

CENSIMENTO E CARATTERIZZAZIONE DEI PICCOLI INVASI RICADENTI NEL TERRITORIO DEL PARCO NAZIONALE DELLA SILA

*A. Trotta*¹

¹ Libero professionista

1. Introduzione

L'analisi della risorsa idrica a livello di bacino idrografico, delle sue molteplici potenzialità ed usi, è essenziale per ottenere una base dati organica a supporto dei processi decisionali che Enti competenti per il territorio come il Parco Nazionale della Sila, sono tenuti a sviluppare per garantirne la tutela e la conservazione. A tale scopo, lo studio che si presenta propone ed illustra la metodologia adoperata per il censimento, la caratterizzazione ed l'analisi dei piccoli invasi ricadenti all'interno dell'ambito territoriale di attuale e futura competenza dell'Ente Parco Nazionale della Sila. Nella fattispecie, la ricerca, è stata limitata a tutti gli sbarramenti caratterizzati da altezza non superiore a 15 metri e volume di invaso inferiore a 1.000.000 metri cubi. Per l'organizzazione delle informazioni si è scelto di predisporre una piattaforma informatizzata in ambiente GIS al fine di gestire contemporaneamente diversi dataset territoriali (raster e vettoriali) con uno strumento di semplice e rapida consultazione, dinamico, innovativo e soprattutto in qualsiasi momento aggiornabile ed integrabile.

2. Metodologia ed obiettivi di lavoro

Per arrivare ad avere un quadro chiaro ed esaustivo dei piccoli invasi presenti sul territorio, la prima fase di lavoro è stata dedicata alla ricerca ed all'acquisizione delle informazioni quali-quantitative, che si trovano distribuite negli archivi di altri Enti competenti a livello amministrativo e tecnico sul territorio, con particolare riguardo agli ambiti dei bacini e sottobacini idrografici. La seconda fase ha visto la verifica e soprattutto l'omogeneizzazione dei dati, al fine di renderli confrontabili ed archiviabili. Indispensabile allo studio in tal senso, è risultato quindi essere lo sviluppo di una banca dati georeferenziata. L'informatizzazione della banca dati è stata effettuata attraverso il programma open source Quantum GIS (nel seguito QGIS), attraverso il quale è stata incrementata e massimizzata la possibilità di elaborazione del materiale raccolto con l'opportunità di cartografare i risultati, per una migliore comprensione dei fenomeni e della loro evoluzione e impatto sul territorio.

Di seguito ed in sintesi gli obiettivi perseguiti nel presente lavoro:

- definizione dei fattori e dei parametri caratterizzanti i piccoli invasi per sfruttare un database tabellare;
- proposta di una metodologia di localizzazione dei piccoli invasi, tale da poter essere estesa ed applicata, attraverso il programma GIS predisposto, ad altri contesti ed ambiti territoriali calabresi;
- quantificazione dei piccoli invasi presenti sul territorio valutando la corrispondenza o meno dei dati amministrativi in possesso dei vari Enti competenti;
- caratterizzazione dei piccoli invasi con dati tecnici e territoriali, utili per una futura valutazione di impatto delle opere sull'assetto idrologico, idrografico e geomorfologico del territorio;
- analisi della tipologia costruttiva e dell'ubicazione dei piccoli invasi;
- analisi dell'uso del suolo e sua evoluzione nel tempo per la quantificazione della variazione delle superfici a colture idroesigenti (come ad esempio le coltivazioni di patate);
- valutazione della corrispondenza tra la disponibilità idrica, data dal volume degli invasi e l'estensione delle colture idroesigenti.

3. Struttura del database cartografico

Si è scelto di creare una piattaforma informatizzata per la gestione delle suddette informazioni al fine di rispondere a precise richieste da parte dell'Ente, il quale richiedeva uno strumento di semplice consultazione e soprattutto aggiornabile ed integrabile con le banche dati in proprio possesso. La piattaforma informatizzata utilizzata per la creazione e l'implementazione del database cartografico è composta dal sistema operativo Windows 7 e dal software Quantum GIS. Diversi Enti sono stati coinvolti per l'accesso agli archivi e l'utilizzo di informazioni necessarie all'analisi territoriale. Oltre al Parco Nazionale della Sila, le informazioni di base sono state reperite presso gli uffici tecnici comunali dei comuni ricadenti entro il perimetro di analisi e presso l'Autorità di Bacino della Regione Calabria. Il sistema di riferimento adottato è l'UTM (Universal Transverse Mercator) fuso 33 e datum WGS84 con scala di analisi pari a 1:5.000. La cartografia di riferimento pertanto per l'analisi è stata la Carta Tecnica Regionale. Nello specifico sono stati analizzati tutti i fogli interessanti il territorio del Parco Nazionale della Sila. Di seguito in fig. 1 il perimetro di competenza attuale e quello futuro del Parco Nazionale della Sila.

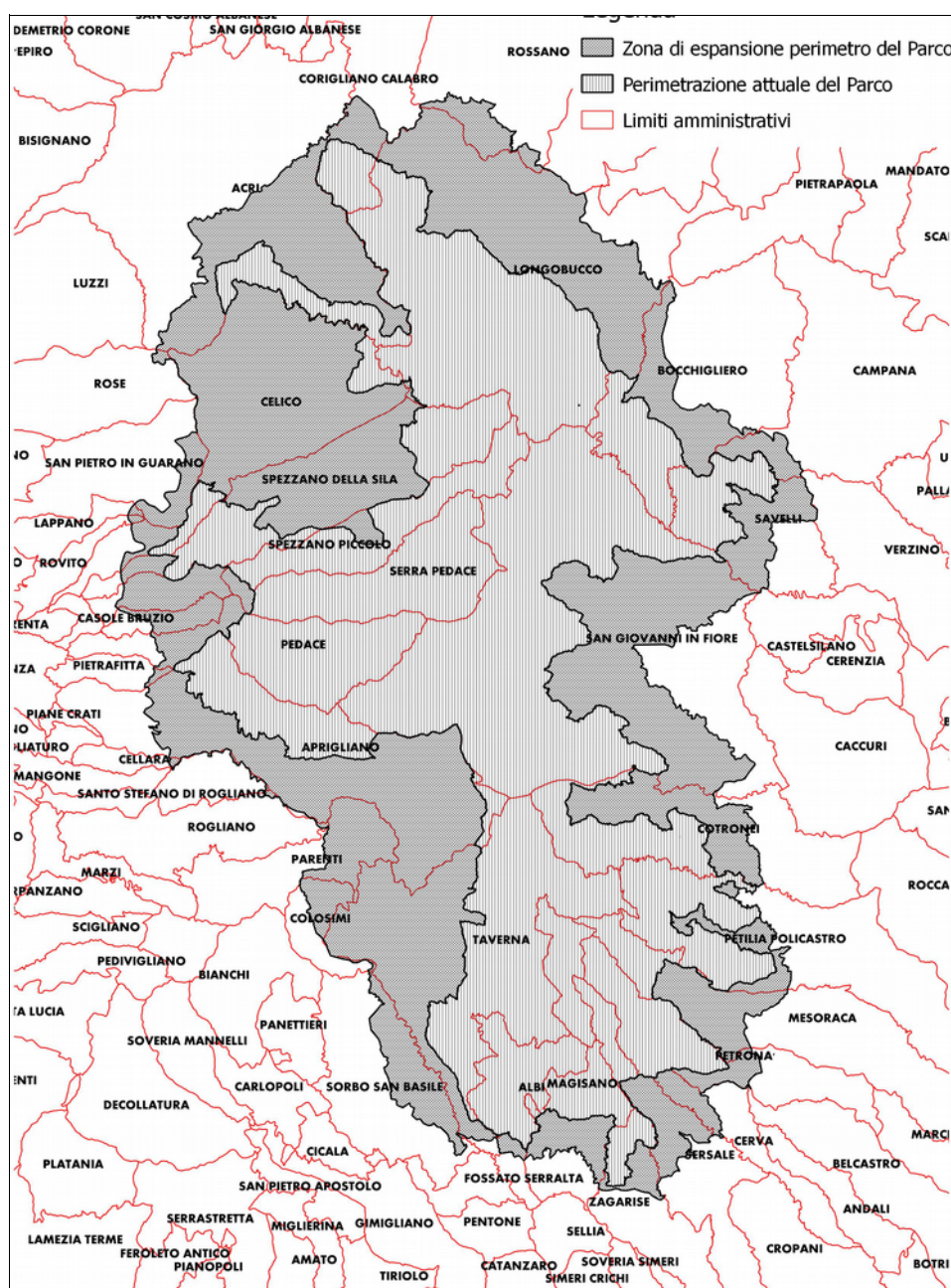


Fig. 1 – Ambito territoriale di analisi e quadro di unione cartografico

Per ciascun foglio sono stati estratti diversi layer relativi alla morfologia e quindi le curve di livello principali e le secondarie, all'idrografia ed agli specchi d'acqua quali laghi e piccoli invasi oltre che informazioni alfanumeriche gestite in formato di tipo "annotation". I singoli file importati in ambiente GIS e gestiti/analizzati in formato dxf, sono quindi stati convertiti in formato shp. Oltre ai layer definiti ed associati ad entità specifiche, sono stati analizzati con particolare cura tutte le simbologie rappresentative di scoline, piccoli fossi naturali ed ogni altro elemento tipico di zone aventi morfologia caratterizzata da depressioni naturali o repentini cambi di pendenza. Questa analisi è stata possibile grazie all'integrazione, sempre in ambiente GIS, di ortofoto a diverse epoche di ripresa facendo ricorso sia a quelle ufficiali della Regione Calabria, le quali hanno garantito piena corrispondenza con la Carta Tecnica Regionale e sia quelle consultabili e gestibili attraverso i servizi WMS del Portale Cartografico Nazionale. Una ulteriore fondamentale integrazione è stata necessaria con il modello digitale del terreno con in particolare in prima battuta l'utilizzo di un Digital Elevation Model avente risoluzione aggregata a 20m e successivamente con il DEM creato all'interno della piattaforma GIS attraverso la procedura TIN Creation a partire dalle curve di livello (polilinee 3D) e dei punti quotati, elementi presenti entrambi nella Carta Tecnica Regionale. Ultimo passaggio è consistito nell'analisi del reticolo idrografico ufficiale del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Regione Calabria, grazie al quale è stato possibile tracciare in dettaglio i bacini e sottobacini idrografici nell'area di studio. Attraverso il software QGIS, è stato quindi possibile sia gestire la Carta Tecnica Regionale nei formati dwg e dxf, sia il post-processing dei dati raster, quali ortofoto/cartografie raster in formato GeoTIFF e loro integrazione con i formati vettoriali (shapefile).

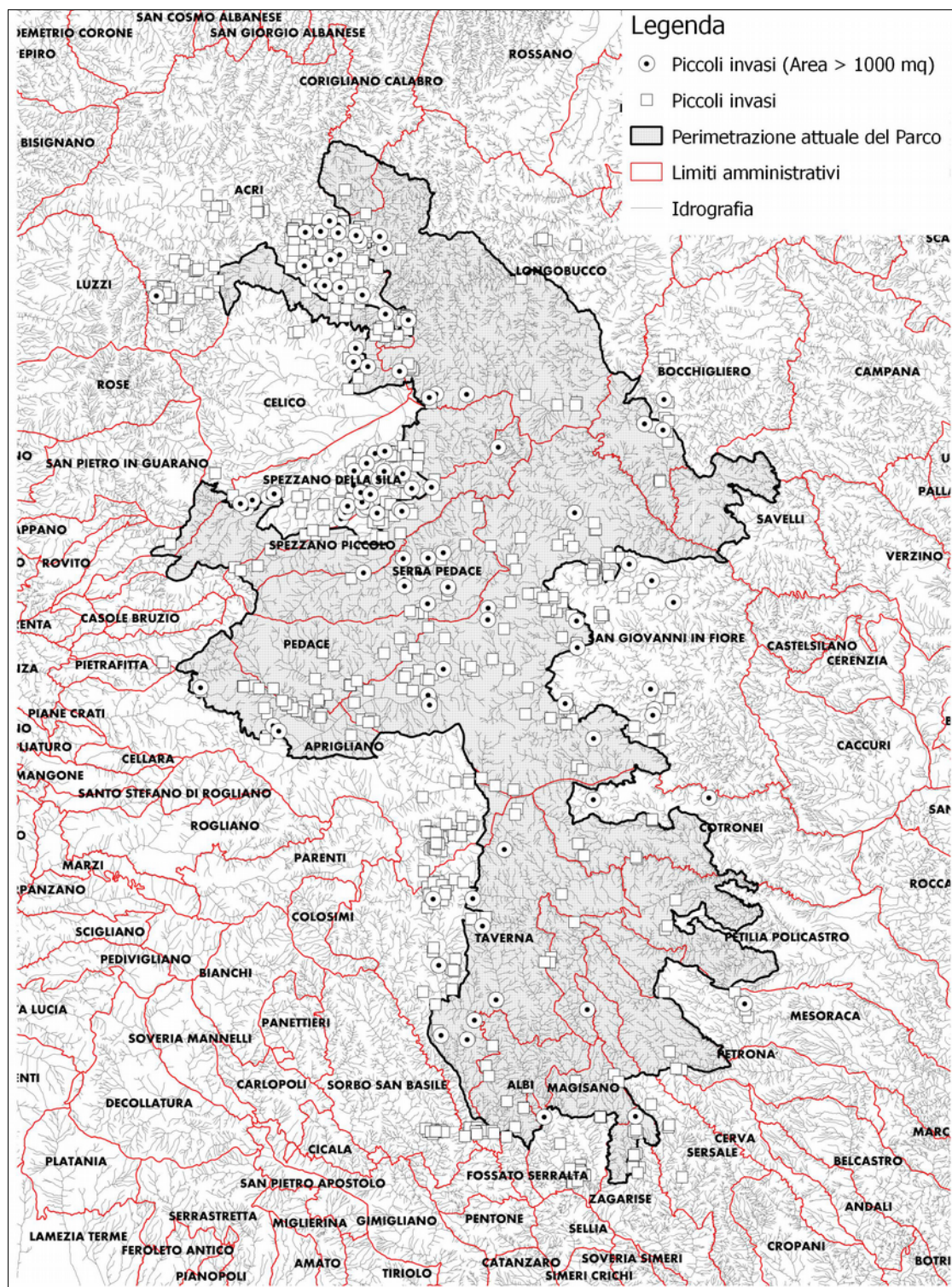


Fig. 2 – Ambito territoriale di analisi e quadro di unione cartografico

- Le fasi di lavoro necessarie per la predisposizione del database cartografico possono così sintetizzarsi:
- Analisi mediante software GIS di tutti i fogli CTR in formato dxf relativi al territorio del Parco Nazionale della Sila;
 - Estrazione per ciascun foglio di diversi layer relativi alla morfologia (curve di livello principali e secondarie), idrografia, specchi d'acqua (laghi e piccoli invasi), convertiti quindi in formato shape;
 - Conversione di tutte le informazioni alfanumeriche in file di tipo annotation.

- Approfondimenti specifici sull'idrografia ed integrazione con il modello digitale del terreno per la definizione dei piccoli bacini e sottobacini idrografici, presupposto per le considerazioni morfologiche ed idrologiche dei piccoli invasi;
- Creazione a partire dalle curve di livello della CTR (polilinee 3D) e dei punti quotati presenti nella stessa, del modello digitale del terreno (DEM), attraverso metodologia TIN creation, con risoluzione aggregata a 5 metri.
- Analisi in ambiente GIS mediante procedura automatica, finalizzata alla ricerca, selezione e raggruppamento per specifica tipologia delle entità riconducibili ai piccoli invasi;
- Creazione quindi dello shapefile dei piccoli invasi attraverso iterazioni successive e procedure automatizzate che, sempre in ambiente GIS, hanno permesso di aggiungere attributi al file (parametri geometrici, altimetria, coordinate piane e geografiche oltre che conversioni tra sistemi di coordinate per uniformare le diverse origini, ecc.).

4. Catalogazione dei piccoli invasi

Al fine di catalogare al meglio l'informazione prodotta, si è scelto di predisporre una scheda descrittiva per ciascuno dei piccoli invasi, messa a disposizione sia in formato A3 cartaceo che soprattutto digitale e gestibile direttamente dal software GIS. Per ciascuno degli invasi presenti nel geodatabase è quindi possibile consultare interrogando gli elementi, l'apposita scheda di sintesi, richiamabile semplicemente attivando l'azione programmata e predisposta all'interno del software che in automatico ricerca e apre la corrispondente scheda nella directory di salvataggio scelta, per una rapida consultazione con possibilità di stampa in un layout che comprende nell'intestazione i riferimenti dello studio effettuato oltre che dell'Ente. Le altre informazioni contenute nella scheda sono riportate nella figura di seguito (fig. 3), tutti dati questi estratti direttamente dallo shapefile dei piccoli invasi unitamente al solo dato stimato/calcolato ovvero il volume dell'invaso. Tale informazione è stata infatti ottenuta in maniera automatizzata moltiplicando la superficie dello specchio d'acqua, per un'altezza fittizia e variabile da caso a caso, ottenuta attraverso verifiche in campo delle profondità e dove possibile adoperando punti quotati della Carta Tecnica Regionale. Tali scelte pongono l'Ente in una situazione di cautela circa la stima.

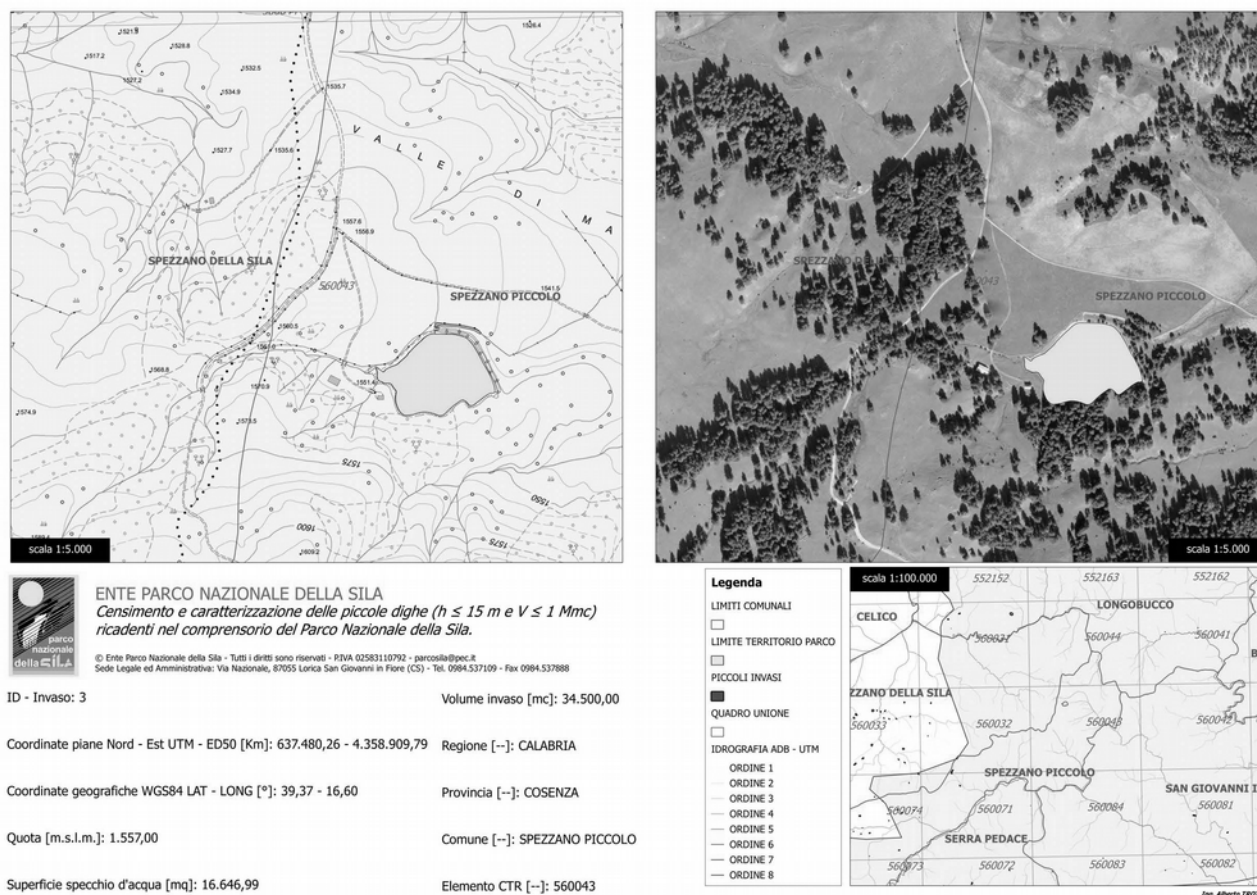


Fig. 3 – Scheda di sintesi dei piccoli invasi

Le informazioni contenute nello shapefile si riportano di seguito in tab.1.

Identificativo ID
Provincia di appartenenza
Comune di appartenenza
Foglio
Sezione
Località
Elemento CTR
Coordinate piane NORD ed EST in formato UTM – WGS 84
Coordinate geografiche
Quota sul livello del mare
Area della superficie liquida
Perimetro dello specchio d'acqua
Volume di invaso

Tab. 1 – Elenco degli attributi contenuti nello shapefile relativo ai piccoli invasi

A procedura adoperata si è rivelata molto efficace ai fini della caratterizzazione delle entità geometriche. In particolare, sono state 700 le unità estratte e contraddistinte, delle quali si è poi scelto di dettagliare solo quelle entità geometriche aventi superficie dello specchio d'acqua superiore ai 1000 mq, risultati essere in ultima analisi 103 elementi, di seguito all'interno della tab.2 i riportano i dati in forma tabellare.

ID	Superficie	Perimetro	Quota	NORD	EST	Comune	Provincia
103	1016,846	133,024	1557	636607,80	4332377,93	Taverna	Catanzaro
102	1021,331	166,858	1275	633606,62	4345168,95	San Giovanni in Fiore	Cosenza
101	1024,090	128,414	1420	636920,17	4349994,61	San Giovanni in Fiore	Cosenza
100	1028,699	155,712	1226	645545,07	4360205,10	Bocchigliero	Cosenza
99	1054,811	147,469	1303	632706,86	4356630,55	Spezzano della Sila	Cosenza
98	1054,951	148,348	1072	627676,92	4370867,20	Acri	Cosenza
97	1068,643	123,213	1319	632163,35	4355364,42	Spezzano Piccolo	Cosenza
96	1084,482	144,388	1404	636901,44	4349349,25	San Giovanni in Fiore	Cosenza
95	1084,606	135,434	1398	630042,44	4351949,92	Spezzano Piccolo	Cosenza
94	1085,683	186,194	1208	646566,17	4359861,35	Bocchigliero	Cosenza
93	1111,566	135,490	1319	642723,66	4339381,23	Cotronei	Crotone
92	1117,150	147,570	1203	629981,49	4367347,15	Acri	Cosenza
91	1123,752	137,268	1399	633608,37	4352765,95	Serra Pedace	Cosenza
90	1129,546	131,949	1240	629487,81	4356794,92	Spezzano della Sila	Cosenza
89	1146,881	223,046	1062	628219,84	4369301,15	Acri	Cosenza
88	1167,672	131,855	1223	633674,01	4361664,84	Longobucco	Cosenza
87	1171,948	130,076	1104	627443,76	4367876,64	Acri	Cosenza
86	1174,323	188,956	1166	632032,87	4363119,46	Longobucco	Cosenza
85	1179,062	141,216	1064	628732,66	4369576,55	Acri	Cosenza
84	1192,700	187,049	1038	629839,71	4370336,79	Acri	Cosenza
83	1212,626	133,986	1050	628664,74	4371229,95	Acri	Cosenza
82	1234,602	229,667	1403	633161,49	4351931,19	Serra Pedace	Cosenza
81	1242,976	133,539	1152	630608,67	4358452,05	Spezzano della Sila	Cosenza
80	1257,233	141,070	946	618616,75	4367295,78	Acri	Cosenza
79	1274,255	154,196	1246	634041,37	4361851,68	Longobucco	Cosenza
78	1296,339	158,503	1308	629169,90	4355646,98	Spezzano della Sila	Cosenza
77	1298,455	144,609	1308	634449,75	4346616,65	San Giovanni in Fiore	Cosenza
76	1324,169	190,255	1408	634732,04	4351055,25	Serra Pedace	Cosenza
75	1329,296	147,845	1308	628807,10	4354943,36	Spezzano della Sila	Cosenza
74	1339,444	173,554	1341	641172,18	4344707,22	San Giovanni in Fiore	Cosenza
73	1366,376	166,269	1066	628169,08	4371452,06	Acri	Cosenza
72	1384,130	257,140	1071	631222,21	4369928,29	Longobucco	Cosenza
71	1402,116	142,313	1226	634195,36	4330204,50	Taverna	Catanzaro
70	1407,543	144,862	1180	630217,35	4358018,76	Spezzano della Sila	Cosenza
69	1412,593	160,615	1375	633883,68	4333876,55	Taverna	Catanzaro
68	1420,999	151,345	1133	641842,03	4347805,23	San Giovanni in Fiore	Cosenza
67	1449,029	194,792	1249	635762,02	4326086,45	Taverna	Catanzaro
66	1486,308	176,902	1153	646005,09	4344060,14	San Giovanni in Fiore	Cosenza
65	1509,781	146,280	1326	632037,28	4355473,92	Spezzano Piccolo	Cosenza
64	1532,107	206,336	1425	634446,16	4353062,97	Serra Pedace	Cosenza
63	1534,449	177,854	1094	646098,42	4344377,69	San Giovanni in Fiore	Cosenza
62	1545,789	172,176	1392	632235,39	4352734,71	Serra Pedace	Cosenza
61	1559,214	297,966	1146	636161,94	4327161,76	Taverna	Catanzaro
60	1581,501	174,890	1225	641801,51	4349285,43	San Giovanni in Fiore	Cosenza
59	1732,618	173,030	1240	630896,51	4357136,49	Spezzano della Sila	Cosenza
58	1759,237	165,407	1101	626783,57	4368957,99	Acri	Cosenza

Censimento e caratterizzazione dei piccoli invasi ricadenti nel territorio del Parco Nazionale della Sila

57	1777,249	160,194	1333	630796,37	4355263,01	Spezzano Piccolo	Cosenza
56	1783,402	169,121	1161	630285,94	4363377,73	Celico	Cosenza
55	1842,440	163,270	1288	623579,47	4355527,72	Spezzano della Sila	Cosenza
54	1891,858	195,834	1159	630682,63	4358563,59	Spezzano della Sila	Cosenza
53	1918,164	162,164	1505	637811,19	4336624,56	Taverna	Catanzaro
52	1930,559	222,530	1177	629616,06	4364394,76	Celico	Cosenza
51	2009,031	181,210	1281	632213,44	4357446,13	Spezzano della Sila	Cosenza
50	2049,693	187,112	1439	642736,23	4342770,47	San Giovanni in Fiore	Cosenza
49	2105,954	195,725	1323	625368,62	4343180,06	Aprigliano	Cosenza
48	2112,079	190,593	1321	629965,25	4355872,49	Spezzano della Sila	Cosenza
47	2186,428	208,883	1150	628763,37	4367762,03	Acri	Cosenza
46	2221,316	185,259	1196	644701,00	4352430,95	San Giovanni in Fiore	Cosenza
45	2239,018	220,030	1302	629027,67	4355310,37	Spezzano della Sila	Cosenza
44	2239,872	205,273	1439	632281,55	4351584,36	Serra Pedace	Cosenza
43	2385,654	204,992	1304	630420,16	4356301,01	Spezzano della Sila	Cosenza
42	2392,034	233,007	1252	630641,88	4356950,40	Spezzano della Sila	Cosenza
41	2441,656	188,191	1211	631187,12	4357570,77	Spezzano della Sila	Cosenza
40	2517,012	182,914	1092	645049,72	4321832,60	Zagarise	Catanzaro
39	2560,490	248,587	1374	641692,73	4355277,08	San Giovanni in Fiore	Cosenza
38	2669,361	200,230	1079	630936,70	4370584,11	Longobucco	Cosenza
37	2695,664	249,917	1048	628648,93	4370787,60	Acri	Cosenza
36	2730,838	207,010	1305	629890,08	4356402,78	Spezzano della Sila	Cosenza
35	2737,816	216,791	1191	632518,09	4365964,41	Acri	Cosenza
34	2761,004	196,768	1227	637360,48	4328292,39	Taverna	Catanzaro
33	2843,828	204,185	1381	621054,46	4345586,35	Aprigliano	Cosenza
32	2853,264	205,590	1037	646621,38	4361557,55	Bocchigliero	Cosenza
31	2874,678	213,431	1065	626837,58	4370820,71	Acri	Cosenza
30	3214,550	211,181	1348	633685,96	4344627,98	San Giovanni in Fiore	Cosenza
29	3235,639	226,148	1230	630243,30	4357233,35	Spezzano della Sila	Cosenza
28	3243,724	250,760	1242	623909,40	4355981,64	Spezzano della Sila	Cosenza
27	3246,747	221,492	1566	642390,40	4327750,88	Zagarise	Catanzaro
26	3301,326	241,464	1234	629526,04	4357600,76	Spezzano della Sila	Cosenza
25	3323,873	306,021	1407	634706,55	4351160,60	Serra Pedace	Cosenza
24	3344,794	228,532	1101	651072,59	4328070,55	Mesoraca	Crotone
23	3543,258	244,074	1227	645947,14	4351516,02	San Giovanni in Fiore	Cosenza
22	3644,646	255,618	871	645880,00	4345512,37	San Giovanni in Fiore	Cosenza
21	3657,126	346,638	1372	633794,91	4356694,55	Spezzano Piccolo	Cosenza
20	3882,784	272,289	1214	634323,61	4326321,72	Taverna	Catanzaro
19	4004,688	233,175	1172	631219,73	4358691,56	Spezzano della Sila	Cosenza
18	4341,737	276,168	1191	625116,10	4356324,91	Spezzano della Sila	Cosenza
17	4502,339	301,677	1357	625058,09	4343474,18	Aprigliano	Cosenza
16	4579,251	351,713	1459	633579,30	4350237,41	Serra Pedace	Cosenza
15	4594,033	269,878	1323	630033,05	4355453,45	Spezzano della Sila	Cosenza
14	4731,166	476,603	1441	632304,62	4351214,69	Serra Pedace	Cosenza
13	4793,003	285,528	1196	631260,07	4366288,27	Acri	Cosenza
12	5408,525	314,767	1206	624805,40	4356138,62	Spezzano della Sila	Cosenza
11	5559,395	354,230	864	640010,80	4321797,10	Magisano	Catanzaro

10	6140,488	313,360	1154	647147,67	4350315,75	San Giovanni in Fiore	Cosenza
9	6921,719	304,248	1331	635734,02	4361838,69	Longobucco	Cosenza
8	7689,031	447,977	1101	627897,51	4367865,63	Acri	Cosenza
7	8141,069	379,586	1049	629638,78	4370642,36	Acri	Cosenza
6	9067,291	457,274	1185	629495,98	4363635,72	Celico	Cosenza
5	11026,693	560,098	1321	630213,90	4355609,27	Spezzano della Sila	Cosenza
4	11665,153	477,106	1265	623255,90	4355781,05	Spezzano della Sila	Cosenza
3	16646,987	545,640	1557	637480,26	4358909,79	Spezzano Piccolo	Cosenza
2	17856,439	876,733	806	649096,80	4339479,61	Cotronei	Crotone
1	29927,430	734,150	1487	636074,85	4333902,79	Taverna	Catanzaro

Tab. 2 – *Tabella di sintesi dei principali attributi dello shapefile dei piccoli invasivi*

5. Dal GIS desktop alla versione portable

La struttura fisica della banca dati GIS realizzata, la sua organizzazione in strati informativi, le regole topologiche e le relazioni di tipo spaziale tra i dati in essa contenuti, sono stati ideati e progettati in modo tale da consentire un facile confronto e integrazione con le banche dati esistenti, o di prossima disponibilità, presso l'Ente Parco e/o amministrazioni pubbliche locali e regionale, ed in particolare, con quelle collegate ai servizi WMS del Portale Cartografico Nazionale.

Come accennato in precedenza, si è lavorato in ambiente GIS Desktop, nella fattispecie con il software Quantun GIS, replicando tuttavia il lavoro su esplicita richiesta da parte dell'Ente, su software ESRI ArcGIS riuscendo ad ottenere e garantire piena compatibilità.

Oltre alle versioni desktop, fornite su supporto DVD e installate su postazioni fisse, è stata messa a punto anche una versione “portatile” in QGIS, fornita su chiavetta USB, realizzata con entrambi i software.

E' stata inoltre predisposta una versione “non editabili” e utili alla sola consultazione/stampa di informazioni, gestibile attraverso l'applicazione ESRI ArcReader.

Attraverso la versione “portatile” invece, è possibile oltre che consultare, editare, stampare ed effettuare ogni altra operazione senza necessità di installazione del software sulla postazione PC di lavoro. La versione può funzionare sull'hard disk oppure direttamente su chiavetta USB (sono necessari circa 900 Mb di spazio libero) ed è comoda essendo quindi trasportabile da PC a PC senza che sia necessario aver installato il software in versione desktop. Anche gli altri software presenti nel pacchetto portatile e necessari ad esempio per l'apertura delle schede in formato PDF e dei file formato DWG sono dei tools opportunamente inseriti in directory per permetterne l'attivazione diretta dal software GIS e conseguentemente l'utilizzo su qualsiasi postazione sarà aperto il progetto.

6. Considerazioni finali

Tra le diverse opportunità a disposizione per la raccolta-censimento-catalogazione dei piccoli invasivi ricadenti nel Territorio del Parco Nazionale della Sila, si è scelto di strutturare una piattaforma di questo tipo e di farlo attraverso un software Open Source, in ragione dalla considerazione nazionale e internazionale di cui negli ultimi tempi godono i geodatabase. Il progetto e la definizione dei GEODataBase a varia risoluzione è infatti l'elemento cardine nell'importante direttiva INSPIRE.

All'interno del progetto sono state inserite una serie di informazioni geotematiche (formato shape) attinte dal sito dell'Autorità di Bacino della Regione Calabria (Carte di Pericolosità e Rischio Idraulico e Frana), dal portale SINANET (Carta dell'Uso del Suolo) ed alcuni dataset collegati al Portale Cartografico Nazionale (IGM, dataset satellitari, ecc), con l'intento di integrare più elementi possibili, utili per rappresentare tutte le matrici ambientali ricadenti nel territorio del Parco Nazionale della Sila.

La stessa tecnica è stata adoprata per la redazione di un analogo progetto prodotto per il Comune di Pedace (CS), finalizzato alla mappatura della rete acquedottistica comunale. Anche in questo caso versione desktop e portatile e schede informative contenenti le monografie dei manufatti e dei pozzetti

richiamabili dal GIS con medesime “azioni” programmate ed attivabili con semplice click sull’entità geometrica corrispondente.

La metodologia di lavoro presentata fa riferimento alle attività connesse allo svolgimento della “Borsa di studio finanziata dall’Ente Parco Nazionale della Sila-Bando. Tematica 5: Censimento e caratterizzazione delle piccole dighe ($h \leq 15$ m e $V \leq 1$ Mmc) ricadenti nel comprensorio del Parco Nazionale della Sila: raccolta e archiviazione sistematica dei dati, relativa analisi e proposte per ulteriori approfondimenti di studio.”

Bibliografia

Casagrande L., Cavallini P., Frigeri A., Furieri A., Marchesini I., Neteler M., 2012, *GIS Open Source GRASS GIS, Quantum GIS e SpatialLite*, Dario Flaccovio Editore

Neteler M, Mitasova H., 2008, «Open Source GIS: A GRASS GIS Approach», in *The International Series in Engineering and Computer Science*, vol. 773, 406 pages, 80 illus., Springer, New York

Pumo D., 2008, *L’approvvigionamento idrico per l’agricoltura*, Aracne

ARPA PIEMONTE (internet). *Torino: Procedura per la creazione di una versione di QGIS Portabile. 2015.* Disponibile all’indirizzo http://wiki.gfoss.it/index.php/Qgis_Portable

Riolo F., Vittorio M., 2010, *Manuale avanzato di ArcGIS 9 e 10. Creare e gestire modelli GIS con il Model Builder*, Dario Flaccovio Editore