

Citizen Science e inquinamento acustico: NoiseScapes e la città di Siena

Citizen Science and noise pollution: NoiseScapes and the city of Siena

CLAUDIO CALVINO*

Riassunto

L'avvento di nuove tecnologie, lo sviluppo del Web così come la sempre maggiore sensorizzazione dei suoi utenti, permette un'osservazione nuova dei fenomeni che circondano il nostro viver quotidiano. Un nuovo approccio che alla misura, oggettiva, riesce ad aggiungere la percezione che della stessa il singolo ha, in un contesto in cui quest'ultimo è sempre più portato a reclamare un ruolo primario nella gestione della problematica che porta all'esigenza di quella medesima misurazione. NoiseScapes si pone come esempio di questa nuova e crescente tradizione: un'analisi dell'inquinamento acustico nella città di Siena basata totalmente su informazioni generate dagli utenti di un'applicazione open source, NoiseTube, all'interno di un progetto di Citizen Science.

Parole chiave

Citizen Science, Noise Pollution, User Generated Content

Abstract

The advent of new technologies, the development of the Web as well as the increasing sensing of its users, allows observation of new phenomena that surround our daily living. A new approach that is able to add to the measure the individual perception, in a context in which the latter is always more inclined to claim a leading role in the management of the environment problem. NoiseScapes stands as an example of this new and growing tradition: an analysis of noise pollution in the city of Siena totally based on User Generated Content created through an open source application, NoiseTube, within a project of Citizen Science.

Keywords

Citizen Science, Noise Pollution, User Generated Content

* Oxford Internet Institute – University of Oxford – claudiocalvino@oii.ox.ac.uk
Kantar Media – Claudio.Calvino@kantarmedia.com

1. Una moltitudine di sensori per un ambiente a misura d'uomo

Dagli inizi degli anni '90 del secolo scorso l'inquinamento acustico ha cominciato ad essere parte del crescente dibattito sulla gestione della problematica ambientale. Il suo sviluppo è stato accompagnato da una serie di provvedimenti normativi che hanno avuto e continuano ad avere come obiettivo il definire problemi, misure e strumenti di intervento¹.

Questa evoluzione non è solo normativa ed ha avuto luogo in un momento storico in cui il concetto di *benessere* si è andato ampliando, fino ad includere una ricchezza che non può più prescindere dal rapporto tra il singolo e l'ambiente, e quindi dalla ricerca costante di un equilibrio duraturo tra l'uomo e l'ecosistema che lo circonda, anche quando questo ecosistema ha fattezze urbane. Un processo sempre più mediato dall'elemento tecnologico e dalla sua capacità di porre in rete, attivamente, individui e cose.

Quest'evoluzione è principalmente legata all'avvento del *Web 2.0* (O'Really 2005) in grado di trasformare l'Internet da semplice insieme di contenuti, a strumento di supporto per la creazione di contenuti generati direttamente dagli utenti, più o meno liberamente, e condivisi in rete (Fuchs, 2011; Castells, 2009).

Le conseguenze di questo processo sono molteplici, in sintesi: se da un lato, in un percorso di produzione delle informazioni ben noto e governato dall'alto, gli utenti del Web hanno avuto accesso ad una quantità decisamente maggiore di informazioni; dall'altro, questi stessi utenti hanno cominciato ad utilizzare il Web, e le sue sempre più mobili ed indossabili applicazioni, per la creazione di informazioni in grado di arricchire la realtà, aumentandola, rappresentando il compimento di un ulteriore avanzamento di un processo già immaginato e difficilmente definibile (Feiner et al., 1993).

Il frutto di questa duplice azione ha complesse conseguenze: se aumenta il numero di singoli 'utenti'

che vivono l'ambiente circostante ossevandolo e registrandolo grazie all'estensione dei propri sensi mediata dall'evoluzione tecnologica (Goodchild 2007a, 2007b), questa al contempo aumenta il numero di progetti volti al monitoraggio di quello stesso ambiente attraverso una costante collaborazione tra massa informata, ed informatizzata, e quella figura relativamente nuova rappresentata dallo scieziato di professione (Silvertown, 2009).

Le nuove avanguardie di questa nuova frontiera della partecipazione sociale si alimentano di competenze trasversali che in molti casi sfiorano il professionismo, programmando, osservando, raccogliendo, analizzando, diffondendo e rappresentando dati; creando informazioni in grado di spiegare fenomeni, rispondendo dal basso basso a vecchie e nuove domande di ricerca, sospinti dalle motivazioni più disparate (Lakhani et al., 2007; Lietsala e Jousten, 2007).

In questo modo, così come in altri, si concretizza quell'intelligenza collettiva teorizzata da Levy (1999, lavoro originale pubblicato nel 1995), ovvero quel momento in cui l'azione della massa non è uguale alla sua media, bensì alla aggregazione del lavoro dei singoli (Surowiecki, 2004 e Surowiecki et al., 2007).

Lo scenario di questa nuova informazione, che diventa geografica quando parte del metadato è rappresentata da una latitudine ed una longitudine, ovvero dalla possibilità di collegare quel nuovo sapere ad un punto univoco dello spazio georiferendola, è la città, perché la città è il luogo privilegiato della sua produzione (Calvino et al., 2013b).

L'evoluzione del Web 2.0 assume in questo contesto il ruolo di volano per la partecipazione della massa alla scienza, ovvero alla riproduzione e diffusione di esempi di *Citizen Science*. La tecnologia è sempre più il *medium* della sua applicazione a nuovi fenomeni, spingendone la frontiera, creando nuovi modelli di analisi e motivi di riflessione attraverso il ricorso costante alle potenzialità del *crowdsourcing*, ovvero di quell'attività partecipativa in cui un individuo, o una istituzione, propone il compimento di una particolare mansione in cambio di una ricompensa che non è necessariamente economica e che soddisfa in qualche modo un bisogno, anche non materiale, del soggetto che accetta l'incarico o raccoglie la sfida (Estellés-Arolas et al., 2012; Brabham, 2010).

¹ Tra gli altri, come si vedrà, il Piano Comunale di Classificazione Acustica definito dal Consiglio Comunale con Adozione n. 273 del 16/11/1999, Approvazione n. 121 del 30/05/2000 e Pubblicazione B.U.R.T. n. 29 del 19/07/2000.

2. Citizen Science e Volunteered Geographic Information

La prima teorizzazione della *Citizen Science*, nonostante il tema sia fortemente dibattuto (Riesch e Potter, 2013), si deve ad Irvin (1995) che introdusse il nuovo termine con riferimento all'idea di apertura della scienza al mondo e poi successivamente alla costruzione, più complessa, dello *scientific citizen* (Irwin, 2001).

La *Citizen Science*, piuttosto che come movimento in grado di cambiare la natura stessa del cittadino attraverso una sua crescente partecipazione al progresso scientifico, è qui intesa come particolare metodologia di ricerca che fa perno sulla partecipazione consistente di volontari, al fine di raccogliere ed eventualmente analizzare dati relativi a molteplici fenomeni ad una scala che si muove con grande fluidità dal locale al globale (Haklay, 2013 e 2010b). In questa definizione l'informazione raccolta è univocamente legata ad un punto nello spazio e quindi georiferita.

Il ricorso a scienziati non professionisti è giustificato quindi dalla possibilità che questa metodologia offre di collezionare una grande quantità di dati, permettendo di disegnare progetti di ricerca e completare analisi altrimenti difficilmente immaginabili.

Il legame con la *Volunteered Geographic Information* (VGI) (Goodchild, 2007 e 2007b), ovvero con quell'insieme di informazioni dotate di coordinate spaziali, e quindi georiferibili, create volontariamente dagli utenti del *Web 2.0* è molto forte: l'informazione che si pone alla base dell'attività di *Citizen Science* si configura, in definitiva, come un dato VGI caratterizzato da una estrema volontarietà e da una altrettanto forte consapevolezza, in un contesto di non completa libertà d'azione definito dall'esistenza di un progetto scientifico.

Se l'involucro della moderna *Citizen Science* non è innovativo, il suo contenuto lo è senza dubbio. Tale è oggi lo sviluppo raggiunto dall'innovazione tecnologica, Internet e *Web 2.0* in primis, che la moderna *Citizen Science* a cui queste evoluzioni sono direttamente applicabili è stata ribattezzata *Citizen Cyber-science* (Grey, 2009, Sanchez et al., 2011), a sottolineare il legame esistente tra innovazione e nuove forme di partecipazione, anche alla ricerca scientifica.

La peculiarità di questa evoluzione, una versione 2.0 della *Citizen Science* stessa, è espressa dalla sua capacità di registrare fenomeni vecchi e nuovi ad una velocità che si avvicina al "*tempo reale*".

Ciò che è quindi innovativo non è solo la possibilità per il singolo individuo di misurare fenomeni prima difficilmente osservabili grazie allo sviluppo tecnologico che ha portato alla creazione di sensori sempre più avanzati e diffusi, facendo dell'individuo un sensore esso stesso (Goodchild, 2007); non è solo la possibilità di legare queste osservazioni ad un punto preciso dello spazio, unico, creando una nuova informazione geografica attraverso la georeferenziazione del dato, e di farlo con un margine di errore estremamente basso (D'Hondt e Stevens, 2011), aumentando la realtà e la sua consistenza; non sta solo nella possibilità di condividere questa nuova informazione geografica con una comunità realisticamente globale grazie all'evoluzione del *Web 2.0*, ma consiste nella capacità di fare tutto ciò in una frazione di secondo, di farlo in maniera continuata, registrando così le sfumature ed i confini di uno scenario in cui l'osservazione, la raccolta del dato, la sua trasformazione in informazione geografica volontaria, così come la sua conseguente condivisione in rete ed all'interno di un progetto scientifico, possono potenzialmente avvenire di pari passo con il dispiegarsi del fenomeno in quella che è la quotidianità dello scienziato così come del volontario.

Il *trait d'union* che collega il passato al presente resta, come sottolineato, l'attività del singolo individuo e la sua cosciente e volontaria partecipazione al progetto scientifico.

Se questo processo evolutivo caratterizza da un lato lo sviluppo della *Citizen Science*, dall'altro rappresenta il fattore di rischio relativo alla *Volunteer Geographic Information* e più in particolare alla grande facilità con cui queste informazioni possono essere collezionate, analizzate, rappresentate ed utilizzate per diversi fini (Calvino, *forthcoming*).

3. Una sperimentazione di Citizen Science: NoiseScapes

Ciò che viene presentato sono i risultati di quello che non può essere definito come un progetto di *Citizen*

Science vero e proprio, si tratta infatti di una sperimentazione avente come obiettivo approfondire alcuni aspetti legati ad attività scientifiche relative a fenomeni, ambientali e non, che possono essere affrontati anche grazie alla partecipazione volontaria della cittadinanza, sfruttando l'interesse e le capacità della *crowd*.

NoiseScapes si presenta quindi come uno strumento attraverso il quale meglio comprendere e testare le potenzialità di una metodologia di raccolta del dato, di creazione dell'informazione e di analisi della stessa, che è qui rappresentata dalla *Citizen Science*, piuttosto che come un'attività in tal senso pura.

Al centro della sperimentazione si pone l'informazione geografica generata dal volontario attraverso la sua azione di monitoraggio di un fenomeno ambientale, l'inquinamento acustico, mediata da un dispositivo mobile in grado di associare ad una particolare attività, pressione acustica espressa in decibel, delle coordinate geografiche.

La città di Siena rappresenta il luogo della sperimentazione: le sue dimensioni, l'esistenza di una chiara distinzione tra il centro città delimitato dalla presenza delle mura medievali ed il resto del territorio comunale, il suo contenuto peso demografico, nonché la presenza di un Piano Comunale di Classificazione Acustica, hanno rappresentato un valore aggiunto nella scelta della scala di applicazione e nel disegno del progetto di ricerca.

Il perchè di tale sperimentazione è invece spiegato dal crescente interesse fatto registrare verso le tematiche ambientali in contesti urbani, dalla presenza di nuove tecnologie in grado di rendere il singolo cittadino parte integrante di una continua azione di monitoraggio ed analisi e, non ultimo, dalla penuria, almeno in termini quantitativi, di dati ufficiali relativi al fenomeno osservato.

In particolare, se si prendono in considerazione i dati sulle rilevazioni ufficiali forniti dall'ISTAT² in relazione alle osservazioni sull'inquinamento acustico, emerge immediatamente la scarsa copertura territoriale e l'impossibilità che ne deriva di fare affidamento su questi ultimi per analizzare il fenomeno in esame. Seguendo questi dati infatti la città di Siena è passa-

ta dalle circa 22 osservazioni registrate nel 2008 per 100.000 abitanti, a meno di 2 (1.8) per il 2011 (ultimo dato disponibile). Nessuna di queste rilevazioni risulta slegata da esposti diretti della cittadinanza, ovvero nessuna osservazione è stata condotta su diretta iniziativa delle istituzioni, bensì su esplicita richiesta da parte di uno o più cittadini.

In questo contesto dunque, il solo dato istituzionale non permetterebbe di approfondire le dinamiche che si pongono alla base della distribuzione del fenomeno osservato in questa sperimentazione.

4. Dalla European Noise Directive (END) al Piano Comunale di Classificazione Acustica (PCCA) di Siena: una lettura critica

La Direttiva Comunitaria 2002/49/EC del 2002, meglio nota come European Noise Directive (END), muovendo dalla Risoluzione della *Green Paper Commission* sull'inquinamento acustico (1996) e dalla volontà, sentita come necessità, di uniformare all'interno degli Stati membri le procedure di misurazione e di valutazione dei livelli di inquinamento acustico, prova in qualche modo ad offrire uno strumento teorico-metodologico a vantaggio delle istituzioni ed a tutela delle popolazioni comunitarie, muovendo dall'identificazione dell'inquinamento acustico come: "...*unwanted or harmful outdoor sound created by human activities...*" (Art.3).

La normativa pone l'attenzione su alcuni luoghi particolari, richiedendo, ad esempio, che delle mappe strategiche dell'inquinamento acustico vengano prodotte per tutte le città oltre i 250.000 abitanti (dal 2012 oltre i 100.000), e per strade, strade ferrate, aree esposte al traffico aereo così come per le aree industriali.

Da quanto sottolineato, risulta chiaro come l'*European Noise Directive* non sia applicabile al territorio del comune di Siena, parte integrante di questa sperimentazione, che al censimento della popolazione del 2011, aggiornato al giugno 2013, contava una popolazione di poco superiore alle 52.800 unità.

L'assenza di Siena dal novero delle complessità urbane in cui la END trova applicazione è prova della necessità di provvedere all'identificazione di metodologie alternative, anche basate sul *crowdsourcing*, in grado di

² http://dati.istat.it/Index.aspx?DataSetCode=DCCV_M0-NINQACS sito visitato il 25/11/2013

fornire informazioni indispensabili alla misurazione del livello di benessere derivante dall'ecosistema, soprattutto urbano, in cui gli individui vivono.

In tal senso NoiseScapes rappresenta la prima definizione di un modello che può facilmente essere riproposto in altre realtà urbane al di sotto della soglia dei 100.000 abitanti prevista dalla END, totalmente scalabile in termini di metodologia, applicabilità e costi.

In virtù dell'impossibilità di applicare la European Noise Directive all'entità senese, il riferimento normativo principale è allora il Piano Comunale di Classificazione Acustica (PCCA). Questo è un documento che l'amministrazione pubblica è tenuta a compilare sulla base degli obblighi derivanti dall'art.5 della Legge Regionale toscana n.89 del 1-12-1998 che, a sua volta, si pone come applicazione della Legge Quadro n°447/95 sull'inquinamento acustico, che individuava nei Comuni i soggetti chiamati a definire la classificazione acustica del loro territorio, ponendosi in linea con il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri (D.P.C.M.) 14/11/97, avente come oggetto la "determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore".

Elemento centrale è sinteticamente la classificazione, per mezzo del PCCA, del territorio in classi di inquinamento acustico. Per ognuna di queste classi sono definiti, per soli due periodi temporali identificati come "giorno" e "notte", i valori limite di emissione riferiti

al rumore prodotto da una specifica e singola sorgente disturbante (valori di emissione), i valori limite di immissione riferiti al rumore prodotto dall'insieme di tutte le sorgenti presenti in un determinato luogo (valori assoluti di immissione), ed i valori di qualità, ovvero l'obiettivo da raggiungere in termini di inquinamento acustico.

Il comune di Siena ha provveduto a realizzare il suo Piano Comunale di Classificazione Acustica nel 2000, definendo, come riportato in tabella (Tabella 1), la presenza delle sole prime cinque classi previste dal D.P.C.M., non essendo stata individuata all'interno dei confini del territorio comunale un'area che potesse essere definita come "esclusivamente industriale".

Lo stesso Piano Comunale di Classificazione Acustica assimila quasi del tutto l'area sottoposta alla sua azione alla IV categoria, ovvero ad aree di "intensa attività umana" con livelli di inquinamento acustico che, secondo la Tabella appena presentata, variano dai 60 ai 65 decibel durante il periodo diurno e tra i 50 ed i 55 nel periodo notturno, con valori "obiettivo" che oscillano tra i 62 decibel ed i 52 decibel. Obiettivo di questa sperimentazione è il provare a comprendere in che misura quanto registrato dal PCCA sia assimilabile a quanto percepito dalla popolazione residente, e quanto questa aderenza possa essere studiata attraverso una sperimentazione di *Citizen Science*.

TABELLA 1- Piano Comunale di Classificazione Acustica – valori di emissione, immissione e valori di qualità espressi in decibel per classe di inquinamento. (D = Giorno; N = Notte)

Classi	Valori di emissione	Valori assoluti di immissione	Valori di qualità (valori obiettivo)
I – Aree particolarmente protette	D 45 dB N 35 dB	D 50 dB N 40 dB	D 47 dB N 37 dB
II – aree destinate ad uso prevalentemente residenziale	D 50 dB N 40 dB	D 55 dB N 45 dB	D 52 dB N 42 dB
III – aree di tipo misto	D 55 dB N 45 dB	D 60 dB N 50 dB	D 57 dB N 47 dB
IV – aree prevalentemente industriali	D 60 dB N 50 dB	D 65 dB N 55 dB	D 62 dB N 52 dB
V – aree esclusivamente industriali	D 65 dB N 55 dB	D 70 dB N 60 dB	D 67 dB N 57 dB

FONTE: Piano Comunale di Classificazione Acustica del Comune di Siena

5. Modalità di osservazione

Il progetto NoiseScapes, è stato concepito al fine di approfondire alcune fattispecie di particolare interesse all'interno del dibattito scientifico sull'approccio della *Citizen Science* alla ricerca scientifica, nel caso specifico alla misurazione della qualità ambientale attraverso l'identificazione e la misurazione dell'inquinamento acustico.

L'attività di raccolta del dato è stata resa possibile dall'utilizzo di NoiseTube³, un'applicazione per smartphone sviluppata dal BrusSense⁴ della Vrije Universiteit di Brussels in collaborazione con Sony, che grazie ad un algoritmo open source (Stevens, 2012), permette allo smartphone su cui l'applicazione è installata di fungere da fonometro digitale, e quindi di registrare i valori della pressione acustica, espressi in decibel (db), nell'ambiente circostante (D'Hont e Stevens, 2011; Maisonneuve et al, 2009 e 2010).

Utilizzando il GPS dello smartphone l'applicazione permette inoltre di:

1. associare la singola osservazione ad una coppia di coordinate spaziali in modo tale da poter georiferire le registrazioni;
2. associare ad una o più osservazioni un *Tag*, ovvero un metadato attraverso il quale esprimere una particolare percezione legata a quel singolo livello di pressione ambientale registrata, o associare quella stessa osservazione ad un avvenimento particolare che può aver modificato la dinamica del fenomeno stesso (ad esempio il rumore di una sirena o quello derivante dal passaggio di un motociclo ad alta velocità);
3. inviare le proprie osservazioni agli sviluppatori contribuendo ad un più esteso, anche se non definito, progetto sull'inquinamento acustico a scala mondiale.

Gli sviluppatori di NoiseTube non si sono limitati alla creazione dell'applicazione ma, per primi, hanno provato ad approfondire le potenzialità dello strumento attraverso una serie di sperimentazioni che hanno avuto luogo a Brussels (Stevens et al., 2010; D'Hont et al., 2012) e che sono servite come punto di partenza per l'ideazione e la realizzazione di NoiseScapes.

³ <http://noisetube.net/#&panel1-1>

⁴ <http://www.brussense.be/>

L'obiettivo di queste sperimentazioni non è comunque paragonabile a quello che si pone NoiseScapes: le prime difatti sono state orientate a testare l'affidabilità dello strumento e le sue potenzialità; la seconda, ha invece come suo obiettivo quello di approfondire le dinamiche alla base della *Citizen Science*, nonché le potenzialità e le applicazioni dell'informazione creata attraverso l'applicazione utilizzata.

La definizione delle aree oggetto delle osservazioni in NoiseScapes è stata ottenuta attraverso la suddivisione del centro storico della città di Siena in cinque zone il più possibile omogenee per estensione e per peso demografico (Tabella 2 e Figura 1). Le due variabili sono state individuate sulla base di due considerazioni:

1. garantire una copertura soddisfacente dell'intero territorio oggetto della sperimentazione;
2. analizzare i valori della pressione acustica derivante da attività antropiche al fine di poter indicare l'esistenza di alternative *bottom-up* alla normale gestione, in termini di monitoraggio, della problematica ambientale in esame.

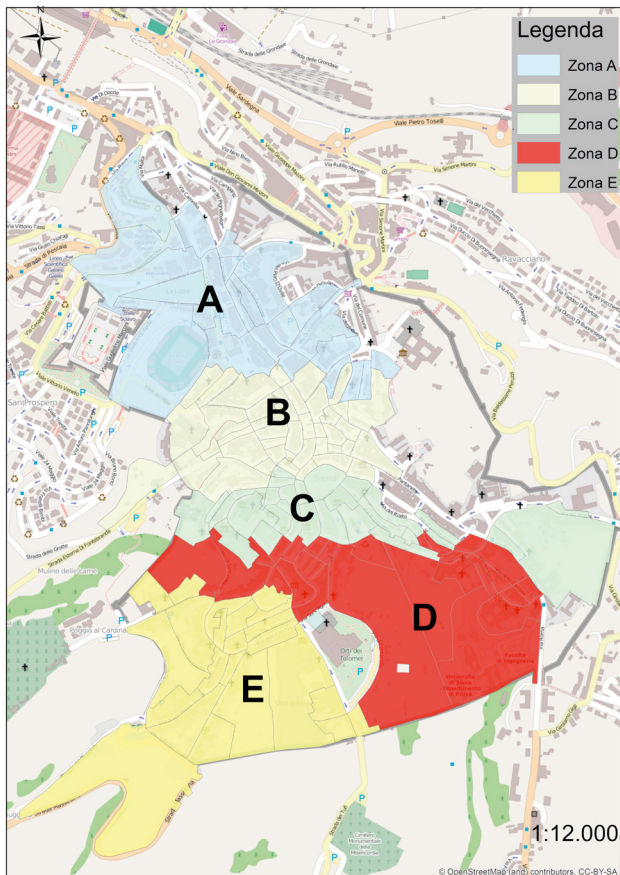
TABELLA 2 – Aree di osservazione della sperimentazione – Estensione in km² e popolazione al Censimento della popolazione del 2011

Zona	Estensione (km ²)	Popolazione (2001)*
A	0.324	1.808
B	0.210	1.809
C	0.200	1.790
D	0.344	1.625
E	0.335	1.894
Totale	1.413	8.926

* Il riferimento è alla popolazione residente per sezione di censimento al 2001. Sono esclusi gli studenti fuori sede dell'Università degli Studi di Siena così come dell'Università per Stranieri di Siena che popolano, in maniera non trascurabile, il centro cittadino. Pur essendo disponibili al momento della stesura i dati relativi al censimento del 2011, la sperimentazione ha avuto luogo quando gli unici dati disponibili erano quelli relativi al censimento del 2001.

FONTE: elaborazione dell'autore

FIGURA 1 – Aree di osservazione della sperimentazione

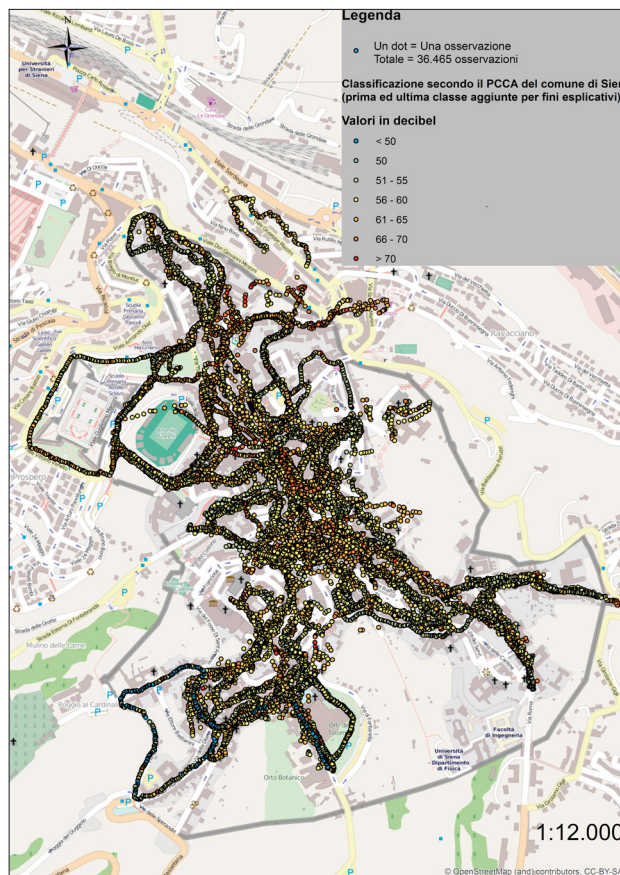


FONTE: elaborazione dell'autore su cartografia di OpenStreetMap

Le fasce orarie in cui sono state registrate le osservazioni sono state individuate sulla base di considerazioni legate ai flussi attesi di individui e del traffico veicolare, definiti sulla base della conoscenza diretta del territorio oggetto della sperimentazione. L'identificazione di particolari finestre temporali ha tenuto conto oltre che dei flussi attesi di persone e mezzi, anche della necessità di coprire un arco di tempo che fosse il più possibile rappresentativo delle diverse attività antropiche all'interno del singolo giorno.

Sono state identificate con questo obiettivo tre fasce orarie, potenzialmente in grado di registrare le diverse anime dell'attività urbana, nell'ambito delle quali sono state raccolte le osservazioni relative al territorio osservato:

FIGURA 2 – Rappresentazione puntiforme delle osservazioni raccolte durante la sperimentazione nella sola area intramuraria con classificazione in decibel – N =36.465



FONTE: elaborazione dell'autore su cartografia di OpenStreetMap

- a) 08:00 – 10:00
- b) 12:00 – 15:00
- c) 18:00 – 24:00

Le fasce orarie così definite sono state applicate a tre intervalli temporali ottenuti, ovvero:

- a) Lunedì – Martedì
- b) Mercoledì – Venerdì
- c) Sabato – Domenica

In questo modo ogni singolo intervallo temporale relativo ad ogni singola area è stato "osservato" in almeno tre distinte finestre temporali.

La sperimentazione ha avuto luogo dal 12 dicembre 2012 al 6 gennaio 2013, collezionando 36.465 osservazioni puntuali con in media 810 osservazioni per singola registrazione di durata pari a poco più di 24 minuti continuativi (Tabella 3). La Figura 2 mostra il dettaglio delle singole osservazioni registrate utilizzando colori differenti a seconda del valore osservato in una scala che va dai 33 agli 86 decibel.

6. Validazione delle osservazioni e attendibilità del dato

Il processo di validazione delle osservazioni, così come l'intrinseca attendibilità del dato che ne deriva, ricopre un ruolo fondamentale in un'attività di ricerca come quella qui presentata, e più generalmente nel rapporto che esiste tra attività scientifica e *Volunteer Geographic Information*. Sono difatti molteplici le variabili che possono intervenire, in un qualsiasi momento della raccolta delle osservazioni, compromettendo la credibilità dell'intera analisi.

Il problema legato all'attendibilità del dato proveniente da informazioni VGI e da attività di Citizen Science è fortemente dibattuto anche in letteratura (tra gli altri e da differenti punti di vista: Holt et al., 2013; Parket et al., 2012; Haklay et al., 2010; Foody et al., 2013; Dobson, 2013), ed è comune anche alla sperimentazione qui presentata.

Il dato VGI, è per sua natura meno credibile del dato istituzionale. Questo perché generalmente manca un protocollo da seguire per registrare le osservazioni e dunque per creare nuove informazioni; e anche quando esista una codifica dei comportamenti da tenere, come nel caso della *Citizen Science*, a compiere questo pro-

cedimento non è uno scienziato di professione, bensì un individuo motivato dalle più svariate ragioni (Raddick et al., 2010; Prestopnik et al., 2011; Coleman et al., 2009; Rotman et al., 2012).

Anche qualora il protocollo fosse rispettato in ogni suo punto, il sempre maggiore ricorso a device mobili, come gli smartphone, pone notevoli questioni circa l'attendibilità delle osservazioni.

Benché gli smartphone rappresentino infatti il frutto di una continua evoluzione tecnologica, non tutti hanno le stesse potenzialità, ed il loro sviluppo come estensione dei sensi umani è ancora lontano dall'essere completato. In definitiva, questi strumenti non sono ancora così evoluti dal poter essere paragonati, per complessità e performance, a quelli professionali.

Per questi motivi, validazione delle osservazioni ed attendibilità del dato restano elementi centrali nell'equilibrio di una qualsivoglia attività di *Citizen Science*, anche quando si tratta di una sperimentazione, come nel caso di NoiseScapes. Questo potenziale problema è stato affrontato per mezzo di tre differenti approcci:

- a) collezionamento di un alto numero di osservazioni;
- b) validazione costante delle osservazioni registrate;
- c) verifica dell'affidabilità del dato:
 1. controllo dei valori della deviazione standard all'interno della coorte analizzata;
 2. calibrazione del device per mezzo di un fonometro semiprofessionale.

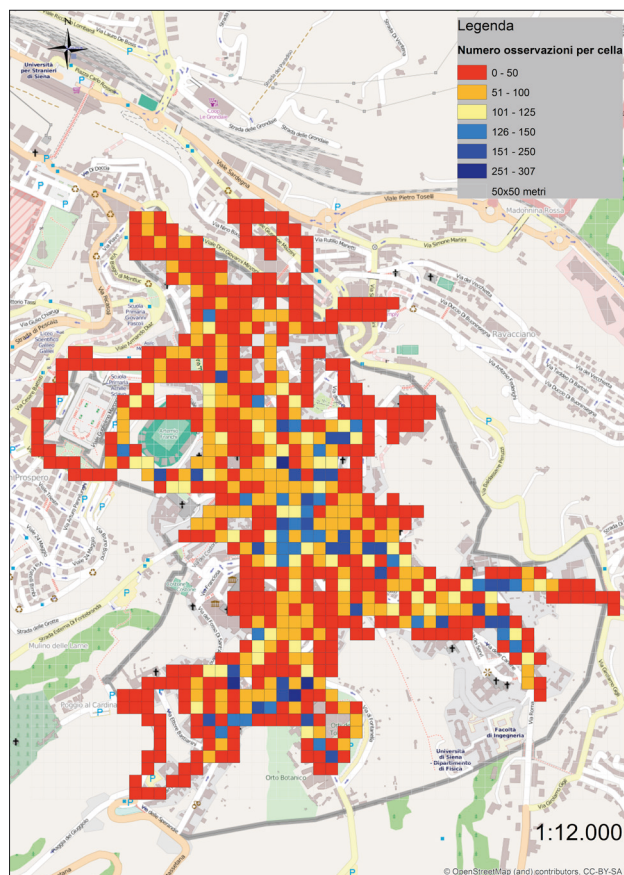
Data la natura della sperimentazione, non è stato possibile applicare la nota legge di Linus (Haklay et al., 2013), ovvero non è stato possibile arrivare ad un soddisfacente, o presumibilmente tale, grado di attendibilità del dato passando per l'intervento di un alto numero di volontari. Tale limite è stato almeno in parte compensato dall'alto numero di osservazioni raccolte (Tabella 3).

TABELLA 3 – Dettaglio delle osservazioni per periodi di raccolta – giorni di attività – numero di osservazioni – numero di osservazioni per registrazione – durata media continuativa di ogni registrazione

Periodo	Giorni (periodi)	Numero osservazioni	Numero medio di osservazioni per registrazione	Durata media continuativa
12 Dicembre 2012 6 Gennaio 2013	25	36.465	810	24 minuti

FONTE: elaborazione dell'autore

FIGURA 3 – Reticolato 50x50 metri.
Numero osservazioni per singolo quadrato



FONTE: elaborazione dell'autore su cartografia di OpenStreetMap

La suddivisione delle 36,465 osservazioni raccolte per celle quadrate avente lato uguale a 50 metri, mostra come l'azione del volontario si sia concentrata in particolar modo su alcune aree della città, socialmente e/o geograficamente centrali, trascurandone altre. Questo si traduce ai fini della sperimentazione nell'impossibilità di replicare quanto proposto dagli sviluppatori dell'applicazione utilizzata, i quali, nel corso di due differenti indagini sul campo, (D'Hondt e Stevens 2011; D'Hondt et al., 2012), hanno considerato non statisticamente significative, quelle registrazioni relative a celle 40x40 metri che presentassero meno di 100 singole osservazioni⁵.

⁵ In realtà gli sviluppatori del software applicano due differenti modelli: in un caso si tratta di una soglia di 100 osservazioni

Come è possibile osservare dalla Figura 3, NoiseScapes presenta, invece un alto numero di celle con valori al di sotto di quanto previsto dagli sviluppatori dell'applicazione⁶.

Quest'aspetto, benché configuri una condizione non ottimale, non inficia i risultati della sperimentazione presentata essenzialmente perché il punto di partenza, e dunque la misura di attendibilità o soddisfazione dell'analisi spaziale parte di NoiseScapes, non è rappresentato dalla cella per mezzo della quale il territorio viene diviso in porzioni uguali, né tantomeno dalle dinamiche registrabili al suo interno, bensì dal singolo punto, ovvero da quello che è il luogo dell'osservazione di ogni singolo *citizen as sensor* o *as scientist*, e dalla sua personale percezione registrata e condivisa per mezzo dell'applicazione. Inoltre, a differenza di quanto evidenziato dalle sperimentazioni del team del BrusSense, i dati raccolti nell'ambito di NoiseScapes vengono utilizzati non per fornire una misura della pressione acustica relativa alla singola cella, ma per la costruzione di un modello geostatistico in grado di offrire una misura probabilistica d'insieme dello stesso fenomeno.

Il processo di validazione delle osservazioni nell'ambito di NoiseScapes, generalmente attuato a cadenza settimanale, ha avuto come obiettivo quello di verificare che ogni singola registrazione fosse dotata di coordinate geografiche, dunque georiferibile; fosse corredata da un valore valido relativo alla pressione acustica registrata in decibel; fosse rispettata e garantita la copertura capillare del territorio oggetto delle osservazioni sulla base della documentazione fornita al volontario.

L'affidabilità del dato è garantita in prima istanza da valori della deviazione standard che si pongono in linea con quanto fatto registrare dalle mappe simulate attraverso modelli matematici cui si riferisce la END, e che si attestano intorno ai ± 5 db (D'Hondt e Stevens, 2011). Questi stessi valori si discostano però significativamente rispetto ai ± 4 db fatti registrare dagli sviluppatori di NoiseTube (*ibidem*) nel corso delle loro sperimentazioni.

per celle 40x40metri (D'Hondt et Stevens, 2011) in un altro caso si tratta di una soglia di 50 osservazioni per celle di 20x20metri (D'Hondt et al., 2012).

⁶ Applicando il modello utilizzato dagli sviluppatori del software utilizzato a NoiseScapes, la soglia limite sarebbe stata pari a 125 osservazioni per ogni singola cella.

Tabella 4 – Sintesi statistica delle misurazioni. Numero osservazioni – Valori minimo e massimo e media di pressione acustica espressi in Decibel – valori delle deviazione standard

Osservazioni/Spazio	Siena
N° oss	36.465
Val. Min. Db	33
Val. Max. Db	86
Media Val. Db	59,82
Deviazione Standard	4,68

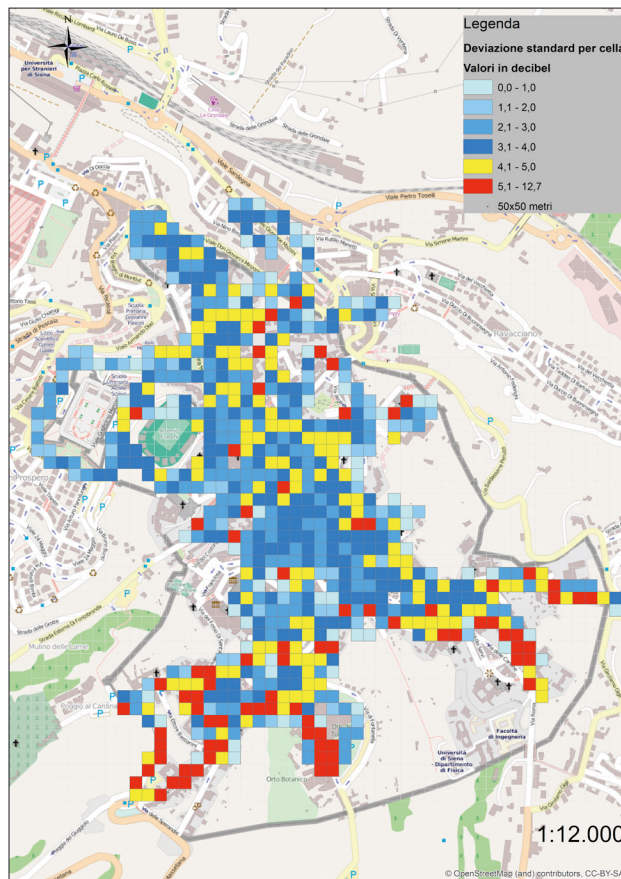
Fonte: elaborazione dell'autore

La Figura 4 mostra come distribuendo il totale delle 36.465 osservazioni all'interno delle stesse 1.505 celle della precedente Figura, i valori della deviazione standard relativi ad ogni singola cella restino al di sotto dei 5 decibel in gran parte della complessità urbana, aumentando decisamente verso i confini Sud della città, o comunque ai suoi margini.

Questo fenomeno rappresenta di per sé una prima risposta fornita da NoiseScapes relativamente alla distribuzione dell'inquinamento acustico in una realtà come quella senese. Quanto osservabile in Figura 4 è infatti imputabile a picchi nei livelli di pressione acustica registrati proprio in quelle zone che sono per loro natura maggiormente esposte a fonti di inquinamento acustico, perché al confine tra le mura della città e le prime vie di comunicazione a scorrimento veloce a queste contigue. I valori della deviazione standard risultano alterati dal numero di registrazioni effettuate in queste aree, decisamente inferiore rispetto a quanto accade per il cuore del centro cittadino e dunque molto sensibili alla presenza di valori estremi, e dalle differenti caratteristiche che il fenomeno osservato assume in queste stesse aree periferiche.

Le attività volte a testare ed approfondire le dinamiche relative all'attendibilità del dato appena descritte non avrebbero però avuto modo di evidenziare eventuali problematiche legate alle performance del device utilizzato.

Figura 4 – Reticolato 50x50 metri – Valori della Deviazione Standard per singolo quadrato



Fonte: elaborazione dell'autore su cartografia di OpenStreetMap

A tal proposito si è provveduto ad un'azione di calibrazione dello smartphone per mezzo di un fonometro semiprofessionale⁷. Benché risulti evidente l'esistenza di uno scarto, a parità di condizioni ambientali, tra i valori di pressione acustica registrati dal fonometro e quelli registrati dal device utilizzato, entrambi in decibel, è possibile avanzare due considerazioni che supportano la tesi dell'attendibilità del dato raccolto e quindi della validità della sperimentazione posta in essere. I valori registrati dalle due strumentazioni risultano essere molto vicini, appena -0.87 decibel di differenza in media

⁷ La calibrazione avrebbe dovuto avere luogo in una camera anecoica, questo avrebbe garantito una maggiore precisione alla procedura di calibrazione. Purtroppo al momento della sperimentazione questa "tecnologia" non era nella disponibilità dell'autore.

TABELLA 5 – Attendibilità del dato: comparazione tra i valori della pressione acustica emessa da una fonte di rumore digitale misurati in Decibel per mezzo di un fonometro digitale e dell'applicazione NoiseTube

Pink Noise da fonte digitale	Valori Fonometro (Db)	Valori Device (Db)	Differenza Fonometro-Device (Db)
53	58	63	5
58	61	64	3
63	64	65	1
68	66	64	-2
73	70	67	-3
78	74	71	-4
83	79	75	-4
88	85	82	-3
Differenza media Fonometro-Device (53-88 db) = -0.87 db			
Differenza media Fonometro-Device (58-78 db) = -1 db			

FONTE: elaborazione dell'autore

su uno spettro che va dai 53 ai 97 decibel, registrati dal fonometro nella misurazione di un *pink noise*⁸, emesso da una fonte digitale così come indicato nelle procedure di calibrazione dell'applicazione⁹.

Questo stesso valore, va specificato, si “alza” però fino a -1 db, se il test viene limitato ai valori di inquinamento acustico più comuni nel *dataset* costruito, ovvero tra i 58 ed i 78 db come mostrato in Tabella 5.

7. L'inquinamento acustico a Siena: una analisi spaziale

L'analisi al centro di questo paragrafo è costruita con l'obiettivo di applicare alle osservazioni quella che è nota come prima legge di Tobler (1970)¹⁰.

8 Il rumore rosa, o rumore $1/f$ (talvolta chiamato anche rumore flicker), può essere definito come un segnale o un processo con uno spettro di frequenza tale che la densità spettrale di potenza (energia o potenza per Hz) è inversamente proporzionale alla frequenza del segnale. Il pink noise presenta dunque componenti a bassa frequenza con potenza maggiore rispetto alle altre.

9 La calibrazione è stata eseguita seguendo le istruzioni presenti sul sito del progetto NoiseTube http://noisetube.net/help#user_guide sito visitato il 10/01/2014.

10 “[...] everything is related to everything else, but near things are more related than distant things” (Ibidem, p.236).

In particolare, all'interno di un ambiente Gis si è fatto ricorso alla tecnica del *Kriging*, ovvero a quello strumento di analisi spaziale che permette, attraverso la definizione di un modello statistico bayesiano, di interpolare una determinata grandezza, osservata, al fine di ottenere una misura probabilistica della distribuzione della stessa all'interno dell'area oggetto di studio, in assenza di osservazioni dirette. L'uso del *Kriging* in statistica spaziale è da tempo sinonimo di predizione ottimale (Cressie, 1989), benché altri modelli più complessi siano stati sviluppati nel corso degli ultimi venti anni, il *Kriging* resta una “misura” tra le più attendibili.

Nella spiegazione di Hemyari e Nofziger (1987), il *Kriging* è essenzialmente una media pesata, in cui i pesi di ogni singola osservazione sono scelti in modo che l'errore associato all'osservazione presente, il predittore, sia inferiore ad ogni altra somma lineare, e dove il peso viene assegnato all'osservazione sulla base della sua posizione nello spazio.

In sintesi: conoscendo il valore di una grandezza in determinati punti nello spazio, nel nostro caso il livello di pressione acustica misurata in decibel attraverso l'applicazione NoiseTube, installata sullo smartphone e relativa alle aree coperte dalle osservazioni, questa metodologia di analisi spaziale permette di stimare, attraverso un processo di autocorrelazione della grandezza

di interesse, quali siano i valori del fenomeno in aree non coperte direttamente dalle osservazioni.

Se però la realtà si dispiega in uno spazio tridimensionale, lo spazio considerato dall'analisi è composto da sole due dimensioni, non considerando quindi l'influenza che l'armatura urbana della città certamente ha sulla diffusione del suono all'intero dei suoi stessi confini, piuttosto che la conformazione geografica del territorio interessato dalla sperimentazione, né tantomeno la direzione di diffusione del "rumore" osservato.

Lo spazio considerato per l'analisi è dunque uno spazio bidimensionale sì, ma non del tutto indifferenziato. Questo perché il modello statistico alla base del Kriging è stato applicato alle aree di interesse tenendo conto del grafo stradale, ovvero dello sviluppo in termini spaziali delle vie di comunicazione interne all'area osservata.

La variabile indipendente utilizzata è quella relativa al tempo, espresso in minuti, necessario per percorrere una determinata via di comunicazione. In questo modo, supposto che all'interno del centro storico i limiti di velocità siano con buona probabilità molto simili, si

è ipotizzato che ad un maggior tempo di percorrenza corrispondesse una maggiore lunghezza ed uno spazio potenzialmente sottoposto ad un minor rischio di interruzioni, e quindi, seppur solo in linea teorica, uno spazio in cui il suono, e con esso la sua pressione, avrebbe potuto diffondersi in maniera più uniforme.

Inoltre, il considerare il grafo stradale implica l'aver considerato, almeno in parte e seppur limitatamente ad alcuni particolari casi, la distribuzione di quelle barriere "naturali" rappresentate dagli edifici interposti, nell'analisi spaziale, tra i segmenti del grafo considerato.

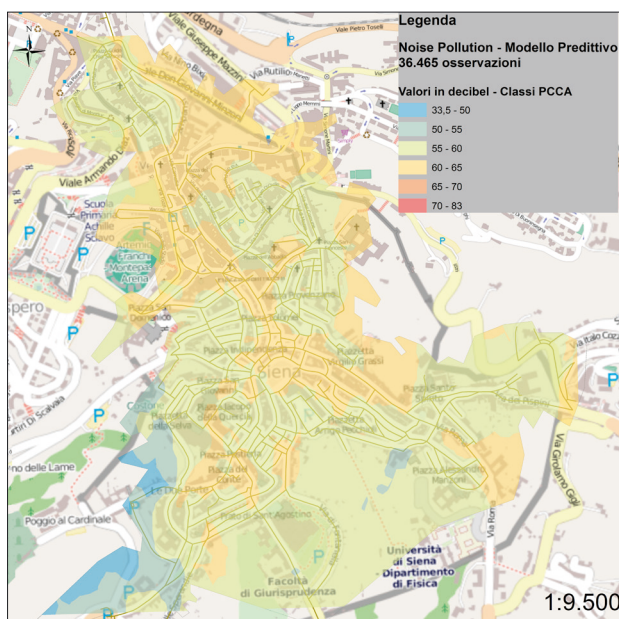
La breve analisi cartografica prodotta mira da un lato ad evidenziare i risultati del modello geostatistico utilizzato, in termini di valori della pressione acustica stimati, dall'altro a porre queste evidenze a confronto con quanto disciplinato e precisato dal Piano Comunale di Classificazione Acustica.

Provando quindi ad utilizzare il dato VGI derivante da NoiseScapes come elemento di verifica del dato istituzionale, vero ed affidabile a priori, la Figura 5 riprende la divisione in cinque classi del PCCA, alla quale è aggiunta una sesta classe per i valori superiori rispetto al massimo previsto dal Piano Comunale di Classificazione Acustica stesso, evidenziando come il modello geostatistico applicato conduca ad una differente distribuzione dell'inquinamento acustico nella città di Siena.

Il confronto, possibile nonostante i due territori non siano stati definiti in modo del tutto analogo, pone in evidenza come la sperimentazione proposta renda una fotografia differente del contesto urbano osservato.

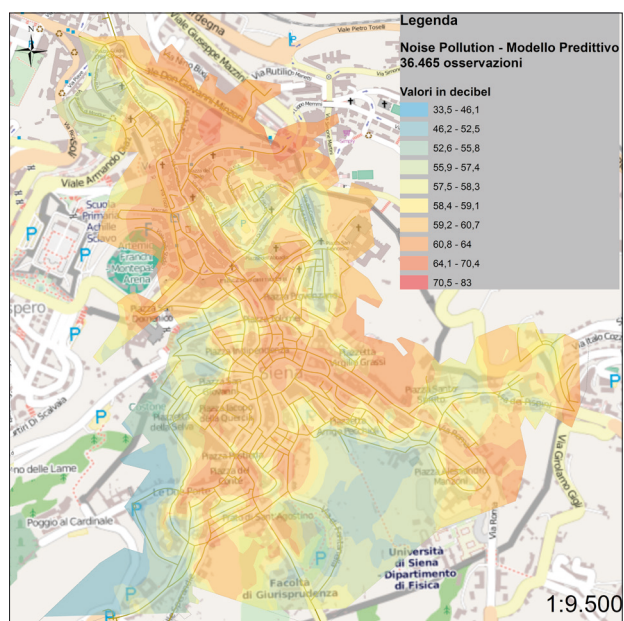
Se sono evidenti, difatti, molte aree per cui i livelli di inquinamento acustico espressi in decibel ricadono effettivamente nella stessa classe di inquinamento acustico in cui il PCCA letteralmente schiaccia buona parte del centro storico cittadino, la stessa carta evidenzia come una parte significativa dello stesso territorio mostri, nel suo complesso, livelli di inquinamento acustico addirittura inferiori e rispondenti ai limiti previsti dalla classe precedente, ovvero delle *aree prevalentemente residenziali*. Allo stesso modo, altre zone perlopiù concentrate in pieno centro storico sembrerebbero essere interessate da livelli di inquinamento riferibili alla quinta classe, ovvero alle aree "*prevalentemente industriali*", presumibilmente per via della loro centralità nella vita economica e sociale della città.

FIGURA 5 – Valori della pressione acustica così come stimati dal modello geostatistico applicato. Categorie Pcca



FONTE: elaborazione dell'autore su cartografia di OpenStreetMap

FIGURA 6 – Valori della pressione acustica così come stimati dal modello geostatistico applicato



FONTE: elaborazione dell'autore su cartografia di OpenStreetMap

La Figura 6 mostra gli stessi risultati della figura precedente ricorrendo però ad una differente classificazione finalizzata ad una più fruibile rappresentazione delle sfumature che caratterizzano la distribuzione del fenomeno osservato. Questa carta riesce meglio ad evidenziare ad esempio, come le zone periferiche del centro storico siano caratterizzate da dinamiche relative alla diffusione della pressione acustica probabilmente conseguenza della loro vicinanza a vie di comunicazione a scorrimento veloce.

8. Conclusioni

La sperimentazione proposta non ha l'ambizione di porsi come uno studio scientifico sull'inquinamento acustico nella città di Siena, o meglio non può considerarsi questo il suo obiettivo principale. Non perché non si abbia piena fiducia nell'utilità e nelle potenzialità del dato raccolto e delle informazioni utilizzate per l'analisi proposta, o nella metodologia di ricerca applicata, ma essenzialmente perché la sua fisionomia è piuttosto

quella di uno studio preliminare di fattibilità, ovvero di un'analisi volta a comprendere in che modo la *Citizen Science*, in questa sua ultima tecnologica evoluzione, possa rappresentare uno strumento utile ad una gestione sempre più condivisa e partecipata della cosa pubblica, in particolare se il riferimento è a tematiche di natura ambientale.

A supporto di questa visione c'è la piena consapevolezza dei limiti che il progetto NoiseScapes mostra, limiti che derivano dal suo disegno e che riguardano:

- l'aver optato per una modalità di rilevazione che si dissocia da quanto previsto dalla normativa comunitaria così come dal Piano Comunale di Classificazione Acustica;
- l'aver quasi completamente omesso qualunque considerazione relativa alle dinamiche di diffusione dei suoni;
- l'aver considerato uno spazio bidimensionale, sebbene non indifferenziato, per rappresentare ed analizzare fenomeni che hanno luogo in una realtà tridimensionale ed estremamente complessa (altimetria, altezza edifici, riverbero, agenti atmosferici, avvenimenti sociali, etc);
- Il non aver considerato un aspetto di fondamentale importanza per questo tipo di progetti che è rappresentato dalle motivazioni alla base dell'azione del volontario.

Ciononostante, e fatto salvo quanto sottolineato, i dati raccolti possono dar vita ad informazioni ed analisi capaci di evidenziare dinamiche in grado di rappresentare un punto di partenza per attività future, un primo passo verso un ruolo nuovo del singolo in un altrettanto nuovo rapporto tra istituzione, cittadinanza e tematica di pubblico interesse.

Questo accade in un'epoca in cui grazie allo sviluppo delle ITC, del *Web 2.0*, della telefonia mobile, così come dei nuovi Sistemi Informativi Territoriali, ogni uomo o donna, in maniera consapevole o inconsapevole, è sempre più posto nella condizione di creare informazioni, il più delle volte dotate di coordinate geografiche e dunque georiferibili, capaci di aggiungere un livello di conoscenza, una informazione nuova, ad un luogo (Calvino et al., 2013). Informazioni utilizzabili in indagini spaziali così come accaduto per NoiseScapes.

L'enorme facilità che caratterizza la fruizione e soprattutto la creazione di queste informazioni porta alla possibilità di confrontarsi con una realtà in continuo movimento, ovvero con una osservazione del reale in tempo reale. Un flusso continuo di *layer* informativi creati da cittadini, sempre più consapevoli, semplicemente attraverso il loro viver quotidiano attraverso la mediazione di una tecnologia sempre più indossabile, a disposizione di cittadini ed istituzioni.

In questo contesto la sperimentazione dimostra in che modo una forma di gestione partecipata delle problematiche ambientali possa portare, muovendo proprio dall'evoluzione tecnologica e dalla crescente sensibilizzazione sociale verso dinamiche di carattere ambientale, alla creazione di strumenti e metodologie utilizzabili nella pianificazione di interventi a vantaggio della comunità, a fronte di costi estremamente contenuti.

Questo approccio alla scienza, all'evoluzione tecnologica, così come alle nuove fonti geografiche legate al *Web 2.0*, rappresenta un innovativo strumento attra-

verso cui osservare ed ascoltare lo spazio e le comunità che lo popolano, semplicemente offrendo un'immagine, nuova, della realtà in grado di rispondere a vecchie domande e di stimolarne lo sviluppo di nuove.

In un momento di particolare crisi per gli enti locali, poter contare sul cittadino e sul suo crescente interesse verso la tutela dell'ecosistema in cui egli stesso vive può diventare una risorsa alla quale non si può rinunciare. È chiaro infatti come sia proprio il cittadino la chiave per costruire informazioni e conoscenza, in un contesto sociale sempre più pervaso dai frutti dell'evoluzione tecnologica e da un crescente domanda di partecipazione.

Questa prospettiva è ancora più imprescindibile se si prova ad interpretare la sperimentazione posta in essere, oltre che come un test atto a misurare le potenzialità di una particolare informazione geografica, come un banco di prova dell'efficacia dell'attuale complesso di norme e pratiche che regola la gestione delle problematiche legate, come proposto, all'inquinamento acustico, a Siena come in altre realtà ad essa assimilabili.

Bibliografia

- BRABHAM, D. C., (2010) Moving the crowd at Threadless: Motivations for participation in a crowdsourcing application, "Information, Communication & Society", 13, no. 8, pp.1122-1145.
- CALVINO C., (2015), Stalking Pincopallino: sorveglianza, privacy e prossimità al tempo di Twitter, "Rivista Geografica Italiana", in stampa.
- CALVINO, C., ROMANO, A. E TEOBALDI, M., (2013), VGI e Web 2.0: la politica ai tempi di Twitter, "Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia", n. 147, 2013, pp.109-124.
- CALVINO, C., ROMANO, A. E TEOBALDI, M., (2013B), Tweeting politicians: il peso della prossimità nella formazione e diffusione dell'opinione politica, "Memorie Geografiche della Rivista Geografica Italiana", n. 11, 2013b, pp.362-372.
- CASTELLS, M., (2009), Communication power, Oxford University Press, Oxford, pp.592.
- COLEMAN, D. J., GEORGIADOU, Y. e LABONTE, J., (2009), Volunteered geographic information: The nature and motivation of producers, "International Journal of Spatial Data Infrastructures Research", 4, no. 1, pp.332-358.
- CRESSIE, N., (1990), The origins of kriging, "Mathematical Geology", 22, no. 3, pp.239-252.
- D'HONDT, E. E STEVENS, M., (2011), Participatory noise mapping, "Pervasive", vol. 11, pp.33-36.
- D'HONDT, E., STEVENS, M. e JACOBS, A., (2013), Participatory noise mapping works! An evaluation of participatory sensing as an alternative to standard techniques for environmental monitoring, "Pervasive and Mobile Computing", 9, no. 5, pp.681-694.
- DOBSON, M. W., (2013), *VGI as a Compilation Tool for Navigation Map Databases*, in SUI, D. Z., ELWOOD, S., & GOODCHILD, M., *Crowdsourcing geographic knowledge*, Springer, pp.307-327.
- ESTELLÉS-AROLAS, E., GONZÁLEZ-LADRÓN-DE-GUEVARA, F., (2012), Towards an integrated crowdsourcing definition, "Journal of Information science", 38, no. 2, pp.189-200.
- EUROPEAN COMMISSION, (1996), Future noise policy – European commission green paper, Report COM (96) 540.
- EUROPEAN COMMISSION, (2002), Directive 2002/49/EC, Assessment and management of environmental noise.
- FEINER, S., MACINTYRE, B., AND SELIGMANN D., (1993), Knowledge-based augmented reality, "Communications of the ACM", 36, no. 7, pp.53-62.
- FOODY, G. M., SEE, L., FRITZ, S., VAN DER VELDE, M., PERGER, C., SCHILL, C. e BOYD, D. S., (2013), Assessing the Accuracy of Volunteered Geographic Information arising from Multiple Contributors to an Internet Based Collaborative Project, "Transactions in GIS", 17, no. 6, pp.847-860.
- FUCHS, C., (2011), Web 2.0, Prosumption, and Surveillance, "Surveillance & Society", 8, no. 3, pp.288-309.
- GOODCHILD, M. F., (2007), Citizens as sensors: the world of volunteered geography, "GeoJournal", 69, no. 4, pp.211-221.
- GOODCHILD, M. F., (2007b), Citizens as sensors: web 2.0 and the volunteering of geographic information, "GeoFocus" 7, pp.8-10.
- GREY, F., (2009), Viewpoint: The age of citizen Cyberscience, Cern Courier, 29, <http://cerncourier.com/cws/article/cern/38718>
- HAKLAY, M., BASIOUKA, S., ANTONIOU, V. e ATHER, A., (2010), How many volunteers does it take to map an area well? The validity of Linus' law to volunteered geographic information, "The Cartographic Journal" 47, no. 4, pp.315-322.
- HAKLAY, M., (2013), Citizen Science and volunteered geographic information: Overview and typology of participation, "Crowdsourcing Geographic Knowledge", pp.105-122.
- HAKLAY, M., (2010b), Geographical Citizen Science – Clash of Cultures and New Opportunities, "Proceedings

- Workshop on the Role of Volunteered Geographic Information in Advancing Science, GIScience”, pp.1-6.
- HEMYARI, P. E NOFZIGER, D. L., (1987), Analytical solution for punctual kriging in one dimension, “Soil Science Society of America journal”, 51, no. 1, pp.268-269.
- HOLT, B. G., RIOJA-NIETO, R., MACNEIL, M. A., LUPTON, J. e RAHBEK, C., (2013), Comparing diversity data collected using a protocol designed for volunteers with results from a professional alternative, “Methods in Ecology and Evolution”, 4.4, pp.383-392.
- IRWIN, A., (2001), Constructing the scientific citizen: science and democracy in the biosciences, “Public understanding of science”, 10.1, pp.1-18.
- IRWIN, A., (1995), Citizen science: A study of people, expertise and sustainable development, “Psychology Press”, pp.216
- LAKHANI, K. R., JEPPESEN, L. B., LOHSE, P. A. e PANETTA, J. A., (2007), The Value of Openness in Scientific Problem Solving, “Division of Research”, Harvard Business School, pp.1-57.
- LEGGE REGIONALE 1 DICEMBRE (1998), N.89. Norme in materia di inquinamento acustico, Bollettino Ufficiale Regione Toscana (BURT), 10 dicembre 1998, n.42.
- LÉVY, P., & BONOMO, R. (1999). Collective intelligence: Mankind's emerging world in cyberspace. Perseus Publishing, pp.277.
- LIETSALA, K. e JOUTSEN, A., (2007), Hang-a-rounds and true believers: A case analysis of the roles and motivational factors of the Star Wreck fans, in “MindTrek 2007 Conference Proceedings”, Tampere, Finland, Tampere University of Technology, pp.25-30.
- MAISONNEUVE, N., STEVENS, M. e OCHAB B., (2010), Participatory noise pollution monitoring using mobile phones, “Information Polity”, 15.1, pp.51-71.
- MAISONNEUVE, N., STEVENS, M., NIESSEN, M. E., HANAPPE, P. e STEELS, L., (2009), Citizen noise pollution monitoring, “Proceedings of the 10th Annual International Conference on Digital Government Research: Social Networks: Making Connections between Citizens, Data and Government, Digital Government Society of North America”, pp.96-103.
- O'REALLY, T., (2005), What is Web 2.0: Design patterns and business models for the next generation, O'Really Media, <http://oreilly.com/web2/archive/what-is-web-20.html>
- PARKER, C. J., MAY, A. e MITCHELL, V., (2013), The role of VGI and PGI in supporting outdoor activities, “Applied ergonomics”, 44.6, pp.886-894.
- PIANO COMUNALE DI CLASSIFICAZIONE ACUSTICA DEL COMUNE DI SIENA, (1999), Adozione: Del. C.C. n. 273 del 16/11/1999, Approvazione: Del. C.C. n. 121 del 30/05/2000, Pubblicazione B.U.R.T. n. 29 del 19/07/2000.
- PRESTOPNIK, N. R. e CROWSTON, K., (2011), Gaming for (citizen) science: exploring motivation and data quality in the context of crowdsourced science through the design and evaluation of a social-computational system “e-Science Workshops (eScienceW)”, 2011 IEEE Seventh International Conference on. IEEE, pp.28-33.
- RADDICK, M. J., BRACEY, G., GAY, P. L., LINTOTT, C. J., MURRAY, P., SCHAWINSKI, K., SZALAY, A. S. e VANDENBERG, J., (2010), Galaxy zoo: Exploring the motivations of citizen science volunteers, “Astronomy Education Review”, 9.1, pp.1-18.
- RIESCH, H., & POTTER, C. (2013). Citizen science as seen by scientists: Methodological, epistemological and ethical dimensions, “Public Understanding of Science”, pp.1-14.
- ROTMAN, D., PREECE, J., HAMMOCK, J., PROCITA, K., HANSEN, D., PARR, C., LEWIS, D. e JACOBS, D., (2012), Dynamic changes in motivation in collaborative citizen-science projects, “Proceedings of the ACM 2012 conference on Computer Supported Cooperative Work”, ACM, pp.217-226.
- SANCHEZ, C. A., BLOMER, J., BUNCIC, P., CHEN, G., ELLIS, J., QUINTAS, D. G., HARUTYUNYAN, A., GREY, F., GONZALEZ, D. L., MARQUINA, M., MATO, P., RANTALA, J., SCHULZ, H., SEGAL, B., SHARMA, A., SKANDS, P., WEIR, D., WU, J., WU, W. e YADAV, R., (2011), Volunteer Clouds and citizen cyberscience for LHC physics, “Journal of Physics: Conference Series”, vol. 331, no. 6, p. 062022. IOP Publishing, 2011, pp.1-11.
- SILVERTOWN, J., (2009), A new dawn for citizen science, “Trends in ecology & evolution”, 24, no. 9, pp.467-471.
- STEVENS, M. e D'HONDT, E., (2010), Crowdsourcing of pollution data using smartphones, “Workshop on Ubiquitous Crowdsourcing”, pp.1-4.
- STEVENS, M., (2012), Community memories for sustainable societies: The case of environmental noise, Doctoral thesis, Vrije Universiteit Brussel, pp.1-483.
- SUROWIECKI, J. e SILVERMAN, M. P., (2007), The wisdom of crowds, “American Journal of Physics” 75, no. 2, pp.190-192.
- SUROWIECKI, J., (2004), The Wisdom of Crowds: Why the Many are Smarter than the Few and How Collective, “Wisdom Shapes Business, Economies, Societies and Nations”, pp.295.