gli utilizzi escursionistici al quale il lavoro è indirizzato.

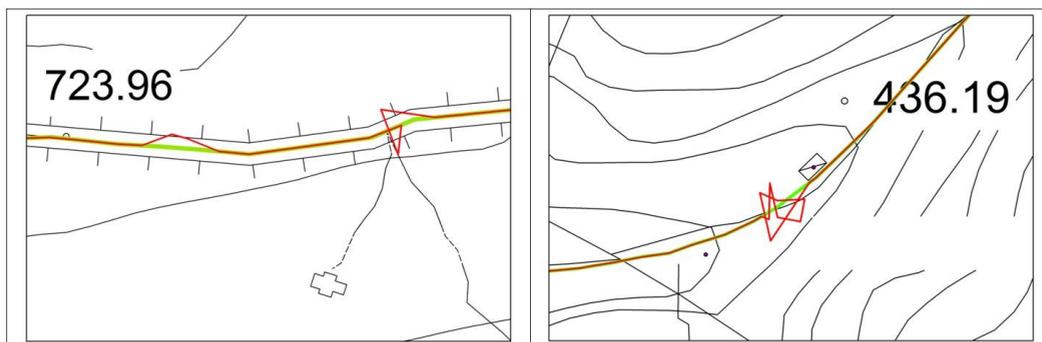


Figura 7 (a sinistra) - Schema esemplificativo di anomalie quali scostamenti e incroci lungo l'andamento ideale del tracciato (in rosso la traccia rilevata, in verde la traccia corretta).

Figura 8 (a destra) - Schema esemplificativo di elementi non significativi lungo l'andamento ideale del tracciato (in rosso la traccia rilevata, in verde la traccia corretta).



Figura 9 - Indicazione della traccia rilevata (verde) e del tratto di traccia ricostruita (rossa).

7. Conclusioni

L'applicazione di sistemi GPS nel rilevamento della rete sentieristica del Parco regionale del Monte Arci, effettuato secondo la procedura illustrata, ha consentito la restituzione di circa 260 km circa di tratte lineari, appoggiate alla viabilità maggiore e minore, e l'identificazione di 225 POI (Punti di interesse) di elevato valore ambientale e/o storico-culturale (Fig. 10; Fig. 11). Il database associato agli elementi lineari e puntuali fornisce, inoltre, le essenziali informazioni sulle caratteristiche tecniche e dimensionali nonché sui contenuti peculiari e sulle dotazioni presenti lungo i percorsi, funzionali all'attività escursionistica.

Grazie all'archivio di informazioni ed all'operazione di associazione degli attributi alle entità acquisite, l'utilità del lavoro si perfeziona, soprattutto in fase di consultazione del prodotto finale (webGIS associato al Portale del Parco regionale del Monte Arci), con la possibilità di selezione soggettiva da parte del fruitore dell'itinerario sulla base del complesso degli attrattori e detrattori in esso contenuti. Non di meno, l'efficacia della banca dati risiede nell'agevolazione gestionale e manutentiva della rete viaria, principale e minore, grazie alle indicazioni tipologiche e di stato che il rilevamento ha consentito di acquisire, soprattutto se destinate all'impiego escursionistico.

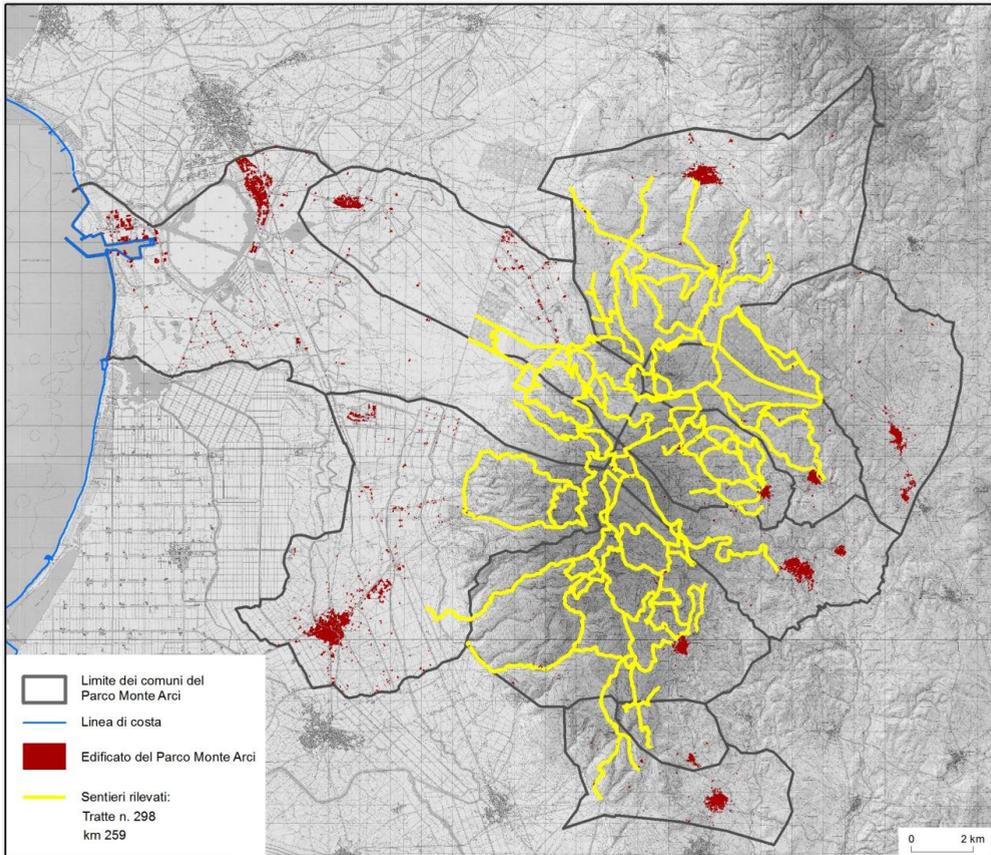


Figura 10 - Carta degli itinerari escursionistici rilevati con sistemi GPS nell'area del Parco regionale del Monte Arci.

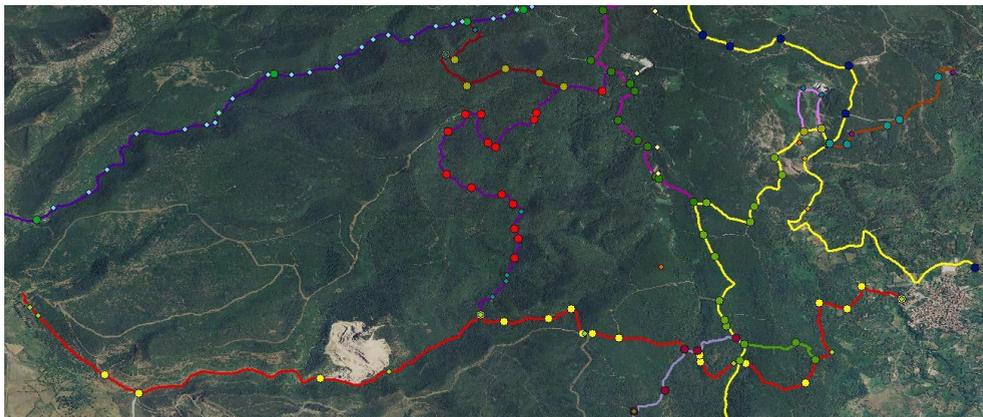


Figura 11 - Tracce degli itinerari e POI di una porzione del settore centrale del Parco regionale del Monte Arci. L'itinerario in rosso nella parte bassa è relativo ad un percorso di carattere religioso, lungo circa 9.5 km che, a partire dal paese di Morgongiori fino alla chiesa campestre di santa Sofia, con un dislivello massimo di circa 440 m, è percorso annualmente in processione, in andata e, dopo tre giorni, in ritorno, in occasione della festa dedicata alla santa.

Riferimenti bibliografici

Consorzio di Gestione del Parco Naturale del Monte Arci (2004), *Individuazione e studio della fattibilità della rete di sentieri natura a tema geologico, geomorfologico e botanico/vegetazionale e faunistico del Parco Naturale del Monte Arci e delle strutture - attrezzature connesse - Progettazione preliminare della rete di sentieri natura*.

Ente Foreste della Sardegna (2011), *Realizzazione Sistema Informativo Territoriale Sentieristica (SIRS). Linee guida per la raccolta dei dati e popolamento del Geodatabase*, Specifica Tecnica, GESP – Servizi Informatici Geografici, Milano, 2011.

Piras G. (2004), I Geositi ed i paesaggi geologici del Monte Arci come valenze per il turismo ambientale e culturale, *Atti del Convegno “L’ossidiana del Monte Arci nel Mediterraneo: recupero dei valori di un territorio”*, Oristano - Pau (Or), 29-30 novembre - 1 dicembre 2002, 328-342.

Scanu G. (2014), Geomatica e nuovi percorsi di valorizzazione turistica del parco del Monte Arci (Sardegna Centro Occidentale), *Atti 18ª Conferenza Nazionale ASITA, 14-16 ottobre 2014 Firenze*.

Scanu G., Madau C. (2001), Prospettive di tutela dell’ambiente in Sardegna nel quadro delle nuove politiche di valorizzazione e gestione delle risorse naturali. Il caso del Monte Arci”, Brandis P. (a cura di), *L’importanza sociale ed economica di un’efficiente gestione del Sistema dei parchi e delle aree protette*, Brigati, Genova: 241-280.