

Il monitoraggio ambientale intelligente: l'autoprotezione dell'ambiente

Sistema integrato per il monitoraggio e controllo dei reati ambientali basato su WSN nel territorio dell'Agro Sarnese Nocerino

Elena Amendola

Abstract

La grande sfida nella tutela della natura che, nel mondo moderno, siamo chiamati ad accettare è poter monitorare e controllare, sia in zone urbane che rurali, in tempo reale lo stato di “salute” dell'ambiente che ci circonda, per poter intervenire tempestivamente evitando o contenendo danni che potrebbero coinvolgere vaste aree. Il monitoraggio della qualità delle acque fluviali è veramente efficace se è in grado di rilevare determinati parametri di base in tempo reale, segnalando anomalie, violazioni e superamento di valori soglia, al fine di attivare immediatamente azioni appropriate per ridurre il rischio di contaminazione. I metodi convenzionali di analisi della qualità dell'acqua richiedono molto tempo e lavoro. La crescita della tecnologia ha aiutato nello sviluppo di metodi più efficaci. Questo studio si concentra sulla necessità di applicazioni di alta tecnologia e sull'utilizzo di IoT per il monitoraggio ambientale intelligente, attivando l'autoprotezione per l'ambiente. Il documento descrive l'applicazione del modello e dell'approccio metodologico per il monitoraggio e controllo delle acque fluviali in relazione ai principali reati ambientali in un'area territoriale delimitata all'interno del bacino del Fiume Sarno (Regione Campania, Italia).

Keywords: Sarno, Fiume Sarno, inquinamento delle acque, bacino idrografico del Sarno, reti wireless, sensori, IoT, WSN

Parte I: Tutelare il contesto ambientale

Introduzione

La tutela dell'ambiente, degli ecosistemi naturali e del patrimonio culturale deve essere garantita da tutti gli enti pubblici e privati, e dalle persone fisiche e giuridiche, pubbliche o private, mediante una adeguata azione che sia basata *sui principi della precauzione, dell'azione preventiva, della correzione, in via prioritaria alla fonte, dei danni causati all'ambiente, nonché sul principio «chi inquina paga»*, ai sensi dell'articolo 174, comma 2, del Trattato dell'Unione Europea.

La qualità dell'ambiente è un fattore determinante per la salute delle popolazioni e il livello di qualità della vita, influenza il grado di attrazione socio-economico esercitato dal territorio ed è importante per la localizzazione di nuovi investimenti nel settore produttivo. Purtroppo, la criminalità ambientale è una seria minaccia per le condizioni della salute e della sicurezza pubblica e rappresenta un problema per l'intera collettività, non solo locale, in quanto *l'ecobusiness* è tra i settori di maggior interesse della malavita organizzata. Per valutare il livello di qualità della vita il parametro della sicurezza ambientale è un riferimento fondamentale. La protezione della natura non può essere considerata una necessità residuale, poiché essa rappresenta, oggi, non solo la garanzia per la sicurezza e la salute delle popolazioni, ma anche una opportunità di sviluppo sociale-economico. Sui siti in cui gli illeciti possono generare danni ambientali particolarmente gravi, da decenni si sperimentano progetti tecnologici di

video sorveglianza, per il controllo, il monitoraggio e la prevenzione dei reati riguardanti lo smaltimento di rifiuti urbani e industriali, l'inquinamento delle acque, lo sfruttamento illegale di cave e altri reati contro il patrimonio ambientale. Tuttavia, sotto il profilo degli strumenti operativi della sicurezza, per intervenire efficacemente nel momento preventivo oltre che nel momento repressivo, si deve essere in grado di disporre di tutte le informazioni possibili nel momento stesso in cui sta avvenendo il reato, in modo tale da poter reagire con tempestività. È il caso di sversamento di materiale inquinante in un corso d'acqua: tale evento deve essere immediatamente rilevato, per evitare che le zone contaminate possano assumere dimensioni notevoli e la contaminazione raggiunga le falde acquifere con l'inevitabile ricaduta per il settore agricolo locale. Così come dovrebbe essere repentino il contenimento nel caso di inquinamento atmosferico, anche soltanto accidentale in prossimità di aree industriali. Questo studio presenta nella prima parte, in linee generali, un insieme di tecnologie che ha trovato varie implementazioni, soprattutto nell'area di monitoraggio ambientale attivo dei parametri di misurazione, per consentire il controllo e la gestione dell'inquinamento delle acque fluviali. Il sistema proposto è sostanzialmente una *infostruttura*, basata su un'infrastruttura integrata per la raccolta e l'elaborazione di dati da dispositivi distribuiti e sensori eterogenei, ovvero reti di IoT (*Internet of Thing*), assemblati in stazioni di monitoraggio dislocate sul territorio, che acquisiscono una serie di parametri specifici. Nella seconda parte di questo stesso documento è descritta l'applicazione del modello e dell'approccio metodologico per il monitoraggio e controllo delle acque fluviali in relazione ai principali reati ambientali in un'area territoriale delimitata all'interno del bacino del Fiume Sarno (Regione Campania, Italia).

Il monitoraggio ambientale intelligente: l'autoprotezione dell'ambiente

L'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA), definisce il monitoraggio ambientale come «misurazioni, valutazioni e rilevazioni periodiche e/o continuative di parametri ambientali e/o di livelli di inquinamento, allo scopo di prevenire effetti negativi e dannosi verso l'ambiente». L'*ambiente* è uno spazio più o meno circoscritto considerato con tutte le sue caratteristiche, ovvero è un sistema complesso di fattori fisici, chimici e biologici, di elementi viventi e non viventi e di relazioni in cui sono immersi tutti gli organismi che lo abitano. Il termine *monitoraggio* deriva dalla traduzione dell'inglese *monitoring* e indica l'osservazione, a scopo di controllo, di una grandezza variabile eseguita attraverso strumenti - denominati appunto *monitor* dal latino *monitor(-oris)*, che significa "ammonitore, avvisatore" -, che permettono di visualizzare e controllare su di uno schermo dati e/o immagini.

Nell'Era dell'Internet of Thing (IoT), si è affermato il concetto di *smart environment* (in italiano, *ambiente intelligente*), che introduce una prospettiva nuova in cui l'ambiente identifica un sistema complesso di relazioni tra le varie dimensioni smart o smart domains (*smart economy, smart mobility, smart people, smart living, smart governance*, ecc.), e che impone un approccio metodologico sistemico e multidimensionale, portando allo sviluppo di nuovi modelli per la gestione intelligente dell'ambiente nella sua interezza. Gli smart domains, con esplicito riferimento al paesaggio, evidenziano la necessità di azioni integrate nella progettazione di spazi e infrastrutture, riducendo il consumo di risorse, recuperando e valorizzando beni ambientali e costruendo sinergie tra aree naturali, rurali, industriali e urbane. Ciò è possibile poiché, grazie alle tecnologie di ultima generazione, diversi parametri e caratteristiche chimico fisiche ambientali, come la qualità dell'acqua e dell'aria, il movimento delle persone e oggetti, i cambiamenti del clima, il rumore e le vibrazioni, la produzione e il consumo di energia, sono misurabili nel tempo da sensori, monitorati e interconnessi attraverso le reti in tempo reale. Le "cose" intelligenti (*smart objects*) possono comunicare dati su sé stesse e sono caratterizzate da funzionalità specifiche quali identificazione, connessione, localizzazione, capacità di elaborazione dati e capacità di interazione con l'ambiente esterno. L'IoT è l'integrazione diretta del mondo fisico con quello virtuale, con conseguente miglioramento dell'efficienza, vantaggi economici e riduzione degli sforzi umani.

L'intelligenza tecnologica applicata al quotidiano aiuta a identificare i problemi, migliorare la sicurezza pubblica, i servizi ai cittadini e la qualità della vita. In particolare, è possibile costruire un sistema informativo intelligente per lo sviluppo sostenibile in grado di integrare la maggior parte di sorgenti dati *real time* provenienti da reti di sensori, opportunamente posizionati sul territorio. Un tale sistema può consentire la eco-gestione di un ambiente, aiutando a prevenire, controllando, l'inquinamento proveniente da diverse fonti e di differente tipologia (atmosferico, acustico e da rumore/vibrazioni, ecc.), attraverso il monitoraggio costante, misurando e analizzando i parametri ambientali vitali per l'intero ecosistema dell'area in esame, garantendo *alert* e *early warning* preimpostati al superamento dei valori soglia. I sensori gestiti possono essere, per esempio, pluviometrici, sismici, telecamere, stazioni meteo, accelerometri, termometri, idrometri, misuratore di radiazione solare, misuratori della qualità dell'aria

(CO₂, CO, ecc.). L'infrastruttura tecnologica può integrare, in un'unica applicazione, sistemi di navigazione basati sui beacon, sistema di gestione dei rifiuti, controllo della mobilità, della logistica con tracciamento dei veicoli, delle condizioni climatiche, della sicurezza in aree pubbliche. Sfruttando sensori di diverso tipo connessi al web, questo insieme di servizi e protocolli consente il monitoraggio e la gestione da remoto per prevenire disastri come la diffusione degli incendi boschivi, per il rilevamento di un rischio alluvione o frana, e persino per il controllo di indicatori di stress di strutture come i ponti.

La *smart city* già utilizza le tecnologie e i modelli di design della *Internet of Things* (IoT) per raccogliere e analizzare dataset utili, i quali costituiscono asset di valore per la città, che vengono organizzati sotto forma di open data nel rispetto della normativa sulla privacy, e che rappresentano raccolte di dati integrabili con le fonti di informazioni dei cittadini, come i social media e i feed di notizie. Standard aperti, dati condivisi, la città più intelligente soprattutto in ambito sicurezza, sempre più connessa, combinando il monitoraggio ambientale alla intelligenza artificiale, acquisisce capacità sensoriale, analitica e di azione. I sistemi integrati più avanzati comprendono centrali di monitoraggio meteo, ambientale ed energetico, irrigazione pubblica automatizzata e cestini intelligenti con sensori di riempimento che migliorano la raccolta dei rifiuti. Le tecnologie dedicate alla *sicurezza più intelligente* prevedono l'illuminazione stradale in grado di fornire copertura Wi-Fi pubblica e dotata di microfoni, sensori e videocamere che utilizzano la visione artificiale, in grado di raccogliere informazioni sul traffico, incidenti, reati, di rilevare targhe, di individuare pedoni e di comunicare per chiedere soccorso. Negli edifici intelligenti la comunicazione e l'interazione tra le diverse componenti, permettono la gestione e il controllo da remoto dell'edificio, compresi riscaldamento, ventilazione, condizionamento, illuminazione, sicurezza e qualità ambientale.

Tecnologie di monitoraggio dell'inquinamento delle acque fluviali

In data 29 maggio 1999, è stato pubblicato, sulla Gazzetta Ufficiale, il Decreto Legislativo 152/99 (TU in materia di acque) recante disposizioni sulla tutela dei corpi idrici e sulla disciplina degli scarichi. Questo decreto, che abrogò la legge 10 maggio 1976, n. 319 (Merli) ed altri testi di legge successivi, attraverso sei titoli e sette allegati, già nel lontano 1999 stabiliva le regole di gestione, di monitoraggio e di intervento necessarie per raggiungere gli obiettivi di qualità delle acque superficiali e sotterranee (la disciplina in materia di tutela delle acque è in gran parte confluita all'interno del D. Lgs. n. 152, aprile 2006, Norme in materia ambientale). Il provvedimento prevedeva azioni relative alla qualità ambientale dei corpi idrici. Il corso d'acqua deve essere analizzato e gestito nel suo complesso, dalla sorgente alla confluenza di un altro corpo fluviale o alla sua immissione nel mare. Esso è un corpo unico che interagisce da monte a valle sia in superficie che con il sistema delle falde. Venne, così, superata la logica di ogni singolo scarico o area da tutelare, rientrando in un contesto idrogeologico generale. In questo senso, la qualità ambientale del fiume va raggiunta in modo globale, cercando un equilibrio tra le portate idriche naturali e gli apporti esterni dovuti alla presenza umana, evitando di arrecargli danni qualitativi e quantitativi irreparabili. I parametri chimico-fisico-biologici dei corsi d'acqua, aste drenanti o collettori, sono espressione delle condizioni ambientali di un'ampia porzione di territorio. Pertanto, per poter garantire l'intervento di chi deve gestire le risorse idriche in un reticolo idrografico, il controllo della qualità dei corsi d'acqua deve essere effettuato con tecniche particolarmente rapide, che forniscano indicatori sintetici e di facile interpretazione sulla qualità complessiva dell'ambiente fluviale, individuando e quantificando gli effetti di scarichi saltuari o accidentali di sostanze inquinanti, difficilmente rilevabili con altri metodi se non si campiona nel momento stesso dello sversamento. Dunque, il monitoraggio dell'ambiente idrico, inteso nel senso più ampio, come metodo per la gestione delle risorse idriche e controllo della contaminazione dell'acqua, si rivela sempre più essenziale e deve essere accurato, continuo, dinamico, ma soprattutto rapido per ridurre il rischio di contaminazione. Per tali motivi, con il progredire della ricerca scientifica, l'indagine ambientale nel campo delle acque ha impiegato sonde e sensori sempre più sofisticati, in grado di fornire in maniera più accurata e sensibile il maggior numero possibile di informazioni in tempi rapidi ed a costi contenuti. A tale scopo, esistono sensori per tutta una serie di specie chimiche (nitrati, nitriti, ammonio ecc.) che permettono rilevazioni estremamente accurate; sensori che rilevano la variazione repentina di temperatura causata da un nuovo ingresso nell'area monitorata; sensori di prossimità, che rilevano la presenza di oggetti e anomalie; termometri che indagano, ad esempio, i gradienti di temperatura nelle zone di mescolamento di acque; sonde per rilevare l'ossigeno disciolto, che analizzano le acque di superficie destinate all'acquacoltura, le acque reflue e di scarico, con possibilità di impostare allarmi che avvisano se il livello di ossigeno scende sotto un determinato valore. La ricerca tecnologica, inoltre, ha reso possibile racchiudere in un unico strumento la misurazione contemporanea di differenti parametri, sviluppando la multisensoristica.

Così, le sonde multiparametriche, ad esempio, permettono simultaneamente la registrazione di misure di temperatura, di conducibilità, di pH, dell'ossigeno disciolto e della torbidità indice di inquinamento invisibile a occhio nudo; le stazioni meteorologiche consentono di approfondire lo studio delle acque superficiali e sotterranee, in base alle condizioni meteorologiche alle quali l'acquifero è sottoposto, effettuando contemporaneamente rilevazioni di temperatura dell'aria e del suolo, umidità relativa, radiazione solare, direzione e velocità del vento, quantità delle precipitazioni; gli analizzatori di liquidi offrono la possibilità di determinare l'ozono disciolto, il cloro residuo, il biossido di cloro, i solfiti e i solfuri, ecc.

Pertanto, attualmente, con una rete di multisensori, disposti nella zona interessata, è possibile effettuare un monitoraggio costante dei fenomeni e, mediante rilancio dei dati con satellite, è possibile avere un segnale di allarme tempestivo per contenere il pericolo e, in caso, intervenire rapidamente sulla causa del problema, fornendo, così, un potente mezzo di sorveglianza ambientale di supporto alle autorità competenti nell'individuazione di possibili illeciti. Nel caso specifico, una WSN (Wireless Sensor Network) lungo un corso d'acqua, permette non solo la rilevazione immediata di sostanze inquinanti, ma anche l'individuazione della zona di origine dello sversamento di materiale tossico. Dal punto di vista tecnico, un sistema integrato di monitoraggio e allerta delle acque fluviali, basato su reti wired e/o wireless di sensori IoT, prevede la raccolta dai sensori specifici posizionati nell'ambiente, dei dati utili all'analisi, attraverso architetture computazionali distribuite, in cui l'elaborazione può avvenire sia all'interno dello stesso dispositivo IoT, sia in macchine (*concentratori*) in cloud per i calcoli più complessi, e indirizzamento delle informazioni verso un centro di monitoraggio o *control room*. L'impegno di dispositivi periferici come i sensori wireless, dotati di un sistema autonomo di generazione dell'energia necessaria all'autosostentamento e di un sistema per il processamento e la trasmissione dei dati, è anche economicamente vantaggioso.

Integrando un sistema di multisensori con un Geographic Information System (GIS) o anche Sistema Informativo Territoriale (SIT), è possibile tracciare i sensori geolocalizzandoli, rendendoli visibili su mappe in tempo reale in app specifica, per interrogarli, e mostrare i dati raccolti, eventualmente elaborati, in sovrapposizione ai diversi altri tematismi dell'area geografica controllata. Nel caso di un sistema informativo territoriale relativo al monitoraggio di un reticolo idrografico, tradizionalmente, esempi di tematismi utili allo scopo, sono censimento e manutenzione dei canali a cielo aperto; briglie, difese spondali e piste di servizio; invasi collinari, pozzi; censimento degli scarichi fognari; *land use*.

Il modello e l'approccio metodologico per l'implementazione di un sistema di monitoraggio e controllo di reati ambientali

Al fine di creare le condizioni di una più completa sorveglianza dei territori e per prevenire, da un lato, le attività criminali contro l'ambiente e, dall'altro, controllare e monitorare per mitigare i rischi causati da reati ambientali, in questo studio si propone un modello per un sistema integrato di monitoraggio e controllo, basato sull'alto livello di connettività della tecnologia digitale avanzata e orientato a garantire la sostenibilità ambientale, e l'adozione di un approccio metodologico per progettare e implementare il sistema proposto. Il modello di piattaforma integrata prevede la creazione di una *infrastruttura* che tenga conto di vincoli, limiti e condizioni imposti dalle politiche di sostenibilità, e utilizzi una *infrastruttura* tecnologica di rete, consentendo in maniera semplice, ma accurata, di monitorare, diagnosticare e prendere decisioni, elaborando le informazioni ricevute dalle stazioni preposte al loro smistamento e visualizzando *real time* nei centri di controllo i dati relativi alla sicurezza delle aree monitorate. Mediante la georeferenziazione, si può costantemente visualizzare la dislocazione dei sensori nelle aree monitorate e accedere alle informazioni di diagnostica per verificarne il corretto funzionamento. La piattaforma integrata può condividere risorse, conoscenza e informazioni dell'area che ha il compito di controllare e, grazie alle caratteristiche di interoperabilità, può rendere direttamente accessibile la strumentazione a Enti, associazioni di settore, addetti alla sicurezza. La metodologia adottata per la implementazione del sistema descritto di monitoraggio e controllo di reati ambientali si articola attraverso quattro diverse fasi consecutive, descritte di seguito e di cui vedremo l'applicazione a un caso reale nei paragrafi successivi.

- A. Delimitare l'area geografica che è necessario monitorare, acquisendo informazioni territoriali (dati topografici, cartografia tematica, ecc.), predisponendo l'integrazione con eventuali sistemi informativi già esistenti e la condivisione delle informazioni raccolte allo scopo di accrescere il dominio di conoscenza ad ogni livello.
- B. Analizzare le reali esigenze di sicurezza e legalità dell'area individuata (fase di *problematizzazione*), evidenziandone i rischi specifici e la tipologia di reati ambientali più frequenti a cui è soggetta.

- C. Individuare in maniera accurata le criticità dell'area e i punti a maggior rischio da monitorare, definendo il tipo e il livello di rischio.
- D. Scegliere tecnologie, tipologie di sonde e sensori idonei per il tipo di dato che si intende raccogliere, costruendo un sistema informativo territoriale, che, con l'utilizzo della sensoristica e una piattaforma software del tipo GIS, sia in grado di interpretare in maniera intelligente i dati, mostrando in tempo reale lo stato di salute dell'ambiente controllato e rilevando, in particolare, gli illeciti che è programmato a controllare, allertando in caso di anomalie o violazioni.

Parte II: sistema integrato per il monitoraggio e controllo dei reati ambientali nel territorio dell'Agro Sarnese Nocerino

A. Individuazione dell'area da monitorare

Come caso di applicazione, prendiamo in esame il territorio dell'Agro Sarnese Nocerino (Regione Campania, Italia), compreso nel bacino idrografico del fiume Sarno, in gran parte affetto da gravi problematiche ambientali, dovute a diversi fattori tra cui l'inquinamento idrico, lo sfruttamento delle acque superficiali e sotterranee, la forte pressione demografica, il degrado ambientale e l'estrema vulnerabilità idrogeologica, le cui conseguenze sono aggravate da una intensa e incontrollata antropizzazione e, soprattutto, da diffusi fenomeni di abusivismo edilizio. Di quest'area della Campania situata nella valle del fiume Sarno, a metà strada tra le città di Napoli e di Salerno, fanno parte i comuni di Scafati, Sarno, Siano, San Valentino Torio, San Marzano sul Sarno, Sant'Egidio del Monte Albino, Roccapiemonte, Pagani, Nocera Inferiore, Nocera Superiore, Corbara, Castel San Giorgio, Angri e Bracigliano, i quali ricadono nel territorio a Nord della provincia di Salerno ed occupano una superficie complessiva di circa 188 km². La popolazione residente in questa area raggiunge quasi i 300.000 abitanti. L'area è geograficamente racchiusa a nord-est dai monti Picentini, che la separano dalla provincia di Avellino; a nord-ovest confina, invece, con l'agro nolano (provincia di Napoli) e a ovest con la piana del Vesuvio (sempre provincia di Napoli). A sud ne è confine la barriera naturale dei monti Lattari (fonte Wikipedia). Lo sviluppo urbanistico sregolato di questa parte di territorio con la presenza di centri abitati e di insediamenti produttivi in aree a rischio, soprattutto lungo il letto dei fiumi e dei torrenti, accresce il complessivo degrado ambientale. La rete idrografica è utilizzata come recapito di scarichi civili ed industriali. Inoltre, il rischio idrogeologico è aggravato dalla riduzione degli spazi necessari per le piene del fiume, dal restringimento degli alvei, dalla costruzione di tratti artificiali coperti in cui si possono verificare *interrimenti* e dalla trasformazione degli alvei in strade.

Non ultimo è l'aumento del grado di pericolo indotto dagli incendi, che provocano la distruzione di buona parte della vegetazione, la quale spesso, com'è noto, esercita una determinante funzione di consolidamento dei versanti. Le urbanizzazioni disordinate realizzatesi nel tempo alle pendici hanno fortemente alterato il reticolo idrografico preesistente. Così notevoli superfici di bacini, posti a monte di tali insediamenti, vanno a scolare direttamente nell'area urbana, saturando il sistema fognario, ove esistente, ed intasandolo molto spesso con il materiale solido trasportato dai versanti. È oramai evidente che in molte delle nostre città, il deflusso di acque, provenienti dai versanti, provoca il dissesto della rete fognaria anche in concomitanza di eventi ordinari con un aggravio dei costi di manutenzione.

Lo sfruttamento delle risorse e l'uso del bacino del Sarno come conveniente discarica di rifiuti ne ha comportato il progressivo deterioramento, con modifiche delle caratteristiche fisico-chimiche, microbiologiche e biologiche. Nel 2012, uno studio, divenuto di riferimento, fu pubblicato dall'Università di Salerno con risultati impressionanti circa il rapporto tra difetti alla nascita e inquinamento ambientale, nella regione Campania. L'analisi tossicologica e genetica sui pazienti esaminati, portò alla conclusione che esiste un legame epidemiologico tra inquinamento ambientale e salute riproduttiva nell'area salernitana. Il risultato allarmante fu che nel territorio della provincia di Salerno, gran parte dei feti malformati proveniva dall'Agro Sarnese Nocerino, rendendo evidente che le pessime e persistenti condizioni ambientali e sanitarie dell'intera area stanno avendo effetti tragici sulla salute umana. In definitiva, molti sono i documenti scientifici esistenti che accertano contaminazione dell'aria, delle acque superficiali e sotterranee del bacino idrografico del Sarno. Dati, monitoraggi e relazioni tecniche descrivono un fiume gravemente ammalato e rilevano una incidenza elevata di determinate patologie delle popolazioni residenti nei siti inquinati. Dal punto di vista della vigilanza ambientale, controllo e azione repressiva dei reati ambientali, ci sono difficoltà enormi a ristabilire la legalità e la sicurezza, con particolare riferimento all'attività delle industrie, nonostante gli innumerevoli rapporti e i provvedimenti adottati a seguito di ispezioni effettuate dalle autorità. È, quindi, necessario

aggiornare e rafforzare gli strumenti tecnologici impiegati dalle forze impegnate nel controllo del territorio, al fine di accrescerne l'efficienza e la capacità di previsione, prevenzione, analisi e gestione delle situazioni di rischio causato da reati ambientali.

B. Analisi delle esigenze di sicurezza e legalità

Fonte dati dei reati ambientali: Consorzio di Bonifica Integrale del Comprensorio Sarno

Le informazioni e i dati sono riferiti alla finestra temporale: 2002-2011

Al fine di elaborare le reali esigenze di sicurezza e legalità in ambito ambientale è stato esaminato un campione di segnalazioni della Polizia Idraulica del Consorzio di Bonifica Integrale del Comprensorio Sarno, dall'anno 2002 agli inizi del 2011 nel territorio dell'Agro Sarnese Nocerino. Difatti, il Consorzio di Bonifica Idraulica del Comprensorio Sarno ha il compito di vigilare sul territorio di propria competenza e, per lo scopo, si avvale del prezioso lavoro della Polizia Idraulica per il controllo dell'ambiente fluviale ai fini della tutela e protezione del patrimonio ecologico, biologico e paesaggistico.

Il campione di segnalazioni preso in esame è composto per l'83% da verbali di illeciti, per il 14% da rapporti di sopralluoghi e per il 3% da nulla osta in sanatoria. I reati ambientali con frequenze nettamente superiori sono la *costruzione a distanza ravvicinata* rispetto all'argine, circa il 41%, e lo *scarico non autorizzato di acque reflue* (circa il 31%). Successivamente troviamo lo *scarico non autorizzato di acque piovane* (circa il 16%), l'*alterazione o manomissione degli argini* (circa il 5%) e il *deposito abusivo di rifiuti* (circa il 7%).

Naturalmente, il numero di illeciti rilevati è superiore al numero di verbali effettivamente registrati, dal momento che spesso si è scelta la strada della risoluzione in via bonaria, adottando un atteggiamento verso chi commette reato meno orientato alla punizione e più mirato al dialogo e alla ricerca della soluzione in breve tempo. Inoltre, la metodologia di controllo è basata sull'intervento in campo, ossia *de visu*, pertanto, è più facile individuare reati del tipo *costruzione a distanza ravvicinata* o *deposito abusivo di rifiuti*, i quali, una volta commessi, persistono in vaste aree, o *scarichi non autorizzati di acque*, per la presenza di tubazioni, o *alterazioni di argini*, piuttosto che *reati di inquinamento* o di *superamento dei limiti di portata* connessi a scarichi di acque, i quali, per loro stessa natura, sono concentrati in un arco temporale ristretto e non sempre sono visibili ad occhio nudo.

Dal 2002 al 2011, mediamente il servizio di vigilanza rileva circa 91 infrazioni all'anno nell'Agro Sarnese Nocerino per circa 215 km lineari di *canali* e, dunque, effettua un verbale ogni circa 2,5 km lineari in un anno. Tra i comuni dell'Agro Sarnese Nocerino, i comuni di Sarno e Scafati si posizionano al primo posto per numero di reati, con prevalenza netta dell'abusivismo edilizio, seguiti dai comuni di Nocera Superiore, Nocera Inferiore e Castel San Giorgio. Seguono, uno dopo l'altro, i comuni di San Marzano sul Sarno, San Valentino Torio, Angri, Pagani, Roccapiemonte, Siano, Corbara e Sant'Egidio del Monte Albino.

Tipologia di reati ambientali più frequenti

Il territorio dell'Agro Sarnese Nocerino, è oggetto di azioni incontrollate quali restringimento degli alvei, occupazioni e interventi abusivi su infrastrutture idrauliche (arginature, opere di difesa), scarico dei rifiuti solidi e liquidi in luoghi non idonei. Tali azioni hanno molto spesso conseguenze gravi, come testimoniato dagli eventi idrogeologici catastrofici ricorrenti, i quali hanno dimostrato che i rischi determinati da azioni illegali comportano un aggravamento rilevante delle condizioni di deflusso dei corsi d'acqua e del loro naturale andamento. In definitiva, dall'analisi preventiva effettuata sui dati del campione disponibile, relativamente alla sicurezza ambientale, è risultato necessario monitorare i seguenti illeciti:

1. costruzione a distanza ravvicinata (alterazione o manomissione degli argini) e, più in generale, rischio idrogeologico dovuto a reati ambientali;
2. scarico di acque reflue non autorizzato (o effettuato dopo che l'autorizzazione è stata sospesa/revocata);
3. scarico di acque reflue industriali contenenti sostanze pericolose con inosservanza delle prescrizioni contenute nell'autorizzazione;
4. abbandono di rifiuti;
5. scarico di acque reflue con superamento dei limiti di portata.

C. Individuazione dei siti a maggior rischio

Per individuare i punti critici e strategici ove sperimentare il nuovo sistema di controllo territoriale prendiamo in considerazione i dati delle concessioni relative agli scarichi per le acque reflue e piovane nei canali di competenza del Consorzio nella stessa finestra temporale 2002-2011, da cui risulta che nei comuni di Sarno, San Marzano e Nocera Superiore vi è la maggiore concentrazione di tali scarichi. In particolare, a San Marzano vi è il maggior numero di scarichi reflui, mentre a Sarno e a Nocera Superiore vi è il maggior numero di scarichi per le acque piovane. Pertanto, dall'incrocio di tali risultati si deduce che i comuni dell'Agro Sarnese Nocerino a maggiore rischio di reato ambientale sono il Comune di Sarno, il comune di San Marzano, il comune di Scafati, il comune di Nocera Superiore e quello di Nocera Inferiore. Infine, per i comuni appena citati, dalle concessioni rilasciate dal Consorzio, si ricava un ultimo dato essenziale per l'individuazione delle aree a ridosso dei canali ove vi è un maggior rischio di illeciti del tipo inquinamento e di violazione della portata: si tratta della presenza di scarichi fognari concessi ad Enti pubblici, che entrano in funzione in base alla soglia del *troppo pieno*. Nel comune di Angri, risulta uno scarico fognario nel canale omonimo; al confine tra Sarno e San Valentino Torio risultano 3 scarichi nel rio Santa Marina; a Scafati risulta uno scarico fognario direttamente nel fiume Sarno. Nelle brutte giornate, infatti, quando le forti piogge travolgono la capacità della rete fognaria, le acque reflue finiscono direttamente nel fiume Sarno. Ciò vuol dire che i batteri nella materia fecale e quelli resistenti agli antibiotici provenienti dai rifiuti ospedalieri riempiono il fiume ed entrano nell'ecosistema, insieme a prodotti farmaceutici, pesticidi, plastica, metalli pesanti, ormoni e così via, mettendo in pericolo la fauna selvatica e la falda acquifera, con conseguenze sulla potabilità dell'acqua. Gli incidenti legati ai superflussi sono frequenti e sono strettamente legati alla vetustà della infrastruttura della rete fognaria e a una progettualità antiquata.

Dall'analisi effettuata scaturisce la scelta dei siti, indicati nelle tabelle seguenti, motivata dalla considerazione che in questi ambiti territoriali è maggiormente avvertita la necessità di migliorare le attività di controllo preventivo delle risorse naturali e paesaggistiche con quelle legate alla sicurezza e alla protezione del territorio da atti criminosi e di poter disporre di informazione in tempo reale utili a far tempestivamente intervenire le autorità preposte al controllo ed alla vigilanza ambientale. Cinque sono i siti dell'Agro Sarnese Nocerino, elencati nella seguente "Tabella 1: Installazione sensori wireless per monitoraggio inquinamento", che risultano critici per differenti tipologie di reato ambientale e per cui si può prevedere la messa in opera di sonde e sensori per il monitoraggio in situ di parametri idrodinamici e chimico-fisici per la rilevazione della presenza di agenti inquinanti nelle acque. Un insieme di sensori trasmetterà dati relativi allo stato di inquinamento e/o allo stato fisico in diversi punti - generalmente in un punto iniziale, in uno o più punti intermedi e nel punto finale - del canale o del corso d'acqua scelto per il rilevamento (vedi immagini riportate di seguito).

Tabella 1: Installazione sensori wireless per monitoraggio inquinamento corsi d'acqua		
Fosso Bagni Rio Sguazzatorio		Comune
a	Via Ortalonga, rif. Traversa Morena	Scafati
b	Strada di servizio, altezza, Via Vicinale Ferraioli	Scafati
c	Via Guglielmo Oberdan, 52	Scafati
d	Scarico fognario, Via Achille Grandi cavalcavia D'Amaro	Scafati

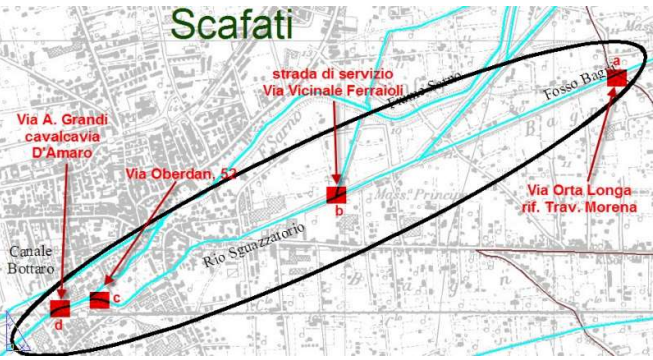


Fig. 1 - Fosso Bagni - Rio Sguazzatorio, Scafati

Torrente Cavaiola		Comune
a	S.S. 18 - Ponte Camerelle	Nocera Superiore
b	S.S. 18 - incrocio con Via Firenze, di fronte Vasca Santa Croce	Nocera Superiore

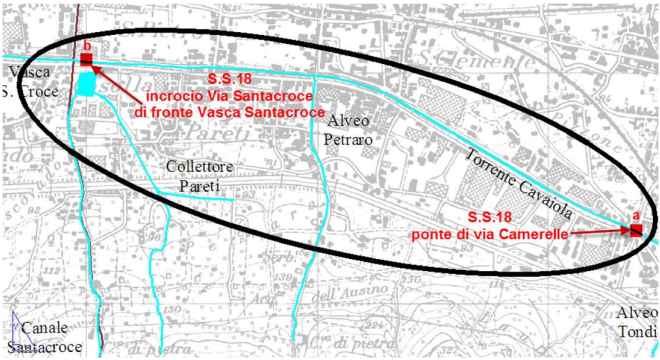


Fig.2: Torrente Cavaiola, Nocera Superiore

Rio Pennacchio Fosso Imperatore		Comune
a	Via Carrara D'Amora, circa 1 km dopo sottopasso autostrada A30	Nocera Inferiore
b	Via Zecagnuolo, 1	Pagani
c	Fine di Via U. Foscolo	San Marzano Sul Sarno/Sarno

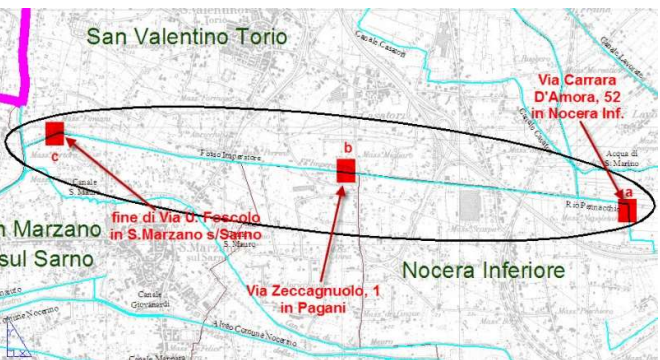


Fig.3: Rio Pennacchio – Fosso Imperatore, Nocera Inferiore, Pagani, San Marzano Sul Sarno, Scafati

Rio Foce		Comune
a	Via Foce, 1	Sarno
b	Via Sarno Palma, 1	Sarno
c	Via Sarno Striano, confine con Striano	Sarno



Fig.4: Rio Foce, Sarno

Canale Angri		Comune
a	Via Salice incrocio Via Vicinale S.Nicola	Scafati
b	Via S.Maria La Carità, 1	Scafati

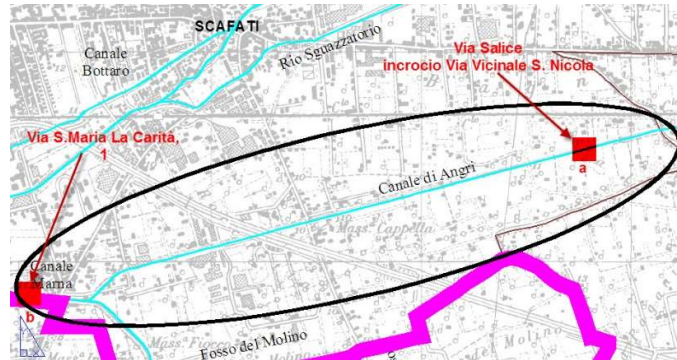


Fig.5: Canale Angri, Scafati

Per il contrasto al fenomeno dell'abusivismo edilizio, in particolar modo al mancato rispetto della distanza dagli argini dei canali e dalle aste fluviali, è risultato idoneo alla installazione di sensori wireless per controllo argine, un sito sul Fiume Sarno in territorio del Comune di Scafati. Per tutela della privacy, trattandosi di un documento a titolo puramente di studio, si omette l'indirizzo con rispettivo numero civico che individua la posizione esatta del punto da sottoporre a monitoraggio.

Per il controllo di scarichi fognari concessi ad Enti pubblici, che entrano in base alla soglia del *troppo pieno* si individuano i due siti in "Tabella 2: Installazione sensori wireless per controllo *troppo pieno*".

Tabella 6: Installazione sensori wireless per controllo <i>troppo pieno</i>		
1	Rio Santa Marina	San Valentino Torio / Sarno
2	Canale di Angri	Angri

D. Il sistema tecnologico e sistema IoT: ingegnerizzazione della infrastruttura di monitoraggio e controllo

I sistemi di controllo basati su reti di sensori wireless sono molto efficaci per innalzare la capacità di contrasto ai reati ambientali con particolare riferimento ai settori dei rifiuti, dell'abusivismo edilizio, al mancato rispetto della distanza dagli argini dei canali e dalle aste fluviali, dell'inquinamento delle acque. La configurazione proposta nel presente caso di studio permette, in sintesi, la gestione di sonde, sensori e videocamere collegati per il monitoraggio dei diversi parametri richiesti, l'integrazione con un modulo GPS per la posizione geografica, e tramite un modulo di trasmissione dati, la connessione e la comunicazione con i centri di controllo, garantendo l'invio di notifiche ed eventuali allarmi in caso di rilevamento di infrazioni ambientali e/o manomissioni del sistema stesso. L'infrastruttura di controllo *a vista* con un meccanismo di *wake up*, ovvero accensione nel momento di necessità, può essere realizzata con telecamere a visione diurna e notturna, per garantire la scoperta, localizzazione, il riconoscimento e il tracciamento continuo di cose e/o persone all'interno dei siti, generando *alert* in tempo reale, attraverso algoritmi di calcolo appositamente realizzati, in grado di segnalare all'operatore le zone che presentano in quel momento parametri fuori norma. In sintesi, quindi, ogni postazione di misura può essere equipaggiata, secondo le esigenze, con le seguenti componenti:

- telecamere *wake up*, sensori per la misura di parametri chimico-fisici legati all'inquinamento delle acque (temperatura, pH, conducibilità, etc.), misuratori di parametri idrodinamici (flusso, portata, etc.), sensori per rilevazione di movimento, variazioni di peso e/o pressione e pluviometri;
- localizzatore GPS;
- moduli per la trasmissione dati wireless.

Nel caso di scarico di acque reflue con superamento dei limiti di portata, i sensori possono essere utilizzati per misurare la portata degli scarichi, rilevare e comunicare eventuali violazioni in tempo reale. Per l'installazione del sistema di controllo dello scarico di acque reflue concesso ad Enti pubblici, nei due siti individuati precedentemente si potrà monitorare la qualità delle acque, il rispetto dei limiti di portata e della soglia di troppo pieno. Rilevando i millimetri di pioggia registrati dai pluviometri collocati localmente è possibile misurare la relazione tra i millimetri di pioggia e la soglia di troppo

pieno degli scarichi fognari, così da poter realizzare un sistema di early warning, capace di monitorare l'apporto quantitativo di acqua, in tempo di pioggia, alle aste principali del fiume Sarno e di verificare la qualità delle acque di tali scarichi, avvisando in caso di anomalie di misurazioni. Inoltre, in questo particolare caso, sarebbe utile effettuare il monitoraggio in tempo reale anche dei flussi nei punti critici delle fognature. Anziché mandare in giro addetti a sollevare i tombini, usando nient'altro che gli occhi per stimare la velocità delle acque reflue, si può rendere più intelligenti le fognature, installando dispositivi per misurare profondità e flusso in punti diversi, controllando gli straripamenti. I sensori non solo aiutano a prevenire i trabocchi in caso di maltempo, ma servono anche a rilevare ostruzioni nelle linee fognarie, che altrimenti potrebbero portare ad allagamenti. In tempo di piogge dirette, i sensori osservano registrando ciò che accade e i dati raccolti ci aiutano a capire il comportamento della rete fognaria, poiché in base a ciò che i sensori hanno registrato, sapremo dire cosa potrà accadere di nuovo. È chiaro che una serie intelligente di sensori e misuratori non può risolvere tutti i problemi di un sistema fognario obsoleto, tuttavia può far guadagnare tempo rispetto all'ammodernamento comunque necessario. I nuovi tubi intercettori intelligenti sono dotati di valvole con microprocessore che si aprono e si chiudono automaticamente in base a calcoli in tempo reale della misura della capacità della linea alimentata. In periodi di forti piogge, le valvole lungo le fognature dove il flusso di acqua piovana e acque reflue è elevato si aprono automaticamente; dove il flusso è basso, le valvole rimangono chiuse. L'acqua non trattata può essere trattenuta nelle linee delle fogne a basso flusso, non essendovi rischio di traboccamento, senza sfociare così nel fiume, senza refluire negli scantinati delle abitazioni e, allo stesso tempo, senza occupare spazio nell'impianto di trattamento.

Per il controllo e la localizzazione di scarichi inquinanti anomali in fognatura, in particolare, riguardo ai casi di scarico di acque reflue non autorizzato e di scarico di acque reflue industriali contenenti sostanze pericolose, i sensori possono rilevare nei punti prestabiliti inquinanti qualitativamente o quantitativamente fuori norma, e all'istante fornirne le variazioni comunicando alla centrale operativa. Il sistema proposto può essere integrato con le fonti dati che conservano le informazioni sulle utenze produttive, e, lavorando in ottica GIS, può essere collegato alle banche dati sulla cartografia descrittiva e sui percorsi della rete fognaria, sul reticolo idrografico, finanche sul singolo corso d'acqua, ecc.. Inoltre, può in tempo reale, verificare i dati del catasto degli scarichi idrici relativamente alle domande di autorizzazione allo scarico in acque superficiali o fognatura degli insediamenti produttivi; confrontare portate e sostanze scaricate, con quelli di prelievo idrico, attività economica e trattamento reflui obbligatorio.

Conclusione

Per arginare i rischi e migliorare le condizioni di qualità, igienico-sanitaria, delle acque dei corpi idrici del bacino del Sarno e di tutta l'area interessata, l'attività di risanamento del territorio necessita di una visione e una gestione integrata, con il monitoraggio costante (acque superficiali e sotterranee, argini del fiume, sedimenti, ecc.) e il trattamento delle acque, accompagnata da una politica volta al ripristino della funzionalità del reticolo idrografico. La nuova ondata di Internet procede verso un mondo digitalizzato oltre le «cose», in cui la connettività di persone, processi, dati e oggetti, amplia, senza precedenti, il potere delle connessioni, rendendo disponibili nuovi tipi di informazioni e accrescendo profondamente la conoscenza. Gli ambienti fisici e virtuali si fondono perfettamente. Una delle richieste più rilevanti dei cittadini è quella di poter vivere in condizioni di sicurezza in un ambiente sano. È possibile rispondere a tali richieste e definire le condizioni di «sicurezza» di siti a rischio, controllando e prevedendo sia i fattori di inquinamento che possibili disastri naturali. Per soddisfare queste necessità bisogna conoscere con dati oggettivi lo stato dell'ambiente a noi circostante. In questo quadro, lo studio presentato fornisce un modello e un approccio metodologico per la costruzione di un sistema integrato di alta tecnologia in grado di monitorare e controllare in tempo reale le informazioni di carattere ambientale atte a meglio prevenire le azioni criminali ambientali e facilitando interventi tempestivi.

Il modello di monitoraggio e allerta delle acque fluviali è orientato ad ottenere la riduzione dei reati ambientali e dei livelli di inquinamento nella zona e nei tratti fiumari presidiati dal sistema tecnologico di videosorveglianza e multisensoristica. Fornendo una situazione aggiornata e di dettaglio delle situazioni a maggior rischio connesso ad azioni antropiche illegali, permette un'agevole identificazione degli interventi su scala prioritaria, consentendo di opporre un efficiente ed efficace contrasto ai reati ambientali e al degrado urbano, utilizzando appunto tecnologie che consentono di aumentare l'arco temporale di monitoraggio dei siti. Attualmente, ci sono molte possibilità per realizzare un tale sistema, attingendo anche a Fondi Europei in materia di sicurezza, e molti modi per potenziarlo, migliorandolo e rendendolo più efficiente, completamente automatizzato, incorporando un motore basato sulla conoscenza, al fine di riconoscere autonomamente e automaticamente il tipo di crisi o disastro e, quindi,

indirizzare gli allarmi. Il mondo che produce sapere e innovazione può attivare le competenze più adatte a completare questo studio che, senza voler essere esaustivo, speriamo costituisca un punto d'avvio per futuri approfondimenti e possa rappresentare lo *sputnik moment*, cioè il meccanismo di innesco, l'evento da cui la collettività inizi a sostenere con forza che c'è bisogno di fare qualcosa e a richiedere, di conseguenza, un cambiamento decisivo, impostando la rotta verso un'altra direzione nella lotta contro l'inquinamento delle acque del Fiume Sarno.

Bibliografia

- "Patologia e tossicologia del Mediterraneo e del bacino del Sarno." (Lauria D., in "L'agonia del Sarno". Ed. CIDAC, Scafati, 1998)
- ARPAC, Progetto "Emergenza Sarno" 2002: presidio, controllo e sperimentazione di metodologie per il monitoraggio della qualità delle acque superficiali.
- Proposte Ambientali, "Nel migliore degli immondi possibili" – Atti della Settimana Ecologica Europea del 1984
- "Napoli. La fabbrica degli scandali" (Gianluca De Martino, Luciana Matarese, Newton Compton Editori, 2015)
- "Environmental Pollution Effects on Reproductive Health, Clinical-Epidemiological Study in Southern Italy" (Marra M.L.1, Zullo F., De Felice B., Nappi L., Guida M., Trifuoggi M., Nappi C., Di Spiezio Sardo A., Zizolfi B., Capece G., Visconti F., Troisi J., Ciccone C., Guida M., Department of Gynecology and Obstetrics, University of Salerno, Salerno, Italy, Department of Life Sciences - Faculty of Mathematical, Physical and Natural Sciences Second University of Naples, Caserta pole, Italy; Department Obstetrics and Gynecology - Faculty of Medicine and Surgery - University of Foggia; Ecotoxicological Observatory - Faculty Biological Sciences - University of Naples Federico II; Department of Chemistry - Faculty of Sciences University of Naples Federico II; Department of Gynaecology and Obstetrics, and Pathophysiology of Human Reproduction, University of Naples Federico II, Italy; Nursing Home Tortorella, Salerno; Laboratory Chemical-merchandising - Special Agency of the Chamber of Commerce of Naples; Department of Obstetrics and Gynecology, St. Joseph Moscati Hospital, Avellino, Italy, 2012)
- "New approach for evaluating the public health risk of living near a polluted river", O. Motta, M. Capunzo, F. De Caro, L. Brunetti, E. Santoro, A. Farina*, A. Proto*, Department of Educational Science, University of Salerno, Fisciano (SA), Italy; * Department of Chemistry, University of Salerno, Fisciano (SA), Italy, 2008
- "Apocalypse now. Di inquinamento si muore" (Elena Amendola, 24 Maggio 2021, DOI: 10.5281/zenodo.4782703)
- "Application of Remote Sensing and GIS" (Prof. S. Ramachandran, Vice-Chancellor, Madras University)
- "Le tecnologie ambientali nel settore delle acque: analisi e opportunità di sviluppo" (Ottobre 200, Consorzio per l'Area Science Park di ricerca scientifica e tecnologica di Trieste)
- "Enforcing Environmental Regulation: Implications of Remote Sensing Technology" (Molly K. Macauley, Timothy J. Brennan, Discussion Paper 98-33, May 1998)
- "Design of a Water Environment Monitoring System Based on Wireless Sensor Networks" (Peng Jiang, Hongbo Xia, Zhiye He, Institute of Information and Control, Hangzhou Dianzi University, 310018, Zhejiang Province, China; Zheming Wang, Environmental Science Research & Design Institute of Zhejiang Province, 310007, China, Sensors 2009, 9, 6411-6434; ISSN 1424-8220 www.mdpi.com/journal/sensors doi:10.3390/s90806411)
- "Sensor Web for River Water Pollution Monitoring and Alert System" (Natasa Markovic, Aleksandar Stanimirovic, Leonid Stoimenov, CG&GISLab, Faculty of Electronic Engineering, University of Nis, Serbia, 12th AGILE International Conference on Geographic Information Science 2009 page 1 of 9 Leibniz Universität Hannover, Germany)
- "On the design of a Water Quality Wireless Sensor Network (WQWSN): an Application to Water Quality Monitoring in Malawi" (Marco Zennaro, Athanasios Floros, Gokhan Dogan, Tao Sun, Zhichao Cao, Chen Huang, Manzoor Bahader, Herve' Ntareme The Royal Institute of Technology Telecommunication Systems Laboratory Stockholm, Sweden; Antoine Bagula Department of Computer Science Third Floor, 18 University Avenue Rhodes Gift, 7707 University of Cape Town Western Cape, South Africa)
- "IoT technology for Smart water system" (Varsha Radhakrishnan and Wenyan Wu, Faculty of Computing, Engineering and Built Environment, Birmingham City University, Birmingham, United Kingdom)
- "IoT Water Quality Monitoring for Smart City"; Mohd Sallehin Mohd Kassim, Mohd Rifqi Rozman, Megat Farez Azril Zulhairi, Aznida Abu Bakar Sajak, Universiti Kuala Lumpur; Volume 9, No.1.5, 2020; International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. Available Online at <http://www.warse.org/IJATCSE/static/pdf/file/ijatcse3491.52020.pdf>; <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/3491.52020>
- "A Water Quality Monitoring system based on Wireless Sensor Network"; APPALARAJU YARRA, SIVA KRISHNA KOTHA, Computer Science & Engineering, Aditya Institute of Technology and Management, Tekkali, Andhra Pradesh, ISSN: 2455-2631, June 2017 IJSDR | Volume 2, Issue 6 IJSDR1706071 International Journal of Scientific Development and Research (IJSDR) www.ijedr.org
- "IoT based Water Monitoring and Alert System"; Janhavi Patil, Atrey Grampurohit, Vipul Yadav, Anjana Nair; B.E. Computer Engineering Student, Pillai College of Engineering, Navi Mumbai, Maharashtra, India; Prof. Sangeetha Selvan, Professor, Dept. of Computer Engineering, Pillai College of Engineering, Navi Mumbai, Maharashtra, India, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) e-ISSN:2395-0056 p-ISSN:2395-0072
- "Internet of things enabled real time water quality monitoring system"; S. Geetha and S. Gouthami, Smart Water (2017) 2:1 DOI 10.1186/s40713-017-0005-y
- "Water Quality Monitoring System Based on IOT" Vaishnavi V. Daigavane and Dr. M.A Gaikwad, Department Electronics & Telecommunication Engineering, Mtech(VLSI), Bapurao Deshmukh College of Engineering, Sevagram, wardha_442102(M.S.), India. Advances in Wireless and Mobile Communications. ISSN 0973-6972 Volume 10, Number 5 (2017), pp. 1107-1116 Research India Publications <http://www.ripublication.com>

- “Water Monitoring System Embedded with Internet of Things (IoT) Device: A Review”; N S Kamarudzman and Siti Nazahiyah Rahmat, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), Batu Pahat, Johor, Malaysia, IConCEES 2019 - IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 498 (2020) 012068, doi:10.1088/1755-1315/498/1/012068

Linkografia

- Agro Sarnese Nocerino https://it.wikipedia.org/wiki/Agro_nocerino-sarnese
- La tecnologia di sicurezza pubblica emergente sfrutta l'IoT, <https://www.intel.it/content/www/it/it/internet-of-things/smart-cities-public-safety.html>
- Significato ed etimologia dei termini *monitoraggio*, *monitorare*, *monitor*, Garzanti Linguistica, Enciclopedia Treccani, Wikipedia
- Significato di Internet of Things, Wikipedia
- Soluzioni IoT per il monitoraggio ambientale: quali sono e a cosa servono, Josephine Condemi, 14 Giugno 2021, <https://www.internet4things.it/iot-library/soluzioni-iot-per-il-monitoraggio-ambientale-quali-sono-e-a-cosa-servono/>