

Mappe comunitarie dell'acqua: il potenziale del sensing partecipativo nella gestione delle risorse idriche

Domenico Vito

Politecnico di Milano, Piazza Leonardo da Vinci, 32, 20133 Milano, domenico.vito@polimi.it

Sommario

La collezione di dati sulla qualità dell'acqua e sui bacini idrografici è un'azione strategica e può dare una visione sulla condizione dell'ecosistema acquifero e sulla potabilità. I dati sull'acqua rappresentano un potente strumento per la gestione del ciclo idrologico orientata a effettuare decisioni critiche in tempo reale.

Questo approccio può completarsi attraverso la mappatura di comunità delle risorse. La mappatura comunitaria di risorse (MCR) è un metodo per raccogliere informazioni su numerosità, distribuzione, accesso e uso delle risorse all'interno del dominio economico e culturale di una comunità: è un processo di costruzione di mappe che vuole rendere visibile l'associazione il territorio e gli abitanti locali attraverso gli strumenti della cartografia. La MCR può essere condotta attraverso il "sensing partecipativo" che consiste nell'uso di dati provenienti da dispositivi mobili, la cui la rappresentazione spaziale può essere effettuata attraverso tecnologie GIS, esplorando tecniche di GIS partecipativo.

Questo lavoro è una revisione analitica di due esperienze di mapping delle risorse idriche realizzati attraverso software GIS open source e sensing partecipativo. Il primo riguarda il "Public Participatory GIS system" per la gestione dell'acqua irrigua a Kokoligu, in Ghana del nord. Il secondo invece illustra il progetto "la Cuicadora", un sistema di crowdmapping per una rete di condivisione di informazioni che supporta le popolazioni indigene peruviana nell'identificazione di siti di acqua inquinata. L'obiettivo è quello di identificare elementi tecnologici e metodologici comuni per un sistema di mappatura partecipato delle risorse idriche che sia compliant. I risultati dell'analisi dimostrano come il sensing partecipativo, permetta di raccogliere, analizzare e condividere la conoscenza locale dei corpi idrici. Questo ha un grande potenziale nel dare una verifica del contesto attraverso feedback locali ottenuti da reti di comunicazione.

Abstract

The collection of data about water basins and water quality is a strategical action that can give an insight into the suitability of the water for aquatic life and for human use. Water data represent a powerful tool for effective management of water resources, in order to realize time-critical decision support and management systems.

Currently remote sensing satellite systems and geographical information systems (GIS) represent the most diffuse instruments for monitoring and management of water resources as well as carrying out risk assessment on the hydrological cycle of water. This approach could be completed through "community resource mapping". Community Resource Mapping (CRM) is a method for collating and plotting information on the occurrence, distribution, access and use of resources within the economic and cultural domain of a specific community: it is a map-making process that attempts to make visible the association between land and local inhabitants by using the tools of cartography. CRM can be fostered by "participatory sensing" that is the use of data coming from a mobile devices in collaboration with its owner/operator and data spatial representation could be realized indeed, through GIS technologies, exploiting "participatory GIS" techniques. This work is an

analytic review of two experiences of water resources community mapping through open source GIS software and participatory sensing approaches. The first, is about the Public Participatory GIS (PPGIS) system for irrigation water management at Kokoligu, Northern Ghana. The second regards “la Cuicadora” project, a crowd mapping system provides an information sharing network to assist Peruvian indigenous communities in better protecting themselves from contaminated water sources. The goal is to identify common technological and methodological elements, of a compliant community water mapping systems. The results of the analysis, shown how participatory sensing approach, enable to gather, analyze and share local knowledge of water basins, that has a great potential in giving context verification and resolution through local and network-provided feedbacks.

Introduzione

Una delle principali sfide per lo sviluppo sostenibile sia per i paesi cosiddetti sviluppati che per quelli via di sviluppo è quello di garantire accesso affidabile alla rete idrica e ai servizi igienico-sanitari.

Secondo il *World Water Development Report* delle Nazioni Unite , entro il 2050 , almeno una persona su quattro è a rischio di vivere in un paese colpito da carenze idriche croniche o ricorrenti. Con l'impatto del cambiamento climatico , la dipendenza esclusiva da dati storici di modelli meteorologici idrici non costituisce più una previsione sufficiente (ITU-T Technology Watch Report, 2011)

La disponibilità di informazioni sulle condizioni attuali in modo tempestivo diventa quindi fondamentale per la determinazione di un processo decisionale efficace in materia di gestione delle risorse idriche.

Tecnologie come il telerilevamento satellitare in combinazione con sistemi informativi geografici possono essere utilizzati in modo innovativo per ottenere informazioni in tempo reale circa l'uso dell'acqua, per monitorare e prevedere il livello di fiumi e di identificare nuove fonti di acqua dolce. Le tecnologie dell'informazione possono essere altresì utilizzate come uno strumento di ausilio alla mappatura comunitaria delle risorse.

La mappatura comunitaria delle risorse (MCR) o mapping partecipativo è un metodo utilizzato come tecnica di ricerca, pianificazione e gestione dei progetti di sviluppo a livello locale (Sieber, 2006).

In un senso più vasto, il mapping partecipativo rappresenta la mappatura del territorio attraverso la diretta partecipazione delle comunità locali, delle organizzazioni di supporto, dei governi.

La mappatura comunitaria delle risorse è quindi uno strumento molto utile per avere una visione riguardo all'entità e alla distribuzione delle principali problematiche territoriali.

Recentemente le iniziative di mapping partecipativo hanno iniziato a usare sistemi informativi geografici sempre più potenti includendo la tecnologia GPS le foto da satellite, tecnologie GIS e altre tecnologie digitali.

L'utilizzo di sensori remoti, ad esempio installati su *smartphones* così come la presenza di fotocamere e dispositivi di *capturing* permettono di coinvolgere in modo diffuso la popolazione attuando quello che viene definito comunemente come “sensing partecipativo” (Burke et al., 2006), fondamentale per la MCR coadiuvata dalle tecnologie GIS.

Tramite la tecnologia GIS è possibile georeferenziare informazioni di diverso tipo rendendole disponibili in modo diffuso.

La georeferenziazione permette di ottenere dati facilmente rappresentabili in una dimensione spazio-temporale, il che fornisce le potenzialità per costituire potenti strumenti di supporto alle decisioni.

Questo lavoro presenta due esempi di mappatura comunitaria delle risorse attraverso l'utilizzo di tecnologie dell'informazione ed in particolare attraverso strumenti GIS open-source.

Il primo riguarda il “*Public Participatory GIS system*” per la gestione dell'acqua irrigua a Kokoligu, in Ghana del nord. Il secondo invece illustra il progetto “*la Cuicadora*”, un sistema di

crowdmapping per una rete di condivisione di informazioni che supporta le popolazioni indigene peruviana nell'identificazione di siti di acqua inquinata.

I due casi verranno presentati e discussi in ordine di determinare elementi di interesse.

La mappatura partecipata e le tecnologie dell'informazione: il PPGIS, il sensing partecipativo e il crowdmapping

Una modalità attraverso cui lo sviluppo sostenibile può essere attuato nei paesi in via di sviluppo è supportarli con le moderne tecnologie nel loro proprio ambiente (Danuor, 2014)

Queste, unite alla loro conoscenza locale possono dare la possibilità alle comunità indigene di elaborare strategie di adattamento contro eventi naturali come inondazioni, siccità, ecc..

La conoscenza locale difatti può avere interessanti caratteristiche ai fini dello sviluppo sostenibile dal punto di vista della raccolta di dati (Minang e McCall,2006):

- è un sistema di informazione spaziale che si sviluppa dalla stretta relazione tra la popolazione locale , la sua terra e le sue risorse naturali
- i membri della comunità sono un bacino di dati esperienziali di differenti categorie, in base alla propria età, e stato sociale
- è una conoscenza originaria della comunità locale
- è un sistema “pseudoscientifico” nel senso che consiste nella classificazione di strutture e impiega determinate metodologie (es. la trasmissione orale)
- è un sistema olistico nel senso che utilizza per la decisione diverse aree di conoscenza

Tuttavia come sistema essa ovviamente presenta dei lati negativi in quanto non ha strutture di predizione, ha delle lacune di trasmissione e ha poca quantificazione dell'analisi.

Per questo motivo l'unione tra la conoscenza locale e le tecnologie dell'informazione - come ad esempio il GIS e il sensing remoto – può essere una soluzione per avere dati sul territorio su una scala spaziale e temporale. Il termine GIS pubblico partecipativo, in inglese *Public Participatory GIS* PPGIS originato durante due riunioni del *National Center for Geographic Information and Analysis* (NCGIA) americano (NCGIA 1996a, 1996b) è volto a definire l'uso delle tecnologie GIS per ampliare il coinvolgimento pubblico nella definizione delle politiche al fine di promuovere gli obiettivi delle comunità locali e dei gruppi di base (Sieber, 2006).

In questa visione, sta il concetto di scalare le tecnologie GIS professionali ad un utilizzo da parte delle comunità rurali al fine di far emergere il potere della conoscenza locale e migliorare la capacità di prendere decisioni.

Il GIS partecipativo è spesso usato anche come strumento per condividere la conoscenza delle comunità e favorire l'apprendimento verso lo sviluppo di strategie di adattamento al cambiamento climatico (Minang e McCall,2006).

Oggi giorno con l'avvento dei social media e delle tecnologie distribuite e con la diffusione di smartphone e dispositivi mobili, il concetto di GIS partecipativo si è virtualmente esteso a livello planetario dando vita a fenomeni come il *crowdmapping* e il *sensing partecipativo*.

Il *sensing partecipativo* o in inglese *participatory sensing* è l'utilizzo di device mobili a formare una rete di sensori che permette a professionisti pubblici e privati di raccogliere e analizzare la conoscenza locale (Burke et al, 2006).

Il *crowdmapping* è l'aggregazione di input generati dalla folla come messaggi di testo, social media feed per fornire dati in real-time, informazioni interattive o eventi come crisi umanitarie, crimini, elezioni o disastri naturali. Se propriamente implementati i sistemi di *crowdmapping* possono portare ad un alto livello di trasparenza per eventi a dinamica veloce, per i quali è difficile una copertura real-time attraverso i media tradizionali.

La partecipazione in questo caso è estesa alla folla degli utenti di internet, *crowd*, appunto ampliando il bacino delle informazioni a disposizione.

Nonostante le sue diverse declinazioni il concetto di mappatura partecipata si fonda intorno a 4 tematiche principali: luoghi e persone, dati e tecnologia, processi risultati e valutazioni (Sieber, 2006).

Nei prossimi paragrafi saranno esposti due esempi concreti di utilizzo del GIS partecipativo e della mappatura partecipata.

“Public Participatory GIS system” per la gestione dell'acqua irrigua, il caso di Kokoligu

Il caso di Kokoligu, Ghana rappresenta un esempio di questo tipo di utilizzo pubblico partecipativo delle tecnologie GIS (Public Participatory GIS (PPGIS)) della gestione delle risorse idriche a livello comunitario. In questa esperienza sono stati selezionati dei membri della comunità per mappare l'estensione territoriale dei bacini idrici e la presenza di giardini e fattorie nei dintorni (Aabeyir e Kabo-bah, 2012). I dati sono stati utilizzati per studiare la dinamica evapotraspirativa dei bacini stessi. Particolare enfasi è stata data far comprendere ai partecipanti come utilizzare il PPGIS per monitorare le fonti e conoscere il proprio territorio.

I punti mappati sono stati poi sovrapposti ad immagini da satellite in modo da comprendere la variazione temporale dei livelli d'acqua.

Le immagini da satellite che rappresentavano l'entità d'acqua nella riserva sono servite come base per valutare il livello di riduzione o incremento della copertura d'acqua nei bacini.

Contesto

La comunità Kokoligu è situata nella parte nord occidentale del Distretto Lawra della Regione Occidentale Superiore del Ghana. E' a circa 28 miglia dalla capitale Accra.

La popolazione di Kokoligu è di circa 903 persone, costituita da 50,2% maschi e 49,8% femmine.

Il villaggio subisce piogge tra aprile e ottobre con precipitazioni medie annue tra il 1000 millimetri e 1200 millimetri con precipitazioni picco nel mese di agosto e settembre (Danuor ,2012). Le temperature oscillano tra i 27 ° C anche a 36°C. La fornitura d'acqua avviene principalmente tramite pozzi scavati nella sabbia. Esiste un serbatoio supplementare, la *Kokoligu Reservoir*.

L'attività principale di sostentamento in questo paese è l'agricoltura. Ciò rende il serbatoio presente particolarmente importante, perché sostiene le attività di coltivazione e l'allevamento ittico durante la stagione secca. Tipicamente alcune delle attività agricole comprendono l'orticoltura (ad esempio, cipolle, cavolo, pepe e pomodori), l'allevamento animale (per esempio bovini, capre e pecore) e le attività che generano rendita economica come la produzione di burro di karité e dawadawa.

In generale la vita della comunità esercita una forte pressione sul serbatoio soprattutto nella stagione secca quando diventa strettamente necessario di utilizzare l'acqua in riserva.

Tuttavia a causa dei cambiamenti climatici, l'acqua presente subisce fenomeni di forte evaporazione.

Vulnerabilità ambientale degli agricoltori

Il Ghana proprio come il resto dell'Africa è soggetto agli impatti del cambiamento climatico (Namara R., et al,2010) e alle variabilità determinate.

Ciò è in parte dovuto alla dipendenza da agricoltura pluviale e la presenza di una base economica debole fa sì che la maggior parte della popolazione sia vulnerabile .

L'elevata dipendenza delle risorse naturali per l'approvvigionamento energetico e alimentare, soprattutto nelle parti rurali, costituiscono un ulteriore pericolo mettendo a serio rischio la popolazione, che è altresì poco propensa ad attuare strategie di adattamento climatico.

Fenomeni come siccità, inondazioni locali, epidemie, incendi deforestazione continuano ad peggiorare gli scenari l'impatto del cambiamento climatico nel Ghana settentrionale .

Il Ghana settentrionale è generalmente visto come zona povera a basso reddito locale e causa della mancanza di attività economiche diversificate in questa zona.

Approssimativamente, il 18% della popolazione vive in zone rurali e in povertà.

Di questa percentuale il 50 % vive nella parte settentrionale del Ghana.

Inoltre la zona è esposta a erosione del suolo, deforestazione, incendi boschivi e precipitazioni irregolari .

In generale , gli agricoltori nel corso degli anni hanno sviluppato le proprie tecniche per affrontare e gestire le intemperie Tuttavia, queste tecniche sono spesso in grado di risolvere problemi

localizzati, ma non in larga scala come inondazioni o siccità che a volte sono più problemi più regionali che locali (Danuor ,2012). Pertanto, per migliorare le strategie di adattamento degli agricoltori verso l'impatto dei cambiamenti climatici, è necessario che questi abbiano una maggior consapevolezza e un maggior grado di conoscenza tecnologico.

I problemi derivanti dalla drastica e continua riduzione dei livelli di acqua nel serbatoio potrebbero rendere le risorse idriche non grado di sostenere le aziende agricole nei prossimi anni.

Il tasso di riduzione delle dimensioni dei serbatoi rappresenta una minaccia reale per le attività agricole nella comunità, portando a grave fame e povertà.

Land Cover Mapping and Reservoir mapping

Lo scopo dell'attività attraverso il *mapping* partecipativo nell'esperienza presentata è stato quello di caratterizzare i principali tipi di copertura del suolo attorno alla riserva. Questo era particolarmente importante per informare la comunità e i ricercatori sulle strategie da adottare per assicurare che la riserva non fosse esposta ad una severa evapotraspirazione durante i mesi secchi.

La *Figura 1.A* mostra la mappa dell'area studiata e i punti GPS mappati per operare la classificazione.

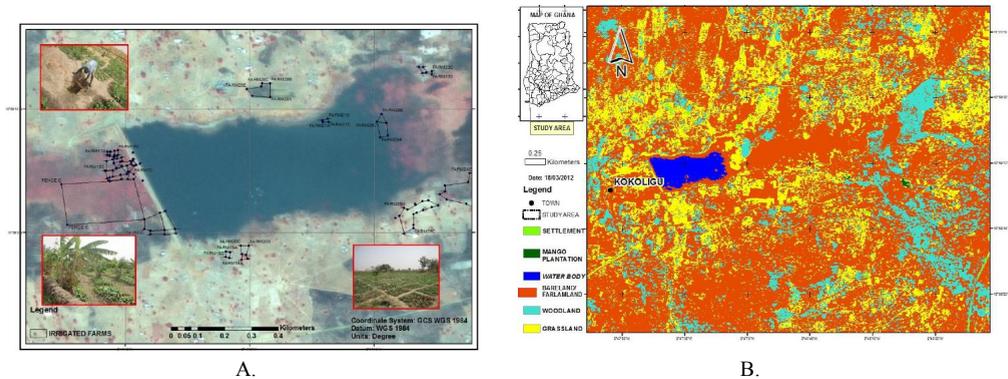


Figura 1 - A) Misure acquisite sul campo B) Copertura del territorio della comunità di Kokoligu (Danuor ,2012).

Durante il sondaggio sul campo si è realizzato che alcune delle fattorie delle persone nel villaggio sul lato orientale della diga erano in prossimità della diga stessa.

Le coltivazioni accanto alla diga provocavano l'insabbiamento del serbatoio: ciò rendeva l'acqua stagnante e non permetteva di raccogliere sufficiente acqua per sostenere le attività di coltivazione durante la stagione secca. I fertilizzanti chimici utilizzati, avevano altresì la possibilità di inquinare l'ecosistema acquifero nel La mappatura e le osservazioni sul campo hanno rivelato che c'era inoltre una scarsa presenza di alberi attorno alla diga, un fattore che contribuisce drasticamente ad aumentare i danni dello scarso apporto di acque e livelli d'acqua nel bacino. Con l'uso di *ArcMap 10.0* e *Erdas Imagine 9.2*, i vari tipi di copertura del suolo sono stati classificati come mostrato in *Figura 1.B*. Dalla classificazione, è emerso come fosse presente una gran parte di terra nuda nell'area di studio con una maggioranza di boschi nella parte orientale della comunità in cui esistono giacimenti di rocce sedimentarie. Inoltre era presente una zona boschiva piantata a mango nella zona a nord orientale e alcune regioni rivierasche situate nelle valli a est. Ciò che è emerso maggiormente dall'analisi è stato che i membri della comunità coltivavano i loro prodotti vicino alla riserva e ciò aveva ripercussioni sulla stabilità della diga e sulla stagnazione della riserva.

Il ruolo della mappatura partecipata delle risorse

Sebbene gli agricoltori fossero consapevoli della riduzione del livello di acqua nella riserva, era difficile apprezzarne l'entità. L'utilizzo di una mappatura GIS e la sovrapposizione di immagini satellitari ha permesso di far visualizzare e rendere conto la comunità intera dell'ammontare delle

perdite d'acqua attraverso la diga. Da ciò è nata anche una discussione tra i membri della comunità circa la gestione del bacino idrico, dalla quale sono nate delle ordinanze comuni per la regolazione delle attività attorno alla riserva. La discussione ha anche portato a realizzare che fosse necessario includere nelle ordinanze anche alcune pratiche dannose all'interno dell'area buffer del bacino. Il coinvolgimento delle comunità rurali attraverso il PPGIS ha permesso inoltre ai professionisti coinvolti di trasmettere alle popolazioni nuovi metodi agricoli a conservazione d'acqua come la pacciamatura, l'utilizzo del letame e la rotazione. Sostanzialmente l'utilizzo del PPGIS ha creato uno spazio di apprendimento integrato del territorio che è stato utile sia alle comunità indigene che ai professionisti in loco. E' stato inoltre costruito un database GIS che ha avuto un notevole impatto sulla gestione e l'uso delle risorse.

Il progetto “la Cuicadora” *georeferenciación colectiva de eventos y alertas relacionadas a conflictos socio ambientales en Perú en tiempo real*

Il progetto, chiamato La Cuidadora, “il custode” (<http://cuidadora.ourproject.org/>) nato su iniziativa di *Johnatan Rupire*, fornisce informazioni condivise in rete per aiutare le comunità indigene a meglio proteggere loro stessi dai pericoli di fonti d'acqua contaminate e a segnalare conflitti socio-ambientali e fenomeni di corruzione.

La “Cuicadora” è un sistema interattivo di crowdmapping per la georeferenziazione collaborativa e la diffusione di avvisi in tempo reale, che unisce citizen journalism, attivismo e le informazioni geografiche in unica fonte di informazioni disponibile on-line (*la Cuicadora project*, 2014)

La “Cuicadora” nasce dal problema della contaminazione delle fonti d'acqua dovuto alla forte presenza di siti per l'estrazione del petrolio. Utilizzando una distribuzione Ushahidi (tradotto in lingua indigena Shipibo) con licenza GNU-LGPL3 e dati geografici liberi e OpenStreetMap), le informazioni fornite dalle comunità colpite vengono riferite, mappate e poi distribuite a organizzazioni nazionali e mezzi di comunicazione, nonché alle comunità stesse. Per fare questo lavoro, La Cuidadora si basa su i suoi rapporti con le ONG locali come *Defensa Indígena* e la *Coordinadora Nacional de Derechos Humanos* (Rupire, 2010).

Struttura

Il sito web è ospitato sul server collettivo *Ourproject.org*

Esso è costituito da una pagina principale che visualizza in primo piano la mappa georeferenziata (Figura 2).



Figura 2 - Home page del Sistema “La Cuicadora” (<http://cuidadora.ourproject.org/>).

Il menu principale è posto sopra la mappa e permette di accedere alle varie sezioni che sono:

- *inicio*: accesso alla home page
- *reportes*: visualizzazione delle segnalazioni in un periodo
- *enviar un reporte*: invio di una segnalazione
- *recibe alertas*: invio di un messaggio di alert georeferenziato

- *contacta con nosotros*: form di contatto
- *la “Cuicadora”*: pagina informativa sul progetto

In alto sulla destra è presente il pulsante per accedere alla sezione *Enviar un reporte nuevo* (Figura 3).

Figura 3 - “La Cuicadora” sezione di invio segnalazione “Enviar un reporte nuevo” (<http://cuidadora.ourproject.org/>).

La sezione presenta i *form* per l’inserimento dei dati dell’evento e la mappa georeferenziabile per indicare il punto esatto di segnalazione. È possibile inviare avvisi a tutte le persone che si sono registrate al portale per ricevere avvisi via email e SMS laddove non è possibile la connessione internet. Gli eventi registrati vengono georeferenziati e segnati sulla mappa. Essi sono anche raggruppati secondo categorie che possono essere ampliate tramite la proposizione da parte degli utenti. Nella sezione *recibe alertas* è presente un report periodico delle segnalazioni che sono visualizzate attraverso il titolo, la descrizione l’ora ed una foto descrittiva, divisi per categoria.

Twitter

Il sistema *La” Cuicadora”* è anche dotato di un account Twitter in cui vengono riportati i *tweet* di segnalazione (Figura 4) attraverso appositi hashtag di segnalazione.



Figura 4 - Account twitter de “La Cuicadora” (<https://twitter.com/lacuidadora>).

Il ruolo del crowdmapping e del sensing partecipativo

La Cuicadora, basata su piattaforma Ushaidi rappresenta un esempio di *crowdmapping* attraverso il “*sensing partecipativo*”: in questo paradigma, attraverso una piattaforma web che costituisce il nodo centrale, i diversi utenti vengono coinvolti attraverso dispositivi remoti nel sistema di allarme, entrando *all’interno* del circuito di segnalazione (Fraternali et al.,2012).

Si viene a creare quindi un *community information system* (CIS) (Fraternali et al.,2012), che ha la capacità di essere un’infrastruttura diffusa sul territorio di veloce risposta con un’altrettanto veloce propagazione. Questi due elementi sono essenziali per un sistema di allerta, e hanno maggior efficacia maggiormente il sistema ha utenti. *La “Cuicadora”* è un progetto ancora giovane e in sviluppo, ma ha le potenzialità di diventare un più potente sistema di allerta se ci fosse la possibilità insegnare alle popolazioni locali come utilizzarlo. Questo porterebbe ad espandere il sistema di segnalazione, e contemporaneamente permetterebbe a “*La Cuicadora*” di ampliare il suo database facendone un miglior strumento di protezione.

Conclusioni

I due esempi presentati mostrano due applicazioni di metodiche della mappatura comunitaria e partecipata di risorse. In questo caso particolare si parla di risorse acquifere. Nel caso della risorsa acqua è importante che le infrastrutture di gestione siano sviluppate in modo attuare decisioni e pianificazione accurate ma nello stesso tempo tempestive. Essendo inoltre una risorsa comune è importante che nella gestione dell'acqua sia coinvolta la popolazione. Dai casi studi esposti emerge che il coinvolgimento della popolazione locale nella gestione dell'acqua non rappresenta non solo una prescrizione ma anche una risorsa. Sebbene la partecipazione alla pianificazione, possa essere costosa e difficile da implementare oggi giorno l'ausilio delle tecnologie dell'informazione e nella fattispecie di metodiche come il *Public Participatory GIS*, il *participatory sensing* e il *crowdmapping* facilitano di gran lunga questo compito, dando maggior accesso alle potenzialità del coinvolgimento collettivo. Nel caso di Kokoligu, l'utilizzo del PPGIS ha dato la possibilità alla comunità di rendersi conto delle problematiche connesse alla riserva d'acqua legate ai cambiamenti climatici per poi portare la comunità stessa ad attuare strategie per farne fronte. Nel caso di "La Cuicadora" invece l'utilizzo del *crowdmapping* ha portato a definire un sistema di allerta veloce e pervasivo. Diverse questioni sono ad oggi aperte che riguardano l'utilizzo delle tecnologie dell'informazione nel campo della pianificazione partecipata: esse riguardano ad esempio la gestione delle decisioni, nonché l'immagazzinamento dei dati e la sicurezza delle informazioni sensibili (Fraternali et al., 2012). Nonostante ciò, stando ad entrambe i casi studio presi in esame si può dire l'ausilio degli strumenti di mapping partecipativo abbiano dato accesso alla conoscenza locale del territorio, ampliando la base conoscitiva e nel contempo aumentando la resilienza della comunità alle problematiche del territorio.

Ringraziamenti

Si ringrazia tutto lo staff del corso Cooper(a)ction, Laboratorio di Cooperazione Internazionale DaSTU, Politecnico di Milano

Riferimenti bibliografici

- Aabeyir R., Kabo-bah A. T. (2012), "*The Role of Public Participatory GIS in Rural Water Resources Mapping*", Proceeding of The IASTED 2012 African Conferences: 760-763
- Danuor S. K. (2012), "*Vulnerability Assessment maps for communities in Northern Ghana Evapotranspiration to the doorsteps of the farmer, A case of Kokoligu Community Community in the Upper Region, Ghana*", Phase I – Ghana Reports – Vulnerability and ET Mapping: 1-31
- Susannah Vila S. (2012), "*Crowdmapping Water Contamination in Peruvian Indigenous Communities*", <https://globalvoicesonline.org>
- ITU, Division TW (2011), "*ICT as an Enabler for Smart Water Management*", ITU-T Technology Watch Report. Water Management: 1-24
- Namara R., Horowitz L., Nyamadi B., Boubacar B., (2010), "*Irrigation Development in Ghana: Past experiences, emerging opportunities, and future directions*", GSSP Working Paper No. 0027: 1-43
- Rupire J. (2010), "La Cuicadora project", <http://cuidadora.ourproject.org/>
- Burke J, Estrin D, Hansen M, Ramanathan N, Reddy S, Srivastava MB (2006), "*Participatory sensing*". Work World-Sensor-Web Mob Device Centric Sens Networks Appl: 117-34.
- Minang A., McCall M.K. (2006), "*Participatory GIS and local knowledge enhancement for community carbon forestry*", Participatory learning and actions: 85-92.
- Sieber R. (2006), "*Public participation geographic information systems: A literature review and framework*", AAG Ann: 491-507.
- Fraternali P, Castelletti A., Soncini-Sessa R., Vaca Ruiz C., (2012) "*Putting humans in the loop: Social computing for Water Resources Management*", Environmental Modelling & Software, 37:68–77.