

UNIVERSITA' IUAV DI VENEZIA

SCUOLA DI DOTTORATO

Dottorato di Ricerca
in
Nuove Tecnologie & Informazione Territorio e Ambiente

Ciclo XXVI



SMART ENVIRONMENT

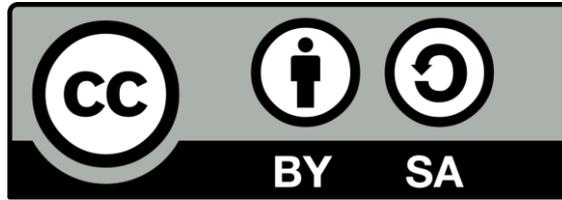
Infrastrutture di monitoraggio diffuso

Niccolò Iandelli

Relatore: Prof. Luigi Di Prinzio
Correlatore: Luca Menini

Dottorando: Niccolò Iandelli

Quest'opera è stata rilasciata con licenza:



Creative Commons Attribuzione - Condividi allo stesso modo 3.0

CC BY-SA 3.0

Una sintesi della licenza è disponibile al seguente link:

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it/>

Ad Anna e alla mia famiglia....

*Ero propenso alla contemplazione della natura,
traevo piacere dalla ricerca delle cause e degli effetti
e dalla dipendenza di una cosa dall'altra
e ritengo di aver sempre avuto una particolare curiosità
di guardare indietro verso le sorgenti e le origini delle cose.*

[Burnet, Gilbert - storico scozzese, 1722]

NICCOLO' IANDELLI



Laureato in Scienze Geologiche presso l'Università degli Studi di Firenze con una tesi sulla geologia e il carsismo del Monte Argentario e dei Colli di Capalbio, ha conseguito il Master Universitario di Secondo Livello dell'Università IAUV di Venezia in Sistemi Informativi Territoriali e Telerilevamento. Borsista *post-lauream* al Dipartimento di Scienze della Terra dell'ateneo fiorentino ha collaborato alla stesura di numerosi rapporti tecnici sul monitoraggio dell'erosione costiera impiegando tecniche di telerilevamento. Si è occupato di GIS ed elaborazioni di modelli 3D del terreno e del sottosuolo. Assegnista di Ricerca presso l'Università IUAV di Venezia si è occupato di “micro-dispositivi” applicati al monitoraggio ambientale e territoriale. Abilitato all'esercizio della Professione di Geologo, affianca all'attività di ricerca, l'attività di libero professionista nel campo della geologia, geotecnica, SIT, Geomatica e in generale nell'ICT applicate all'ambiente e al territorio.

INDICE

Introduzione	12
<i>Abstract</i>	14
<i>Struttura della tesi</i>	16
<i>Contesto dell'attività di ricerca</i>	17
<i>Note per la consultazione</i>	19
1 Smart City & Smart Environment.....	20
1.1 <i>Definizioni</i>	20
1.2 <i>Model & Sensing</i>	22
1.3 <i>Scenari</i>	24
2 Background Innovativo	26
2.1 <i>Processi di Innovazione Tecnologica e Dimensione Sociale</i>	26
2.1.1 Evoluzione della Tecnologia WEB.....	26
2.1.1.1 WEB 1.0, 2.0, 3.0 e oltre	26
2.1.1.2 La Pervasività della Rete	30
2.1.1.3 Il futuro di internet è sempre più mobile	32
2.1.2 Evoluzione Culturale	34
2.1.2.1 Digital Earth & Electronic Skin	34
2.1.2.2 L'Ambiente intelligente.....	37
2.1.2.3 Internet of Things.....	40
2.1.2.4 Eye on Earth	42
2.1.3 Dalle Community ai Makers	44
2.1.3.1 Community	45
2.1.3.2 Prosumer & Wikinomics	45
2.1.3.3 Sensor mania & Makers	48
2.2 <i>Articolazione dei Processi Innovativi in Corso</i>	52
2.2.1 Quadro di Riferimento	53
2.2.2 Piattaforme hardware.....	56
2.2.2.1 Arduino & Figli.....	56
2.2.2.2 Raspberry PI.....	61
2.2.2.3 Beagle Board.....	61
2.2.2.4 TinkerKIT.....	62
2.2.2.5 Udo Systems.....	63
2.2.2.6 Ayala Networks.....	64
2.2.3 Sensori.....	65
2.2.3.1 Meteo.....	65
2.2.3.2 Qualità Aria.....	69

2.2.3.3	Misure fisiche.....	76
2.2.4	Protocolli e Standard.....	79
2.2.4.1	L'evoluzione del Protocollo Internet (IPv6).....	79
2.2.4.2	Protocollo di Messaggistica per Sensori e Dispositivi Mobili	80
2.2.4.3	S.W.E. - Sensor Web Enablement.....	80
2.2.5	Progetti.....	82
2.2.5.1	EveryAware	82
2.2.5.2	London Air Quality Network	85
2.2.5.3	Reti e Stazioni di Monitoraggio Innovative per l'Ambiente	88
2.2.5.4	R-Map & Raspibo	90
2.2.5.5	WeSenseIt – Citizen Water Observatories	92
2.2.5.6	SmartCitizen	94
2.2.5.7	Monitoraggio Ambientale con Arduino	95
2.2.5.8	Monitoraggio Ambientale con Raspberry Pi.....	96
2.2.6	Start-up Innovative.....	98
2.2.6.1	Minteos-ENVEVE.....	98
2.2.6.2	Libelium.....	100
2.2.6.3	Sensaris	104
3	Prototipi di Model & Sensing	106
3.1	<i>Frammenti di Infrastrutture di Monitoraggio Diffuso.....</i>	<i>106</i>
3.1.1	Monitoraggio Partecipato, Sostenibilità e Sensori Personali	106
3.1.2	Esperienze di Erogazione di Location Based Services	119
3.1.3	Monitoraggio Multisensore in ambito urbano	126
3.1.4	Sistema di Early Warning per eventi franosi Debris-flow	138
3.1.5	Air Sensing Viamont.....	142
3.1.6	Reti Diffuse di Monitoraggio Meteo - Personal Weather Station	157
4	Conoscere e Agire per uno Smart Environment.....	161
4.1	<i>Confinamento</i>	<i>163</i>
4.1.1	La Domanda di Conoscenza.....	163
4.1.2	Un problema di scala.....	164
4.2	<i>Quadro di Connessione tra i Frammenti e Definizione dei Segmenti.....</i>	<i>165</i>
4.3	<i>I Segmenti dell'Infrastruttura</i>	<i>167</i>
4.3.1	Nuove Tecnologie – Oggetti Intelligenti	167
4.3.2	Connessione e Interconnessione di Oggetti Intelligenti	168
4.3.3	Software – Intelligenza e Procedure	169
4.3.4	Ecosistema – Persone, Comunicazione e Visualizzazione.....	170
4.3.5	Informazione a Valore Aggiunto	172
5	Considerazioni conclusive	174

6	Bibliografia.....	181
7	Web	184
	ALLEGATI.....	186
	<i>Esperienze e Prodotti maturati nel triennio dottorale.....</i>	<i>186</i>
	Pubblicazioni.....	186
	Seminari, Convegni e Conferenze.....	187
	Attività di supporto alla didattica	190
	<i>Ringraziamenti.....</i>	<i>192</i>

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni numerose esperienze di ricerca, sia a livello nazionale che internazionale, hanno impiegato sensoristica diffusa e tecniche di rilevamento immersivo individuando, di fatto, un nuovo settore di impiego di tecnologie per il monitoraggio del territorio e dell'ambiente in strico senso caratterizzato da una forte componente innovativa riconducibile al più ampio concetto di “*Smart City*”.

In particolare notiamo come l'innovazione culturale e il progresso tecnologico abbiano portato alla definizione di nuovi paradigmi legati al monitoraggio ambientale e del territorio ponendo le basi di quello che può essere definito “*Smart Environment*”, del quale l'evoluzione culturale e quella tecnologica sono appunto i due elementi distintivi.

Uno “*Smart Environment*” è sostanzialmente identificabile con un ambiente e/o un territorio in cui l'unione di diverse infrastrutture e strumenti di monitoraggio o di “*sensing*”, già esistenti, latenti o in divenire, collaborano per permettere a profili diversi di utenti l'accesso ad una serie di informazioni e temi che rappresentano le sue criticità e le sue peculiarità. In questo scenario è possibile individuare quel livello di “*intelligenza ambientale*” di fatto riconducibile al concetto di “*Smartness*”.

Dal punto di vista culturale il cambiamento è paradigmatico, in fase molto avanzata e proiettato ormai alla diffusione del concetto di monitoraggio pervasivo, nelle sue diverse connotazioni e applicazioni, aprendosi a scenari di intelligenza ambientale che portano a immaginare la possibilità di interazione degli utenti con l'ambiente e il territorio. Questa interazione può realizzarsi sia con la messa a sistema di un'infrastruttura di monitoraggio diffuso, sia con l'integrazione di diversi frammenti di infrastrutture esistenti, che rappresentano i componenti dell'ingranaggio complesso “*Smart Environment*” e che permettono al territorio stesso di manifestare le proprie criticità e peculiarità.

Sul versante tecnologico, l'elemento distintivo è una forte spinta evolutiva provocata dalla diffusione di molteplici soluzioni tecnologiche dedicate alla distribuzione sul territorio di punti di monitoraggio che penetrano a fondo in contesti complessi monitorandoli dall'interno. L'industria dell'elettronica mette a disposizione ogni giorno nuove soluzioni di componentistica avanzata, a costi contenuti, e sistemi open hardware, come Arduino, dotati di piattaforme software utilizzabili da chiunque abbia una minima conoscenza informatica di base. Queste soluzioni permettono di realizzare sistemi di monitoraggio a costi contenuti che possono essere diffusi sul territorio per osservare e misurare diversi parametri e comprendere meglio alcune dinamiche che si sviluppano nell'ambiente che ci circonda.

Come già accennato, questo recente sviluppo tecnologico hardware, accelerato dalla disponibilità di oggetti miniaturizzati e piattaforme con elevata capacità di calcolo dalle dimensioni ridotte e costi contenuti, unito allo sviluppo e diffusione della connettività (intesa come pervasività della rete Internet) rappresenta un primo passo verso quanto teorizzato in concetti quali l'“*Ambient Intelligence*”, l'“*Internet delle*

cose” sino al “Monitoraggio pervasivo”, “Digital Earth” e l’”Electronic Skin”. Ciò che appare oggi più chiaro è che, in riferimento a quanto ormai teorizzato da diversi anni sulle reti di sensori, la realizzazione fisica di questi sistemi si è progressivamente tramutata da cosa possibile a terreno di prototipazione spinta, e sta rapidamente volgendo verso l’ingegnerizzazione.

L’obiettivo ultimo di questo lavoro di tesi è l’identificazione e l’analisi dei diversi segmenti che possono comporre un’infrastruttura di monitoraggio diffuso e che sono quindi elementi necessari nella realizzazione di prototipi di “*Smart Environment*”: l’approccio concettuale adottato - di tipo “*model & sensing*” - ha permesso di formulare alcune architetture tipo che possono portare alla realizzazione di un sistema infrastrutturale complesso.

Al fine di perseguire questo obiettivo, si è affrontata una prima fase di approfondita analisi del background tecnologico e culturale e di descrizione in dettaglio dei processi innovativi in corso. Quest’analisi è stata successivamente correlata ad una serie di esperienze e attività afferenti alle diverse declinazioni del monitoraggio ambientale.

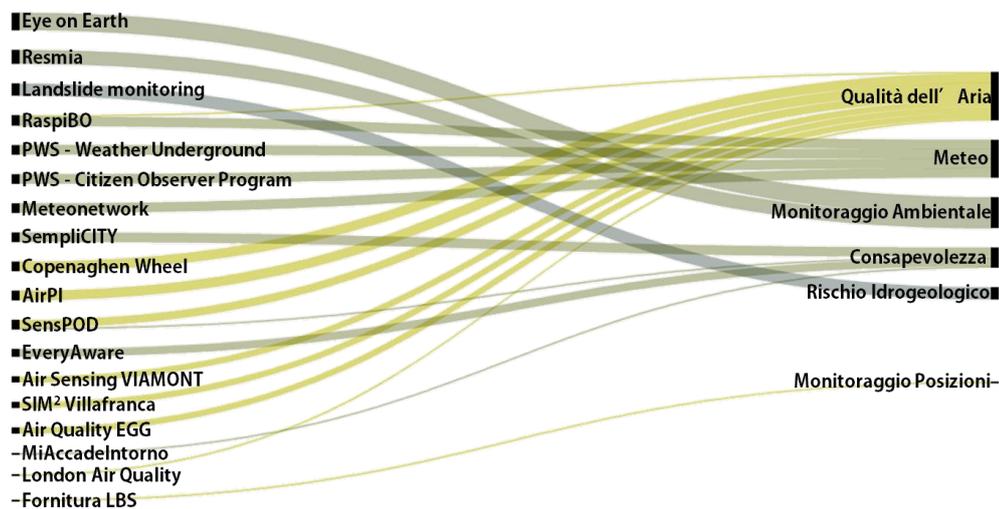


FIGURA 1 – RELAZIONE TRA: PROGETTI, ATTIVITÀ REALIZZATE E AREE TEMATICHE.

Un insieme consistente di casi di studio analizzati ed esperienze maturate è legato al monitoraggio della qualità dell’aria, un secondo insieme riguarda invece sistemi di monitoraggio di parametri meteo, un terzo è infine legato al tema della “consapevolezza”. A quest’ultimo tema appartengono progetti e sistemi in grado di far percepire all’utente le condizioni ambientali circostanti (condizioni spesso legate, per i progetti analizzati, alla qualità dell’aria). Sono state inoltre affrontate, seppur marginalmente, le importantissime tematiche del rischio idrogeologico e della fornitura di servizi *location based* con l’impiego di smartphone.

Quanto sopra descritto, ha permesso di ottenere un quadro relativamente organico sulla tematica “Smart Environment”, identificando la presenza di infrastrutture già esistenti, evidenziando criticità e punti chiave necessari per un ulteriore sviluppo di infrastrutture di monitoraggio diffuso e definendo un primo disegno infrastrutturale

composto sostanzialmente da cinque segmenti: a) oggetti “intelligenti”; b) connettività; c) procedure; d) ecosistema persone; e) informazione a valore aggiunto.

I cinque segmenti dello “Smart Environment” costituiscono una filiera completa e determinano, di fatto, le componenti di una infrastruttura di monitoraggio diffuso; il sistema di monitoraggio ambientale “Smart” sarà dunque formato da un consistente numero di oggetti intelligenti interconnessi in rete ai quali vengono applicate procedure e software finalizzati alla comprensione di dinamiche complesse ovvero, alla trasformazione della misura in informazione. Le diverse informazioni costituiscono un quadro di conoscenza condiviso, specificatamente rivolto ai diversi profili dei soggetti coinvolti sfruttando le tecniche di diffusione e visualizzazione più efficaci. L'intera filiera porta alla costruzione di nuova conoscenza – a valore aggiunto – destinata a sua volta ad integrare il quadro di conoscenza generale e a supportare i processi decisionali.

ABSTRACT

In recent years many research experiences, both nationally and internationally, have employed diffuse sensors networks and pervasive sensing techniques identifying a new area of application of technologies for land and environment monitoring characterized by a strong innovative component that can be attributed to the wider concept of “Smart City”.

Particularly, we can note how cultural innovation and technological progress have led to the definition of new paradigms related to environmental and land monitoring, laying in this way the foundation of what can be called "Smart Environment", of which the technological and cultural evolution are the two distinctive elements.

A "Smart Environment" is substantially identifiable with an environment and/or an area in which the union of different infrastructures and monitoring or "sensing" tools, already existing or latent, or in progress, cooperate to enable different users profiles to access to a range of information and themes representing its criticalities and its peculiarities. In this scenario it is possible to identify that level of "ambient intelligence" that goes back to the concept of "Smartness".

From the cultural point of view the change is paradigmatic, in a very advanced stage and is oriented to spread the concept of pervasive monitoring, in its various connotations and applications, opening up to ambient intelligence scenarios that lead to imagine the possibility of users interaction with the environment and territory. This interaction can be realized whether with the development of an infrastructure monitoring system or with the integration of different pieces of existing infrastructures, which represent the components of the complex gear "Smart Environment" and which allow the territory to manifest itself own problems and peculiarities.

On the technological side, the distinctive element is a strong evolutionary thrust caused by the spread of multiple technology solutions oriented to the spatial

distribution of monitoring points that penetrate deeply in complex contexts monitoring them from inside. The electronics industry offers every day new solutions of advanced components, at low cost, and open hardware systems such as Arduino, with software platforms that can be used by anyone with minimal computer knowledge base. These solutions allow the creation of monitoring systems at low costs that can be spread over the territory to observe and measure various parameters and better understand some of the dynamics arising in the environment that surrounds us.

As already mentioned, this recent technological hardware development, accelerated by the availability of miniaturized objects and platforms with high computing capacity with reduced size and cost, and combined with the development and spread of connectivity (defined as the pervasiveness of the Internet), is a first step towards what theorized in concepts like "Ambient Intelligence", "Internet of things" to the "pervasive monitoring", "Digital Earth" and "Electronic Skin". What seems clear is that today, in reference to what is now theorized by several years on sensor networks, the physical implementation of these systems has gradually turned from something possible to realize to prototyping, and is quickly coming to the engineering .

The ultimate aim of this thesis is the identification and analysis of the different segments that can compose an infrastructure for pervasive monitoring and which are therefore necessary elements in making prototypes of Smart Environment: the conceptual approach adopted - of "model & Sensing" - has allowed us to formulate some architectures that can lead to the creation of a complex infrastructure system.

In order to achieve this goal, an initial in-depth analysis of the technological and cultural background and a detailed description of innovative in progress-processes have been carried out. This analysis was subsequently linked to a variety of experiences and activities related to the different aspects of environmental monitoring.

A consistent set of case studies and experiences is related to air quality monitoring, a second set concerns systems of monitoring meteorological parameters, a third is linked to the "awareness" theme. To the latter theme belong projects and systems that are able to perceive the environmental conditions surrounding the user (often related conditions, for the analyzed projects, to air quality). Have also been examined, even if marginally, the very important issues of landslide risk and the provision of location based services with the use of smartphones.

What described above, has resulted in a relatively organic research on "Smart Environment", identifying the presence of existing infrastructure, highlighting critical issues and key points for further development of infrastructure monitoring and defining a first infrastructural drawing consisting essentially in five segments: a) "intelligent" objects, b) connectivity, c) procedures d) people ecosystem e) value-added information.

The five segments of "Smart Environment" form a complete chain and determine the components of a pervasive monitoring infrastructure; the "Smart environment monitoring system" will therefore be made up of a large number of networked smart objects to which procedures and software, aimed at understanding the complex dynamics and at the transformation from the measure to useful information, are applied. The different information compose a framework of shared knowledge specifically oriented to different user profiles of those involved using the more effective techniques of diffusing and displaying. The entire process leads to the construction of new - value added - knowledge destined to integrate the framework of general knowledge and to support decision making.

STRUTTURA DELLA TESI

Il presente lavoro di tesi è strutturato in cinque sezioni, la struttura è riportata nello schema in figura 2. Nella prima sezione vengono fornite le definizioni e chiarito il rapporto tra i concetti di "Smart City" e "Smart Environment", viene inoltre definito l'approccio concettuale e introdotti alcuni scenari che inquadrano la tematica.

Nella seconda sezione, conoscitiva, viene definito il background innovativo, composto dall'evoluzione tecnologica e culturale che ha posto le basi per quello che viene definito lo "Smart Environment". A questa sezione appartiene anche la declinazione dei processi innovativi in corso, siano questi di tipo tecnologico (piattaforme di prototipazione hardware e sensoristica), o progetti di ricerca che si sono sviluppati in questa direzione. Completa il background innovativo una breve monografia di alcune start-up innovative, legate alla tematica, che si sono sviluppate recentemente.

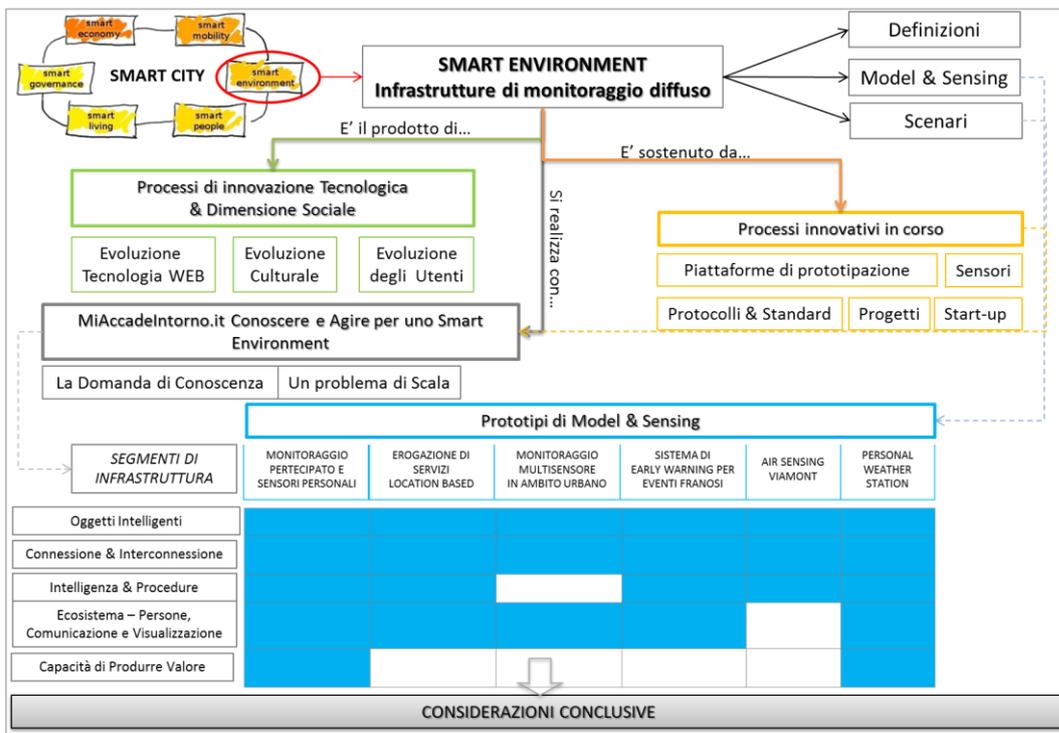


FIGURA 2 –STRUTTURA DELL'ELABORATO DI TESI

La terza sezione è volta a riportare le monografie delle diverse attività realizzate nel triennio dottorale. Attività che rappresentano dei prototipi e degli esempi legati al tema del monitoraggio ambientale e territoriale realizzato impiegando nuove tecnologie e nuovi paradigmi. La sezione conclusiva si compone di due sotto parti, la prima ha l'obiettivo di fornire la descrizione di una proposta metodologica per la realizzazione di infrastrutture di "Smart Environment"; la seconda riporta le considerazioni conclusive.

In allegato viene riportato l'elenco e la descrizione breve delle esperienze e dei prodotti maturati nel triennio dottorale, suddivisi in pubblicazioni, seminari, convegni, conferenze e attività di supporto alla didattica.

CONTESTO DELL'ATTIVITÀ DI RICERCA

L'attività di ricerca si è svolta all'interno del Dottorato in Nuove Tecnologie e Informazione Territorio e Ambiente, del Ciclo XXVI° della Scuola di Dottorato dell'Università IUAV di Venezia. Il dottorato è fortemente orientato all'integrazione, allo sviluppo e all'utilizzo dei nuovi sistemi dell'*Information Technology* applicati alle tematiche del modello concettuale *Smart City*. Modello composto da sei categorie tematiche principali: *Smart Economy*, *Smart Mobility*, *Smart Environment*, *Smart People*, *Smart Living*, *Smart Governance*. All'interno di queste categorie si possono collocare le attività di ricerca svolte dai dottorandi, attività che presentano alcuni punti di interesse comune tra due o più ricercatori. Si identificano infatti 5 aree tematiche e 17 linee di ricerca specifiche che interessano una o più attività di ricerca e i 5 dottorandi. Di seguito vengono evidenziate le connessioni tra il presente lavoro, le aree tematiche del dottorato, le linee di ricerca e i gli altri dottorandi del XXVI° ciclo.

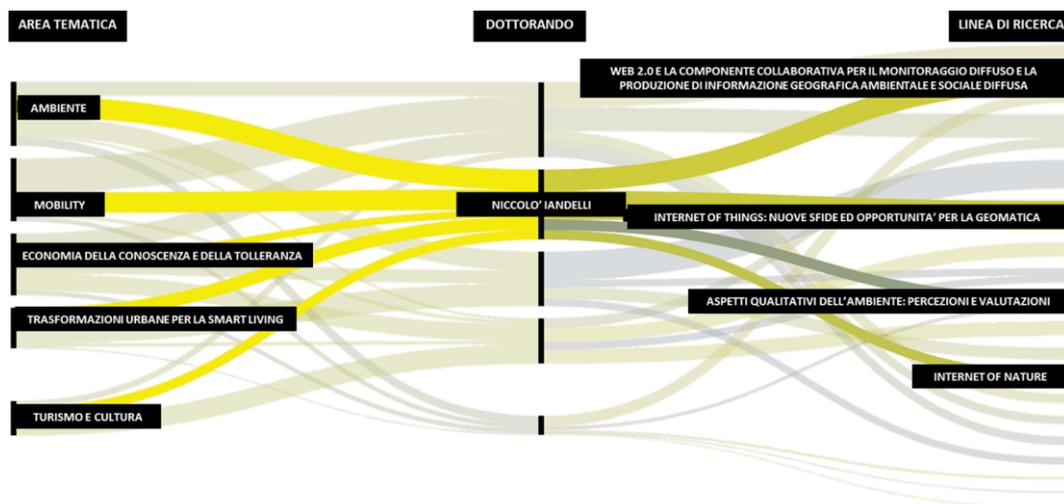


FIGURA 3 – RELAZIONE TRA AREA TEMATICA, DOTTORANDO E LINEA DI RICERCA SPECIFICA.

Il mio percorso di dottorato ha riguardato tutte e 5 le aree tematiche, con approfondimenti che hanno riguardato soprattutto l'ambiente e le trasformazioni urbane per la "Smart Living"; a margine sono stati toccati argomenti relativi alla

mobilità e al turismo. Le linee di ricerca specifiche principali si inquadrano all'interno delle categorie “*Internet of Nature*”, “*Internet of Things*”, “Aspetti qualitativi dell’ambiente: percezione e valutazioni” e “Web 2.0 e componente collaborativa”. Analizzando le connessioni tra linee di ricerca con gli altri dottorandi si nota che si realizzano dei punti di contatto con le aree di ricerca della Dott.ssa Rebeschini e della Dott.ssa Ragnoli.

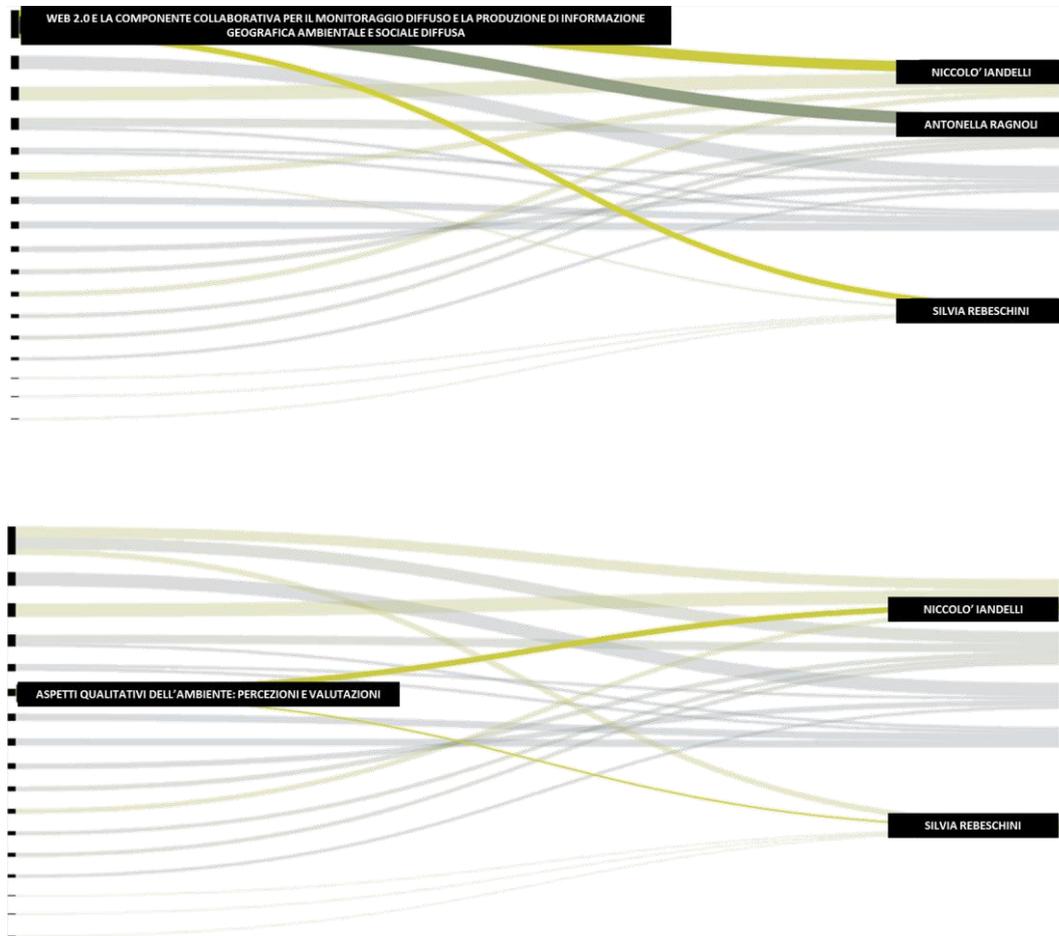


FIGURA 4 - CONNESSIONI CON GLI ALTRI DOTTORANDI.

Connessioni che hanno riguardato tematiche legate agli aspetti qualitativi dell’ambiente e alla percezione e valutazione della qualità dello stesso e tematiche legate al concetto di web 2.0 e alla creazione partecipata di informazione geografica.

NOTE PER LA CONSULTAZIONE

All'interno del lavoro di tesi sono presenti alcuni contenuti multimediali, infografiche interattive, immagini ad alta risoluzione e siti web che non sono apprezzabili e non ne vengono sfruttate le potenzialità in una stampa cartacea. Per agevolare l'uso di tali elementi ed evidenziare quelle componenti di informazione estesa utili all'interno del processo di ricerca sono presenti, all'interno del testo, link ai contenuti estesi organizzati come segue:



1 SMART CITY & SMART ENVIRONMENT

1.1 DEFINIZIONI

Il termine *Smart City* è divenuto in questi ultimi anni particolarmente diffuso, una delle prime definizioni è quella che viene data dall'istituto Frost & Sullivan¹, nel 2011 che definiscono le *Smart Cities* come un “ambiente urbano interconnesso con i cittadini che conducono uno stile di vita completamente digitalizzato”. IBM² include le *Smarter Cities* all'interno del concetto più vasto di *Smarter Planet*, un pianeta più intelligente, tecnologico e interconnesso. L'IBM crede che l'intelligenza possa essere introdotta nei sistemi e nei processi che fanno già funzionare il mondo, all'interno di dispositivi che non potremmo certo considerare computer: auto, elettrodomestici, autostrade, reti elettriche, abiti, perfino sistemi integrati con la natura come l'agricoltura o le reti idriche. Le *Smarter Cities* di IBM sono caratterizzate dall'intelligenza applicata a diverse tematiche quali: Mobilità, Sostenibilità, Sanità, Territorio, Istruzione e sicurezza urbana.



FIGURA 5 - SMARTER CITIES - IBM. (DA WWW.IBM.COM)

In Europa la definizione più condivisa viene data da un team il cui capofila è il Centre of Regional Science dell'University of Technology di Vienna, che coordina l'OTB Research Institute of Housing, Urban and Mobility Studies dell'University of

¹ FSI- www.frost.com - Frost & Sullivan Institute (FSI) è una organizzazione non-profit dedicata a promuovere l'innovazione per affrontare le sfide globali.

² International Business Machines Corporation è un'azienda statunitense, tra le maggiori al mondo nel settore informatico. www.ibm.com.

Technology di Delft e il Dipartimento di Geografia dell'Università di Ljubljana. Il modello proposto classifica come “*Smart City*” quelle città (figura 7) che presentano ottime performance in sei indicatori, (figura 6) il punteggio di ogni indicatore è derivato dalla combinazione “intelligente” tra dotazioni, partecipazione, indipendenza e consapevolezza dei cittadini.

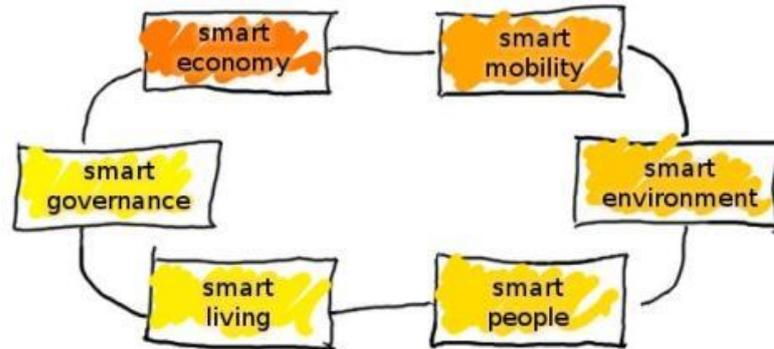


FIGURA 6 - COMPONENTI DI SMART CITY SECONDO IL METODO DI RATING EUROPEO.

Il Prof. Rudolf Giffinger, responsabile del progetto, definisce “*smart*” quella città che, basandosi sulla combinazione tra i dati di fatto locali e le attività realizzate da parte dei politici, dell'economia e degli abitanti stessi, presenta uno sviluppo duraturo nel tempo, delle sei caratteristiche peculiari: *Economy, Mobility, Governance, Living, People and Environment* (CRS - Vienna University of Technology 2013).



FIGURA 7 - CITTÀ CLASSIFICATE "SMART" DAL SISTEMA PROPOSTO DA SMART-CITIES.EU



www.smart-cities.eu



Risulta difficile individuare una definizione univoca e condivisa di “*Smart City*”, il modello concettuale dominante vede la tecnologia e l'innovazione come fattori

abilitanti necessari per costruire l'infrastruttura. Tale modello però viene talvolta contaminato e punta l'attenzione sui "servizi" che poggiano su questa rete infrastrutturale materiale. In generale, con il termine "*Smart City*" si può definire un territorio urbano e non che, grazie all'uso diffuso e pervasivo di tecnologie evolute (non solo ICT³), è in grado di affrontare in modo innovativo e integrato una serie di problematiche e di bisogni. Il concetto racchiude, in parte, i temi precedentemente trattati, dalla "*Digital Earth*" alla "*Digital Skin*", sino all'"*Internet of Things*", stringendo il campo di applicazione al contesto urbano e ponendo l'attenzione sull'efficienza del sistema città nel suo complesso di attività.

Partendo da concetti presenti nella definizione di "*Smarter Planet*" di IBM e negli indicatori di performance dell'Università di Lubiana si può definire, per gli scopi di questa tesi, il concetto di "*Smart Environment*" come intelligenza e innovazione applicata al territorio e all'ambiente al fine di comprendere le caratteristiche, le criticità e le opportunità di un'ambiente e un territorio.

I processi innovativi tecnologici e culturali che caratterizzano uno *Smart Environment* sono volti all'integrazione di risorse esistenti, latenti o *in fieri* e hanno lo scopo di realizzare un contesto strutturato che permetta di raggiungere determinati livelli di conoscenza condivisa, diffusa e partecipata.

1.2 MODEL & SENSING

L'approccio che si adotta nella definizione delle infrastrutture di *Smart Environment* è quello che fa riferimento a due strutture concettuali: Model & Sensing. (Borga 2014)

In questi due concetti fondamentali si struttura buona parte dell'attività di ricerca del gruppo di ricerca in "Nuove Tecnologie & Informazione Territorio Ambiente" di cui il dottorato è parte integrante. Nell'ambito di tale gruppo di ricerca i concetti sono stati declinati in più aspetti e coinvolgono, trasversalmente più percorsi di ricerca. Nell'ambito di questo lavoro di tesi tali concetti vengono descritti nell'accezione legata all'ambiente e al territorio. Uno *Smart Environment* è l'attuazione delle due componenti concettuali principali, la parte *model* e la parte di *sensing*.

Il concetto di "*Model*" si basa sulla necessità di avere un modello virtuale, in questo caso dell'ambiente e del territorio, sui cui avvengono i processi e le interazioni antropiche. Il modello può essere realizzato impiegando tecnologie, strumenti e metodologie che permettano di ricostruire le condizioni morfologiche dell'ambiente e del territorio di riferimento. Appartengono a questa area le tecnologie di scansione laser, siano esse da aereo, da terra, su imbarcazione o su altri mezzi dedicati al rilevamento delle peculiarità del territorio; le tecnologie e le metodologie del telerilevamento (sia questo ottico o radar) e, soprattutto, la capacità di gestire, elaborare e comprendere strati informativi con informazioni tridimensionali.

³ - ICT: Information Communication Technology.

Avere a disposizione ricostruzioni virtuali realistiche dell'ambiente che ci circonda, con periodici aggiornamenti, permette di avere una base, un modello appunto, su cui vengono simulati i processi e le interazioni antropiche. Il concetto di "Model" non è un concetto nuovo nei processi di comprensione e analisi dei fenomeni naturali, quello che è da considerare come innovativo è l'effettiva capacità di uso di questi dati e il fatto che produrre questi modelli non è il fine ultimo, il fine ultimo è l'integrazione del "Model" con il "Sensing".

Il concetto di "Sensing" racchiude entrambe le traduzioni disponibili: rilevazione e percezione. La realizzazione del primo termine è affidata alle tecnologie di monitoraggio che, sostenute da impulsi di innovazione tecnologica, sono sempre più performanti, contenute, efficienti e distribuibili sul territorio. Reti di tele-monitoraggio, reti di sensori, centraline multi-parametriche diffuse sul territorio e controllate o controllabili da remoto. Edifici pubblici e privati dotati di sistemi di domotica e sensoristica di parametri ambientali. Tutto questo concorre a definire il concetto di "sensing". La possibilità di connettere questi oggetti "rilevatori" grazie alla pervasività della rete internet o di altre forme di connessione permette di definire l'ambiente e il territorio un ambiente interconnesso su cui si possono diffondere "punti" di misura che vanno poi a comporre il *sensing*. Una seconda componente del *sensing* è rappresentata dalla percezione e in particolare dalla percezione della cittadinanza, della popolazione, che può dotarsi di strumenti di *sensing* per collaborare alla misura dell'ambiente e del territorio.

Nel lavoro di tesi che si sviluppa di seguito saranno approfonditi maggiormente gli aspetti propri del *sensing*, sia a livello di reti di sensori che a livello di partecipazione e diffusione della misura.

1.3 SCENARI

L'ambiente, sia esso rappresentato da un contesto urbano, rurale o naturale, sta evolvendo in uno spazio interconnesso in cui sistemi di reti di monitoraggio, dalle dimensioni più varie, distribuiti sul territorio permettono di diffondere punti di acquisizione, di misura e di monitoraggio. I flussi di dati provenienti da queste reti possono essere integrati e organizzati per alimentare quadri e basi di conoscenza condivise. L'integrazione del flusso di dati proveniente da queste infrastrutture trasforma il territorio in una piattaforma di integrazione (figura 8).

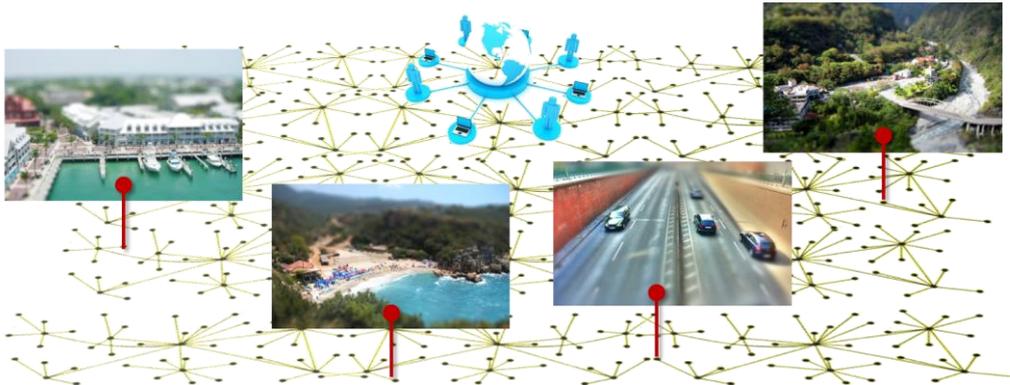


FIGURA 8 – RAPPRESENTAZIONE DELL'INTERCONNESSIONE DEL FLUSSO DI DATI PROVENIENTE DA DIVERSE INFRASTRUTTURE: IL TERRITORIO IN UNA PIATTAFORMA DI INTEGRAZIONE.

Piattaforma che può ospitare sistemi di misura e monitoraggio che hanno la caratteristica fondamentale di penetrare a fondo in contesti complessi e analizzare i fenomeni dall'interno, diventando contestualmente sistemi multi-scala che permettono la misura di un fenomeno in un luogo e in un determinato momento. Misura che può essere diffusa e condivisa in tempo reale.

Gli scenari applicativi (figura 9) legati all'opportunità di rendere intelligente l'ambiente sono molteplici. A scala urbana si possono ipotizzare applicazioni legate alla misura e alla percezione delle attività antropiche in senso lato (viabilità, parcheggi, rumore, illuminazione intelligente, gestione dei rifiuti, monitoraggio strutturale di edifici, qualità dell'aria); uscendo dal contesto urbano più stretto si possono realizzare sistemi di monitoraggio legati ai rischi e alle criticità naturali, sistemi di *early warning* per incendi, frane, livelli idrometrici e alluvioni, terremoti. Aumentando ulteriormente la scala si possono implementare sistemi di misura delle condizioni meteorologiche locali e regionali, gestire attività legate all'agricoltura sino ad arrivare alla gestione di flussi di traffico o di flussi idraulici.

La rilevazione di un determinato fenomeno, la sua misura o la "percezione" che stia avvenendo un fenomeno avviene in un luogo, in un determinato momento e grazie ad uno *Smart Environment* è diffusa e condivisa in "tempo reale".

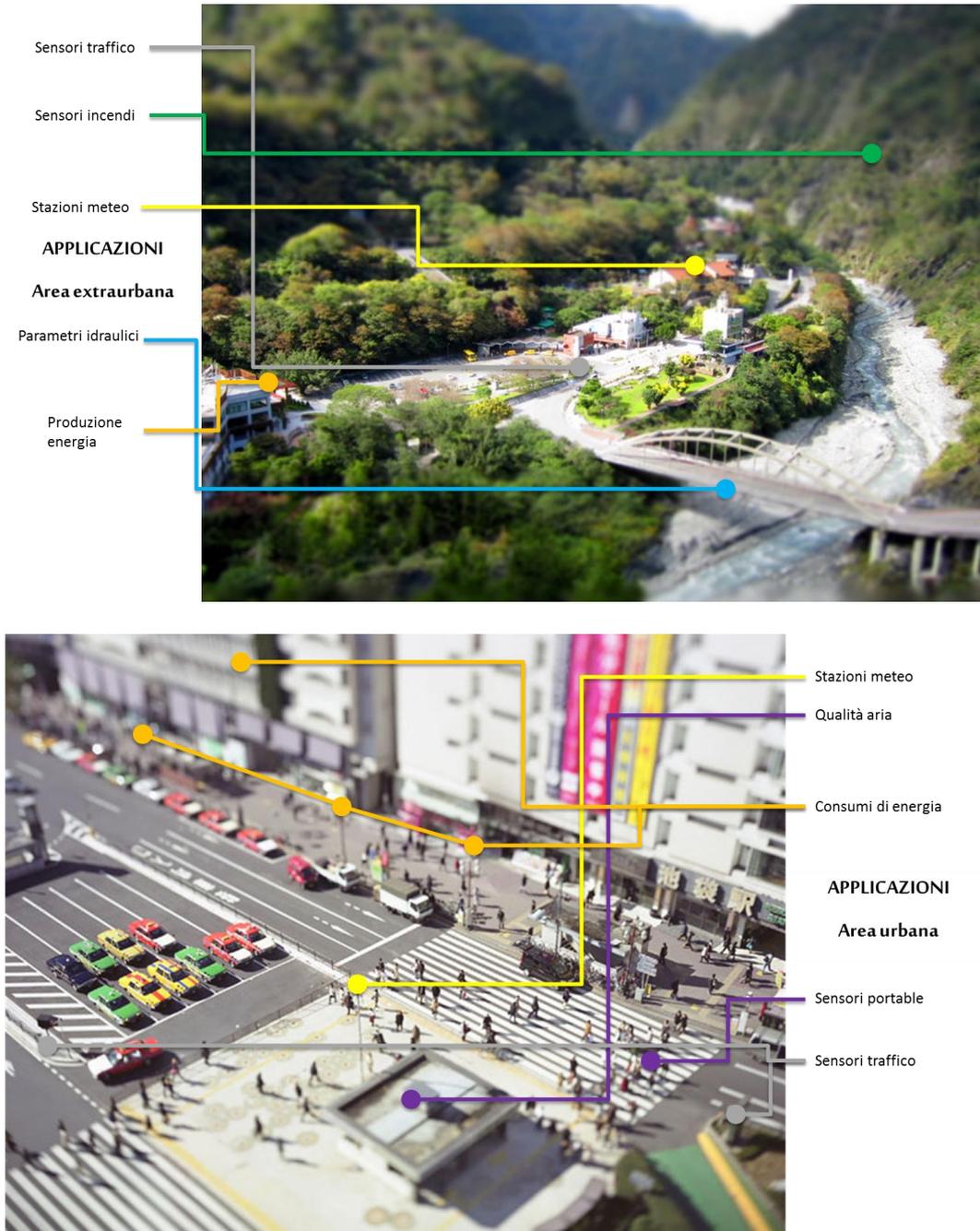


FIGURA 9 – EESMPI DI SCENARI APPLICATIVI.

2 BACKGROUND INNOVATIVO

Realizzare un'infrastruttura di monitoraggio diffuso che sia la base per realizzare uno *Smart Environment* parte necessariamente dall'analisi del *background* innovativo, concettuale e culturale necessaria per lo sviluppo e la comprensione dei capitoli successivi.

2.1 PROCESSI DI INNOVAZIONE TECNOLOGICA E DIMENSIONE SOCIALE

Partendo dall'evoluzione della rete internet e della connettività, che assumono un ruolo di tecnologie abilitanti, si passa a definire il concetto di “*Digital Earth*”, introdotto da Al Gore nel 1998, e vengono affrontate tematiche legate all'ambiente intelligente, all'“Internet delle Cose”, per poi passare a definire il ruolo degli utenti. Ruolo che ha attraversato diverse suggestioni culturali quali le *community*, i *prosumer* e i *maker*. I concetti sono riportati con un grado di approfondimento che si ritiene sufficiente ai fini del presente lavoro, sono comunque presenti i riferimenti per approfondire le tematiche qui introdotte e sintetizzate.

2.1.1 EVOLUZIONE DELLA TECNOLOGIA WEB

2.1.1.1 WEB 1.0, 2.0, 3.0 E OLTRE....

E' necessario fare una piccola introduzione al tema di questo paragrafo. Per gli scopi di questa tesi con il termine “rete” si considera genericamente internet e il web, intesi come sinonimi e il cui significato è quello di connettere oggetti e persone ad un flusso dinamico di informazioni distribuite a livello globale. Non riporterò qui la storia e lo sviluppo della rete e del web ma è necessario percorrerne brevemente l'exkursus storico.

Il padre fondatore del web si identifica con Tim Berners-Lee e la data di nascita viene definita in corrispondenza della definizione del *World Wide Web*, un sistema per la condivisione di informazioni in ipertesto del 1990 sviluppato presso il CERN (Centro Europeo per la Ricerca Nucleare). La messa a punto di questo protocollo, comunemente conosciuto come “www”, è solo l'ultimo passo di un percorso, talvolta visionario e utopico, iniziato già negli anni '30 con la teorizzazione di “Memex”⁴ di Vannevar Bush, altro passo fondamentale, nel 1968 è lo sviluppo dell'“OnLine System”⁵ di Douglas Engelbart: primo sistema dotato di interfaccia grafica da usare con un nuovo strumento, il mouse (figura 10).

⁴ NEMEX - Il memex è un calcolatore analogico dotato di un sistema di archiviazione, ideato dallo scienziato e tecnologo statunitense Vannevar Bush negli anni trenta e mai realizzato, da molti considerato il precursore del personal computer e degli ipertesti. Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.

⁵ NLS - L'on Line System (NLS) è un rivoluzionario ambiente software progettato da Douglas Engelbart alla fine degli anni sessanta. NLS aveva lo scopo di facilitare l'attività di scienziati e professionisti la cui attività comportava la soluzione cooperativa di problemi complessi; a questo scopo, NLS introduceva un ricco insieme di meccanismi di condivisione delle informazioni. Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.



FIGURA 10 - IMMAGINE DELL'ONLINE SYSTEM DI DOUGLAS ENGELBART. LA NASCITA DEL MOUSE. DA WIKIPEDIA.

Nel 1990 viene messo a punto il protocollo *HTTP* e una prima specifica del linguaggio *HTML*, sulla base dei quali sono stati realizzati un primo programma browser/editor ipertestuale per il *www*, utilizzato all'interno del CERN nel 1991. La rete nasce quindi nella mente e nelle utopie di tante persone nei primi anni sessanta e ha un lento sviluppo che dura circa un trentennio, figura 11, legato soprattutto a difficoltà tecnologiche. Velocità di sviluppo che accelera rapidamente dal 1990 al 1995 con la “distribuzione” della tecnologia di accesso al web, data in cui per la massa, per le imprese e per il mondo nel complesso, Internet nasce effettivamente; da allora lo sviluppo non si è interrotto.

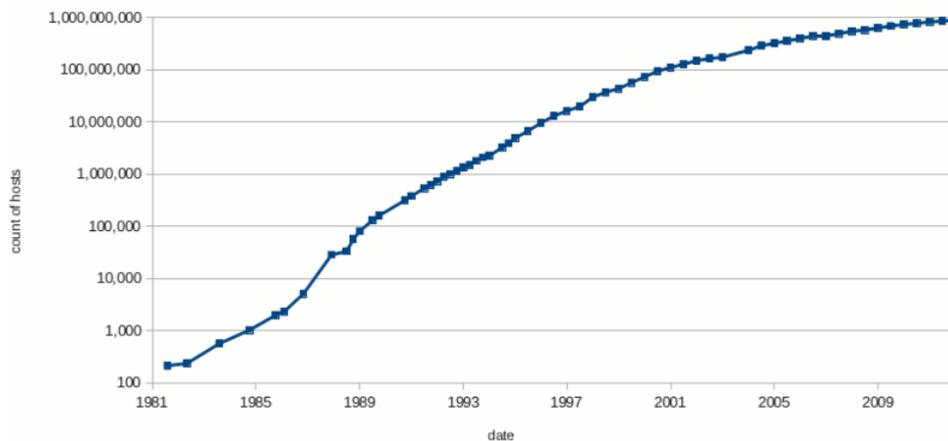


FIGURA 11 – SVILUPPO DEGLI HOST INTERNET 1981-2012. DA WWW.ICS.ORG.

Il web si è evoluto non solo dal punto di vista della maturazione tecnologica, strettamente legata al miglioramento in termini, ad esempio, di velocità e qualità della connettività, ma ha subito una crescita culturale profonda che ha radicalmente cambiato il modo di creare e fruire i contenuti. L'evoluzione viene etichettata con una notazione molto simile a quella che si dà alle successive versioni di un software, con un progressivo numerico; si parla infatti di WEB 1.0, WEB 2.0, WEB e oltre....

Non è obiettivo di questa tesi approfondire tali argomenti, tuttavia risulta necessario introdurre e spiegare alcuni termini. Ci limitiamo qui a tracciare le peculiarità che caratterizzano le diverse definizioni di web.

Con il termine WEB 1.0, si intende la pubblicazione dei contenuti su pagine statiche. Il “sito web” è una “un portale statico, una vetrina” dentro la quale sono riportati dei contenuti/informazioni. Si parla di “ipertesto”, con immagini e informazioni fisse nel tempo o meglio sino a quando il proprietario del portale web non modifica alcune informazioni/contenuti. Il fruitore di questo tipo di informazioni è passivo, legge, consulta ma non c’è interazione. Attualmente il 70% degli utenti è ancora abituato a questo tipo di navigazione.

Il termine WEB 2.0 venne coniato da Tim O’Reilly alla prima conferenza sul web 2.0 (O’Reilly 2005). Per la prima volta si iniziò a dare grande importanza all’usabilità e al modo di condividere i contenuti. Le pagine sono dinamiche e aperte ad accettare i contributi di più “editor”. Ogni utente, non più solamente il proprietario dello spazio web, può, con degli strumenti software, arricchire di contenuti la pagina del sito. Nascono le comunità che cooperano alla creazione dell’informazione condivisa come ad esempio “Wikipedia”. E’ il boom dei blog, dei forum e delle *community online*, dei *social network*. Il web non è più una vetrina di informazioni e capacità, una sorta di pubblicità multimediale, ma diventa un luogo di discussione, di incontro e di creazione di contenuti in modo diffuso. Il web 2.0 ha rappresentato una vera e propria rivoluzione.

L’evoluzione, già in fase avanzata, è quello che viene già definito il WEB 3.0. Un web caratterizzato da interoperabilità e servizi innovativi, servizi SAS (Software As a Service), Internet of Things, Semantic Web. Ci sarà un sempre più massiccio impiego di intelligenze artificiali, grazie ad algoritmi sempre più sofisticati, che permetteranno un orientamento migliore in una rete sempre più affollata e densa di contenuti creati da utenti ma anche da oggetti e da sensori, che interagiranno.

Un’ulteriore evoluzione è quella caratterizzata dalla realizzazione di software intelligenti che utilizzano dati semantici, in grado di manipolare i dati più efficientemente, che permetteranno di predire esigenze dei consumatori o proporre soluzioni a problemi prima che questi siano manifesti. Il tutto sarà basato sull’enorme mole di dati che sono in costante aumento e sempre più condivisi a causa del continuo sviluppo della vita digitale di ogni individuo ma anche per la presenza di oggetti che condivideranno sempre più informazioni, figura 12.

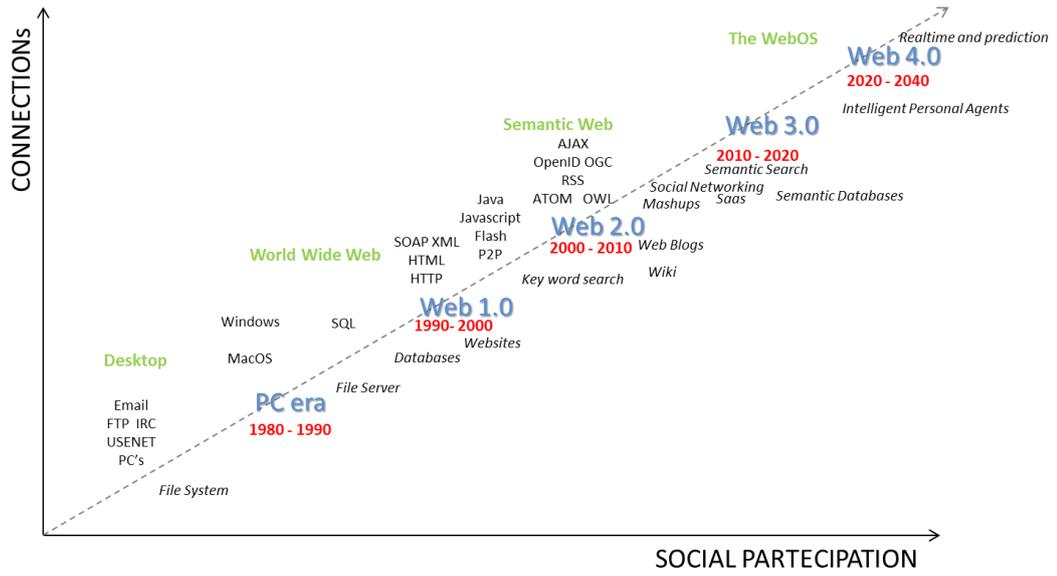


FIGURA 12 - EVOLUZIONE DEL WEB E DEI SERVIZI ASSOCIATI. DA RADARNETWORKS.COM, RIDISEGNATA.

2.1.1.2 LA PERVASIVITÀ DELLA RETE

Una fotografia della “distribuzione” della connettività, della rete e degli utenti connessi a livello mondiale può essere fatta attraverso i dati dell’ultimo rapporto a cura dell’International Telecommunication Union (ITU⁶).

Utenti Internet per macro aree geografiche			
	2005^b	2010^b	2013^{a,b}
Africa	2%	10%	16%
America (Nord e Sud)	36%	49%	61%
Stati Arabi	8%	26%	38%
Asia e Pacifico	9%	23%	32%
Altri stati (Commonwealth e stati indipendenti)	10%	34%	52%
Europa	46%	67%	75%

^a Estimate. ^b Per 100 inhabitants.
Fonte: International Telecommunications Union.

TABELLA 1 - UTENTI INTERNET PER MACRO AREE GEOGRAFICHE.

Il rapporto evidenzia come dal 2005 ad oggi ci sia stata una forte accelerazione con aumenti superiori al 10%, negli ultimi 3 anni, distribuiti in tutte le macro-aree (tabella 1). Molto rapido è anche il calo degli utenti che non usano internet (dal 2005 al 2013 il calo è del 20% ca.) con un aumento più che raddoppiato nei paesi in via di sviluppo (tabella 2).

Utenti Internet Mondiali			
	2005	2010	2013^a
Popolazione mondiale	6.5 miliardi	6.9 miliardi	7.1 miliardi
Utenti che non usa Internet	84%	70%	61%
Utenti che usa Internet	16%	30%	39%
Utenti in paesi in via di sviluppo	8%	21%	31%
Utenti dei paesi sviluppati	51%	67%	77%

^a Stima.
Fonte: International Telecommunications Union.

TABELLA 2 - UTENTI INTERNET MONDIALI.

Questo ultimo dato risulta particolarmente interessante e identifica come, se pur con percentuali ancora molto basse che si avvicinano ad un terzo della popolazione, i paesi in via di sviluppo siano quelli che stanno avendo una crescita maggiore. Questo divario, tra emisfero nord ed emisfero sud del globo terracqueo, è ben evidente se osserviamo la carta in figura 13 che si riferisce alla capacità di penetrazione della connessione web (*Internet Penetration Rate*).

⁶ ITU – International Communication Union – www.itu.itn

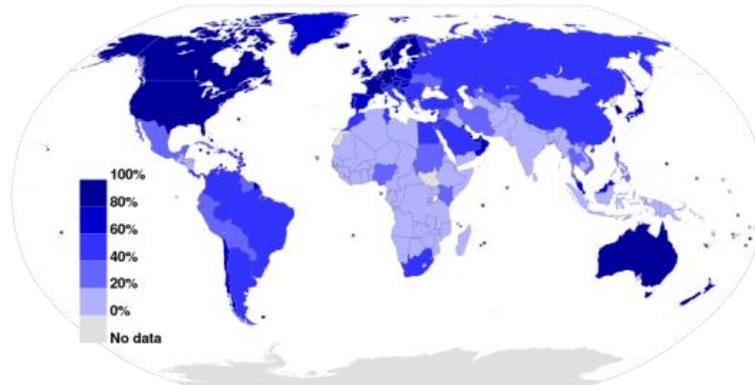


FIGURA 13 – MAPPA GLOBALE CHE MOSTRA IL GRADO DI PENETRAZIONE DI INTERNET (NUMERO DI UTENTI INTERNET IN PERCENTUALE ALLA POPOLAZIONE NAZIONALE).

I valori rappresentano il rapporto percentuale tra numero di utenti web e numero totale della popolazione, al di là del continente australiano e degli stati arabi, che hanno livelli di sviluppo molto alti, quasi tutto l'emisfero sud ha livelli di penetrazione molto bassi, compresi tra il 20 e il 60%. Tale *digital divide*⁷ è ancora più evidente dettagliando la tipologia di connessione (mobile o fissa/cablata), come riportato nella figura 14 a e b.

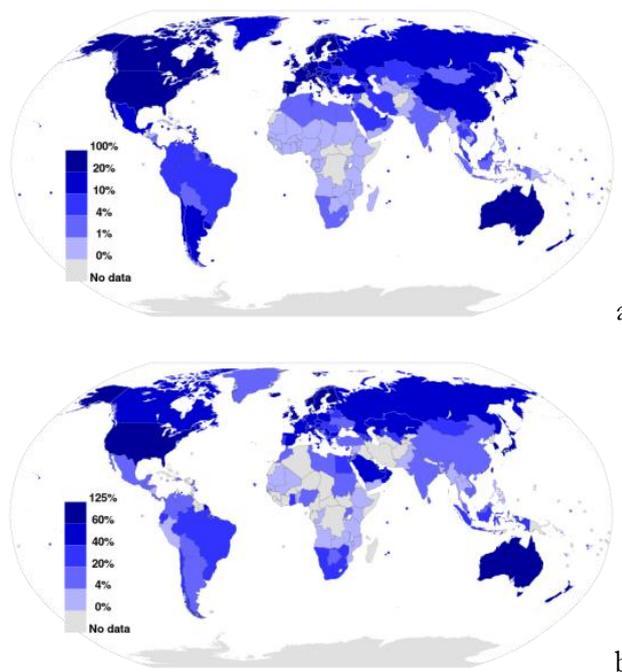


FIGURA 14 – MAPPA GLOBALE CHE MOSTRA IL LIVELLO DI DISTRIBUZIONE DELLA CONNESSIONE NEL 2012 (NUMERO DI ABBONAMENTI IN PERCENTUALE ALLA POPOLAZIONE NAZIONALE) A)CONNESSIONE FISSA; B)CONNESSIONE MOBILE .

Questi dati mostrano come, di fatto, la connessione al web sia preclusa o difficoltosa a molta popolazione nel mondo. In molti stati quali quelli africani, del centroamerica,

⁷ - Divario esistente tra chi ha accesso effettivo alle tecnologie dell'informazione (in particolare personal computer e internet) e chi ne è escluso, in modo parziale o totale. Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.

nella zona pacifica e medio-orientale, la connessione è disponibile al massimo per il 4% della popolazione. Ciò risulta molto evidente anche dall'immagine seguente che mostra la velocità di connessione degli IP attivi nel mondo.

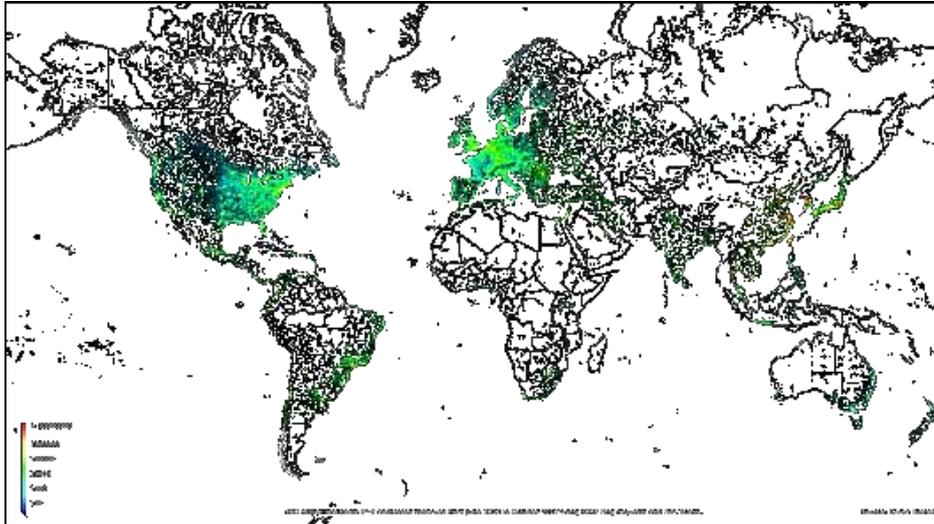


FIGURA 15 - VELOCITÀ MONDIALE DEGLI IP ATTIVI .

Da questa immagine risulta molto evidente la distribuzione degli IP e quindi degli oggetti connessi sulla superficie terrestre.

2.1.1.3 IL FUTURO DI INTERNET È SEMPRE PIÙ MOBILE

Molto evidente è anche l'evoluzione della connessione: il futuro di internet è, infatti, sempre più legato ai dispositivi mobili. Secondo il rapporto CISCO (CISCO 2013) il traffico dati mobile globale è cresciuto del 70% nel 2012 raggiungendo 885 petabyte al mese alla fine del 2012, rispetto ai 520 petabyte al mese alla fine del 2011; mediamente l'utilizzo di smartphones è cresciuto dell'81 per cento nel 2012, generando una quantità media di traffico per smartphone, nel 2012, di 342MB al mese, contro i 189 MB al mese nel 2011. Tale svolta *mobile* è mostrata anche da un interessante rapporto sullo stato di internet (AKAMAI 2013) che mette in evidenza la quantità di traffico dati da dispositivo mobile rispetto al traffico voce, dal 2007 al 2013, figura 16.

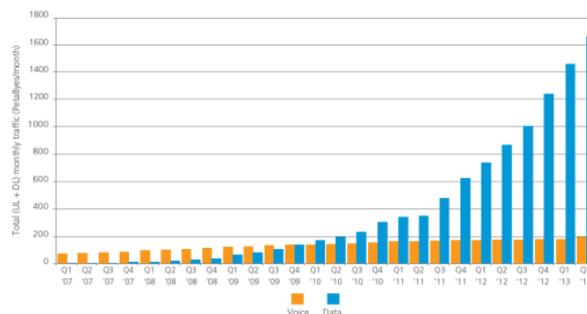


FIGURA 16 - CONFRONTO MENSILE TRA TRAFFICO VOCE E TRAFFICO DATI - DATI DA ERICSSON, AKAMAI 2013

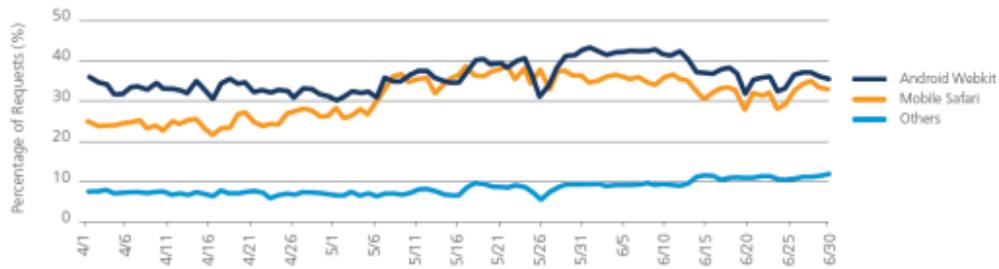


FIGURA 17 - SISTEMI OPERATIVI SU DISPOSITIVI MOBILI. AKAMAI 2013.

Delle connessioni su dispositivi mobili c'è una predominanza di sistemi operativi Android rispetto ai dispositivi iOS o altri produttori.

Le categorie di oggetti che ricadono in questo boom connettivo non rappresentano solo il mondo degli *smartphone* e dei *tablet*, ma sono presenti anche oggetti di diversa natura afferenti alla categoria delle *IoT* (*Internet of Things*), auto, elettrodomestici, sistemi *embedded* etc...

2.1.2 EVOLUZIONE CULTURALE

2.1.2.1 DIGITAL EARTH & ELECTRONIC SKIN

Il concetto di “*Digital Earth*” (di seguito DE) vede le sue origini il 31 gennaio 1998 quando Al Gore, allora vicepresidente degli Stati Uniti durante la presidenza Clinton, tiene un intervento agli studenti del “California Science Center” di Los Angeles. Durante l’intervento dal titolo “*Understanding our planet in the 21st century*”, viene dichiarata, per la prima volta, la visione complessiva del “pianeta digitale”. La definizione riportata da Wikipedia risolve il termine *Digital Earth* come il nome dato al concetto dell'ex vicepresidente americano, che descrive una rappresentazione virtuale della Terra, georeferenziata e collegata agli archivi digitali della conoscenza mondiale” (Wikipedia, Wikipedia 2013a).

Lo scenario prefigurato immagina la disponibilità, nel 21° secolo, di una rappresentazione tridimensionale del pianeta, multi-risoluzione, sulla quale sono disponibili grandi quantità di dati georeferenziati, dal contenuto più vasto: informazioni culturali, naturali, informazioni politiche, musei e realtà virtuale, sensori e dati di dominio pubblico.

La spinta alla formazione del concetto di Al Gore, nasce da un forte impulso tecnologico innovativo che permette di acquisire, memorizzare, elaborare e visualizzare una quantità senza precedenti di informazioni sul pianeta, volti a un’ampia varietà di fenomeni ambientali e culturali. Il valore aggiunto è che tutte queste informazioni potranno essere riferite a luoghi specifici sulla superficie della terra, ovvero georeferenziate (Al Gore 1998).

L’intento del vicepresidente è anche quello di fare da volano per una spinta economica; di seguito si riporta un estratto del discorso di Al Gore che riassume gli obiettivi generali:

“I intend to challenge experts in government, industry, academia, and non-profit organizations to help develop a strategy for realizing this vision. Working together, we can help solve many of the most pressing problems facing our society, inspiring our children to learn more about the world around them, and accelerate the growth of a multi-billion dollar industry.”

“Ho intenzione di sfidare esperti di governo, l’industria, mondo accademico e organizzazioni no-profit per aiutare a sviluppare una strategia per realizzare questa visione. Lavorando insieme, possiamo aiutare a risolvere molti dei problemi più pressanti che affliggono la nostra società, ispirando i nostri figli a imparare di più sul mondo intorno a loro, e accelerare la crescita di un’industria multi-miliardaria”.

La prima diretta conseguenza di questa dichiarazione d'intenti del vicepresidente è rappresentata dalla nascita della “*Digital Earth Initiative*” che si sviluppa rapidamente a livello internazionale e da l'incipit ad una vasta e sempre più crescente comunità internazionale di appassionati che si adoperano per la costruzione e definizione delle maggiori componenti di quella che prende il nome di “*Digital Earth Vision*”.

Da allora tutta la comunità internazionale, scientifica e non, ha dedicato grande attenzione al concetto di DE e negli anni successivi molti paesi iniziano ad accettare ampiamente il concetto finanziando e realizzando progetti di ricerca e momenti di discussione scientifica a carattere internazionale. Il primo momento di discussione internazionale viene organizzato dall'”Accademia Cinese delle Scienze” nel 1999 e vede la partecipazione di molti paesi. In occasione di questo primo incontro internazionale nasce l'ISDE: “*International Society for Digital Earth*”.



FIGURA 18 - ISDE LOGO

Dalla nascita l'ISDE si sviluppa rapidamente attraverso l'organizzazione di simposi internazionali biennali. Da questi vengono promulgate definizioni e affinato il concetto iniziale portando a nuove enunciazioni più strutturate e condivise a livello internazionale. Viene realizzato un manifesto che definisce il concetto di DE come un formato digitale della terra e una rappresentazione virtuale della stessa, caratterizzato da un sistema composto da tecnologie di osservazione della terra, sistemi di posizionamento globale, tecnologie di sistemi informativi geografici, tecnologie informatiche, tecnologie di rete e realtà virtuale. DE è una integrazione di tecnologie spaziali (EOS⁸), tecnologie dell'informazione e conoscenze derivate dalle Scienze della Terra. La DE è una rappresentazione della terra reale che permette di condurre analisi ed effettuare attività di previsione e prevenzione, modellando anche scenari e visioni future. La terra vera e la terra digitale hanno connessioni interattive, la terra digitale sarà la nuova modalità di base, per il genere umano, di comprendere ed esplorare la Terra (Milan Konecny 2011). Dalla prima determinazione di DE, l'evoluzione del concetto ha portato nel 2009 a una nuova definizione che pone l'attenzione sui campi di applicazione della DE e in particolare “in tutti i settori connessi al cambiamento climatico globale, alla prevenzione delle catastrofi naturali, allo sviluppo energetico, alla sicurezza agricola e alimentare e alla pianificazione e gestione urbana”.

Contemporaneamente viene evidenziata la necessità di sviluppo di nuove tecnologie: “[...]nella costruzione del sistema Digital Earth, gli sforzi devono essere fatti per trarre il massimo vantaggio dalle tecnologie di nuova generazione, tra cui le tecniche di osservazione della Terra, il networking, la ricerca in basi dati, la sensoristica e il

⁸ Earth Observation System - Tecnologie di telerilevamento per l'osservazione della terra.

cloud computing per aumentare i servizi forniti alla comunità e contenere i costi" (ISDE 2009).

In generale le componenti fondamentali della Digital Earth riguardano:

- Sfide sociali: La Digital Earth gioca un ruolo importante nell'affrontare sfide economiche, culturali, scientifiche e tecniche che colpiscono l'umanità quali, ad esempio, l'esaurimento delle risorse e la carenza energetica.
- Informatica: Disponibilità di soluzioni informatiche con elevate capacità di elaborazione ad alta velocità per la modellazione e la simulazione di processi.
- Il paradigma dell'immagine: disponibilità di immagini satellitari e aree ad alta e altissima risoluzione.
- Archiviazione: archivi distribuiti con accesso in tempo reale a dataset di grandi dimensioni e multi risoluzione.
- Dataset Georiferiti: informazioni collegate a luoghi nello spazio, si ha la determinazione di una nuova coordinata caratterizzata dall'integrazione tra una coordinata geografica globale (ad esempio WGS84⁹) e la coordinata informativa (URL¹⁰).
- Reti di telecomunicazioni: Disponibilità di reti ad alta velocità e nodi di pubblico accesso.
- Interoperabilità: Protocolli e standard.
- Metadati: Disponibilità e tecniche per l'implementazione automatica di database per la gestione dei metadati.

Quasi contemporaneamente, nel 1999, esce un articolo sulla rivista Businessweek¹¹ a cura di Neil Gross, professore all'Università della Columbia, dal titolo "*The Earth will don an electronic skin*". L'articolo fa parte di una raccolta di "21 idee per il 21° secolo", visioni futuristiche per il secolo seguente. L'autore riporta che nel "futuro, alcuni studiosi ipotizzano l'emergere spontaneo di reti di computer che formeranno un'enorme creatura digitale". Questa creatura sarà ricoperta da una pelle digitale, elabora immense quantità di dati su temperatura, pressione, umidità. Ma la pelle non si limita a registrare gli eventi superficiali - si tratta di un vero e proprio controllore che regola le funzioni vitali dell'organismo. Essa utilizzerà Internet come infrastruttura per sostenere e trasmettere le sensazioni. Sarà costituita da milioni di dispositivi elettronici di misura: termometri, manometri, rilevatori di inquinamento, macchine fotografiche, microfoni, sensori di posizione etc... Questi avranno il compito di sondare e monitorare le città e le specie in via di estinzione, l'atmosfera, le nostre navi, le autostrade e le flotte di camion e auto (Neil Gross 1999).

⁹ World Geodetic System – Definisce il sistema geodetico mondiale riferito al 1984.

¹⁰ Uniform Resource Locator – è una sequenza di caratteri che identifica univocamente l'indirizzo di una risorsa su internet.

¹¹ Rivista americana, settimanale, di economia fondata nel 1929.

Lo scenario che emerge dal concetto introdotto da Al Gore, ripreso anche dal Prof. Gross solo l'anno successivo, inquadra una visione comune di quegli anni che, nella declinazione più visionaria, immagina, per il secolo successivo, la possibilità di ricoprire il pianeta terra con una pelle elettronica che usi internet come supporto e linfa vitale per trasmettere le sensazioni che recepisce. La pelle, costituita da *devices* interconnessi, distribuiti e di piccole dimensioni, fornisce dati. La pelle è solo una parte del sistema multilivello, complesso, che integra tutti i dati georiferiti disponibili e riferiti al pianeta, siano questi ambientali che culturali etc. L'integrazione di tutti questi livelli genera nuove opportunità di inserimento, ad esempio nei sistemi di supporto alle decisioni, livelli dinamici e "in tempo reale" che interagiscono. Questi concetti hanno portato, nei primi anni del 2000, alla nascita di un segmento di ricerca che qui trova le sue radici e che è definito "Ambient Intelligence" o Ambiente Intelligente.

2.1.2.2 L'AMBIENTE INTELLIGENTE

L'"*Ambient intelligent*" si configura, nei primi anni del 2000, come la "digitalizzazione", intesa come la distribuzione di oggetti digitali, all'interno di ambienti frequentati dall'uomo, soprattutto nelle situazioni indoor. L'ambiente intelligente è una disciplina che porta l'intelligenza all'interno degli ambienti quotidiani e li rende sensibili, ovvero capaci di rilevare le condizioni a contorno dell'individuo. L'*Ambient Intelligence* (AMI) si basa sui progressi nei campi della sensoristica, delle reti di sensori, del *pervasive computing* e dell'intelligenza artificiale.

L'idea alla base dell'*Ambient Intelligence* (AMI) è che arricchendo un ambiente con la tecnologia (ad esempio, sensori e dispositivi interconnessi attraverso una rete), un sistema può essere costruito in modo tale da rilevare le caratteristiche degli utenti e dell'ambiente e sia in grado di scegliere le azioni da intraprendere di cui beneficeranno gli utenti nell'ambiente (Cook et al. 2009). Un sistema AMI è "un ambiente digitale che in modo proattivo, ma sensibilmente, sostiene le persone nella loro vita quotidiana" (Augusto 2007).

La Commissione Europea ha tracciato un percorso di ricerca in area AMI nel 2001 (Ducatel 2001) realizzando una monografia che, per far immaginare e comprendere il concetto, definisce 4 scenari realistici di Ambiente Intelligente immaginando momenti di vita comune per l'anno 2010.

Quattro scenari, con 4 tematiche diverse di cui si riportano di seguito degli estratti:

Scenario 1 – Maria – Road Warrior

Dopo uno stancante volo a lungo raggio Maria passa attraverso la sala degli arrivi di un aeroporto in un paese dell'Estremo Oriente. Abitualmente viaggia leggera, solo con il bagaglio a mano, ma quando si tratta di questo particolare paese lei sa che può

viaggiare molto più leggera di meno di un decennio fa, quando doveva portare una collezione di diversi cosiddetti dispositivi di personal computing (PC portatile, telefono cellulare, agende elettroniche e, talvolta, proiettori e stampanti). Il suo "sistema di calcolo" per questo viaggio è ridotto a un dispositivo di comunicazione altamente personalizzata, la 'P-Com' che indossa sul polso. Una caratteristica particolare di questo viaggio è che il paese dove Maria è in visita ha avviato un ambizioso programma di infrastrutture di intelligenza ambientale. [...] Il suo visto per il viaggio è digitale e lei è in grado di attraversare il gate dell'immigrazione senza fermarsi perché la sua P-Comm sta comunicando la sua identità ai controlli mentre cammina. [...] L'auto a noleggio ha già impostato nel sistema di navigazione l'itinerario che Maria dovrà percorrere per raggiungere l'hotel che ha prenotato [...] Il sistema le farà percorrere tratte evitando il traffico, gli incidenti e i cantieri aperti. [...] In hotel la stanza si predisporrà ad accogliere Maria, impostando la temperatura, le luci e quando prescelto nelle opzioni che Maria ha impostato al momento della prenotazione.

Scenario 2 – Dimitrios and the digital me (D-me)

Dimitrios è in una pausa della sua giornata lavorativa con colleghi e amici ma viene continuamente disturbato da chiamate e e-mail. Dimitrios indossa, incorporato nei suoi vestiti, un avatar digitale di se stesso, familiarmente noto come 'D-Me' o 'Digital Me'. Un D-Me è sia un dispositivo di apprendimento, in grado di apprendere le abitudini di Dimitrios dalle sue interazioni con l'ambiente, e di un dispositivo che agisce, comunica, elabora e supporta le decisioni. Dimitrios ha in parte 'programmato' il dispositivo, in una fase molto iniziale. Da quel momento 'aggiorna' questi dati iniziali periodicamente. Ma il sistema è autonomo e impara. Dimitrios si sente abbastanza fiducioso del suo D-Me e si affida alle sue reazioni "intelligenti" che gestiscono chiamate ed email e se ritiene necessario allerta Dimitrios.

Scenario 3 – Carmen, traffic, sustainability & Commerce

[...] Carmen si sveglia e pianifica la sua giornata, deve andare a lavoro e chiede al suo sistema AMI, per mezzo di un comando vocale, di trovare un veicolo da condividere con qualcuno per raggiungere il posto di lavoro. Il sistema inizia a cercare e trova qualcuno che passerà dopo 40 minuti. Da quel momento, Carmen e il suo autista sono in contatto permanente (ad esempio, per consentire al conducente di avvertire Carmen se lui/lei sarà in ritardo). Entrambi indossano le loro reti personali (PAN Personal Area Network) che permettono contatti senza soluzione di continuità, intuitivi in un intorno della persona. Durante la colazione Carmen elenca la spesa dal momento che avrà ospiti per cena stasera. Vorrebbe cucinare una torta e sul display del frigo lampeggia la ricetta. Il frigo mette in evidenza gli ingredienti che mancano latte e uova. Completato l'acquisto il frigo chiede che venga consegnata la spesa al punto di distribuzione più vicino nel suo quartiere. Questo può essere un negozio, l'ufficio postale o un punto nodale in franchising per il quartiere in cui Carmen risiede. Tutti gli oggetti ordinati sono dotati di tag intelligenti in modo che Carmen possa

controllare i progressi della sua spedizione così da essere informata nel corso della giornata sull'eventuale mancanza di qualche prodotto così da poter essere sostituito.[...] Nel tragitto verso il lavoro Carmen interagisce con il sistema VAN (Vehicle Area Network) dove un sistema di micro-pagamento trasferirà automaticamente l'importo del viaggio al conducente che ha condiviso l'auto. In macchina, il sistema di navigazione dinamica avverte il conducente di ingorghi a causa di un incidente. Il sistema calcola dinamicamente le alternative e suggerisce di lasciare l'auto e prendere la metropolitana. Una persistente cintura di alta pressione è sopra la città negli ultimi dieci giorni e mantiene bel tempo, ma i sensori rilevano un aumento inquinanti atmosferici. Il sistema attiva delle limitazioni sul traffico .[...]

Scenario 4 – Annette and Solomon in the Ambient for social learning.

Riunione plenaria di un gruppo di studiosi dell'ambiente, il gruppo varia dai 10 ai 75 anni, hanno in comune il desiderio di capire l'ambiente e la gestione ambientale. Il gruppo è guidato da un tutor il cui ruolo è quello di guidare e facilitare il funzionamento del gruppo, l'incontro è aperto dalle 7,00 alle 23,00 Durante il giorno gli individui e i sottogruppi si localizzano in spazi appropriati per seguire gli incontri a un ritmo che si adatta alle loro esigenze di apprendimento[...]. Entrando nell'edificio il sistema profila lo studioso e lo informa delle attività in corso permettendo di programmare la sua giornata. Ci sono esperti e cittadini, il sistema registra tutte le presenze e le attività di apprendimento.

Alcune delle attività presentate in questi racconti, scenari considerati futuristici solo 12 anni fa, sembrano prossime alla realizzazione e alcune sono, se pur in fase embrionale, già funzionanti e di uso comune ad esempio la possibilità di evitare strade trafficate ricorrendo a percorsi alternativi calcolati dai navigatori satellitari. L'idea alla base dell'*Ambient Intelligence* (AMI) ha dato inizio a quella che viene definita commercialmente la domotica e si sta, piano piano, espandendo fino ad “uscire” dall'ambiente domestico e pervadere sempre di più spazi più ampi.

Si configura così il concetto di “*Smart Environment*”, di respiro più ampio, definito secondo Cook (Cook 2005) come “un piccolo mondo in cui tutti i tipi di *devices* intelligenti sono continuamente al lavoro per rendere la vita degli abitanti più confortevole”. Gli stessi autori definiscono un ambiente intelligente come quell'ambiente “che è in grado di acquisire e applicare la conoscenza delle condizioni ambientali e di adattarsi ai suoi abitanti, al fine di migliorare la loro esperienza in tale ambiente.”

Il confine tra le due definizioni appare molto sfumato, ciò che è comune ed evidente è che entrambe riguardano la possibilità di interazione tra individui e i luoghi o meglio l'”intorno immediato” che circonda ciascun individuo, sia questo la propria casa, la propria auto, il parco pubblico, il centro commerciale, il quartiere.

2.1.2.3 INTERNET OF THINGS

Internet of Things è un neologismo riferito all'estensione di Internet al mondo degli oggetti e dei luoghi concreti. (Wikipedia 2013b)

Il termine fu impiegato per la prima volta come titolo di una presentazione dal direttore esecutivo dell' Auto-ID center¹², Kevin Ashton, tenuta nel 1999 presso la sede di Procter & Gambel (P&G)¹³.

Il concetto fondamentale è che gli oggetti possano creare contenuti web autonomamente, senza che la creazione dei contenuti (ad esempio di pagine web) sia mediata dall'intervento umano; si configurano così oggetti che comunicano e si scambiano dati o informazioni con altri oggetti utilizzando il web.

Nel corso degli anni il termine assume diverse sfumature e si integra anche in altre aree di ricerca quali, tra i più importanti, “*The Disappearing Computer*” e il mondo “M2M¹⁴”.

Il primo si basa sul concetto espresso da Weiser nel 1993 secondo cui “Le tecnologie più profonde sono quelle che scompaiono. Esse si intrecciano nel tessuto della vita quotidiana fino a divenire indistinguibili da essa” (Weiser 1993). Questa scomparsa si realizza con la miniaturizzazione dei dispositivi e la loro integrazione in oggetti di uso comune, la diffusione e la semplificazione nell'uso e nelle interfacce (sempre più intuitive) mascherano la percezione della presenza e interazione con un computer. In questo modo la tecnologia dei computer scompare, non vengono percepiti perché integrati con l'ambiente.

Il mondo del *Machine to Machine* (M2M) si riferisce a tecnologie ed applicazioni di telemetria e telematica che utilizzano le reti wireless. Inizialmente nasce come identificazione della comunicazione tra oggetti, senza dover passare da connessioni internet, ma anche attraverso reti locali *ad hoc*. Il termine M2M è in continua evoluzione e mutazione; le soluzioni applicative coinvolgono numerosi settori industriali e dei servizi. Il mercato è ad oggi molto florido e si basa sulla possibilità di offrire ai propri clienti la capacità di connettere e gestire macchine e/o macchinari da remoto. Il tutto nella convinzione che non solo di connessione delle macchine si tratta, ma anche della loro gestione, corredate di infrastrutture e servizi associati.

¹² Gruppo di ricerca nel campo della rete radio-frequency identification (RFID). Auto-ID Center è diventato Auto-ID Labs nell'ottobre 2003 dopo la fusione di EPCglobal e Auto-ID Center.

¹³ Il gruppo Procter & Gamble è un complesso industriale di beni di consumo con sede a Cincinnati, Ohio (USA).

¹⁴ Machine to machine.

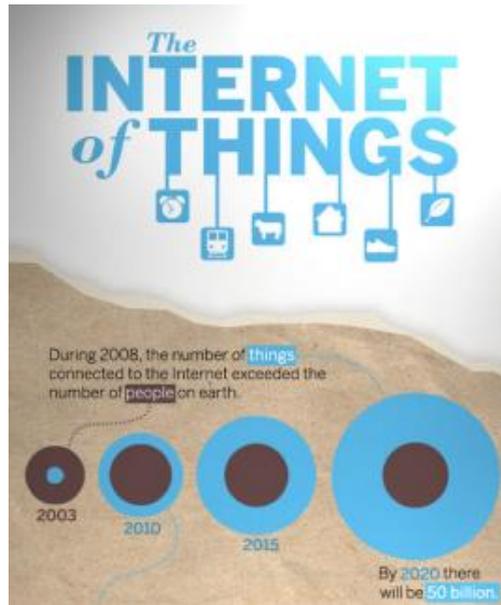


FIGURA 21 - INFOGRAFICA "INTERNET OF THINGS". DA CISCO 2011.



<http://goo.gl/PPi35m>



2.1.2.4 EYE ON EARTH

Eye on Earth is a 'global public information service' for creating and sharing information.

Realizzato dall' Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) è definita come una “rete di informazione pubblica globale” che ha lo scopo di creare e condividere informazioni. Elemento caratteristico è rappresentato dalla libera partecipazione a questo network di conoscenza. Network aperto a tutti i cittadini europei: politici, organizzazioni ambientaliste, soccorritori, professionisti , comunità e cittadini.



FIGURA 22 - EYE ON EARTH LOGO - EEA - WWW.EYEONEARTH.ORG

Lo sviluppo di “Eye on Earth” inizia nel 2008 attraverso il lancio di WaterWatch, una mappa europea interattiva, che presenta l'ultimo dato ufficiale disponibile,

proveniente dai 28 paesi, sulla qualità dell'acqua. A questa segue, nel novembre 2009, il lancio di AirWatch che fornisce i dati di inquinamento atmosferico in tempo reale, provenienti da 32 paesi europei. Subito dopo viene rilasciato NoiseWatch, nel 2011. La novità introdotta con NoiseWatch è che gli utenti possono misurare i livelli di rumore attraverso una APP¹⁵ mobile di misurazione del rumore. Attualmente, gli “sguardi” di Eye on Earth hanno interessato altri campi dell'informazione ambientale, l'ultimo elenco prevede:

- Aria
- Acqua
- Natura
- Rumore

A termine della prima conferenza “Eye on Earth User Conference”, tenutasi a Dublino, dal 4 al 6 marzo 2013, è stato redatto un documento, uno statuto, il cui obiettivo è facilitare la condivisione dei dati e delle informazioni ambientali, sociali ed economiche, fornite dalle diverse comunità della conoscenza, a sostegno dello sviluppo sostenibile.

In sintesi, gli utenti si impegnano a responsabilizzare le comunità locali, regionali e globali per la gestione, lo scambio e l'accesso alle informazioni; oltre a promuovere, sostenere e migliorare l'accesso a dati e alle informazioni nell'ottica dello sviluppo sostenibile. Si impegnano inoltre a partecipare a iniziative speciali, collaborando a sviluppi tecnici correlati, che configurano un comitato “scientifico cittadino” come una fonte importante di conoscenza.

L' “Eye on Earth Network” baserà le sue attività sui principi di un sistema di informazione ambientale condiviso in cui i dati e le informazioni sono :

- raccolte una sola volta e condivise con gli altri per molti scopi,
- gestite responsabilmente alla fonte,
- immediatamente disponibili per soddisfare facilmente obblighi di comunicazione,
- facilmente accessibili per tutti gli utenti e disponibili nelle lingue nazionali,
- utili per comparazioni a scala appropriata

Si impegna inoltre a sostenere la partecipazione dei cittadini attraverso lo sviluppo di standard comuni e sistemi interoperabili.

Al fine di catalizzare e far progredire queste attività, i partecipanti hanno accolto con favore la proposta di istituire l'”Eye on Earth Alliance” per contribuire ad aumentare

¹⁵ - Con il neologismo APP s'intende una variante delle applicazioni informatiche dedicate ai dispositivi di tipo mobile, quali smartphone e tablet. Il termine deriva proprio dall'abbreviazione di "applicazione".da Wikipedia, l'enciclopedia libera.

la consapevolezza e promuovere la partecipazione e la messa in rete, attraverso la “Eye on Earth Network” (Eye on Earth Users 2013).



FIGURA 23 - THE EYE ON EARTH DUBLIN STATEMENT.



<http://goo.gl/h5pOHQ>



Ad oggi sono state prodotte dagli utenti, utilizzando i dati messi a disposizione da “Eye on Earth Network”, oltre 50 mappe, 45 Web-App e 4 App.

Il portale geografico si configura come il primo importante segnale da parte delle istituzioni della volontà di instaurare un nuovo rapporto con le comunità locali, decisamente imperniato sulla partecipazione e legato al concetto di governance del territorio. Collocandosi come punto di riferimento di tipo politico-culturale a livello europeo, *Eye On Earth* apre il dibattito sui temi ambientali utilizzando il web per instaurare il dialogo tra istituzioni e cittadini, rendendo pubblici i dati ambientali delle singole agenzie nazionali ed esponendosi apertamente ai commenti del pubblico. La mappa di *Eye On Earth* diviene una base di confronto tra le misure oggettive e percezioni soggettive che fino ad oggi non è mai stata ritenuta una esigenza conoscitiva degna di essere soddisfatta (Borga 2011). Inoltre la nascita della “Eye on Earth Network” e della “Eye on Earth Alliance” permette una maggiore vicinanza tra le agenzie ufficiali per l’ambiente e i cittadini; l’apertura al confronto tra misure oggettive e soggettive, al di là delle tradizionali gerarchie di autorità delle fonti, riconosce di fatto inedita autorevolezza alla voce delle singole persone e di comunità di utenti esperti con interesse a partecipare, definiti, come vedremo nel capitolo successivo “prosumer”.

2.1.3 DALLE COMMUNITY AI MAKERS

Come già delineato l’evoluzione del web, oltre ad essere tecnologica, è soprattutto culturale legata soprattutto alla maggior diffusione dell’accessibilità al mondo web e alla semplificazione della metodologia di accesso: essenzialmente riduzione dei costi

per l'acquisto dell'hardware necessario (dal personal computer allo *smartphone/tablet*) e per l'abbonamento alla connessione web.

Questo background dà origine a diverse correnti e ulteriori figure che nascono in questo contesto: le *community*, i *prosumer*, i *makers* e tutto il mondo dei *personal sensor*.

2.1.3.1 COMMUNITY

Come riportato nel paragrafo WEB 1.0, 2.0, 3.0 e oltre....(2.1.1.1) la percentuale delle persone in grado di accedere al web è aumentata vertiginosamente negli ultimi anni e questo ha portato alla nascita di comunità web in cui la partecipazione è sempre maggiore. Le *communities* online si configurano come gruppi di persone coinvolte in interazioni di tipo “molti-a-molti”, che esistono, e spesso nascono autonomamente, quando individui con interessi comuni interagiscono tra di loro in un ambiente informatico, che risiede su un server, dotato di strumenti atti allo scambio di informazioni. Le comunità online possono essere viste come “nuclei sociali che nascono nella Rete quando alcune persone partecipano costantemente a dibattiti pubblici e intessono relazioni interpersonali”: con questa frase Rheingold (Rheingold 1993) tenta di evidenziare la dimensione sociale delle relazioni che si instaurano all'interno dei social network. Queste interazioni esercitano un grande impatto sulle strategie di progettazione e le *communities* possono costituire opportunità o minacce tanto impreviste quanto determinanti.

2.1.3.2 PROSUMER & WIKINOMICS

Il secondo gruppo che nasce e si sviluppa in questi ultimi anni è quello dei prosumer. Utenti attivi, oltre che nella fruizione di dati e servizi, anche nella produzione e nello sviluppo degli stessi. Il termine assume moltissime definizioni che spaziano dal campo della fotografia (identifica prodotti di medio livello tra il professionale e l'amatoriale) sino all'economia dove gli economisti con prosumer (*producer-consumer*) identificano un individuo fortemente indipendente dall'economia principale). In questo ambito di tesi, con il termine prosumer ci si riferisce ad un utente che, svincolandosi dal classico ruolo passivo, assume un ruolo più attivo nel processo che coinvolge le fasi di creazione, produzione, distribuzione e consumo di informazioni, dati e, con la svolta maker, anche oggetti. Il prosumer è un utente dal profilo esperto in una tematica specifica (ad esempio una componente del monitoraggio ambientale o una capacità tecnica), che partecipa attivamente a *communities* dedicate al “suo” tema specifico, che è esperto e ha conoscenza molto approfondita delle tecniche e delle tematiche che tratta. Si può identificare, per chi ha dimestichezza con i termini del social *networking* e dei forum, con l'amministratore, il moderatore di un forum. E' mosso da profonda curiosità verso il tema e passione. Non necessariamente ha seguito una preparazione specifica o studi specialistici, ma spesso può sostenere temi ad alto livello anche dal punto di vista teorico/scientifico.

Il concetto è strettamente legato ai concetti sviluppati da Tapscott e Williams nel libro “Wikinomics: How mass Collaboration Changes Everything” (Tapscott e

Williams 2006). Nel libro si pone l'attenzione su quanto realizzato da alcune aziende, all'inizio del 2000, che hanno impiegato collaborazione massiccia e diffusa e tecnologie del mondo dell'Hardware Open Source (cfr. capitolo 2.2.2.1 Arduino & Figli).

Gli autori definiscono 4 principi fondamentali:

- Apertura: Non esistono più confini rigidi, necessità di standard aperti;
- Peering: Organizzazione gerarchica vs organizzazione orizzontale;
- Condivisione: Copyright e brevetti limitano la capacità di creare valore;
- Portata globale: Communities e diffusione sulla rete di progetti e idee.

Tali principi derivano da analisi che riguardano, ad esempio, l'ambiente economico globale che ha messo in luce, come le organizzazioni di tipo gerarchico, abbiano mostrato limiti molto profondi o quanto scienza e tecnologia si evolvano a velocità tali da non permettere sviluppi di linee di ricerca svolte a carico di singoli ricercatori. Si evidenzia quindi come la collaborazione, intesa anche come la capacità di orchestrare l'innovazione, creare nuovi prodotti/servizi, sia fondamentale per risolvere i problemi (Luca Menini 2011).

Un esempio di questo approccio è “Galaxy Zoo¹⁶” che ha l'obiettivo di classificare immagini di un telescopio. La classificazione viene effettuata da oltre 300 mila persone, senza conoscenze scientifiche particolari, che hanno solo effettuato un training. I risultati hanno raggiunto alti valori scientifici. Un secondo esempio è quello di “Eye on Earth” (cfr.paragrafo 2.1.2.4) che, secondo l'ex direttrice dell'EEA, è utile poiché *“a mano a mano che un numero crescente di persone capirà ciò che sta succedendo nella sua zona, poi, più individui contribuiranno alla risoluzione dei problemi ambientali”*, Jacqueline McGlade¹⁷.

Ulteriore esempio di questo momento culturale è “Open Street Map”: iniziativa nata nel 2004, viene definita come *“una mappa liberamente modificabile dell'intero pianeta. È fatta da persone come te. OpenStreetMap permette a chiunque sulla Terra di visualizzare, modificare ed utilizzare dati geografici con un approccio collaborativo.”*¹⁸ In questo caso i contenuti creati riguardano la cartografia e vengono realizzati da oltre 1400000 utenti che hanno prodotto oltre 3,5 Milioni di track point. Con molti vantaggi per gli utenti, in termini di qualità e quantità di informazioni (elevato dettaglio e iniziative di mappatura interna di edifici, figura 24).

¹⁶ - www.galaxyzoo.org

¹⁷ - Ex direttrice dell'Agenzia Europea per l'Ambiente - European Environment Agency (EEA).

¹⁸ www.openstreetmap.org

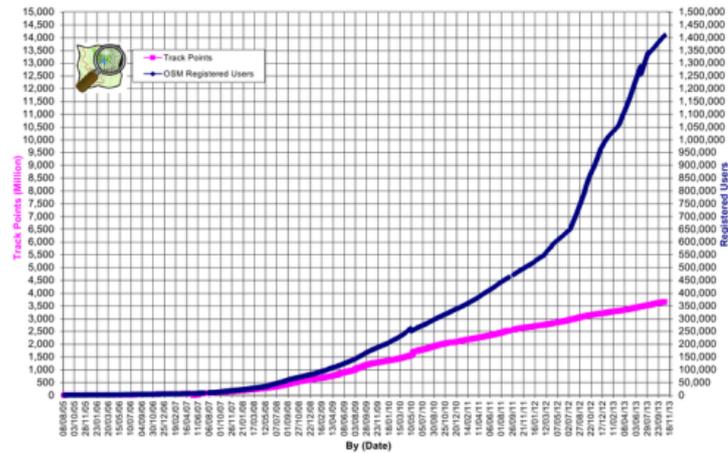


FIGURA 24 – CONFRONTO TRA I PUNTI DA TRACCE GPX CARICATE DAGLI UTENTI E IL NUMERO DI UTENTI REGISTRATI.

Dal lato del monitoraggio si è assistito negli ultimi anni ad un rapido sviluppo di reti di stazioni meteo installate e condivise da *communities* di appassionati meteo.

L'attività principale è di distribuire il monitoraggio dei parametri meteorologici in modo più diffuso possibile. Il progetto si basa sulla definizione delle PWS (Personal Weather Station).

Attraverso una PWS si permette a chiunque acquisti una stazione meteo automatica, anche a basso costo, di contribuire al monitoraggio delle condizioni meteo locali. Originariamente lanciato da “*Weather Underground*”, figura 25, un servizio meteo commerciale che fornisce informazioni meteo in tempo reale via internet con sede negli Stati Uniti, è ormai diventata la più vasta *community* di appassionati meteo e le stazioni meteo amatoriali (o *prosumer*) hanno ormai raggiunto quasi i 40000 esemplari diffusi in tutto il mondo. Ogni utente interessato e appassionato di meteorologia può acquistare una stazione meteo e attraverso wiki e forum è guidato nell'installazione e nella configurazione dei servizi per condividere i propri dati.



FIGURA 25 - WUNDERMAP, REALIZZATA ATTRAVERSO I DATI DELLE PWS.
[HTTP://WWW.WUNDERGROUND.COM/WUNDERMAP/](http://www.wunderground.com/wundermap/)

A livello nazionale la *community* più diffusa è quella di MeteoNetwork¹⁹ e in particolare la rete “my.meteonetwork.it” che si configura come la piattaforma di MeteoNetwork per monitorare tutte le tue stazioni meteorologiche, amatoriali, installate e diffuse sul territorio nazionale. La rete conta più di 1500 stazioni di cui 1159 certificate e ha raccolto, dalla sua nascita nel novembre 2012, più di 1 milione di dati meteo. La partecipazione è totalmente gratuita, i dati sono liberi e non vengono usati per scopi commerciali e possono essere utilizzati esclusivamente per scopi di ricerca interni alla *community* MeteoNetwork ed a collaborazioni con Enti Nazionali, senza alcun tipo di ritorno economico. I dati rilevati vengono integrati nel modello meteorologico WRF²⁰, per migliorare il calcolo numerico, figura 26. Le mappe del modello WRF, gestite completamente dall'associazione, sono consultabili gratuitamente. Altro vantaggio è rappresentato dalla mappatura “Live” delle più significative variabili meteo, che avviene attraverso il filtraggio e l'interpolazione in tempo reale dei dati provenienti dalla rete di stazioni “prosumer”.

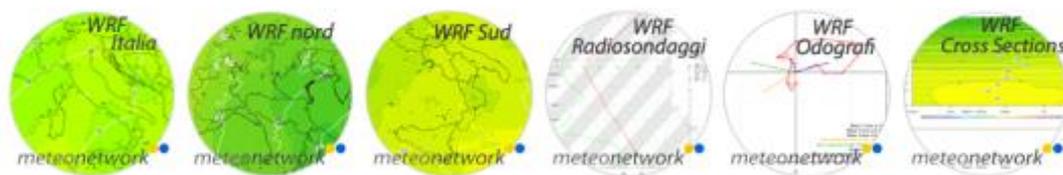


FIGURA 26 - MODELLI WRF IN CUI CONFLUISCONO I DATI DELLA RETE MYMETEONERWORK.

Al fine di validare e rendere confrontabili i dati le stazioni vengono “certificate” da un pool di utenti esperti della *community*. In questo modo si uniformano gli errori e si migliora la qualità delle elaborazioni successive. La validazione delle stazioni avviene esaminando il posizionamento (devono essere rispettate le norme OMM/WMO²¹), l'affidabilità della stazione (marca e modello) e la tipologia di schermo solare.

2.1.3.3 SENSOR MANIA & MAKERS

Nell'ultimo decennio si è assistito ad una rapida diffusione di sensori, in senso lato, integrati in oggetti di uso comune, dai telefoni cellulari, smartphone e tablet, alle tv e nelle auto.

Questa opportunità nasce dalla diffusione della tecnologia MEMS²² che ha permesso di integrare sensori all'interno di micro dispositivi (Iandelli 2011). Ciò permette di realizzare configurazioni complesse composte da diversi sensori specializzati che interagiscono così da effettuare misure e rilevare informazioni. I fenomeni misurabili più diffusi sono di tipo meccanico, termico, ottici e magnetici. Dotandosi di questi

¹⁹ <http://www.meteonetwork.it/>

²⁰ World Research and Forecasting Model – è un modello locale con risoluzione di circa 4 km, basato sui dati del modello GFS (Global Forecast System).

²¹ Organizzazione Meteorologica mondiale – World Meteorological Organization – www.wmo.int.

²² MEMS (Micro- Electro-Mechanical Systems)

sensori si possono realizzare sistemi in grado di comprendere le variazioni dall'ambiente traducendo, di fatto, grandezze fisiche in impulsi elettrici.

I settori che hanno risentito maggiormente di questa disponibilità sono quello della telefonia (basti pensare alla rotazione dello schermo in corrispondenza della rotazione dell'oggetto), quello dell'automazione domestica (domotica), quello dell'auto (sensori di parcheggio e sistema di assistenza alla frenata). Ma il settore che recentemente ha conosciuto uno sviluppo senza precedenti è quello che prende il nome di Quantified Self (QS) o Self Tracking (ST). Ovvero la possibilità di indossare sensori e quantificare il proprio stile di vita. Obiettivo del ST è registrare diversi aspetti della vita quotidiana di una persona, dalla quantità di cibo consumato, alla qualità dell'aria circostante, allo stato d'animo, ai livelli di ossigeno nel sangue sino alle prestazioni mentali e fisiche. Tale auto-monitoraggio combina sensori indossabili capaci di rilevare il movimento (tramite accelerometri), il suono, la luce, il potenziale elettrico, la temperatura, l'umidità, la posizione (tramite GPS), frequenza cardiaca e variabilità della frequenza cardiaca, conduttività della pelle. Altri sensori includono elettrocardiografi (per registrare l'attività elettrica del cuore), elettromiografia (per misurare l'attività elettrica dei muscoli), sino a elettroencefalografia (per leggere l'attività elettrica lungo il cuoio capelluto), e sensori per misurare il volume di flusso sanguigno volume. I dati poi vengono analizzati, commentati e condivisi con scopi diversi, che vanno da quello medico al puro social networking, in oltre 100 *community* dedicate in più di 34 stati nel mondo. Tutte sono raccolte e coordinate dal riferimento web che è rappresentato dal portale “quantifiedself.com”²³ che si occupa di organizzare conferenze e incontri internazionali, il prossimo dei quali sarà la “Quantified Self – Europe Conference” che si terrà ad Amsterdam il 10 e 11 maggio 2014, figura 27.



FIGURA 27 - QUANTIFIED SELF EUROPEAN CONFERENCE - WWW.QUANTIFIEDSELF.COM

²³ www.quantifiedself.com

Il sempre più alto numero di utenti ha spinto molto il mercato che ha prodotto moltissime soluzioni hardware, caratterizzate da facilità d'uso, compattezza e design ricercato. Le soluzioni più diffuse riguardano il monitoraggio attraverso accelerometri, gps, cardiofrequenzimetri o combinazioni di questi. Agli oggetti è sempre associata un'APP di riferimento che permette la gestione, la visualizzazione e la trasmissione dei dati rilevati dai sensori indossati, tra i più famosi e venduti si cita il sistema FITBIT²⁴, UP²⁵ e il sistema NIKE+,²⁶ quest'ultimo comprende anche abbigliamento sportivo dotato di sensoristica integrata che si interfaccia con l'app di riferimento, la *community* web e tutti gli altri dispositivi di self tracking prodotti dalla casa.



FIGURA 28 - A) FITBIT; B)UP DI JAWBONE; C) IL SISTEMA NIKE+

Al termine di questa lunga disamina di suggestioni e movimenti culturali si vuole introdurre una delle ultime tendenze che recentemente ha rivoluzionato il modo di pensare, di agire e soprattutto del fare. Questo *modus operandi* sta dietro anche al mondo della sensoristica personale e del “*Self tracking*” come descritto nel paragrafo precedente.

La spinta tecnologica combinata con il background culturale che si evince dai paragrafi precedenti ha promosso la nascita di movimento culturale che si basa su queste tecnologie, il mondo dei “*makers*”.

I “*maker*” raffigurano un movimento culturale che “*rappresenta un'estensione su base tecnologica del tradizionale mondo del fai da te contaminato da realizzazioni di tipo ingegneristico/ elettronico, come apparecchiature elettroniche, realizzazioni robotiche, dispositivi per la*

²⁴ www.fitbit.com

²⁵ www.jawbone.com

²⁶ nikeplus.nike.com

stampa 3D, apparecchiature a controllo numerico (Marcuscalabresus et al. 2013)". L'origine di questa cultura del fare tecnologico con forte componente manuale e hobbistica, nasce negli spazi di innovazione collaborativa (hackerspace²⁷) sorti agli inizi del 2009 negli Stati Uniti²⁸ che hanno spinto la nascita e la diffusione di molte delle piattaforme di sviluppo basate su progetti open source che saranno affrontati nel capitolo successivo.

²⁷ è uno spazio di lavoro in cui le persone con interessi comuni, spesso in informatica, tecnologia, scienza, arte digitale e arte elettronica, possono incontrarsi, socializzare e/o collaborare. Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.

²⁸ <http://hackerspaces.org>

2.2 ARTICOLAZIONE DEI PROCESSI INNOVATIVI IN CORSO

Negli ultimi decenni l'evoluzione più rapida è stata quella tecnologica che è riuscita a cambiare repentinamente ogni aspetto della vita quotidiana di individui e della società. Quest'ultima, integrata allo scenario culturale descritto, ha permesso lo sviluppo di una serie di attività progettuali a livello sia nazionale che internazionale.

“Ci abbiamo messo mezzo secolo per adottare il telefono, la prima tecnologia della realtà virtuale [...] Tecnologie recenti, come il PC, il web, i cellulari, meno di un decennio. [...] Man mano che facciamo transistor più piccoli e meno cari, gli elettroni hanno una minore distanza da percorrere. Sono più veloci, abbiamo una crescita esponenziale nella velocità dei transistor, così il costo del ciclo di un transistor sta calando, con un tempo di dimezzamento di 1,1 anni. Aggiungete altre forme di innovazione e design di processori, ottenete un rapporto qualità prezzo nei computer che raddoppia ogni anno. Il risultato è in pratica una deflazione, una deflazione del 50%. E non è solo coi computer. È vero per il sequenziamento del DNA, è vero per la TAC del cervello, è vero per Internet.” (Kurzweil 2005)

Il progresso sarà sempre più veloce, fino a raggiungere, nell'arco di qualche decennio, la Singolarità Tecnologica, definita da Kurzweil nel 2005 come *“un punto di non ritorno nello sviluppo della civiltà umana in cui sistemi naturali e artificiali vivranno in una società del futuro, profondamente mutata”*.

Il capitolo successivo ricostruisce un'articolazione dei processi innovativi in corso partendo dalla descrizione delle nuove tecnologie hardware ad oggi disponibili, tecnologie che vengono impiegate in progetti di riferimento, analizzati attraverso monografie e, infine, esempi di attività di business realizzate da alcune società, spesso start-up con alto livello di innovazione. All'inizio del capitolo viene riportata una tabella con un elenco, non esaustivo e non definitivo, di sistemi di monitoraggio ambientale basati su reti di sensori. Tale elenco è stato realizzato partendo dalla tabella redatta nel lavoro di Hart e Martinez (Hart e Martinez 2006), verificando i progetti ancora attivi e integrando i nuovi progetti e le reti di sensori, sia a livello nazionale che internazionale. Lo scopo di tale tabella riassuntiva è quello di fornire un quadro, seppur parziale, delle articolazioni dei processi innovativi attualmente in corso. Inoltre mostra la complessità e la vastità dei progetti di monitoraggio diffuso attivi o recenti e la trasversalità dell'impiego delle reti di sensori in ambito monitoraggio ambientale, in termini di tematiche di applicazione, tecnologie e scala del monitoraggio.

2.2.1 QUADRO DI RIFERIMENTO

Project or network name	WEB	Network type	Theme	Sensor and Data	Citizen Participation	Scale	Active
Antarctica	www.sensorwaresystems.com	Localised Multifunction	Habitat Monitoring	Two soil temperature sensors in addition to air temperature	NO	Km	n.a.
AWACSS	barolo.ipc.uni-tuebingen.de/awacss/	Biosensor Network	Water Quality	Estrogens and progestogens in sediment and water	NO	100 m	End date 2004
Buenos Aires Air Quality Network	www.unitec-srl.com	Large Scale Single Function	Air Quality	Air Quality Data	NO	100 m	YES
Cal Poly Pomona, College of Agriculture	www.sensorwaresystems.com	Localised Multifunction	Habitat Monitoring	Light levels, air temperature and humidity, soil temperature and soil moisture	NO	100 m	n.a.
Chesapeake Bay Observatory System	www.cbos.org	Localised Multifunction	Oceanography	Weather, salinity, wave speed, wave direction and conductivity	NO	Regional	YES
Citizen Weather Observer Program	www.wxqa.com/	Large Scale Single Function	Meteorology	Meteorological data	YES	Global	YES
Copenaghen Wheel	goo.gl/78wwk5	Large Scale Single Function	Air Quality	Air Quality data	YES	City	Sub project
Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis (DART)	www.ndbc.noaa.gov/dart.shtml	Large Scale Single Function	Flood	Oceanographic and meteorological data + bottom pressure recorders	NO	Regional	YES
Every Aware	www.everyaware.eu/	Large Scale Single Function	Air Quality	Air Quality Data	YES	Local	YES
EYE ON EARTH	www.eyearth.org	Heterogeneous Network	Multiparametric	Water quality, weather, webcam, Air Quality, Noise	YES	Regional	YES
Floodnet	www.envisense.org	Localised Multifunction	Flood	Water depth	NO	Km	End date 2004
GlacsWeb	www.glacsweb.org	Localised Multifunction	Geological data	Weather, location, tilt, pressure, temperature	NO	100 m	YES
Global Seismographic Network	www.iris.edu	Large Scale Single Function	Seismology	Seismometer accelerometer	NO	Global	YES
Huntington Gardens	www.sensorwaresystems.com	Localised Multifunction	Habitat Monitoring	Light levels, air temperature and humidity, soil temperature and soil moisture	NO	Km	n.a.
Indoor Air Quality Mapping	publiclab.org/wiki/room-ba-indoor-air-quality-mapping	Indoor Air Quality Monitoring	Air Quality	Air Quality Data	NO	House/Room	YES
Ipswich-Parker Suburban Watershed Chan	www.ipswatch.sr.unh.edu/index.html	Large Scale Single Function	Water Quality	River flow, quality, precipitation, estuarine depth and quality, weather	NO	Regional	YES
Kennedy Space Center Launch Pad	www.sensorwaresystems.com	Localised Multifunction	Habitat Monitoring	Light levels, air temperature and humidity, soil temperature and soil moisture	NO	100 m	n.a.
King County Lake	green.kingcounty.gov/lake-buoy/default.aspx	Localised Multifunction	Water Quality	Weather, pH, conductivity, dissolved oxygen, chlorophyll	NO	Local	YES

Lancaster Farms	www.sensorwaresystems.com	Localised Multifunction Large Scale Single Function	Habitat Monitoring	Light levels, air temperature and humidity, soil temperature and soil moisture	NO	Km	n.a.
London Air Quality	www.londonair.org.uk	Localised Multifunction Large Scale Single Function	Air Quality	Air Quality Data	NO	City	YES
Malheur Experiment Station	www.sensorwaresystems.com	Localised Multifunction Large Scale Single Function	Habitat Monitoring	Light levels, air temperature and humidity, soil temperature and soil moisture	NO	100 m	n.a.
Meteonetwork	www.meteonetwork.it/	Localised Multifunction Large Scale Single Function	Meteorology	Meteorological data	YES	Regional	YES
MySound	www.mysound.uconn.edu/index.html	Localised Multifunction Heterogeneous Network	Oceanography	Water quality, weather, wave data, webcam	NO	Regional	YES
National Environmental Monitoring Initiative	www.epa.gov	Heterogeneous Network	Multiparametric	Wide range	NO	Regional	YES
National Science Foundation Polar UV Monitoring Network	uv.biospherical.com/	Large Scale Single Function	Ultra Violet	UV Level	NO	Regional	YES
NET ATMO	www.netatmo.com	Indoor Air Quality Monitoring and weather station	Air Quality/Meteorology	Meteorological data, Indoor Air Quality, Outdoor Air Quality, Noise, CO2 Level	YES	House/Room	YES
NWIS web water data	waterdata.usgs.gov/nwis/	Localised Multifunction Large Scale Single Function	Flood	Surface water, ground water and water quality	NO	City	YES
RASPIBO	www.raspibo.org	Localised Multifunction Large Scale Single Function	Air Quality	Air Quality Data	YES	Local	YES
RESMIA	www.resmia.eu/	Localised Multifunction	Multiparametric	Air Quality Data, Multipurpose Environmental Network	NO	Regional	End date 2012
SECOAS	www.cs.kent.ac.uk/projects/secoas/	Localised Multifunction	Oceanography	Location, wave heights	NO	Km	End date 2006
Senspod	www.sensaris.com	Personal Air Quality Sensor	Air Quality	Air Quality Data	YES	Personal	YES
Sevilleta, New Mexico	www.sensorwaresystems.com	Localised Multifunction	Habitat Monitoring	Light levels, air temperature and humidity, as well as soil temperature and moisture	NO	Km	n.a.
Sierra Nevada Mountains, California	www.sensorwaresystems.com	Localised Multifunction Heterogeneous Network	Meteorology	Snow accumulation and melting	NO	100 m	n.a.
SINAnet	www.sinanet.isprambiente.it/ft	Heterogeneous Network Large Scale Single Function	Multiparametric	Weather, webcams, Air Quality, Snow Falls	NO	Regional	YES
SmartCitizen	www.smartcitizen.me	Large Scale Single Function	Multiparametric	Weather, Air Quality	YES	Global	YES
SNOTEL	www.wcc.nrcs.usda.gov/snow/	Large Scale Single Function	Meteorology	Snow Thickness	NO	Regional	YES
The Georgia Automated Environmental Monitoring Network	www.georgiaweather.net/	Large Scale Single Function	Meteorology	Meteorological data	NO	Regional	YES
The Pacific Northwest Seismograph Network	www.pnsn.org/	Large Scale Single Function	Seismology	Seismic Sensors	NO	Regional	YES

Tropical Atmosphere Ocean Project	www.pmel.noaa.gov/tao/index.shtml	Large Scale Single Function	Oceanography	Oceanographic and meteorological data	NO	Local	End date 2010
Tucson Flooding Project	www.sensorwaresystems.com	Localised Multifunction	Habitat Monitoring	Ambient air temperature, relative humidity, and light level, soil moisture	NO	Km	n.a.
UK Environmental Change Network	www.ecn.ac.uk/	Heterogeneous Network	Multiparametric	Weather, land and lake surface water discharge, camera	NO	Regional	YES
Volcano Monitoring	fiji.eecs.harvard.edu/Volcano	Localised Multifunction	Geological data	Wireless infrasonic sensor array	NO	Km	YES
Wateronthe web	www.waterontheweb.org/index.html	Localised Multifunction	Water Quality	Temperature, dissolved oxygen concentration, salinity	NO	Local	End date 2009
WAVIS (wave-current informationsystem)	www.wavis.lsu.edu/aboutus.asp	Large Scale Single Function	Oceanography	Wave parameter, water level, surge, near surface current speed and direction and meteorological conditions, webcam	NO	Regional	End date 2006
Weather Underground	www.wunderground.com	Large Scale Single Function	Meteorology	Meteorological data	YES	Global	YES
WeSenseIt	www.wesense.eu	Large Scale Single Function	Water Quality/Flood	Water Level, Snow depth, cloud cover, water temperature, Solar Radiation, Soil Moisture, Precipitation, pH Level, OxRed Potential, Turbidity, Flow Velocity, Dissolved Oxygen	YES	Regional	YES
Wsn for hydrogeological monitoring system	www.minteos.com	Hydrogeological monitoring system	Geological data	Hydrogeological monitoring Data	NO	Local	YES

TABELLA 3 - ELENCO DEI PROGETTI NAZIONALI E INTERNAZIONALI CHE SI OCCUPANO DI MONITORAGGIO DIFFUSO.

2.2.2 PIATTAFORME HARDWARE

Comunemente con il termine “*Hardware*” si indica la parte fisica di un computer e più in generale il termine si riferisce a qualsiasi componente fisico di una periferica o di una apparecchiatura elettronica. La spinta *maker* (cfr. paragrafo 2.1.3) ha generato una domanda che ha prodotto tantissime soluzioni hardware. Oltre alle più famose e diffuse piattaforme precedentemente descritte si sono sviluppate (e stanno nascendo continuamente) diverse altre soluzioni, molte di queste strizzano l’occhio al mondo dell’*internet degli oggetti* e alla domotica; alcune sono ottimizzate per semplificare il processo di realizzazione di prototipi e piccoli oggetti senza richiedere all’utente conoscenze specifiche. Di seguito si riporta la descrizione di alcune di queste senza voler fare un elenco, che non risulterebbe né esaustivo né completo a causa della velocità con cui queste realtà nascono, si sviluppano e si esauriscono. Nei prossimi paragrafi verranno descritti gli hardware più utilizzati nel mondo dell’*Internet of Things*, dei microcontrollori, delle soluzioni *embedded* etc..

2.2.2.1 ARDUINO & FIGLI

Si riporta da “arduino.cc”, sito di riferimento dell’intero progetto:

“Arduino è una piattaforma di prototipazione elettronica open-source che si basa su hardware e software flessibili e facili da usare. È stata creata per artisti, designer, hobbisti e chiunque sia interessato a creare oggetti o ambienti interattivi”.



FIGURA 29 - ARDUINO UNO

Arduino (figura 29) è un progetto italiano che ha preso avvio ad Ivrea nel 2005, con lo scopo di rendere disponibile, ai progetti dell’ “Interaction Design Institute²⁹” realizzati da studenti, un dispositivo per il controllo che fosse più economico rispetto ad altri sistemi di prototipazione disponibili all’epoca. I progettisti, il team originale è composto da Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, e David Mellis, sono riusciti nell’intento di creare una piattaforma di semplice utilizzo ma che, al tempo stesso, permette una significativa riduzione dei costi e alte prestazioni. Da allora Arduino ha fatto il giro del mondo, cambiando radicalmente il modo in cui molti *interaction designer* si avvicinano a un progetto e invitando molti

²⁹ Interaction Design Institute – Ivrea, di Telecom Italia, chiuso nel 2005.

"non addetti ai lavori" ad avvicinarsi al mondo dell'elettronica e della programmazione. Il successo di Arduino è molto rapido e dopo 3 anni dall'invenzione, a ottobre 2008, ne erano stati venduti più di 50.000 esemplari in tutto il mondo, dopo 5 anni il numero è salito rapidamente sino a 250.000 esemplari. Arduino è ora l'oggetto simbolo del DIY³⁰ e del mondo dei *maker*.

La scheda Arduino è in grado di interagire con l'ambiente in cui si trova ricevendo informazioni da una grande varietà di sensori, controllando luci, motori e altri attuatori. Il microprocessore sulla scheda è programmato utilizzando il linguaggio di programmazione specifico e un ambiente di sviluppo dedicato. I progetti sviluppati con Arduino possono essere stand-alone, oppure possono comunicare con software in esecuzione su un computer. La scheda può essere costruita o acquistata già assemblata; il software può essere scaricato gratuitamente. I progetti di riferimento dell'hardware sono distribuiti con licenza open-source, ognuno è libero di adattarli secondo le proprie necessità. Arduino è il progetto di hardware open-source di maggior successo, questo ha di fatto, come vedremo successivamente, generato molti "figli" e cloni dando il via ad una diffusione dei sistemi *embedded*³¹ al grande pubblico, fuori dai settori specializzati. L'essere open-source ha anche stimolato la rapida evoluzione delle versioni realizzando una rapida crescita prestazionale. Lo sviluppo è molto bene sintetizzato in una infografica (figura 30), realizzata dalla rivista "Make magazine"³², di cui si riportano i passi più significativi e si invita alla visualizzazione.

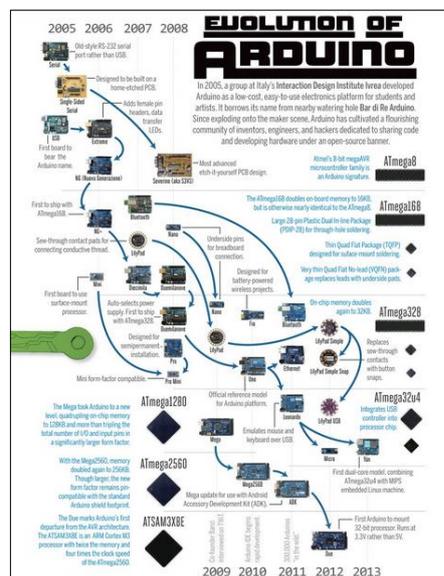


FIGURA 30 - INFOGRAFICA - EVOLUTION OF ARDUINO.

³⁰ Do It Yourself – Fai da Te con accezione pratica/materiale e elettronica.

³¹ In elettronica e informatica si identificano genericamente tutti quei sistemi elettronici di elaborazione a microprocessore progettati appositamente per una determinata applicazione, spesso con una piattaforma hardware ad hoc, integrati nel sistema che controllano ed in grado di gestirne tutte o parte delle funzionalità richieste. Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.

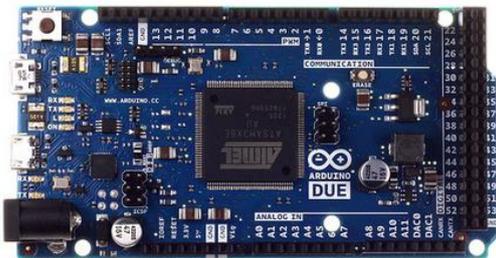
³² <http://makezine.com/volume/make-36-boards/>



<http://goo.gl/KVxGdP>



Nel 2005 nasce la prima versione, dotata di porta seriale RS-232 invece della porta USB con processore ATmega a 8 bit. Già l'anno successivo esce "Arduino NG (Nuova Generazione)", con lo stesso processore ma con led per verificare l'attività e porta USB. All'NG seguono in rapida successione il "diecimila" e il "2009" e nello stesso periodo nascono dei derivati come il "nano", il "Mini" e il "LilyPad"; cambia anche processore, ora un ATmega 168, sempre a 8 bit ma con 16k di memoria. Sempre in questo periodo nascono estensioni per la connettività (bluetooth e ethernet). Dal 2010 l'evoluzione è rapida e multi livello, sia dal punto di vista hardware che dal punto di vista software e di piattaforma di sviluppo. Nel 2011 si raggiungono le 300.000 unità vendute e versioni che comprendono processori dual core (Yun) e memorie sempre più estese. L'ultima versione, "Arduino DUE", è basata sul microcontrollore Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3, processore a 32 bit con alte capacità di calcolo, velocità di clock a 84 Mhz, 512 Kbyte di memoria flash e controller DMA per gestire meglio i dispositivi di memoria esterni senza sovraccaricare il processore. È dotata di 54 pin digitali di ingresso/uscita, 12 ingressi analogici, 4 porte seriali hardware UART, 2 convertitori DAC (digitale-analogico). È il primo ad essere alimentato a 3,3V, contro i 5,5V degli altri, con consumi ridotti.



Arduino Due Front



Arduino Due Back

FIGURA 31 - ARDUINO DUE.

Come introdotto precedentemente, la natura open hardware del progetto ha permesso lo sviluppo di diversi prodotti compatibili con Arduino rilasciati commercialmente usando "-duino" come suffisso del nome.

Tra questi si contano:

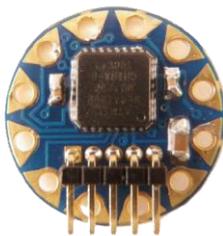
- oltre 30 schede derivate, tra cui le più distribuite sono "Seeeduino" di Seeed studio³³ e "roboduino" dedicato alla robotica.

³³ <http://www.seeedstudio.com> -



FIGURA 34 - LIGHTDUINO.

- Oltre 40 miniaturizzazioni del progetto. Tra queste si segnalano TinyLily (tutta la potenza di Arduino UNO in un oggetto più piccolo di una moneta, progettato per essere inserito nell'abbigliamento o nei tessuti. Include un adattatore USB per la comunicazione e la programmazione), TinyDuino (tutta la potenza e la funzionalità della scheda Arduino Uno nelle dimensioni di un bottone con la possibilità di impilare diversi TinyDuino) e Open Tag, datalogger di movimento dotato di accelerometro, magnetometro, sensore di temperatura, pressione e orologio .



A) TinyLily



B) TinyDuino



C) Open Tag

FIGURA 35 - ALCUNI ESEMPI DI "SMALL ARDUINO".

Un elenco, seppur non esaustivo e in continuo aggiornamento, dei dispositivi derivati dal mondo Arduino, è disponibile come contenuto di una pagina su Wikipedia. A causa dell'elevata velocità di sviluppo del mondo Arduino, la soluzione della pagina wiki risulta essere la migliore, così da permettere agli utenti continui aggiornamenti. La pagina infatti è nata nell'agosto 2011 ed è stata sottoposta a oltre 300 integrazioni e revisioni di cui l'ultima a novembre 2013.



<http://goo.gl/Pn6RIA>



2.2.2.2 RASPBERRY PI

Raspberry Pi è un single-board computer³⁴ inglese, rilasciato nel febbraio del 2012 a costi molto contenuti (da 25 a 35 \$). La scheda è dotata di un processore ARM1176JZF-S a 700 MHz, una GPU VideoCore IV e 256 o 512 Megabyte di RAM. Per la memorizzazione il sistema si affida a una scheda SD. L'idea di base è la realizzazione di un dispositivo economico, concepito per stimolare l'insegnamento di base dell'informatica e della programmazione. La scheda è stata progettata per ospitare sistemi operativi basati su Linux.

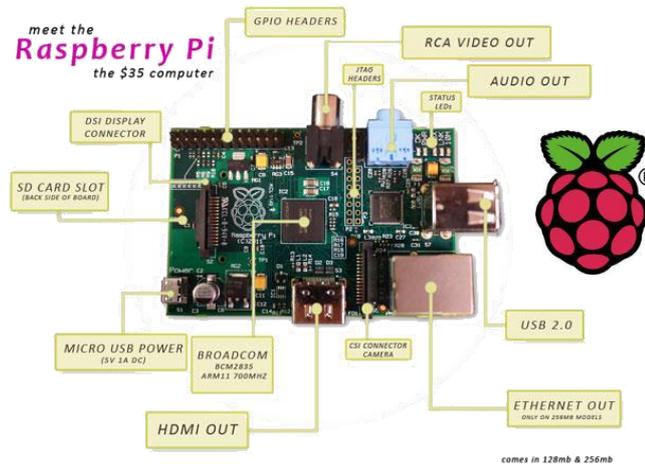


FIGURA 36 - VISTA DEL RASPBERRY PI. DA [HTTP://WWW.RASPBERRYPI.ORG/](http://www.raspberrypi.org/)

I modelli distribuiti sono due: il Model A, con 256 MB di RAM, dotato di una singola porta USB e privo di controller Ethernet e il Model B, dotato di 512MB di RAM ed equipaggiato con due porte USB ed un controller Ethernet. Entrambi sono compatibili con tastiere e mouse generici collegabili tramite porta USB. Raspberry Pi usa il sistema operativo Linux.

Il successo di popolarità e vendite è immediato, la prima uscita pubblica è in un video, nel maggio 2011, della BBC che ha ottenuto circa 600.000 contatti. Il primo giorno di vendita online, febbraio 2012, sono 10.000 i Raspberry Pi venduti e 100.000 ordini nel primo giorno. A gennaio del 2013 sono stati venduti 700.000 Raspberry Pi.

2.2.2.3 BEAGLE BOARD

La BeagleBoard è un computer integrato su una singola scheda basato su processore Texas Instruments, caratterizzato da costi contenuti ed elevato potere di calcolo (ARM Cortex TM -A8 da 600 MHz) a cui si aggiungono elevate performance audio-video.

³⁴ Calcolatore implementato su una sola scheda elettronica

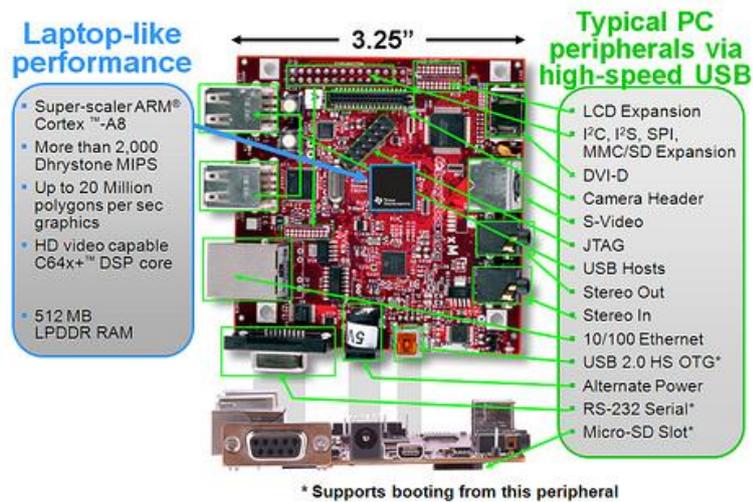


FIGURA 37 - SCHEDA BEAGLEBOARD CON DESCRIZIONE DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE - DA BEAGLEBOARD.COM

Caratteristica fondamentale è che l'intero progetto è Open (sia la parte hardware che la parte software) ed è presente una ricca documentazione e una *community* in costante crescita, recentemente è evoluta come "base" per il nuovo Arduino Tre.

2.2.2.4 TINKERKIT

Thinker Kit è uno shield, un'estensione, di Arduino che permette di usare tutti i sensori gli attuatori senza effettuare saldature.



L'idea è di rendere ancora più semplice l'azione dell'assemblaggio hardware che avviene con dei contatti a clip. Vengono inoltre forniti tutorial e progetti molto dettagliati e di semplice realizzazione.



<http://www.tinkerkit.com>



2.2.2.5 Udoo Systems

Udoo è il nome onomatopeico scelto per la piattaforma di prototipazione hardware prodotta dall'italiana SECO³⁵.



UDOO è una soluzione multi piattaforma di sviluppo per Android, Linux, Arduino e Google ADK 2012. La scheda è stata progettata per fornire un ambiente flessibile che permette di esplorare le nuove frontiere di Internet of Things. UDOO consente di passare tra Linux e Android in pochi secondi, semplicemente sostituendo la scheda Micro SD e riavviando il sistema. UDOO è compatibile con tutte le risorse disponibili della comunità Arduino così come tutti gli shields, i sensori e gli attuatori per Arduino DUE disponibili sul mercato, processore Quad Core e processore dedicato per la grafica.

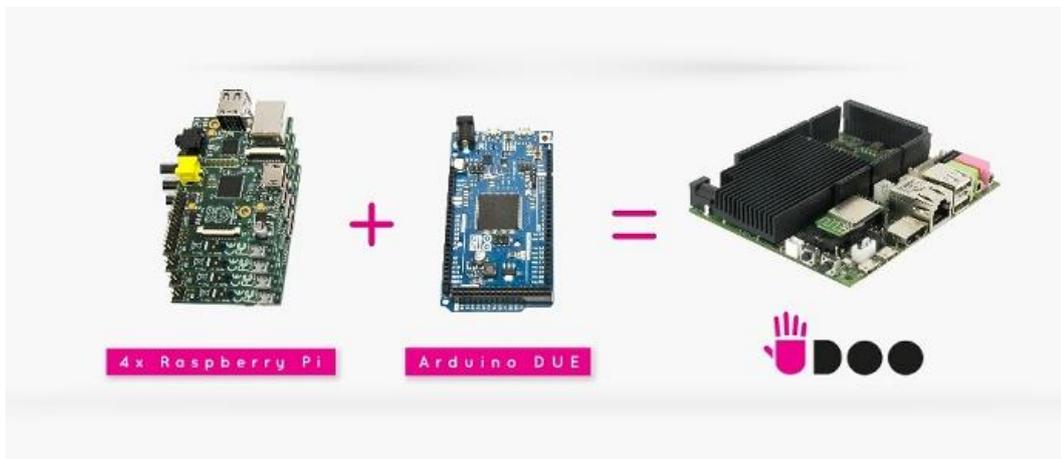


FIGURA 38 - CONFRONTO TRA UDOO E LE ALTRE PIATTAFORME DI PROTOTIPAZIONE. DA UDOO.ORG

Udoo ha consumi elevati, si configura più per impieghi di automazione in ambienti alimentati piuttosto che per realizzare soluzioni diffuse sul territorio dove la caratteristica fondamentale è legata ai bassi consumi. I costi sono più elevati rispetto alle altre soluzioni, circa 3 volte il costo di Raspberry PI e di Arduino.



<http://www.udoo.org>



³⁵ <http://www.seco.com>

2.2.2.6 AYALA NETWORKS



Ayla networks propone un vero e proprio ambiente completo dedicato all'Internet of things.

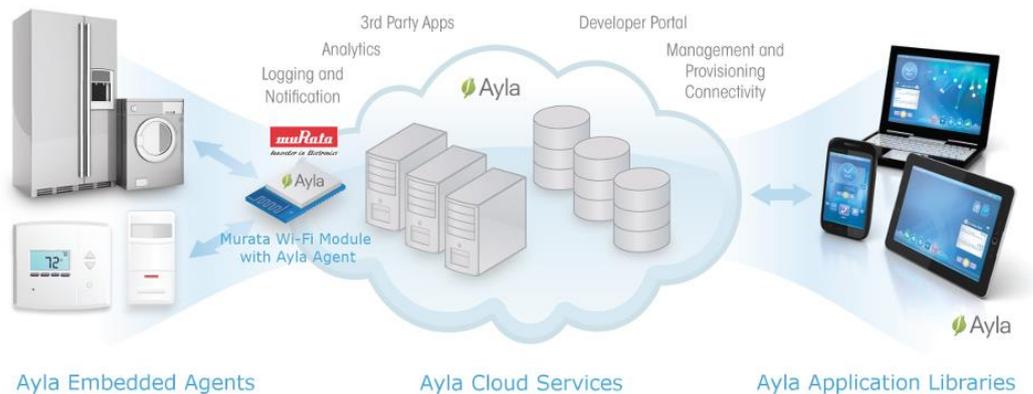


FIGURA 39- IL SISTEMA AYALA NETWORKS. DA AYALA.COM.

L'azienda fornisce un pacchetto modulare completo, dall'interfaccia hardware, ai servizi cloud, sino al software desktop o mobile. Il tutto con l'obiettivo di controllare, comandare e interagire con oggetti di uso comune e di dotazione domestica (illuminazione, elettrodomestici etc..) attraverso il web e tecnologie mobile. Il sistema è completo e co costi elevati, ma la soluzione è "chiavi in mano", è molto lontano dalle logiche open source e marker.



<http://www.aylanetworks.com>



2.2.3 SENSORI

In senso generale un sensore è un dispositivo che rileva un segnale di input, sia questo fisico o chimico, e lo converte in un appropriato segnale di output, tipicamente in un segnale elettrico, analogico o digitale. I sensori possono essere classificati in base al parametro misurato (ad esempio la temperatura), in base al campo di applicazione (ad esempio il monitoraggio strutturale), in base al principio di misurazione e trasduzione (semiconduttori o elettrochimici). Esistono sensori di ogni genere, tipo e funzione specifica; per questo lavoro di tesi è stata realizzata una sintesi contenuta dei sensori usando come filtro per la scelta caratteristiche quali:

- applicabilità alla matrice del monitoraggio ambientale;
- economicità;
- dimensioni;
- l'applicazione in uno o più progetti di carattere ambientale;
- compatibilità con le piattaforme hardware open source descritte in precedenza.

Verranno riportate schede sintetiche di sensori di temperatura e umidità, pioggia, direzione e intensità del vento, concentrazioni di gas e alcuni dettagli dei sensori impiegati nei progetti della ricerca applicata che verrà descritta nella seconda parte. (cfr. capitolo 3.1). Al fine di facilitare la lettura si dividono i sensori in tre sezioni: Meteo, Gas e Aria, Misure fisiche.

2.2.3.1 METEO

Sono inseriti in questa sezione i sensori più comunemente impiegati volti alla misura delle condizioni meteo in senso lato.

Termo-igrometro

Il termo-igrometro è uno strumento digitale in grado di rilevare temperatura e l'umidità relativa dell'aria. Tra i modelli a basso costo più impiegati c'è la serie DHTXX (DHT11 e DHT22), sensore composito di temperatura e umidità. Il sensore di temperatura è il DS18B20 in grado di rilevare una temperatura compresa nel campo $-55^{\circ}\text{C}\div 125^{\circ}\text{C}$ con un'accuratezza di $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ nel campo $-10^{\circ}\text{C}\div 85^{\circ}\text{C}$. L'errore si allarga agli estremi del campo di misura arrivando a $\pm 2^{\circ}\text{C}$ tra -55°C e 125°C . In figura è riportato il diagramma dell'errore fornito dal costruttore.

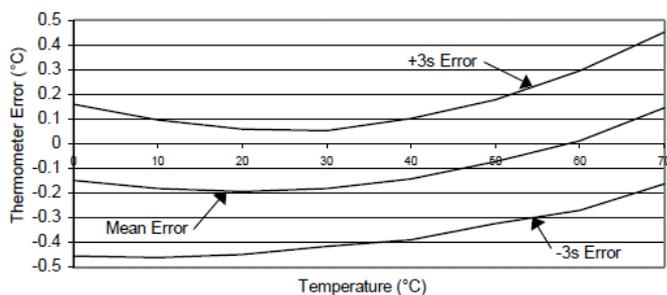


FIGURA 40- DS18B20 CURVA DELL'ERRORE. DA DS10B20 DATASHEET.

Il sensore di umidità è costituito da un trasduttore a polimeri igroscopici. Queste sostanze modificano la costante dielettrica in funzione delle variazioni della pressione parziale di vapore d'acqua contenuto nell'ambiente e, quindi, delle variazioni di umidità relativa. Il sensore interno al DHT22 ha un range di misura compreso tra 0 – 100% RH (Relative Humidity) con una accuratezza del 2-5%. Entrambe i sensori hanno una frequenza di campionamento di 0,5 Hz.



FIGURA 41 - A SINISTRA SENSORE DI TEMPERATURA DHT22 , A DESTRA NELL'ALLOGGIAMENTO CON SCHERMO SOLARE E PANNELLO SOLARE PER ALIMENTAZIONE DEL GRUPPO SENSORI. FOTO DELL'AUTORE.

Questi sensori vengono comunemente installati in un involucro in plastica dotato di fori di varie forme, presenti su più lati, che, come dettano le norme WMO³⁶, deve essere posto all'interno di uno schermo solare (passivo o ventilato). Tale apparecchiatura è formata dalla sovrapposizione di alcuni piatti rigorosamente bianchi di speciali materiali che impediscono il surriscaldamento provocato dalla radiazione solare al fine di non falsare il dato termo-igrometrico.

³⁶ Organizzazione meteorologica mondiale (OMM) (in inglese World Meteorological Organization - WMO) è un'organizzazione intergovernativa che comprende 189 Stati membri e Territori.

Sensore di intensità e direzione del vento

L'anemometro è il sensore in grado individuare la velocità e la direzione di provenienza del vento. La velocità del vento viene rilevata con l'ausilio di coppette che vengono fatte ruotare dal movimento d'aria, anche in questo caso un'elettrocalamita trasforma poi la velocità di rotazione delle coppette in impulsi di corrente tanto più elevati quanto maggiore è la velocità.

Tali impulsi vengono inviati ad un computer che elabora il valore della velocità con una determinata frequenza di campionamento.

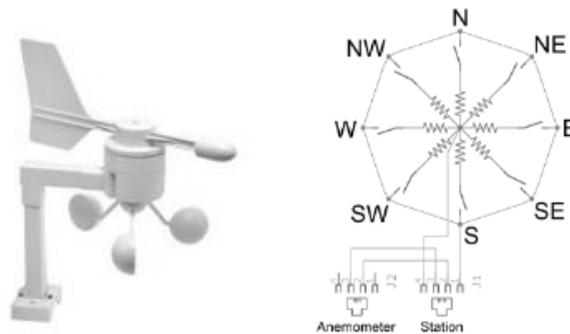


FIGURA 42 – ANEMOMETRO FWS-20 CON SCHEMA PER L'IDENTIFICAZIONE DELLA DIREZIONE. DA DATASHEET FWS-20.

L'anemometro a basso costo della Argentdata ha un rapporto di correzione dove una chiusura al secondo corrisponde a una velocità del vento di 1.492 MPH (2,4 km/h). Il vento genera lo spostamento della banderuola che si allinea con la sua direzione. Il sensore è molto complesso, è composto da otto interruttori magnetici che si chiudono a coppie di due. A valle degli interruttori è presente una resistenza che ha la funzione di ripartitore di tensione. Ad ogni chiusura si viene a creare una tensione d'uscita misurabile che identifica la direzione del vento, secondo lo schema seguente:

Direction (Degrees)	Resistance (Ohms)	Voltage (V=5v, R=10k)
0	33k	3.84v
22.5	6.57k	1.98v
45	8.2k	2.25v
67.5	891	0.41v
90	1k	0.45v
112.5	688	0.32v
135	2.2k	0.90v
157.5	1.41k	0.62v
180	3.9k	1.40v
202.5	3.14k	1.19v
225	16k	3.08v
247.5	14.12k	2.93v
270	120k	4.62v
292.5	42.12k	4.04v
315	64.9k	4.78v
337.5	21.88k	3.43v

TABELLA 4 - RISPOSTA DEL SENSORE IN BASE ALL'ANGOLO DI DIREZIONE DEL VENTO.

Secondo le norme sancite dal WMO, l'anemometro deve trovarsi ad un'altezza compresa tra 2 e 10 metri da terra, lontano da grossi ostacoli verticali, che creerebbero turbolenza e quindi lo sfalsamento del valore velocità e direzione del vento.

Gli anemometri possono essere ultrasonici. Il principio di funzionamento è semplice, le due coppie di trasduttori misurano le componenti di intensità e velocità del vento dal momento che la velocità del suono è influenzata dal vento.

Per ognuno dei due assi la velocità è funzione del tempo impiegato dall'impulso ad andare, ad esempio, dal trasduttore "Nord" a quello "Sud" e viceversa.



FIGURA 43 – ESEMPIO DI ANEMOMETRO ULTRASONICO. DA GILLINSTRUMENTS.COM

I vantaggi di questa tipologia sono molteplici: non hanno problemi di inerzia dovuti all'accelerazione e alla decelerazione che possono portare ad una sottostima delle raffiche e ad una sovrastima della velocità media; il sistema di campionamento è più rapido, la frequenza di campionamento è più alta (4Hz vs 1Hz) e non soffrono dell'effetto bandiera per quanto riguarda la direzione del vento.

Pluviometro

Il pluviometro è uno strumento in grado di rilevare la quantità di precipitazione cumulata di qualsiasi tipo (pioggia, neve, grandine, nebbia). L'unità di misura utilizzata nel sistema internazionale delle misure è il mm, che corrisponde al litro per metro quadro ($1\text{mm}=1\text{l}/\text{m}^2$). Il sistema di campionatura di tale sensore è basato sul moto altalenante di una bilancia tarata. Dopo che il precipitato, caduto nel cucchiaio tramite un imbuto a pareti lisce ha raggiunto un certo peso, questo scatterà, inviando alla consolle il dato pluviometrico. Tale moto si attiverà ogni qualvolta la bilancia avrà al suo interno una quantità d'acqua predefinita dalla taratura.

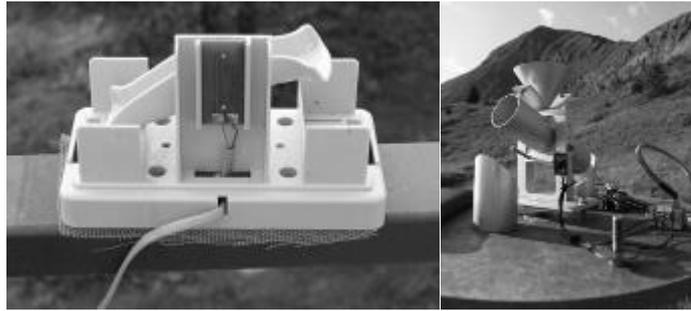


FIGURA 44 – A SINISTRA PLUVIOMETRO A BASCULA A BASSO COSTO DELLA STAZIONE FWS-20. A DESTRA, ANEMOMETRO A BASCULA CERTIFICATO. FOTO DELL'AUTORE.

Secondo le regole del WMO, il pluviometro deve essere posto in uno spazio aperto perfettamente in orizzontale. La distanza minima con l'ostacolo più vicino dovrà essere almeno tre volte l'altezza dello stesso. Se, ad esempio l'ostacolo più vicino è un albero alto 5 metri, il pluviometro dovrà essere posizionato ad almeno 15 metri.

Tra i sensori a basso costo viene preso ad esempio il pluviometro della Argent DataSystems (www.argentdata.com), molto economico, basato su tecnologia a bascula con auto-svuotamento. Ogni bascula corrisponde a 0,2794 millimetri di pioggia, il movimento della bascula provoca una chiusura di un contatto momentaneo che viene registrato con un contatore digitale. Tale strumento, come molti sensori a basso costo fornisce buoni risultati con piogge deboli e moderate, con RR (Rain Rate, intensità) non superiori ai 3-4 mm/hr, mentre con piogge intense e molto intense è sottostimata dal 10% al 20 %. Altri sensori meteorologici possono essere quelli di insolazione, che misurano la quantità di irradiazione solare.

2.2.3.2 QUALITÀ ARIA

Oltre ai sensori meteorologici, molti dei progetti legati all'”*Internet of Things*” che verranno descritti e impiegati nelle parti successive di questo lavoro, ci sono i sensori di sostanze inquinanti in aria. I progetti analizzati e i test riportati impiegano, quasi tutti, gli stessi sensori provenienti dagli stessi produttori a livello mondiale. Rilevare la presenza e la concentrazione di un gas all'interno di un ambiente può essere effettuato impiegando diverse metodologie: fisiche e chimiche. I sensori di gas possono essere elettrochimici, catalitici, impiegare semiconduttori oppure sfruttare i principi dell'ottica.

I sensori elettrochimici si basano sul principio fondamentale di proporzionalità diretta tra la concentrazione del gas e la corrente elettrica in uscita dal sensore. Sono composti da un elettrodo sensibile (anodo), un elettrodo di accumulo (catodo), un elettrolita e una membrana.

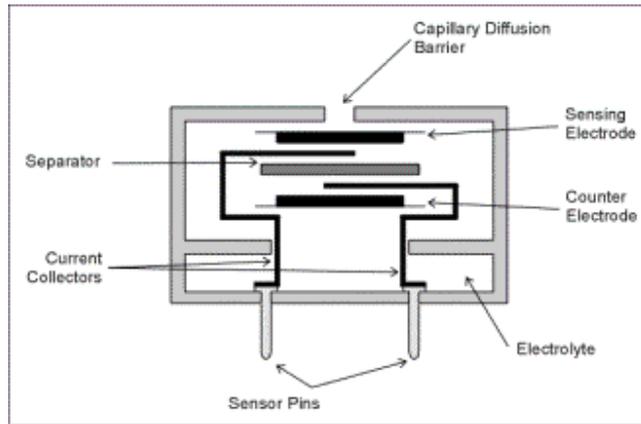


FIGURA 45 – SCHEMA DEI SENSORI ELETTROCHIMICI. DA WWW.CITYTECH.COM

Il gas che si diffonde nell'area compresa tra gli elettrodi, reagisce con l'elettrodo sensibile provocando una reazione di ossidoriduzione, modificando la capacità di conduzione di corrente tra un elettrodo e l'altro. La resistenza posta tra anodo e catodo permette di misurare il passaggio di corrente proporzionale alla concentrazione del gas. Questa tipologia di sensore per funzionare ha bisogno di una corrente costante applicata. Se questa tensione varia o è assente il sensore può essere inutilizzabile. Questa tipologia di sensori è poco sensibile ad oscillazioni di temperatura e umidità, operano tipicamente a temperature intorno a 25 °C e 65% di umidità relativa. La selettività, ovvero la capacità di distinguere correttamente il gas desiderato e ignorare gli altri, dipende molto dalla qualità costruttiva e dalla membrana di filtro che viene impiegata.

I sensori catalitici si basano sul processo di combustione catalitica. I gas combustibili hanno una ben determinata temperatura alla quale bruciano, tuttavia, se è presente il giusto catalizzatore, questo valore di temperatura può essere variato consentendo la combustione a temperature notevolmente inferiori. Il sensore è costituito da due filamenti metallici, uno di riferimento ed uno di rilevazione, il materiale utilizzato per entrambi i filamenti è spesso il platino che ha la proprietà di variare la propria resistenza in modo lineare al variare della temperatura.

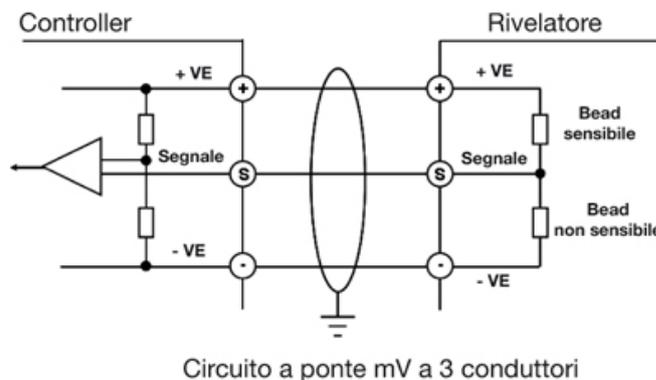


FIGURA 46 – SCHEMA DI FUNZIONAMENTO DEI SENSORI CATALITICI. DA E2V.COM

Il sensore consente di convertire una variazione di concentrazione di gas in una variazione di resistenza. I sensori sono molto alti nei consumi, di dimensioni non contenute e devono lavorare a temperature comprese tra i 400 e i 600 °C. (Figaro Idt)

I sensori di gas a semiconduttore si basano sulla capacità di un materiale semiconduttore di adsorbire, in determinate condizioni, l'ossigeno all'interno del materiale con una carica negativa aumentando la resistenza del materiale e determinando una differenza di corrente. I sensori sono longevi, sono sensibili a molti composti, sono poco selettivi e risentono molto della variazione di temperatura e umidità e concentrazione di ossigeno (Figaro Idt.)

I sensori ottici si basano sul principio di interazione tra onde elettromagnetiche e materia. E' infatti possibile risalire alla concentrazione di gas basandosi sullo spettro di assorbimento, caratteristico per ogni materiale. In linea di massima il principio di funzionamento è che il gas viene condotto all'interno della camera di misura dove è presente un generatore di onde elettromagnetiche ad una estremità e un ricevitore in ascolto dall'altra. Conoscendo la potenza dell'onda trasmessa e misurando quella di ritorno è possibile risalire alla quantità di energia assorbita dal gas. Per cui, conoscendo la potenza assorbita e la lunghezza d'onda dell'onda sorgente è possibile risalire alla specie chimica e alla sua concentrazione.

Questi sensori risentono molto delle variazioni di temperatura poiché i coefficienti di assorbimento sono funzione della temperatura, anche alti valori di umidità possono compromettere il sensore o invalidare una misura. Il problema più grave che ad oggi affligge questa categoria di sensori è la selettività (Honeywell). I sensori impiegati nei progetti che verranno descritti successivamente e nell'attività di ricerca svolta sono realizzati dai maggiori produttori mondiali di sensoristica e di componentistica elettronica di cui si riportano di seguito delle schede di sintesi.

Tecnica di misura	Vantaggi	Svantaggi
Catalitica	Semplice, misura l'infiammabilità dei gas. Tecnologia ben collaudata e dai costi contenuti	Può essere contaminato da metalli pesanti. Per il suo funzionamento è necessario l'ossigeno. Potenza elevata. Il posizionamento è fondamentale.
Elettrochimica	Misura gas tossici a concentrazioni relativamente basse. Può rilevare una vasta gamma di gas. Potenza molto ridotta.	Le anomalie non vengono indicate a meno che non vengano impiegate tecniche di monitoraggio avanzate. Per il suo funzionamento è necessario l'ossigeno. Il posizionamento è fondamentale.

<p>Infrarossi</p>	<p>Utilizza una tecnica di tipo fisico invece che chimico. Meno sensibile agli errori di taratura. Può essere utilizzato in atmosfere inerti.</p>	<p>Misura alte concentrazioni dei gas infiammabili, che deve successivamente essere messa in relazione con l'infiammabilità del gas stesso. Il posizionamento è fondamentale. Costi di acquisto più alti.</p>
<p>Semiconduttore</p>	<p>Resistente dal punto di vista meccanico, funziona bene anche con condizioni costanti di elevata umidità.</p>	<p>Soggetto all'azione dei contaminanti e delle modifiche alle condizioni ambientali. Complessità degli effetti della risposta non lineare.</p>

TABELLA 5 - ANALISI SWOT DELLE TECNICHE DI MISURA.

E2V

“e2v” è una società inglese che progetta, sviluppa e produce sistemi tecnologici e componenti. La società era precedentemente conosciuta come “Valve English Electric Company” e per un breve periodo di tempo “Marconi Tecnologie Applicate”. La società produce strumentazione elettronica di alta precisione per usi militari (Missili, satelliti), strumentazione medica, *digital imaging* e semiconduttori. e2v è all'avanguardia nella progettazione, sviluppo e produzione di una vasta gamma di sensori di gas già dal 1967.



FIGURA 47 - SENSORI E2V. DA E2V.COM



<http://www.e2v.com>



Figaro

Figaro Engineering Inc è un produttore statunitense di sensori di gas da oltre 30 anni. I sensori Figaro impiegano la tecnologia a semiconduttori utilizzando composti di ossidi metallici sinterizzati che rilevano gas attraverso un aumento della conducibilità elettrica quando i gas riducenti vengono adsorbiti sulla superficie del sensore.



FIGURA 48 –SENSORI FIGARO.DA FIGAROSENSOR.COM

I settori di impiego dei sensori Figaro spaziano dalla sicurezza, alla salute, ai sistemi di controllo e strumentazione di precisione. I sensori vengono integrati in allarmi residenziali e commerciali/industriali per gas tossici ed esplosivi, controlli automatici di cottura per forni a microonde, sistemi di controllo della qualità dell'aria / ventilazione per case e automobili.



<http://www.figarosensor.com>

*Sharp*

Fondata nel 1912 a Tokyo, prese il nome dalla prima invenzione del fondatore Tokuji Hayakawa: la matita meccanica Ever-Ready Sharp del 1915. Dopo il terremoto del 1923 la società si sposta a Ōsaka e inizia con la costruzione di radio, in vendita dal 1925. Dal 1953 inizia la produzione di televisori. Nel 1964 produce, prima in tutto il mondo, un calcolatore tutto a base di transistor. Produce anche: pannelli solari, dispositivi audio-video, schermi a cristalli liquidi, proiettori, forni a microonde, sensori CCD e CMOS, memorie flash e condizionatori d'aria. Tra la sensoristica produce sensori aria, sensori di prossimità e sensori di luminosità.



FIGURA 49 – SENSORE DI POLVERI TOTALI GP2Y1010AU0F OPTICAL DUST SENSOR. DA SPARKFUN.COM

Tra questi il sensore “Air” impiega tecniche di riflessione e rifrazione per rilevare concentrazioni di particolato in aria con una precisione di $0,1 \text{ mg} / \text{m}^3$. Le applicazioni principali includono: depurazione dell'aria per mantenere la qualità dell'aria interna; monitoraggio cartuccia del toner e polvere di carta nelle stampanti laser e fotocopiatrici.



<http://www.sharpsme.com/optoelectronics/sensors>



COZIR

I sensori COZIR sono prodotti dalle GSS (Gas Sensing Solutions), azienda scozzese fondata nel 2006. L'obiettivo specifico di GSS è lo sviluppo e la produzione di sensori ad alte prestazioni per la misura dell'anidride carbonica.



FIGURA 50 – SENSOSER DI CO2 COZIR. DA GASSENSING.CO.UK.

Viene prodotto un unico sensore, su tre varianti (la differenza è nella sensibilità e quindi nei limiti di concentrazione della CO_2 disciolta). La tecnologia di misura è basata su LED a infrarossi e rivelatori ottici innovativi. Possono montare internamente sensori di temperatura, umidità e luminosità utili per la correzione e taratura delle misure.



<http://www.gassensing.co.uk>



Alphasense

La statunitense Alphasense Inc. fornisce sensori per applicazioni militari e civili. Le principali aree tecnologiche includono il monitoraggio dei processi industriali, la lavorazione dei materiali e le spettroscopie laser, l'analisi ottica, nuovi materiali, dispositivi e meteorologia.



FIGURA 51 – SENSORI GAS ALPHASENSE. DA ALPHASENSE.COM

Le tecnologie impiegate sono di tipo elettrochimico e a infrarossi/ottici.



<http://www.alphasense.com>



2.2.3.3 MISURE FISICHE

La misura di eventi fisici è quella legata alla misura di grandezze fisiche, in particolare ci occuperemo della misura di lunghezze e quindi distanze o variazioni di distanza tra oggetti, di vibrazioni e accelerazioni. In questa categoria viene inclusa anche l'interruzione fisica di un contatto che avviene ad opera di un soggetto o di un evento naturale. I trasduttori inseriti in questo paragrafo possono essere classificati come micro-sensori, sensori di piccole dimensioni basati sulla tecnologia MEMS³⁷.

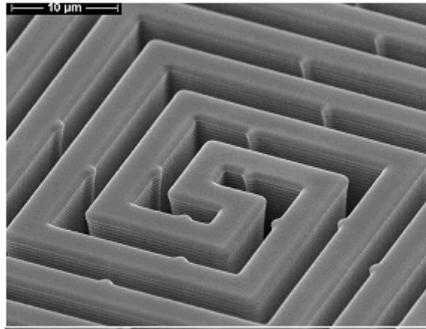


FIGURA 52 - INCLINOMETRO MEMS, DA NOTARE LA SCALA IN ALTO A SINISTRA (DA MEMX.COM)

I MEMS sono composti da diversi strumenti integrati (meccanici, elettrici ed elettronici), strumenti evoluti di dimensioni ridottissime. L'impiego dei MEMS permette di creare una struttura complessa con sensori dedicati che interagiscono con chip di silicio, i fenomeni misurabili sono meccanici, termici, ottici e magnetici. Il sistema quindi è in grado di subire variazioni dall'ambiente traducendo di fatto le grandezze fisiche misurate in impulsi elettrici. Nell'inclinometro di figura 52, ad esempio, viene misurata la variazione di centralità di una microsfera che si muove su un labirinto, il movimento è ovviamente generato dallo spostamento relativo dell'oggetto da monitorare rispetto alla verticale. Per gli accelerometri, anche triassiali, il principio di funzionamento si basa sulla misura dell'inerzia di una massa sottoposta ad un'accelerazione. La massa è sospesa ad un elemento elastico e un sensore rileva lo spostamento rispetto alla struttura fissa del dispositivo.

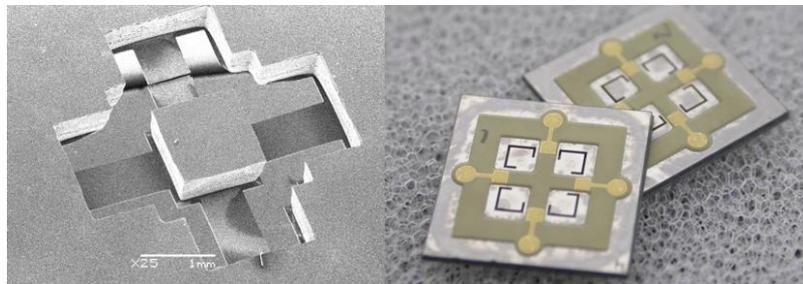


FIGURA 53 - ACCELEROMETRO TRIASSIALE, DA NANOTECH.DTU.DK

In presenza di un'accelerazione, la massa (che è dotata di una propria inerzia) si sposta dalla propria posizione di riposo in modo proporzionale all'accelerazione rilevata. Il sensore trasforma questo spostamento in un segnale elettrico.

³⁷ Micro-Electro-Mechanical Systems

Nella categoria delle misure fisiche si è introdotta anche la misura della distanza che avviene in particolare con l'impiego di sensori ad ultrasuoni. Il sensore ad ultrasuoni si basa sul principio di funzionamento dell'ecoscandaglio ultra-acustico. Il sensore emette un fascio impulsivo di ultrasuoni che si espandono a partire dalla membrana di emissione. Il fascio si espande in forma conica con un angolo che dipende dalla geometria del sensore. La eco riflessa dal bersaglio ritorna al trasduttore. La distanza tra il bersaglio ed il sensore viene ricavata dall'intervallo di tempo tra la trasmissione del fascio e la ricezione dell'eco. Il sensore converte l'intervallo di tempo in un segnale digitale che è utilizzato internamente per calcolare la distanza dell'oggetto da rilevare.

I principali parametri che influenzano la riflessione sono:

- tipo di superficie del bersaglio (fono assorbenza)
- distanza del bersaglio (attenuazione del segnale)
- angolo di incidenza del fascio ultrasonico sul bersaglio
- dimensioni del bersaglio (energia riflessa)

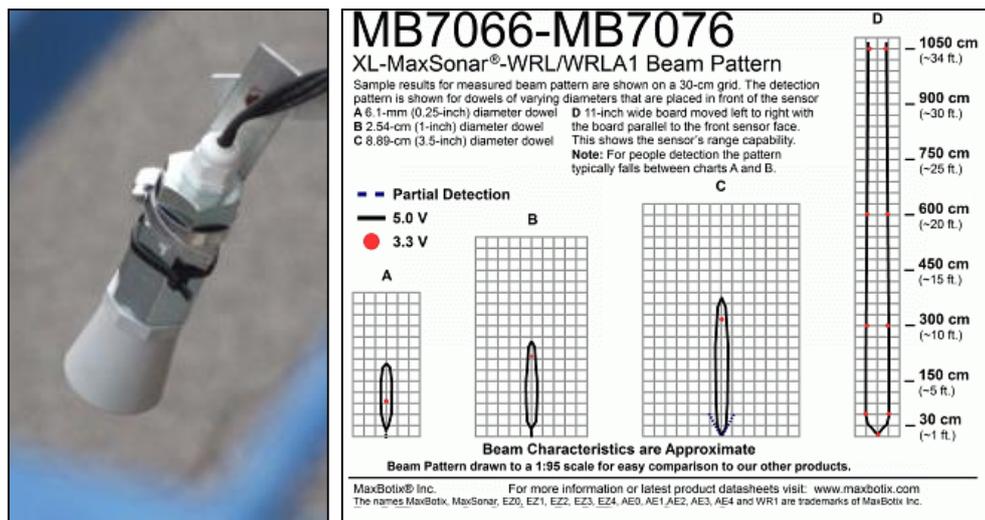


FIGURA 54 - CARATTERISTICHE DEI SONAR MAX. SONAR. SCHEDA DA MAXBOTIX, FOTO DELL'AUTORE.

I sensori di questo tipo, a costi contenuti, sono prodotti e distribuiti da MaxBotix Inc.. L'azienda produce oltre 60 sensori suddivisi in 12 linee con impieghi che vanno dalla robotica, ai droni multi-rotore (per determinare l'altezza da terra), alla misura dei livelli idrici. La distanza massima misurata, a seconda del modello, arriva a 10,5 m.

L'ultima tipologia di misura inserita in questa categoria è l'apertura di un contatto che può essere impiegata per segnalare l'accadimento di un evento. L'apertura può essere causata ad esempio da una persona oppure può essere causata dall'apertura di una finestra o dalla caduta di un masso. L'interruttore a "strappo" è collegato in modo tale che il circuito a cui è collegato sia o normalmente aperto o normalmente chiuso.

Ad esempio in caso di “normalmente chiuso”, quando avviene la rottura del cavo di tensione, l'interruttore si apre facendo aprire il contatto.

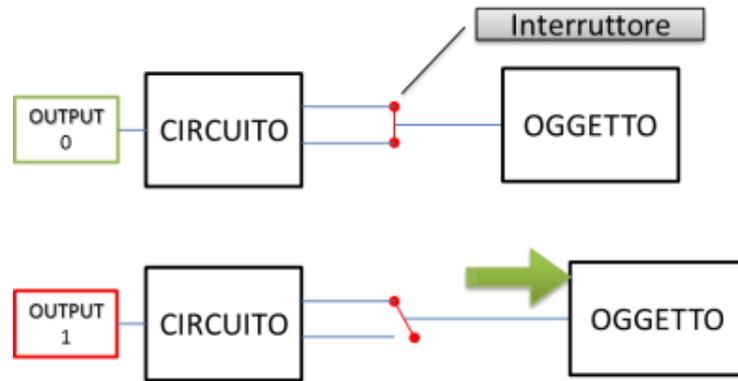


FIGURA 55 - SCHEMA DI FUNZIONAMENTO INTERRUTTORE ON-OFF.

2.2.4 PROTOCOLLI E STANDARD

Lo sviluppo di reti di sensori all'interno di sistemi di monitoraggio chiusi limita molto la diffusione dei sistemi di misura e monitoraggio distribuiti sul territorio, impedendo la diffusione dei sistemi di monitoraggio pervasivo e l'interscambio di informazioni e dati rilevati dalle diverse sotto reti. Realizzare un sistema pervasivo e distribuito di sensori implica l'impiego di standard e protocolli di comunicazione comuni a più dispositivi, interoperabili ed efficienti.

L'adozione di un protocollo univoco, di un "linguaggio" unico e condiviso permette l'interoperabilità e la creazione di flussi di dati utili a modellare il fenomeno via via indagato. Di seguito vengono presentate le soluzioni più impiegate, diffuse e condivise, per la condivisione di informazioni tra reti di sensori.

2.2.4.1 L'EVOLUZIONE DEL PROTOCOLLO INTERNET (IPV6)

L'IPv6 è l'evoluzione del noto protocollo di comunicazione Internet Protocol³⁸ IPv4. Impiegando l'IPv6 vengono introdotti nuovi servizi di rete, semplificata la configurazione delle reti e ci saranno a disposizione molti più indirizzi.

Con l'aumento del numero di dispositivi connessi ad Internet la capacità di indirizzamento si sta rapidamente esaurendo; questo problema viene generalmente chiamato saturazione degli indirizzi IPv4 e porterebbe ad un collasso della rete. Con l'adozione del protocollo IPv6 i vantaggi immediati sarebbero legati all'ampia disponibilità di spazio di indirizzamento.

Versione	N° di indirizzi gestiti
IPv 4	2^{128} -> circa $3,4 \times 10^{38}$
IPv 6	2^{32} -> circa $4,3 \times 10^9$

TABELLA 6 - NUMERO DI IP DISPONIBILI NELLA VERSIONE 4 E NELLA VERSIONE 6. FONTE IANA - INTERNET ASSIGNED NUMBERS AUTHORITY

Oltre a risolvere per un lungo periodo il problema dell'esaurimento degli indirizzi, l'impiego dell'IPv6 su sensori e "oggetti intelligenti connessi e diffusi sul territorio" permette un pieno supporto alla suite di protocolli TCP/IP che permetterebbe di raggiungere gli oggetti come un comune nodo internet, attraverso un browser web. Poche sono le realizzazioni ad oggi realizzate che impiegano questo protocollo, si è mosso in questa direzione il progetto Res.M.I.A. di Arpav (cfr. paragrafo 2.2.5.3) che implementa la connessione TCP/IP sulla portante radio.

³⁸ In telecomunicazioni e informatica Internet Protocol (IP) è un protocollo di rete appartenente alla suite di protocolli Internet TCP/IP su cui è basato il funzionamento della rete Internet. Da Wikipedia, l'Enciclopedia Libera.

2.2.4.2 PROTOCOLLO DI MESSAGGISTICA PER SENSORI E DISPOSITIVI MOBILI

Con l'acronimo MQ.T.T. (MQ Telemetry Transport) si intende un protocollo di comunicazione aperto dedicato a comunicazioni M2M che consente il trasferimento di dati di telemetria tra dispositivi pervasivi di diversa tipologia: da sensori ed attuatori, ai telefoni cellulari, ai sistemi embedded sui veicoli, computer portatili. Il protocollo è stato inventato da Andy Stanford-Clark di IBM, e Arlen Nipper di Cirrus link Solutions. L'enorme vantaggio del protocollo MQTT consiste nella leggerezza e quindi nella richiesta bassa di risorse richiesta al sistema per comunicare le informazioni misurate. Caratteristica che lo inquadra tra i protocolli preferibili per la comunicazione tra dispositivi con poca memoria o poca potenza di calcolo. Questo protocollo viene impiegato all'interno del progetto RaspiBO (cfr. paragrafo 2.2.5.4).

2.2.4.3 S.W.E. - SENSOR WEB ENABLEMENT

SensorWeb Enablement è un'iniziativa dell'OGC³⁹ (Open Geospatial Consortium) che nasce con lo scopo di garantire l'interoperabilità tra sensori fornendo standard per applicazioni di sensoristica diffusa.

La SWE comprende sette tra standard OGC e report di programmi di ricerca, ovvero:

1. SOS - Sensor Observation Service – fornisce un'interfaccia di servizio per l'accesso standardizzato ai dati e ai metadati dei sensori. Definisce le operazioni offerte da un sensore specifico e le informazioni sulle osservazioni e misurazioni supportati da SOS. Impiega le specifiche O & M, SensorML e TransducerML.
2. O&M - Observation & Measurement - fornisce una descrizione di quanto rilevato dai sensori codificate impiegando modelli generali e codifiche XML. Viene definita "Osservazione" l'azione il cui risultato assume un valore che descrive un fenomeno. Viene definita "misura" il solo valore numerico quantitativo, anche la posizione è equipollente con altri valori numerici come tempo, temperatura dell'aria o immagini satellitari.
3. SensorML - Sensor Model Language – E' uno schema generale per la descrizione dei modelli funzionali del sensore che restituisce uno schema Extensible Markup Language (XML) per la definizione delle proprietà geometriche, dinamiche e di osservazione di un sensore. SensorML serve per scoprire diversi tipi di sensori, sostenendo elaborazione e analisi dei dati recuperati, nonché la geo-localizzazione dei valori osservati. Lo standard permette di classificare diversi sensori suddividendoli in base alle stesse proprietà di rilevamento, in base al luogo o ai tempi di campionamento.

³⁹ Open Geospatial Consortium (OGC, in precedenza OpenGIS Consortium) è un'organizzazione internazionale no-profit, basata sul consenso volontario, che si occupa di definire specifiche tecniche per i servizi geospaziali e di localizzazione (location based).- <http://www.opengeospatial.org/>

4. TransducerML - Transducer Model Language - contiene la descrizione del sistema di sensori simile al SensorML, è sviluppato per descrivere qualsiasi trasduttore (sensore o trasmettitore) attraverso un modello in formato XML che comprende non solo i dati ma anche i metadati. Descrive i dati e il sistema di produzione di quest'ultimi.
5. SPS - Sensor Planning Service - definisce le interfacce per le query che forniscono informazioni sulle funzionalità di un sensore e come dare dei compiti specifici al sensore. Lo standard è progettato per supportare query di richiesta di fattibilità di una misura, informarsi sullo stato di tale richiesta, aggiornare o cancellare tale richiesta e per richiedere informazioni su altri servizi web OGC che forniscono l'accesso ai dati.
6. WNS - Web Notification Service - è un servizio tramite il quale un client può comunicare con uno o più altri servizi. E' utile quando molti servizi che collaborano vengono richiamati per soddisfare una richiesta del client. E' un mezzo per avvisare gli utenti o software o altri sistemi di sensori relativamente ad un fenomeno di interesse.
7. SAS - Sensor Alert Service - non è un servizio in senso tradizionale, consente di rendere pubblici e pubblicare avvisi relativi ai sensori secondo le specifiche dei metadati. Permette query sui dati. SAS può essere utilizzato dai client per la sottoscrizione di avvisi. SAS utilizza l'Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP) per la consegna delle notifiche dei sensori. SAS sfrutta un server XMPP che può essere integrato direttamente nel SAS o agire come un servizio separato. Le notifiche SAS vengono fornite tramite un Multi User Chat (MUC) per ogni sensore registrato. Per ricevere le notifiche il client deve aderire alle specifiche MUC.

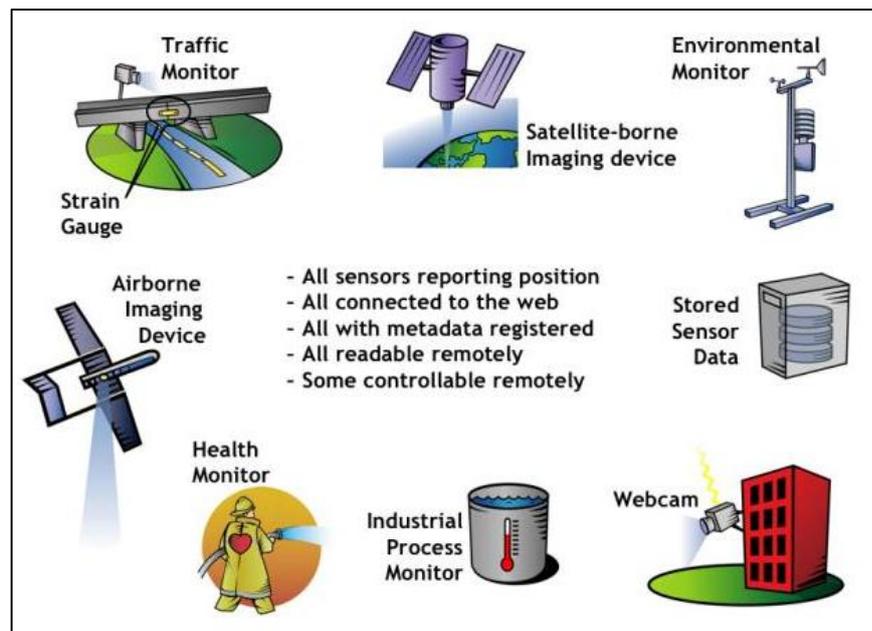


FIGURA 56 –TIPOLOGIE DI SENSORISTICA IMPLEMENTATA NEL PROTOCOLLO SWE,

2.2.5 PROGETTI

Si intendono “progetti” quelle attività di ricerca sviluppate da enti ricerca nazionali e internazionali, università, pubbliche amministrazioni e tutto quello che non riconduce ad attività commerciali o alla vendita di prodotti o servizi. I progetti vengono descritti attraverso schede riassuntive contenenti le finalità, gli obiettivi e i risultati. I progetti riportati hanno tutti in comune l'intento di monitorare l'ambiente, alcuni impiegano le tecnologie e i sensori a basso costo descritti nei paragrafi precedenti, altri utilizzano tecnologie miste, altri ancora prevedono il coinvolgimento dei cittadini nel monitoraggio. Quella presentata è una selezione di progetti che meglio rappresentano i concetti di *Smart City* e di *Smart Environment*.

2.2.5.1 EVERYAWARE

Il progetto «Everyaware» (Enhance Environmental Awareness through Social Information Technologies), finanziato dall'Unione Europea attraverso il 7° Programma Quadro è condotto, dal 2012, da un team composto dall'Università di Roma La Sapienza, dalla Fondazione ISI di Torino, dal centro di ricerca tedesco I8s, e dall'University College di Londra. Obiettivo principale di EveryAware è quello di “integrare tutte le fasi cruciali (monitoraggio ambientale, valorizzazione della consapevolezza, cambiamento comportamentale) legate alla gestione dell'ambiente in un framework unico, attraverso la creazione di una nuova piattaforma tecnologica che unisca tecnologie di rilevamento, applicazioni di rete e strumenti di elaborazione dati. Il tutto sostenuto da Internet e dalle reti di comunicazione mobile esistenti che forniranno l'infrastruttura di hosting di tale piattaforma, permettendo la sua replica in differenti tempi e luoghi” (ISI, UCL, LUH, VITO, PHYS-SAPIENZA 2012).



FIGURA 57 - THE EVERYAWARE PROJECTS. DA EVERYAWARE.COM

Al centro del progetto c'è la “sensibilizzazione” del cittadino che viene coinvolto nel processo del monitoraggio ambientale, in particolare della qualità dell'aria. L'obiettivo è di stimolare il monitoraggio partecipativo dell'ambiente, studiare in che modo possa emergere una consapevolezza e come questa possa innescare comportamenti via via sempre più virtuosi. La sfida del progetto è anche tecnologica, è stato infatti progettato uno zaino sensore, una centralina dotata di una batteria e alimentata in parte a tecnologia solare, a basso costo e di piccole dimensioni. Il SensorBox monitora, in tempo reale, diversi livelli di inquinanti (monossido di carbonio, ossidi di azoto, ozono, insieme a temperatura e umidità dell'aria) per estrarre un Indice di Qualità dell'Aria calibrato sui livelli di nerofumo prodotto dalla combustione dei derivati del petrolio. Lo zaino trasmette i dati raccolti a uno

smartphone dotato di GPS, l'app collegata (AirProbe) permette all'utente di essere costantemente informato dell'inquinamento dell'aria lungo il percorso che sta facendo e di associare le misure alle percezioni e alle sensazioni personali descritte dal volontario. Tra i primi Work-packages del progetto, quello più importante è la scelta dei sensori e la costruzione del box (WP D1.1, (ISI, UCL, LUH, VITO, PHYS-SAPIENZA 2012). I sensori impiegati nella EveryAware Sensor Box devono rispondere ai seguenti requisiti:

Basso costo : I costi devono essere contenuti, chi vuole far parte del progetto deve essere in grado di permettersi l' EveryAware SensorBox. Per questo motivo, possono essere impiegati solo sensori di gas con un prezzo relativamente basso.

Alta sensibilità del sensore: Misurare le concentrazioni di inquinanti atmosferici relativi al traffico, in aria libera, richiede sensori molto sensibili, anche in luoghi di traffico pesante.

Alta risoluzione temporale: L'EveryAware SensorBox deve essere in grado di supportare misure di qualità dell'aria effettuate in movimento. A causa dell'elevata variabilità spaziale della qualità dell'aria in ambienti urbani, il box sarà esposto a cambiamenti rapidi dei livelli di inquinamento, pertanto i sensori di qualità dell'aria devono avere una risoluzione temporale elevata (circa 1 Hz) per mappare nello spazio la variabilità della qualità dell'aria.

Basso consumo energetico: Dal momento che il EveryAware SensorBox è alimentato da una batteria, il consumo di energia dei sensori di gas utilizzati dovrebbe essere il più basso possibile.

Dopo un'approfondita analisi dei sensori disponibili sul mercato, quelli selezionati sono risultati i seguenti:

Sensor name	Component to measure	Power usage	Meas. range	Indicative price (€)
Alpasense CO-	CO	0 mW	0-5000 ppm	180 *
E2V MiCS-5521	CO	76 mW	1-1000 ppm	3,4
E2V MiCS-2710	NO ₂	50 mW	0.05-1 ppm	3,7
E2V MiCS-5525	CO	76 mW	1-1000 ppm	5
E2V MiCS-2610	O ₃	95 mW	0-1000 PPB	3,7
Figaro 2201	Gasoline exh. (CO, H ₂ , HC)	500 mW	10-1000 ppm	15
	Diesel exh. (NO _x)	500mW**	0.1-10 ppm	15
AS-MLV	VOC	41 mW	1 NA	15

TABELLA 7 - SENSORI SELEZIONATI DAL PROGETTO EVERYAWARE. DA (ISI, UCL, LUH, VITO, PHYS-SAPIENZA 2012), MODIFICATO.

* 60 Euro for sensor and 120 Euro for sensor electronics

** This is the same heater as for the gasoline sensor. The total usage of the dual Figaro sensor is 500 mW.

A valle dell'individuazione dei sensori è stata realizzato il box. Il box è composto da due componenti principali, la sensor board, con i sensori scelti installati e la Control

Board, dedicata all'elaborazione, trasmissione e memorizzazione dei dati. La Control Board è basata su Arduino Mega 2560 e dotata di GPS, scheda SD, Bluetooth.

All'avvio il firmware accende la pompa, attende la posizione GPS, dopodiché legge i valori rilevati dai sensori e li scrive sull'SD. Quando lo smartphone con l'app è collegato via Bluetooth i dati possono essere letti in tempo reale e inviati ad un server remoto. L'alimentazione è affidata ad una batteria al litio da 4000 mAh, ricaricabile attraverso una connessione USB. In questa configurazione la sensor box è utilizzabile per 6 ore.



FIGURA 58 - SENSORBOX EVERYAWARE

Due sono i prototipi realizzati e sono iniziate le fasi di test, strutturati come segue:

- Misura della quantità d'aria (volume di aria in ingresso) e velocità dell'aria.
- Misura del voltaggio del preriscaldamento dei sensori.
- Misura del rumore digitale di fondo dei sensori.

A valle di questi test sarà effettuata la calibrazione e i primi test in area urbana.

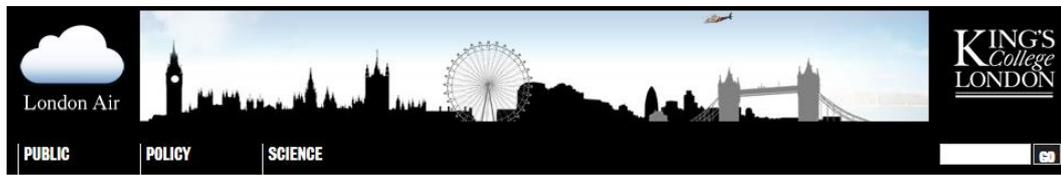
Il progetto è tutt'ora in corso e si rimanda alla pagina web di riferimento per gli ultimi aggiornamenti.



<http://www.everyaware.eu/>



2.2.5.2 LONDON AIR QUALITY NETWORK



Un esempio di monitoraggio pervasivo di un ambiente urbano è rappresentato dal progetto London Air, basato sulla LAQN (London Air Quality Network), a cura del King's College. La LAQN è stata costituita nel 1993 in collaborazione con l'amministrazione londinese e le autorità sanitarie regionali per coordinare e migliorare il monitoraggio dell'inquinamento atmosferico di Londra.

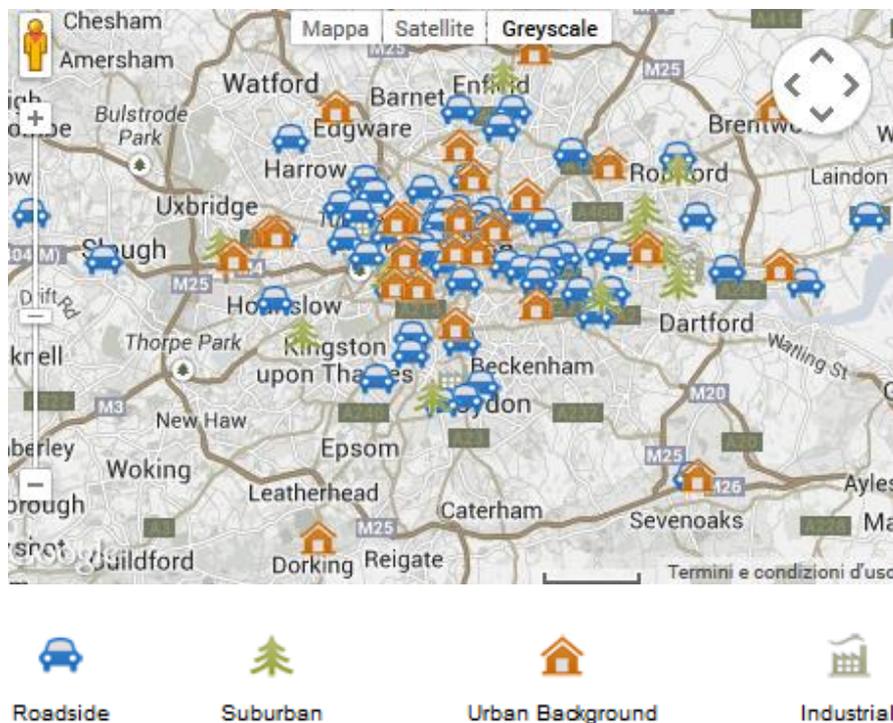


FIGURA 59 – DISTRIBUZIONE E TIPOLOGIA DELLE STAZIONI DI MONITORAGGIO DEL PROGETTO LAQN. DA LONDONAIR.COM

Attualmente la LAQN comprende oltre 100 siti di monitoraggio continuo distribuiti nella maggior parte delle 33 circoscrizioni londinesi ed è una risorsa essenziale che permette la gestione della qualità dell'aria nella capitale, anche regolando gli accessi nell'area più centrale. La rete integra centraline di monitoraggio dedicate (rete LAQN), integrate alle centraline di monitoraggio della rete nazionale (AURUN) e altre reti. Ognuna di queste reti ha diversi standard di qualità e controllo tutte definite da protocolli e procedure operative.

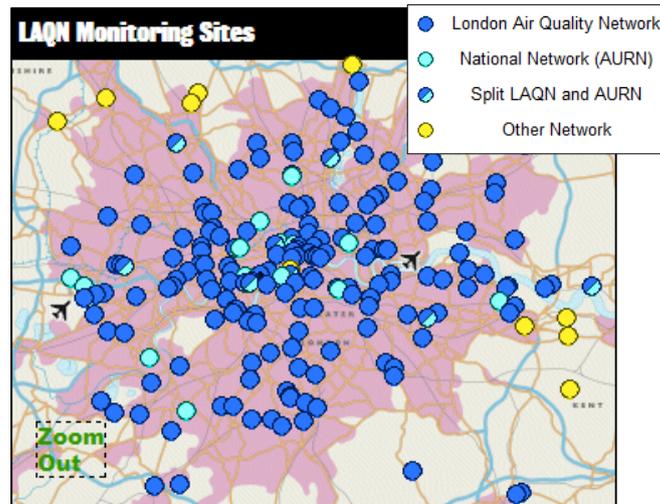


FIGURA 60 –DISTRIBUZIONE DELLE DIVERSE RETI CHE COMPONGONO IL SISTEMA LAQN. DA LONDONAIR.COM

Il portale web di riferimento permette di visualizzare e interrogare le mappe dei livelli di inquinamento in tutta la capitale, su base oraria o visualizzare gli ultimi dati provenienti dalla rete LAQN. È possibile esplorare l'inquinamento globale o selezionare un inquinante specifico. I dati della rete entrano in un modello di elaborazione dei dati che permette di ricostruire la distribuzione dell'inquinante strada per strada.

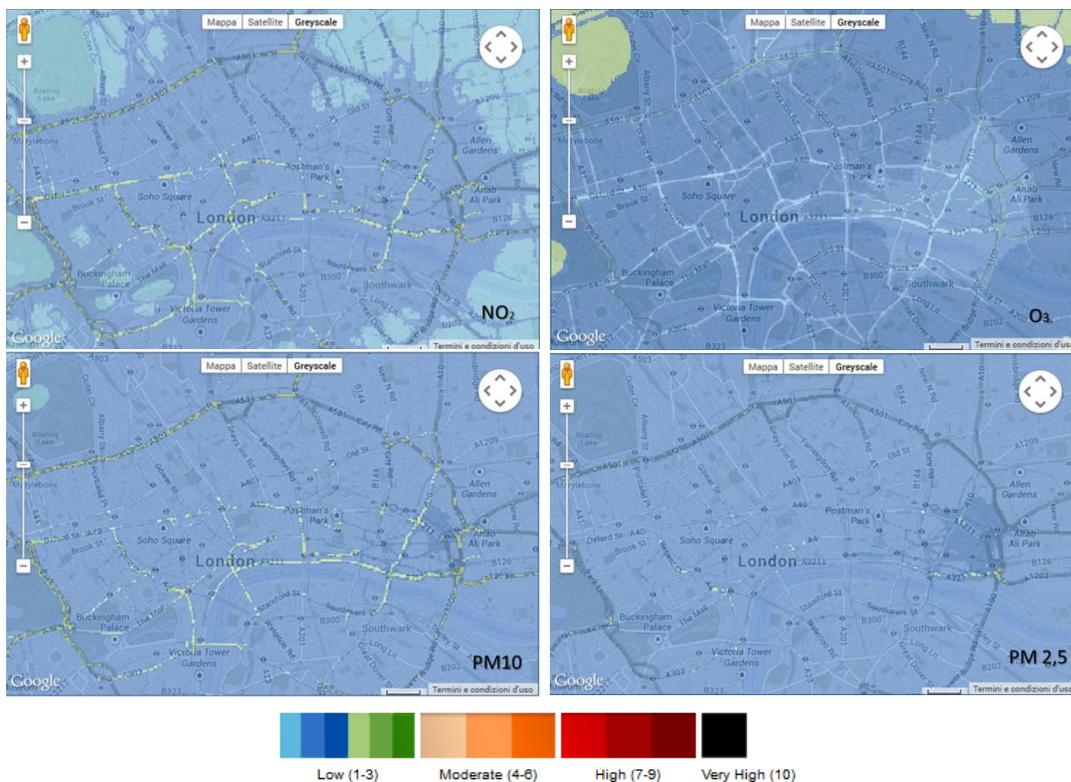


FIGURA 61 – ESEMPIO DI VISUALIZZAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DEI DIVERSI INQUINANTI. DA WWW.LONDONAIR.COM.UK

Le centraline impiegate in London Air Quality non sono centraline a basso costo o sviluppate con l'impiego di sensori e tecnologie di cui ci stiamo occupando in questo lavoro, London Air Quality Network viene qui riportato soprattutto come esempio per i livelli successivi al monitoraggio ovvero per tutte le fasi che seguono la misura vera e propria. In particolare è da segnalare la struttura del progetto, i servizi forniti e le modalità di rappresentazione e di diffusione dei risultati. A valle della misura viene generato un modello dettagliato della distribuzione dell'inquinante all'interno della città che permette di realizzare una distribuzione spaziale dell'inquinante.

E' inoltre disponibile una ricostruzione 3D della città con la possibilità di visualizzazione dei dati storici dell'inquinante selezionato, figura 62.

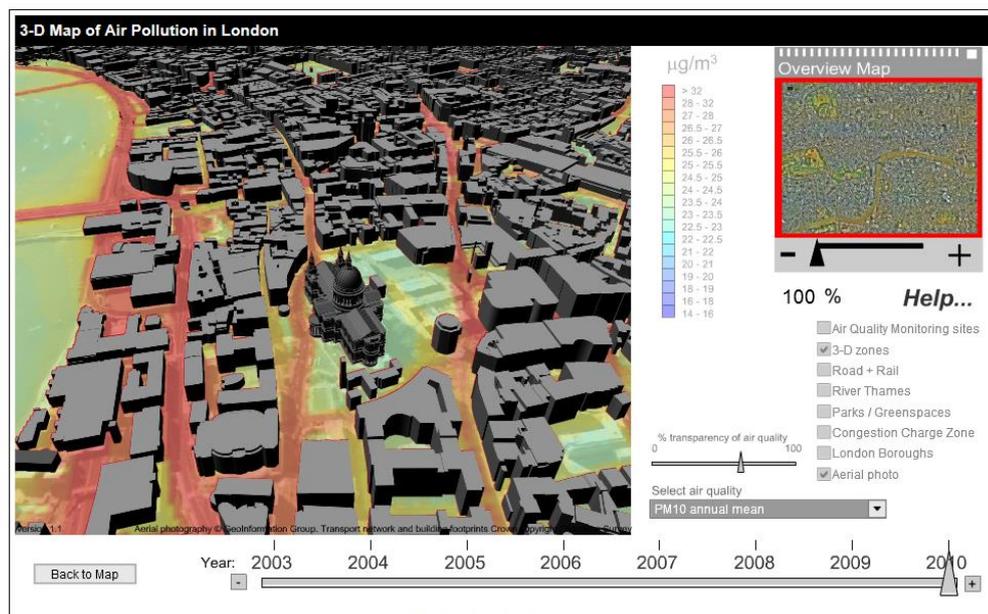


FIGURA 62 – SCHERMATA DI VISUALIZZAZIONE 3D DELLA MAPPA DELLA CONCENTRAZIONE DELL'INQUINANTE NELLE STRADE DI LONDRA. DA WWW.LONDONAIR.ORG.UK

Tra gli altri servizi disponibili si segnalano: la carta della distribuzione dell'inquinante in tempo reale (Nowcast), la condivisione sui social network più diffusi (Twitter e Facebook), l'emissione di Feed Rss ⁴⁰.

E' disponibile anche l'app per dispositivi mobili Android che permette di visualizzare gli ultimi livelli di inquinamento atmosferico in base al quartiere o alla posizione in cui ci si trova, memorizzare delle zone preferite, visualizzare le statistiche e ricevere le notifiche relative, ad esempio, al livello di inquinamento della zona che si sta attraversando, oppure ricevere allerte quando le condizioni cambiano. I dati rilevati confluiscono in due progetti di livello internazionale: Open Air e Healty Air. Il primo è un progetto del "Natural Environment Research Council (NERC)" e mira a fornire un insieme di strumenti open-source per l'analisi dei dati di

⁴⁰ RSS - acronimo di RDF Site Summary, formato per la distribuzione di contenuti Web. L'applicazione principale per cui è noto sono i flussi RSS che permettono di essere aggiornati su nuovi articoli o commenti pubblicati nei siti di interesse senza doverli visitare manualmente uno a uno. Da Wikipedia.

inquinamento atmosferico. Il secondo è un progetto del DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs), il cui obiettivo è il miglioramento della qualità dell'aria in ambiente urbano (in particolare nella città di Londra); il progetto è condotto dal Gruppo di Ricerca Ambientale presso il King College di Londra, sostenuto dall'Università di Leeds.



<http://www.londonair.org.uk>



2.2.5.3 RETI E STAZIONI DI MONITORAGGIO INNOVATIVE PER L'AMBIENTE

RES.M.I.A. è l'acronimo di – REti e Stazioni di Monitoraggio Innovative per l'Ambiente. Il progetto è promosso e realizzato dalla partnership CIVEN⁴¹ e ARPAV⁴² e finanziato dalla Regione Veneto nell'ambito del POR-FESR⁴³ Veneto 2007-2013. Obiettivo principale del progetto era di potenziare e integrare la rete di monitoraggio ambientale a disposizione dell'ARPAV sia nel quotidiano sia in caso di eventi catastrofici, sfruttando e ottimizzando le nuove tecnologie elettroniche e di telecomunicazione disponibili sul mercato, nonché le potenzialità delle nanotecnologie in ambito sensoristico.

In particolare è stato possibile ampliare i parametri di valutazione della qualità dell'aria nel territorio indagato, in accordo con l'interesse crescente dell'opinione pubblica rispetto alla pericolosità delle particelle ultrafini e nanoparticelle per la salute dell'uomo; monitorare *in situ* inquinanti inorganici come i metalli pesanti, usando sensori nanotecnologici innovativi che consentono forti riduzioni dei costi, grazie all'eliminazione delle fasi di campionamento, trasporto e analisi di laboratorio; definire di una nuova stazione di monitoraggio, di dimensioni più contenute rispetto alle attuali, che meglio si integra sul territorio, di facile manutenzione e con costi di esercizio nettamente inferiori; usare sensori e tecnologie di comunicazione di ultima generazione per rinnovare le modalità di raccolta dei dati attraverso la rete con possibilità di disporre di informazioni più complete, migliorando in alcuni casi la frequenza, in altri l'accessibilità del dato stesso sulla rete, ottenendo di conseguenza un miglioramento complessivo del monitoraggio regionale.

Tra i diversi *workpackages* realizzati, quello che ha più attinenza al tema di ricerca che viene trattato in questo lavoro di tesi è il wp3, il cui obiettivo era:

⁴¹ Coordinamento Interuniversitario Veneto per le Nanotecnologie

⁴² Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

⁴³ Programma Operativo Regionale del Fondo europeo di sviluppo regionale

Sperimentare e implementare nuovi sistemi di monitoraggio ambientale allo scopo di ridurre i costi di gestione e migliorare la consistenza e la diffusione dei dati raccolti, integrando e ottimizzando le nuove tecnologie elettroniche e di telecomunicazione disponibili sul mercato.

A tale scopo è stata realizzata una stazione prototipo, in laboratorio, che integra datalogger di marca diversa, sensori connessi in WSN e protocolli di comunicazione TCP/IP e UHF per l'interfacciamento web.

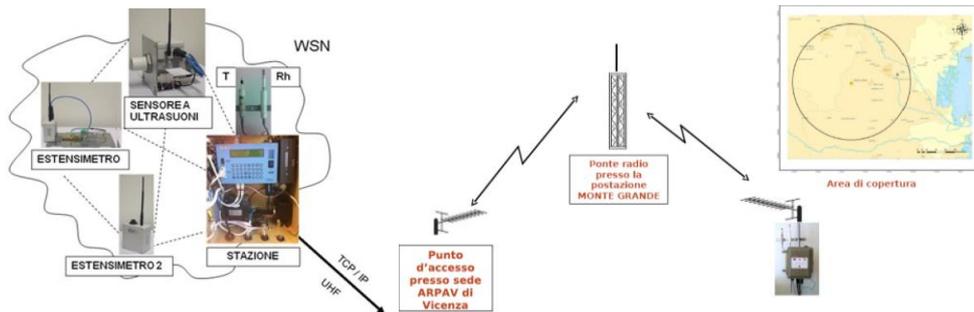


FIGURA 63 - SCHEMA DI RES.M.I.A.



<http://goo.gl/oVFrDt>

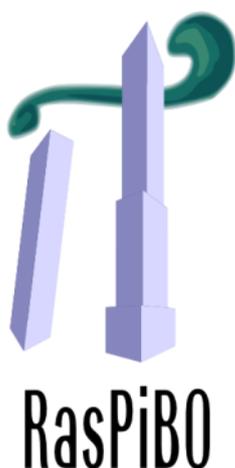


2.2.5.4 R-MAP & RASPIBO

Dal punto di vista di dati meteo e della partecipazione è sicuramente da segnalare l'iniziativa R-MAP (Rete di Monitoraggio Ambientale Partecipativo), il progetto vede coinvolti attori istituzionali, università e cittadini.

Gli obiettivi del progetto sono:

- raccogliere e distribuire dati ambientali rilevati dai cittadini;
- rendere disponibili questi dati ai servizi meteorologici, alle agenzie di prevenzione ambientale, alla protezione civile e istituti di ricerca;
- fornire feedback ai fornitori di dati in modo che questi possano testare e migliorare la qualità dei dati;
- divulgazione scientifica e sensibilizzazione ai temi ambientali;
- coinvolgimento di scuole e università a scopi formativi;
- stimolare la collaborazione e l'integrazione tra Enti Formativi. Pubbliche Amministrazioni, Aziende private e cittadini.



Gli attori coinvolti nel progetto sono l'ARPA Emilia Romagna (in particolare il Servizio Idro Meteo Clima – SIMC), il Dipartimento di Informatica dell'Università di Bologna e RaspiBO, un gruppo informale di appassionati di elettronica ed informatica libera del bolognese.

Una componente innovativa del progetto risiede anche nel coinvolgimento di attori istituzionali e cittadini appassionati, ogni partner collabora al fine comune con compiti ben definiti. I partner istituzionali hanno un ruolo di controllo, coordinamento e definizione dei metodi. Il gruppo di ARPA si occupa di predisporre il disciplinare tecnico sui metodi di misura, l'elaborazione dei dati e la loro collocazione. Ha il compito anche di definire i protocolli e i formati per la comunicazione dei dati, accredita le nuove stazioni, definisce la licenza, utilizza i dati ed esegue controlli di qualità comunicandone i risultati. L'Università invece si occupa di fornire consulenze e pareri su progetti e prototipi, sia lato hardware che software, effettuando attività di ricerca anche tramite tesi e tirocini.

La “base” del progetto, l'humus che produce dati, è rappresentato dal gruppo di appassionati di elettronica RaspiBO⁴⁴ che ha il compito di realizzare i prototipi hardware e software, effettuare test e sperimentazioni, creare la documentazione del prototipo open hardware e distribuire il software con licenza libera. A questi dovrebbero aggiungersi, con il progredire delle attività del progetto, le scuole e gli istituti formativi che si occupano di far realizzare agli studenti le stazioni, installarle e

⁴⁴ <http://www.raspibo.org>

creare la rete, in questo segmento si inseriscono anche i cittadini che possono partecipare con la propria stazione.

Il progetto è nella fase iniziale del suo percorso, sono stati individuati i protocolli di comunicazione, tenendo in particolare attenzione la necessità di integrazione con il mondo della domotica e della telefonia mobile, è stato identificato lo standard dei metadati ⁴⁵ e la struttura hardware, figura 64.

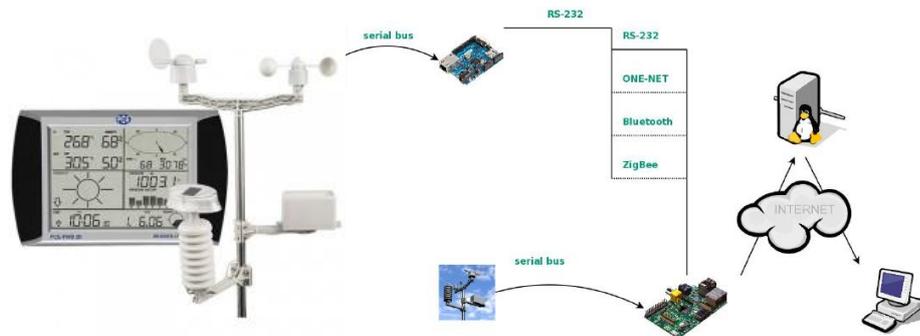


FIGURA 64 – STRUTTURA DEL PROGETTO RASPI.BO.DA WW.RASPIBO.ORG.

L'hardware individuato è rappresentato la stazione meteo a basso costo modello PCE FWS-20 (cfr. paragrafo 2.2.3.1). Questa viene collegata tramite USB ad un Raspberry PI (cfr. paragrafo 2.2.2.2) un mini computer low cost "linux inside". Il sistema operativo (Raspbian, basato su Debian) viene caricato e letto da SD, sviluppato dal gruppo di lavoro (Patruno 2013).



<http://goo.gl/VOZcJp>



⁴⁵ Metadato, informazione estesa sui dati.

2.2.5.5 WESENSEIT – CITIZEN WATER OBSERVATORIES



WeSenseIt è un programma europeo che ricade all'interno dell'FP7 "Cooperation Work Programme Environment". Avviato nel 2012 il progetto, coordinato dall'Università di Sheffield (Gran Bretagna), durerà 4 anni e vede coinvolti in totale 15 partner europei:

- Gran Bretagna: Università di Middlesex, Knowledge Now Ltd., Città di Doncaste;
- Olanda: Istituto UNESCO-IHE, Disdrometrics e HydroLogic Research Deft (Olanda);
- Svizzera: Istituto Politecnico Federale di Losanna e SensorScope (Svizzera);
- Spagna: Advanticsys e StarLab;
- Italia: Quinary SpA e Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione;
- Polonia: SoftwareMind.

WeSenseIt si propone di sviluppare un osservatorio sulle acque con il coinvolgimento dei cittadini, lo scopo è di integrare i dati acquisiti dai sensori fisici poi elaborati dai modelli matematici, con i dati e la conoscenza proveniente dalle comunità di cittadini, rendendo l'intero processo di gestione delle acque più efficace. L'approccio ormai consolidato al problema della gestione delle acque prevede che il flusso di dati parta dai sensori fisici che trasmettono ai modelli matematici predittivi le informazioni necessarie per alimentare modelli. I risultati della modellazione vengono forniti alle autorità, come strumenti di supporto alle decisioni, che realizzano un flusso unidirezionale di comunicazione autorità-cittadini.

WeSenseIt introduce una rottura rispetto questo modello, trasformando il ruolo dei cittadini in quello di sensori sociali e coinvolgendoli anche come fonte di feedback a valle dei processi decisionali (da www.wesenseit.eu).

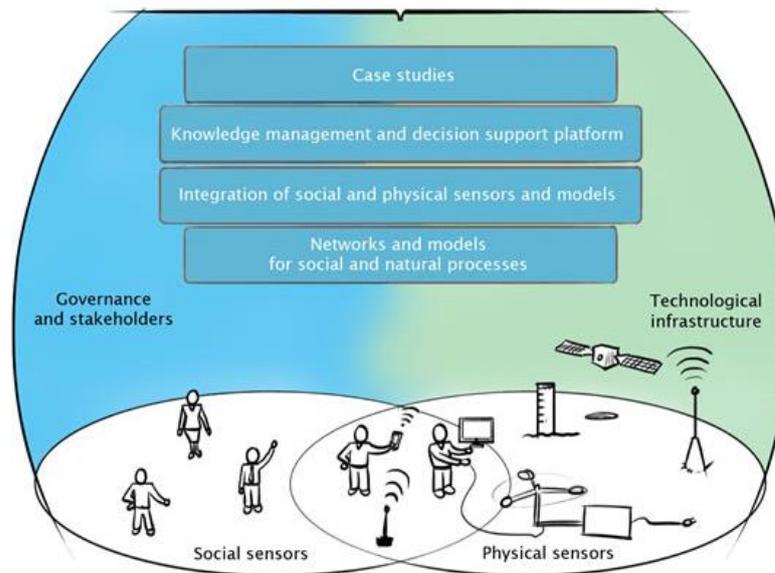


FIGURA 65 - STRUTTURA DEL PROGETTO WESENSEIT. DA WWW.QUINARY.IT

Caso studio italiano è il fiume Bacchiglione, interessato dai primi mesi del 2014 dall'installazione dei sistemi di sensoristica lungo il corso del fiume.



<http://goo.gl/NtIqgi>



2.2.5.6 SMARTCITIZEN

Smart Citizen è una piattaforma realizzata per generare processi partecipativi all'interno di spazi urbani. Il progetto nasce all'interno di Fab Lab Barcellona ed è in fase di finanziamento tramite attività di crowdfunding⁴⁶. L'obiettivo della piattaforma è di servire come nodo per la costruzione di indicatori, strumenti distribuiti e cittadinanza consapevole, attraverso il collegamento di dati, persone e informazioni.

Il progetto mira a sviluppare sensori a basso costo, diffusi, per misurare i livelli di inquinamento dell'aria, i livelli di inquinamento sonoro, la temperatura e l'umidità.

Tali informazioni, condivise in tempo reale da una serie di sensori, sono utili alla costruzione di una Smart City attraverso la formazione di Smart Citizen.

Il progetto è strutturato in due fasi:

La prima prevede la realizzazione di una piattaforma open source (composta da API, mobile APP e *community* web) per la raccolta e condivisione dei dati realizzati attraverso l'impiego di hardware, derivato da Arduino, che prende il nome di *Smart Citizen Kit*. (fig. 66)

La seconda fase prevede la produzione di oggetti che permettano di connettere le persone con il proprio ambiente e la propria città per creare relazioni più efficaci e ottimizzare risorse, tecnologia, comunità, servizi ed eventi in ambiente urbano.

Attualmente la prima fase del progetto è in test nella città di Barcellona.

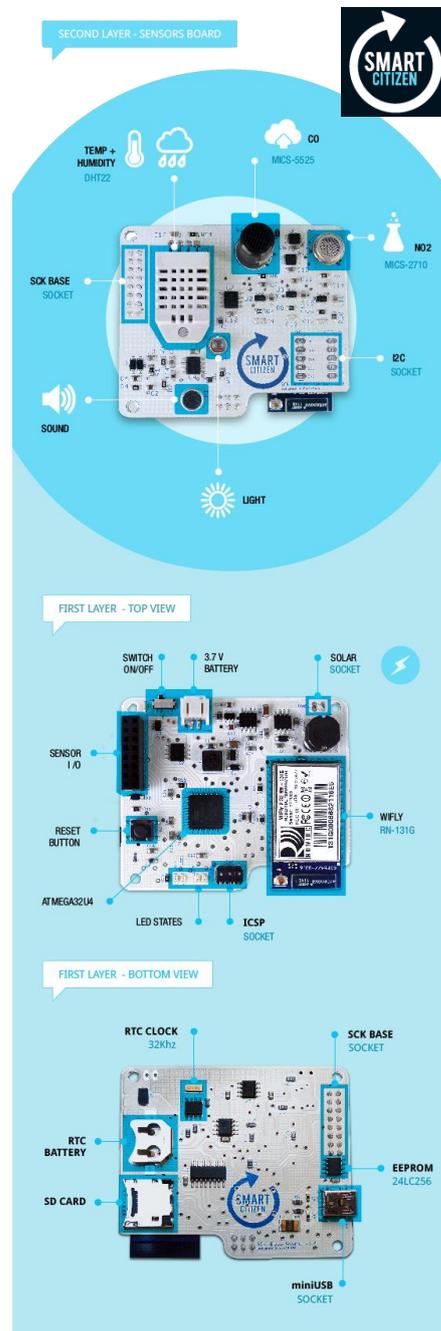


FIGURA 66 - SMART CITIZEN KIT. (DA SMARTCITIZEN.ME)



<http://smartcitizen.me>



⁴⁶ È un processo di finanziamento dal basso, che mobilita persone e risorse.

2.2.5.7 MONITORAGGIO AMBIENTALE CON ARDUINO

La piattaforma Arduino è impiegata in diversi progetti e attività di monitoraggio ambientale. Sull'argomento è stato realizzato anche una pubblicazione dedicata che si configura come un dettagliato manuale per realizzare progetti di monitoraggio dell'ambiente con la piattaforma di sviluppo open hardware, "Environmental Monitoring with Arduino (Gertz e Di Justo 2012). Il manuale, dopo un'introduzione sulla piattaforma e sull'ambiente di sviluppo software, guida passo passo nella realizzazione dei progetti proposti che spaziano dal monitoraggio del livello sono con output visuale (barra a led) alla misura delle interferenze elettromagnetiche, misura di campi magnetici, conducibilità dei liquidi, misura di temperatura, umidità. Una sezione è dedicata alla condivisione dei dati tramite web attraverso "Pachube" o "Xively". La pubblicazione è supportata da un forum web, da un e-book esteso e da una *community* di supporto, il tutto nell'ottica open-source e di scambio di conoscenze e esperienze. I progetti più realizzati e diffusi sono legati al monitoraggio di parametri meteo, un esempio, tra i molti disponibili su web, è il progetto "Progetto di stazione di rilevamento dati meteorologici distribuita" realizzato da robotware.it (<http://meteo.robotware.it/>) impiegando hardware Arduino, sensori di temperatura, umidità, pressione, luminosità e software open source sviluppato per il progetto RASPIBO (cfr. paragrafo 2.2.5.4).

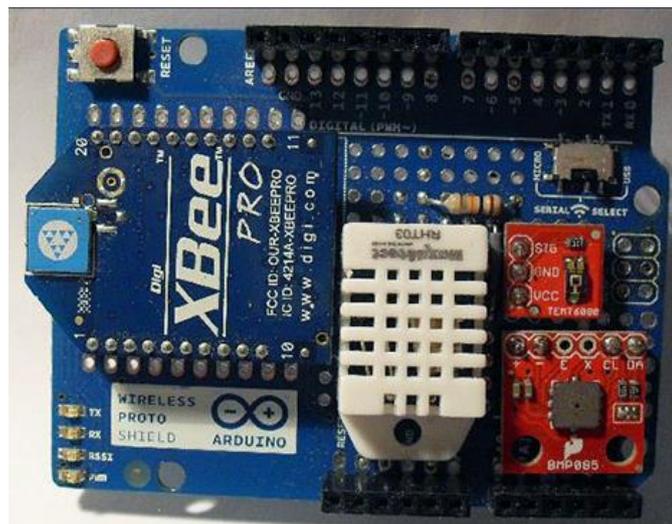


FIGURA 67 – STAZIONE METEO DEL PROGETTO METEO.ROBOTWARE.IT, IN BIANCO IL SENSORE DI TEMP/HUM, SULLA DESTRA IL SENSORE DI PRESSIONE E IL SENSORE DI LUMINOSITÀ. SULLA SINISTRA LA TRASMISSIONE RADIO TRAMITE PROTOCOLLO XBEE.

Oltre alla piattaforma Arduino vengono impiegati:

- shield per la trasmissione radio, che può avvenire con XBee, Bluetooth o WI-FI,
- shield dedicato ai sensori, Temperatura e Umidità (DHT22, cfr. paragrafo 2.2.3.1), Pressione (BMP085), Luminosità (TEMT6000),
- shield dedicato all'alimentazione con batteria Li-Po,

Il tema monitoraggio ambientale è affrontato anche in molti forum dedicati ad Arduino con post che mostrano l'interesse sul tema molto diffuso e approfondimenti su tutte le componenti, dai sensori all'hardware, agli involucri, passando per i pannelli solari e la batterie.



<http://meteorobotware.it>



Per il monitoraggio della qualità dell'aria viene realizzata un'apposita versione di Arduino denominata "Air Quality Egg - Arduino Sensor Shield". L'apposito shield è dotato di sensori progettati per permettere a chiunque di raccogliere letture ad alta risoluzione delle concentrazioni di NO₂ e di CO. Questi due gas sono gli elementi più indicativi legati all'inquinamento atmosferico urbano.



FIGURA 68 - AIR QUALITY EGG



<http://airqualityegg.com/>



2.2.5.8 MONITORAGGIO AMBIENTALE CON RASPBERRY PI

La maggiore potenza di calcolo e la possibilità di ospitare un "sistema operativo" a bordo permette di realizzare progetti più impegnativi dal punto di vista computazionale, con la scheda Raspberry PI. Anche in questo caso, così come abbiamo visto con Arduino, molti sono i blog, le pubblicazioni e le fonti web su cui si trovano progetti e tutorial per realizzare passo passo dei sistemi di monitoraggio ambientale. Tra questi si riporta un esempio significativo, a questo si aggiunge Sint Wind PI che verrà trattato in un capitolo dedicato nella ricerca applicata (Capitolo 3.1).

AirPI è un kit composto da uno shield dedicato compatibile con Raspberry PI, dal costo inferiore ai 100\$ (ultimo rilevamento gennaio 2014), in grado di registrare e trasmettere su web informazioni relative a: temperatura, umidità, pressione atmosferica, livello di luce, livello di UV, monossido di carbonio, biossido di azoto e livello di fumo. I sensori impiegati sono: Sensore di temperatura e umidità (DHT22, cfr. paragrafo 2.2.3.1), Pressione atmosferica e temperatura sensore (BMP085), Monossido di carbonio (CO) sensore (MICS-5525, riferimento), Biossido di azoto (NO₂) sensore (MICS-2710, cfr. paragrafo 2.2.5.1), Sensore UV (UVI-01), Sensore di luce (LDR).



FIGURA 69 – AIRPI. DA WWW.AIRPI.ES



<http://airpi.es>



2.2.6 START-UP INNOVATIVE

Nel capitolo vengono descritte le monografie delle start-up che hanno realizzato dei modelli di business orientati al mondo *Smart Cities*, *Smart Environment* e *Internet of Things*. Le aziende proposte creano servizi e oggetti intelligenti impiegando piattaforme hardware e sensori descritti in questo lavoro di tesi (open source e non) oppure piattaforme sviluppate autonomamente. Ciò che accomuna le società descritte in questo paragrafo è la visione che richiama concetti come *Smart Environment*, *Smart Cities*, *Sensor/personal Awareness*.

Lo sviluppo di start-up che guardano a queste aree di mercato è, ad oggi, quello che presenta tassi di crescita più elevati.

2.2.6.1 MINTEOS-ENVEVE



Minteos è un'azienda torinese nata per fornire soluzioni e prodotti all'interno del vasto mondo dell'Internet delle Cose o Internet of Things. L'azienda ha sviluppato una piattaforma Wireless Sensor Network pensata e sviluppata per soluzioni outdoor e grandi strutture che viene definita "Internet Of Nature". L'idea nasce nel 2003 in collaborazione con il Politecnico di Torino. Nel 2007 è stata considerata tra le tre innovazioni più rilevanti in Europa dall'Innovation Relay Center (oggi European Enterprise Network); nel 2008 Minteos viene selezionata dal Canton Ticino nell'ambito del programma Copernico ed invitata a valutare i vantaggi offerti dalla Svizzera, ed in particolare dal Ticino, per espandersi nel mondo. Nel 2008 nasce la EnvEve SA che rileva la tecnologia Minteos. Gli ambiti di applicazione sono molteplici e si inquadrano in quattro aree tematiche principali:

Smart Environment - Le soluzioni proposte prevedono il monitoraggio dei livelli dei corsi d'acqua potendo così stimare la portata del bacino idraulico (FloodAlert); il monitoraggio, la predizione e il rilevamento automatico degli incendi boschivi (Fireless); il monitoraggio dei parametri meteo (Meteo Gateway); il monitoraggio di eventi franosi (LandAlert).

Smart Factory - Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico e delle acque reflue, rilevazione di gas tossici e nocivi in ambienti chiusi, rilevazione incendi e monitoraggio del personale.

Smart Agriculture - Riduzione delle risorse utilizzate, monitoraggio delle condizioni meteo e dello stato vegetativo, rilevazione esondazioni e rilevazione incendi.

Smart City - Monitoraggio della qualità dell'aria (SensAir); monitoraggio dell'inquinamento elettromagnetico (Elettrosmog); Monitoraggio dei flussi fognari cittadini (Sewage).

L'azienda conta circa 15 dipendenti, con un fatturato di 350 mila euro nel 2011, con una crescita del 50 % sul 2010.

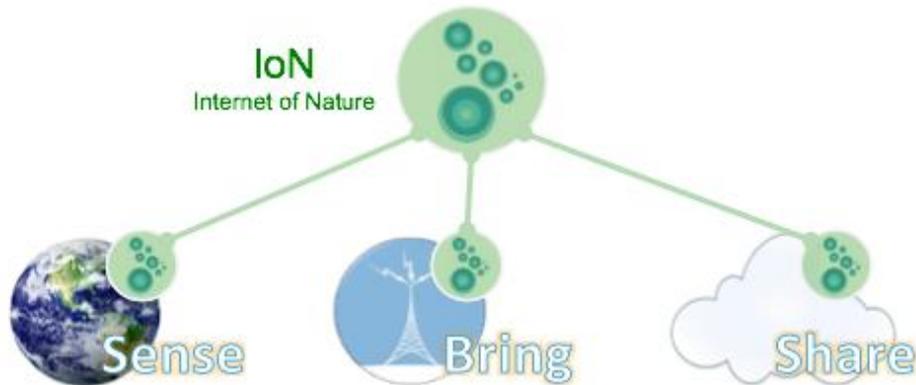


FIGURA 70 – STRUTTURA DELL'INTERNET OF NATURE. DA MINTEOS.COM

Il concetto di base è rappresentato dalla struttura Internet of Nature, composta da:

Sense – sistema di sensori a basso consumo, con tecnologia proprietaria.



Bring – Una rete di gateway con il compito di raccogliere le misure e veicolarele al server.



Share – Una volta sul server le misure vengono elaborate e rese disponibili all'utente attraverso tecnologie cloud e interfacce web.

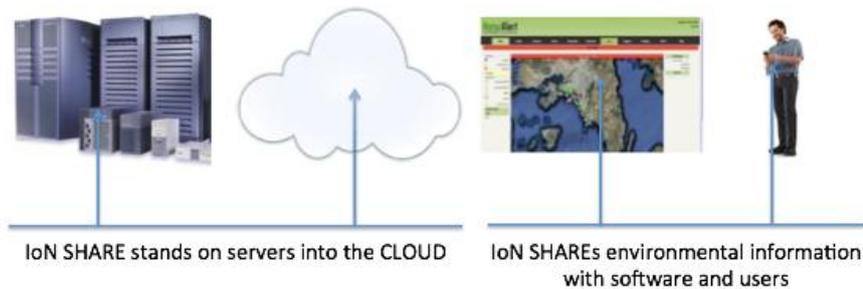


FIGURA 71 – INTERNET OF NATURE CLOUD.

Attualmente Enveve concentra la sua attività su due aree tematiche, la Smart Agricolture e il monitoraggio incendi boschivi.

	http://www.minteos.com	
	http://www.enveve.com	

2.2.6.2 LIBELIUM



Libelium è una società spagnola fondata nel 2006 che sviluppa e fornisce piattaforme WSN, basate su open-hardware. I dispositivi forniti sono a basso consumo, facili da programmare volti a realizzare soluzioni a tema “Smart Cities” o legate al mondo

M2M. Tutti i prodotti di Libelium sono modulari e di facile integrazione in sistemi di terze parti. I box prendono il nome di Waspote, i protocolli di comunicazione implementati possono essere: ZigBee, Bluetooth, 3G/GPRS e frequenze 2.4GHz, 868MHz, 900MHz.



FIGURA 72 – WASPMOTE LIBELIUM, IN VERSIONE SCHEDA SEMPLICE E INSCATOLATO. DA LIBELIUM.COM

I Waspote sono venduti, a costi diversi, sia nella versione in scatolata, impermeabile e dotata di batteria, caricabatteria e connettori per i sensori, sia nella versione di sviluppo. Le tematiche di applicazione sono legate a concetti quali: “Smart Cities”, “Ambiente Intelligente”, “Smart Water”, “Smart Metering”, “Sicurezza e Emergenze”, vendita al dettaglio, logistica, controllo industriale, “Smart Agricoltura”, “Domestic & Home Automation” e “e-Health”. La visione di Libelium è riassunta nell’infografica seguente:

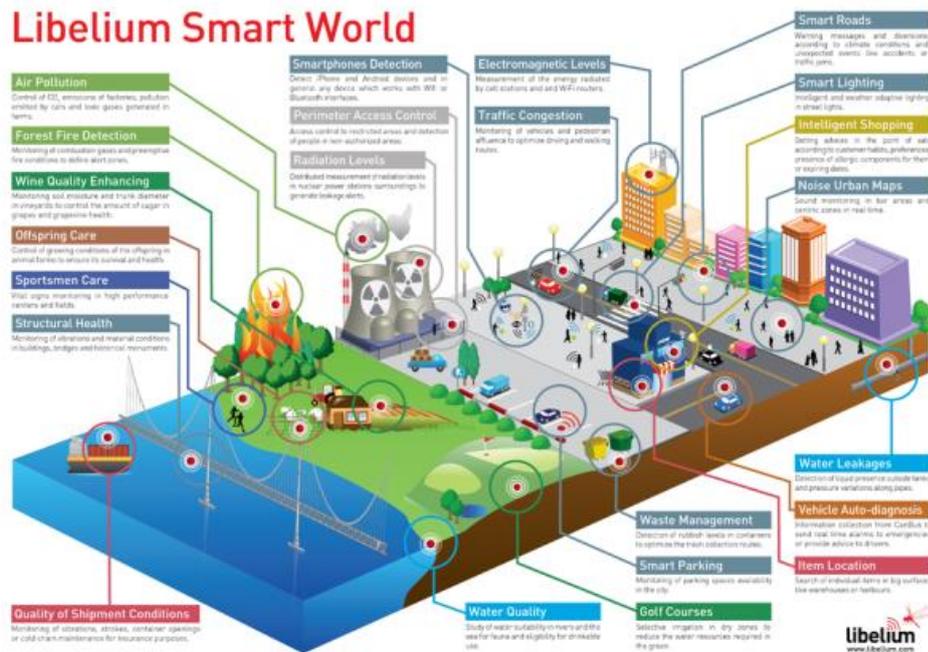


FIGURA 73 – INFOGRAFICA LIBELIUM SMART WORLD.



<http://goo.gl/qJgZQV>



» **Gases**



Applications

- > **City pollution**
CO, CO₂, NO₂, O₃
- > **Emissions from farms and hatcheries**
CH₄, H₂S, NH₃
- > **Control of chemical and industrial processes**
C₄H₁₀, H₂, VOC
- > **Forest fires**
CO, CO₂

Sensors

- > Carbon Monoxide – CO
- > Carbon Dioxide – CO₂
- > Oxygen – O₂
- > Methane – CH₄
- > Hydrogen – H₂
- > Ammonia – NH₃
- > Isobutane – C₄H₁₀
- > Ethanol – CH₃CH₂OH
- > Toluene – C₆H₅CH₃
- > Hydrogen Sulfide – H₂S
- > Nitrogen Dioxide – NO₂
- > Ozone – O₃
- > Hydrocarbons – VOC
- > Temperature
- > Humidity
- > Atmospheric pressure

» **Events**



Applications

- > **Security**
Vibration, hall effect (doors and windows), person detection PIR
- > **Emergencies**
Presence detection and water level sensors, temperature
- > **Control of goods in logistics**
Vibration and impact sensors

Sensors

- > Pressure/Weight
- > Bend
- > Vibration
- > Impact
- > Hall Effect
- > Tilt
- > Temperature (+/-)
- > Liquid Presence
- > Water leakages
- > Liquid Level
- > Luminosity
- > Presence (PIR)
- > Stretch

» **Smart Cities**



Applications

- > **Noise maps**
Monitor in real time the acoustic levels in the streets of a city
- > **Structural health monitoring**
Crack detection and propagation
- > **Air quality**
Detect the level of particulates and dust in the air
- > **Waste management**
Measure the garbage levels in bins to optimize the trash collection routes

Sensors

- > Microphone (dB SPL)
- > Crack detection gauge
- > Crack propagation gauge
- > Linear displacement
- > Dust - PM-10
- > Ultrasound (distance measurement)
- > Temperature
- > Humidity
- > Luminosity

» Smart Parking



Applications

- > Car detection for available parking information
- > Detection of free parking lots outdoors
- > Parallel and perpendicular parking lots control

Sensors

- > Magnetic Field

» Agriculture



Applications

- > Precision Agriculture
Leaf wetness, fruit diameter
- > Irrigation Systems
Soil moisture, leaf wetness
- > Greenhouses
Solar radiation, humidity, temperature
- > Weather Stations
Anemometer, wind vane, pluviometer

Sensors

- > Air Temperature / Humidity
- > Soil Temperature / Moisture
- > Leaf Wetness
- > Atmospheric Pressure
- > Solar Radiation - PAR
- > Ultraviolet Radiation - UV
- > Trunk Diameter
- > Stem Diameter
- > Fruit Diameter
- > Anemometer
- > Wind Vane
- > Pluviometer
- > Luminosity

» Smart Metering



Applications

- > Energy measurement
- > Water consumption
- > Pipe leakage detection
- > Liquid storage management
- > Tanks and silos level control
- > Supplies control in manufacturing
- > Industrial Automation
- > Agricultural Irrigation

Sensors

- > Current
- > Water flow
- > Liquid level
- > Load cell
- > Ultrasound
- > Distance Foil
- > Temperature
- > Humidity
- > Luminosity

Libelium ha creato un ecosistema completo, composto dai sensori e *board* dedicate agli sviluppatori, prodotti finiti “*plug&sense*”, hardware dedicato all’interconnessione dei diversi *device*, un’area di e-commerce, un’area di *teaching* e l’area dedicata al supporto.



FIGURA 74 – COMPONENTI DEL SISTEMA LIBELIUM

I Wasmote sono basati su tecnologia Arduino, con il quale condividono molte componenti e caratteristiche hardware e legate all'ambiente di sviluppo software. La forte spinta orientata al mondo delle community e dell'open source si ritrova anche nel software, è infatti open source e nell'aver creato il sito web Cooking-Hacks Cooking-hacks l'area virtuale di sviluppo dell'azienda, la divisione DIY⁴⁷.

Nello *store* si posso trovare sensori e piattaforme di sviluppo, della stessa Libelium, ma anche di altri produttori, come Arduino e Raspberry, una community di sviluppo e un forum che ha attirato gli sviluppatori da tutto il mondo che trovano componenti e le "ricette" *step-by-step* per aiutare gli sviluppatori a costruire e creare tecnologie innovative. Dal rilascio di Wasmote, più di 2.000 sviluppatori hanno aderito alla piattaforma di sensori di Libelium, costituendo una comunità molto attiva.

Libelium genera tra i 2 e i 5 milioni di euro di fatturato. A differenza delle società tipiche di Ricerca & Sviluppo, la società è ossessionata dalla sostenibilità e dalla vendita piuttosto che dalla raccolta di fondi da parte di investitori. I prezzi variano da 100 a 300 € per dispositivo, soluzioni che includono fino a 1.000 nodi possono avere un costo variabile tra 250.000 e 600.000 €.

Libelium ha sede in Spagna ma l'80% del suo mercato proviene da fuori della Spagna. In particolare: Australia, Stati Uniti, Italia, Nuova Zelanda, Regno Unito, Messico, India, Arabia Saudita, Sud Africa, Grecia, Francia e Malesia. Allo stato attuale, il 65% dei clienti di Libelium sono aziende e il 35% sono centri di ricerca universitari (da www.libelium.com).



<http://www.libelium.com>



2.2.6.3 SENSARIS



Società francese, fondata nel 2001, che produce tre tipologie di sensori, indossabili, che si interfacciano con uno smartphone (tramite Bluetooth) e comunicano ad un server i dati rilevati dai diversi sensori installati. Tutti i prodotti sono basati sulla piattaforma modulare denominata Senspod con le seguenti caratteristiche generiche: Bluetooth, GPS, design leggero e indossabile, compatibilità del software con una

⁴⁷ Abbreviazione di Do It Yourself, equivalente dell'italiano fai da te.

vasta gamma di piattaforme (telefoni cellulari, PC ...) e sistemi operativi (Android, Windows, Mac OS, Linux ...). I sensori disponibili per le diverse piattaforme sono indicati nell'immagine seguente:



FIGURA 75 – TIPOLOGIA DI SENSPOD E DETTAGLIO DELLA SENSORISTICA.

Sensaris è stata partner in molti progetti di livello internazionale, dedicati al monitoraggio ambientale e in particolare legati alla portabilità e indossabilità dei sensori. Tra questi i più importanti sono stati:

- Copenhagen wheel - progetto nato nel 2009 nei laboratori del MIT (Massachusetts Institute of Technologies). Il progetto prevedeva la realizzazione di una ruota per la pedalata assistita, con la possibilità di installarla su tutte le biciclette e dotata di sensori ambientali per il monitoraggio della qualità dell'aria. La ruota sarà messa in vendita nel 2014, prodotta dall'italiana Ducati Energia, senza la parte di sensoristica.



<http://goo.gl/78wwK5>



- La Montre Verte – Progetto del 2009 dove veniva impiegato il prototipo del Senspod per il monitoraggio diffuso della qualità dell'aria. Il progetto aveva come sviluppo quello di realizzare un orologio dotato di sensori di CO_x e NO_x, temperatura, umidità e GPS, così da distribuire il monitoraggio in modo diffuso.



<http://goo.gl/8S9wfO>



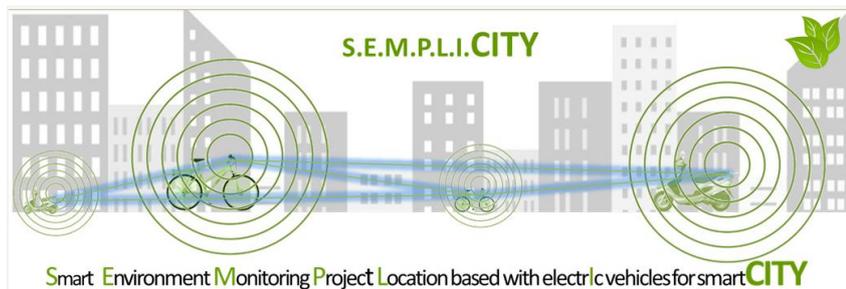
Gli ultimi sviluppi dell'azienda guardano al mercato medicale e e-Health, con il prodotto ZaoPod che può misurare la temperatura, i battiti, l'attività di una persona e il glucosio. Di recente sviluppo anche il sensore Pod4Fun che integra una vera e propria stazione inerziale IMU per registrare l'attività sportiva del soggetto che indossa il sensore e che guarda al mondo del *selftracking*.

3 PROTOTIPI DI MODEL & SENSING

3.1 FRAMMENTI DI INFRASTRUTTURE DI MONITORAGGIO DIFFUSO

Questa seconda parte è volta a descrivere tutte le attività di “*Sensing*” che sono state realizzate durante lo svolgimento del dottorato. L’opportunità di realizzare alcuni test e prototipi, in collaborazione con lo spin-off Unisky, ha permesso di raggiungere una conoscenza approfondita di molti dei concetti presentati nella prima parte conoscitiva. Ognuna delle attività riportate in seguito viene descritta anche attraverso i risultati ottenuti, anche parziali e ne viene definito il livello di replicabilità e impiego.

3.1.1 MONITORAGGIO PARTECIPATO, SOSTENIBILITÀ E SENSORI PERSONALI



Il progetto S.E.M.P.L.I.CITY (Smart Environment Monitoring Project Location based with electric vehicles for smart CITY), idea progettuale basata sull'integrazione di strumenti di mobilità sostenibile e sistemi di monitoraggio diffuso, si pone come obiettivo di legare la mobilità sostenibile alla conoscenza e coscienza dello stato dell'ambiente attraverso l'impiego di tecnologie a basso costo, con il fine ultimo di attivare un monitoraggio partecipativo e diffuso della qualità dell'aria grazie all'installazione, a bordo di veicoli elettrici, di sistemi di “Tracking” integrati con sistemi di “Sensing”. Il progetto prevede l'integrazione, a bordo di bici a pedalata assistita e di scooter elettrici, di una piattaforma tecnologica a basso costo in grado di rappresentare in continuo lo spostamento del veicolo con la rappresentazione in tempo reale dei percorsi effettuati e delle misure acquisite da set di sensori. Tale rappresentazione fornirebbe uno strumento utile a valutare le condizioni dell'ambiente attraversato. La diffusione dei mezzi dotati di sensori mobili permetterà, se capillarmente diffusi, di acquisire una mappatura in tempo reale delle condizioni ambientali urbane, accrescendo la consapevolezza individuale dei cittadini coinvolti su come, modificando i propri comportamenti, possano contribuire a migliorare l'ambiente che li circonda: S.E.M.P.L.I.CITY Tracking - S.E.M.P.L.I.CITY Tracking&Sensing.

Il primo è dedicato alla gestione delle flotte di mezzi elettrici a due ruote, con forte caratterizzazione commerciale, legato alla fornitura di un cospicuo numero di mezzi

dotati di un sistema di tracking, eventualmente integrati con sensori ambientali, incluso un servizio web di gestione della flotta. Il secondo con una connotazione “green” dedicata al privato con un’ottica più di ricerca e sviluppo, basato sulla fornitura dei mezzi con una dotazione di sensori ambientali e APP per smartphone. I dati così raccolti andranno a popolare una database che raccoglie e visualizza, tramite interfacce web o mobile (App Android e iOS).



www.unisky.it/semplcity



SensPod Test

Un esempio di dispositivo che può essere impiegato nel progetto SEMPLICITY è Senspod. Sviluppato dai francesi di Sensaris con i quali si è instaurata una collaborazione diretta, il Senspod rappresenta un primo prototipo funzionante e ingegnerizzato di multi-sensore ambientale indossabile. Senspod ha le dimensioni di un orologio da polso e monta, su una base dotata di microprocessore e sistema di trasmissione Bluetooth, diversi sensori ambientali e non.

<i>Gas</i>	CO ₂ – Nox	Metal Oxide Semi-conductor	Produttore e2V.com
<i>Ambientali</i>	Temperatura - Umidità	Metal Oxide Semi-conductor	Sensirion
	Rumore	Microfono 30 – 140 db	Sensaris
<i>Movimento</i>	Accelerometro 3 axis	MEMS	Sensaris
	GPS	Patch antenna 32 ch	Mediatek
<i>Comunicazione</i>	Bluetooth Class 2 radio range up to 30 m in free air		
<i>Processore</i>	Texas Instruments MSP430		
<i>Alimentazione</i>	3.7 V Lithium ion battery rechargeable		
<i>Memorizzazione</i>	2G Bit micro SD Card		
<i>Dimensioni</i>	50 x 80 x 20 mm (W x L x H) Weight: 66 g		

TABELLA 8 - CARATTERISTICHE DEL SENSPOD E DEI SENSORI INSTALLATI.

Il micro dispositivo, messo a disposizione da Sensaris, è stato testato in diverse occasioni: è stato impiegato per un rilievo in “campagna”, nell’area urbana di Feltre; in una settimana di misure in corrispondenza di una centralina ARPAV a Padova; in un test di laboratorio, dove è stato analizzato il comportamento del sensore.

Il rilievo nell’abitato di Feltre è stato effettuato montando il sensore su un autoveicolo e percorrendo un circuito all’interno della città di Feltre; il test che si riporta di seguito è stato effettuato nell’ambito delle attività svolte durante un assegno di ricerca sui microdispositivi (Iandelli 2011).



FIGURA 56 – TRACCIATO PERCORSO DURANTE IL TEST.

I parametri rilevati sono stati:

Umidità:*Temperatura:**Rumore:*

La distribuzione della pressione sonora risulta molto omogenea, ma il dato ha risentito del rumore di fondo del veicolo che ha ospitato il sensore.

NOx:

Nel cerchio è evidenziato come, in un tratto di strada con la presenza di traffico sostenuto, il dato rilevato presenti un repentino aumento (la direzione di percorrenza va da sinistra verso destra e quindi dal giallo al rosso acceso).

CO_x:

Anche per gli ossidi di Carbonio si ha una distribuzione simile al precedente, se pur con concentrazioni minori.



Informazioni di questo tipo hanno un elevato valore qualitativo in quanto consentono di rappresentare una piattaforma geografica, in tempo reale, i dati relativi alla concentrazione di un determinato gas o i valori rilevati di uno o più determinati parametri fisici ambientali quale temperatura o umidità.

Il secondo test *outdoor* è stato effettuato all'interno di una tesi di statistica in collaborazione con ARPAV (Razzara 2011). Oggetto della tesi era verificare la qualità dei dati prodotti dal sensore analizzando la precisione nel posizionamento e la stabilità della misura dei sensori. Per realizzare l'analisi il sensore è stato indossato per un periodo da un volontario il quale ha tenuto un diario su cui venivano appuntate le condizioni a contorno della misura e le sensazioni dello stesso (quali ad esempio condizioni meteo e/o eventi particolari). L'analisi ha messo in relazione la risposta del sensore ed i parametri misurati con alcune variabili, quali le condizioni meteo, la tipologia di ambiente e il livello di batteria.

Relativamente alla misura degli ossidi di carbonio l'analisi mostra una maggiore concentrazione di inquinamento in condizioni di meteo poco nuvoloso, mentre, come era prevedibile, la concentrazione si abbassa in caso di pioggia; relativamente alle condizioni dell'ambiente si è osservato che l'ambiente che risulta più inquinato è rappresentato dagli edifici con uno scarso riciclo d'aria (quali auto e autobus).

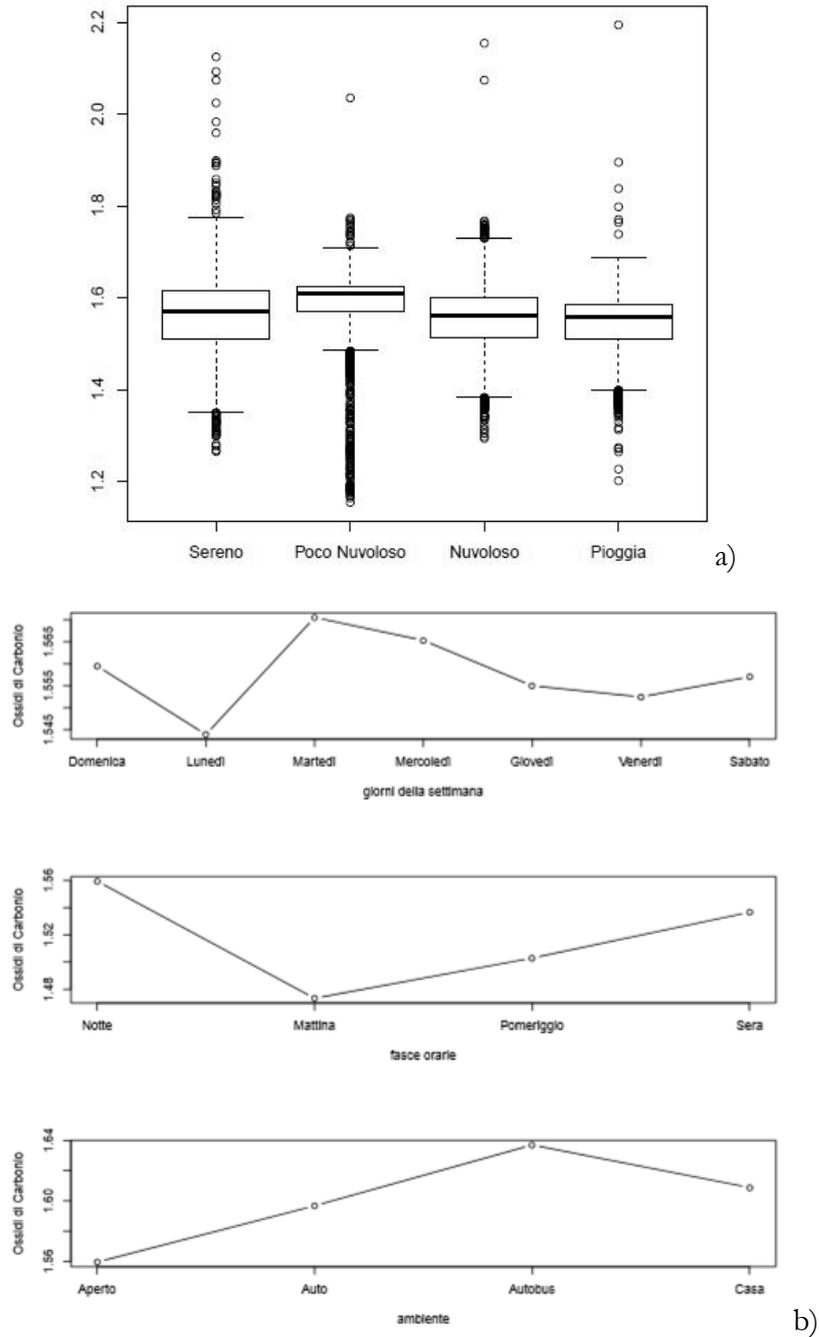


FIGURA 76- A) BOXPLOT TRA COX E CONDIZIONI METEO.- B) ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DI COX IN RELAZIONE CON IL GIORNO DELLA SETTIMANA, LA FASCIA ORARIA E L'AMBIENTE - DA RAZZARA 2011

Complessivamente, per tutta la durata dei test, si è rilevato che la notte risulta essere il momento di maggiore concentrazione dei CO_x, mentre la mattina risulta il momento a minor concentrazione. Relativamente agli ossidi di azoto (NO_x), le condizioni rilevate sono le seguenti:

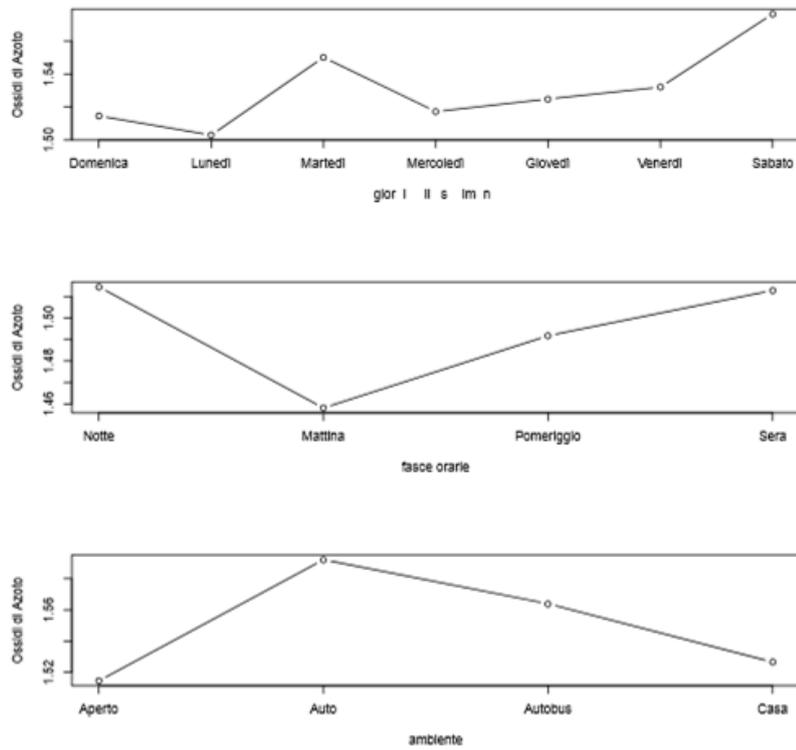


FIGURA 77 - ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DI COX IN RELAZIONE CON IL GIORNO DELLA SETTIMANA, LA FASCIA ORARIA E L'AMBIENTE - DA RAZZARA 2011

L'andamento rispetto al giorno della settimana risulta coerente con quello dei COx, così come l'andamento rispetto alla fascia oraria. Le condizioni meteo influiscono abbassando le concentrazioni quando si ha una copertura nuvolosa, mentre si ha un aumento in corrispondenza di pioggia.

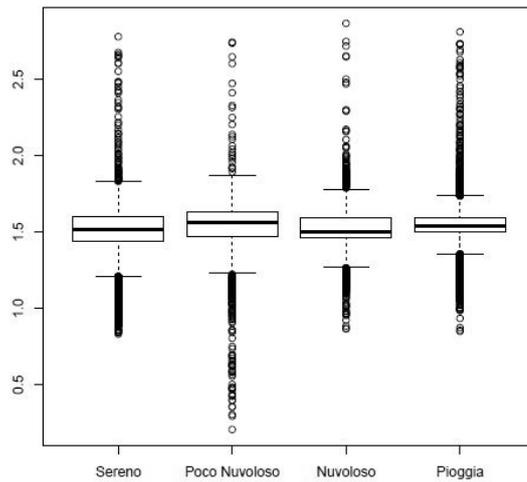


FIGURA 78 - BOXPLOT TRA NOx E CONDIZIONI METEO.

Lo stesso dispositivo è stato analizzato in un laboratorio per verificare il comportamento della misura di COx e NOx. Le analisi sono state realizzate

all'interno del Laboratori dell'Istituto ITIS Zuccante di Mestre, con la partecipazione dell'Ing. Luca De Biasi, la Dott.ssa Rina Camporese e l'Ing. Ernesto della Sala.

Livello sonoro - Il Senspod è stato sottoposto ad una sorgente di rumore nota in parallelo ad un fonometro. Le prove sono state ripetute 2 volte. Si sono usati segnali di diversa frequenza per vedere anche la sensibilità. Al fonometro è stata applicata la "curva A" e quindi i decibel sono dBA.

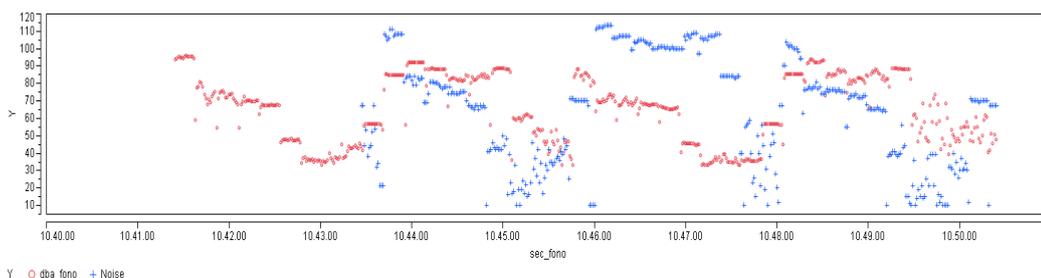


FIGURA 79 - GRAFICO DEL RUMORE (IN ROSSO LA MISURA EFFETTUATA DAL FONOMETRO, IN BLU LA MISURA REALIZZATA DAL SENSPOD)

Dall'analisi del grafico (in rosso la misura del fonometro, in blu il valore misurato dal Senspod) l'informazione sembra essere coerente per entrambi gli strumenti, indicando, in prima istanza qualitativamente, la corretta misurazione del Senspod.

NOx e COx - Il sensore installato a bordo del Senspod è prodotto da E2v, modello MiCS-4514

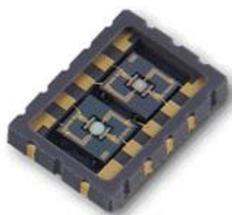


FIGURA 80 - SENSORE MICS4514

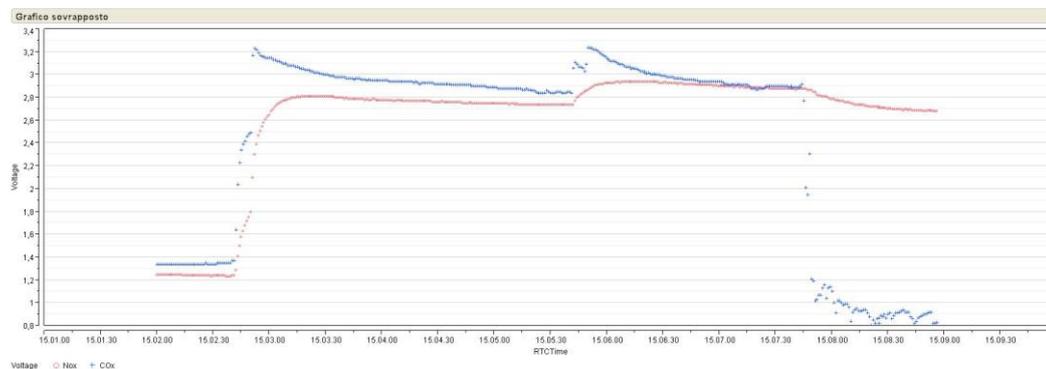


FIGURA 81 - CURVA DELLA CONCENTRAZIONE DI NOX (IN ROSSO) E COX (IN BLU).

La misura di NO_x (in rosso) e CO_x (in blu) risulta coerente, ma la due curve risultano sempre co-registrate contrariamente a quanto indicato dalle specifiche del produttore che dichiara invece che le due misure sono inverse: “*..please note that Senspod output Voltage for NO_x (which is sent to database) goes down as NO_x concentration in the air increases .Regarding gas calibration, in cities the following typical values are reported:*

<i>Typical values</i>	<i>NO_x</i>	<i>Cox</i>
<i>High</i>	<i>High: 300 ppb</i>	<i>High 4 ppm</i>
<i>Mid range</i>	<i>Mid range: 100 ppb</i>	<i>range:2.5 ppm</i>
<i>Low</i>	<i>Low: below 30 ppb</i>	<i>below 1 ppm.</i>

As a first approximation_, we assume a linear relationship from theMICS 4514 datasheet (curves for 40 % RH and at 25°C) and take that 3.3 Volts measured by the City Senspod correspond to 30 ppb of NO_x and 0.3V output to 300 ppb. For CO, it is the opposite as the output voltage increases as CO concentration increases.”(da www.sensaris.com)

La successiva analisi del software ha stabilito che sul flusso dati del sensore è stata realizzata una correzione software che provoca questo andamento delle curve. Altri problemi si sono verificati “stressando” il sensore che risente molto della variazione di voltaggio fornita dalla batteria verso la fine della durata della carica. A valle di queste esperienze che ha fornito buone caratteristiche qualitative del sensore, è stato deciso di realizzare un test approfondito eseguendo le misure in corrispondenza di una stazione ARPAV a Padova. Le misure sono state effettuate in occasione del lavoro di tesi di Michele Baggio (tesi triennale del corso di Laurea in Scienze della Pianificazione Urbanistica e Territoriale), che ho seguito come correlatore, a cui si deve un doveroso ringraziamento per i dati e per la meticolosa procedura seguita. Le misure si sono svolte per una settimana, da lunedì 28 novembre 2011 a lunedì 5 dicembre 2012, per tre volte al giorno, tutti i giorni. Le fasce orarie e le condizioni meteo e le note appuntate sono:

Lunedì 28/11/2001	Orario	Tempo	Distanza da Centralina	Note
Mattina	07.30 - 08.30	Coperto	< 5m	
Pomeriggio	15.00 - 16.00	Coperto	< 5m	
Sera	19.30 - 20.30	Coperto/Foschia	< 5m	
Martedì 29/11/2001	Orario	Tempo	Distanza da Centralina	Note
Mattina	07.30 - 08.30	Sereno	< 5m	
Pomeriggio	15.00 - 16.00	Sereno	< 5m	
Sera	19.30 - 20.30	Sereno	5m - 10m	
Mercoledì 30/11/2001	Orario	Tempo	Distanza da Centralina	Note
Mattina	07.30 - 08.30	Sereno	< 5m	
Pomeriggio	15.00 - 16.00	Sereno	< 5m	
Sera	19.30 - 20.30	Sereno	< 5m	
Giovedì 01/12/2001	Orario	Tempo	Distanza da Centralina	Note
Mattina	07.30 - 08.30	Sereno	< 5m	Furgoncino alla fine
Pomeriggio	15.00 - 16.00	Sereno	< 5m	
Sera	19.30 - 20.30	Sereno	< 5m	
Venerdì 02/12/2001	Orario	Tempo	Distanza da Centralina	Note
Mattina	07.30 - 08.30	Nuvoloso/Coperto	< 5m	Pioggia durante la notte
Pomeriggio	15.00 - 16.00	Nuvoloso/Coperto	< 5m	Pioggerellina a tratti
Sera	19.30 - 20.30	Nuvoloso	< 5m	Spostato due volte per parcheggio
Sabato 03/12/2001	Orario	Tempo	Distanza da Centralina	Note
Mattina	07.30 - 08.30	Coperto + Pioggia	< 5m	
Pomeriggio	15.00 - 16.00	Coperto + Pioggia	< 5m	
Sera	19.30 - 20.30	Coperto + Pioggia	< 5m	
Domenica 04/12/2001	Orario	Tempo	Distanza da Centralina	Note
Mattina	07.30 - 08.30	Coperto + Foschia	< 5m	
Pomeriggio	15.00 - 16.00	Coperto	< 5m	
Sera	19.30 - 20.30	Coperto	< 5m	
Lunedì 05/12/2001	Orario	Tempo	Distanza da Centralina	Note
Mattina	07.30 - 08.30	Coperto	< 5m	
Pomeriggio	15.00 - 16.00	Coperto	< 5m	
Sera	19.30 - 20.30	Nebbia	< 5m	

TABELLA 9 - DIARIO DELLE MISURAZIONI DA BAGGIO 2011.

La centralina presa a riferimento è quella del quartiere Arcella a Padova, le cui caratteristiche sono riportate nella tabella seguente:

<i>Codice Stazione</i>	502809	<i>Densità Popolazione</i>	Tra 4000 e 7000 ab/km ²
<i>Denominazione</i>	PD – Arcella	<i>Caratteristiche PRG</i>	Residenziale-commerciale
<i>Indirizzo</i>	Via Guido Reni	<i>Tipo di strada</i>	Ampia
<i>Comune</i>	Padova	<i>Intensità di traffico</i>	Tra 2000 e 10000 veicoli/giorno
<i>Tipo Stazione</i>	Traffico Urbano ⁴⁸	<i>Inquinanti misurati</i>	NO _x , CO, SO ₂ , PM10, BaP, C ₆ H ₆ , Pb, Cd, Ni, As
<i>Altitudine</i>	11 m	<i>Anno</i>	2007

TABELLA 10 - CARATTERISTICHE DELLA CENTRALINA ARPAV A PADOVA.

⁴⁸ La rete di monitoraggio ambientale dell'ARPAV conta 56 stazioni fisse che si dividono per tipologia (fondo urbano, traffico urbano, industriale e fondo rurale) ed inquinanti che possono misurare.

I dati ottenuti con il Senspod sono stati confrontati con quelli rilevati dalla stazione ARPAV; l'elaborazione dei dati ha riguardato l'omogeneizzazione delle unità di misura secondo normativa (mg/m^3 per il CO e $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per gli NOx) e il calcolo delle medie orarie.

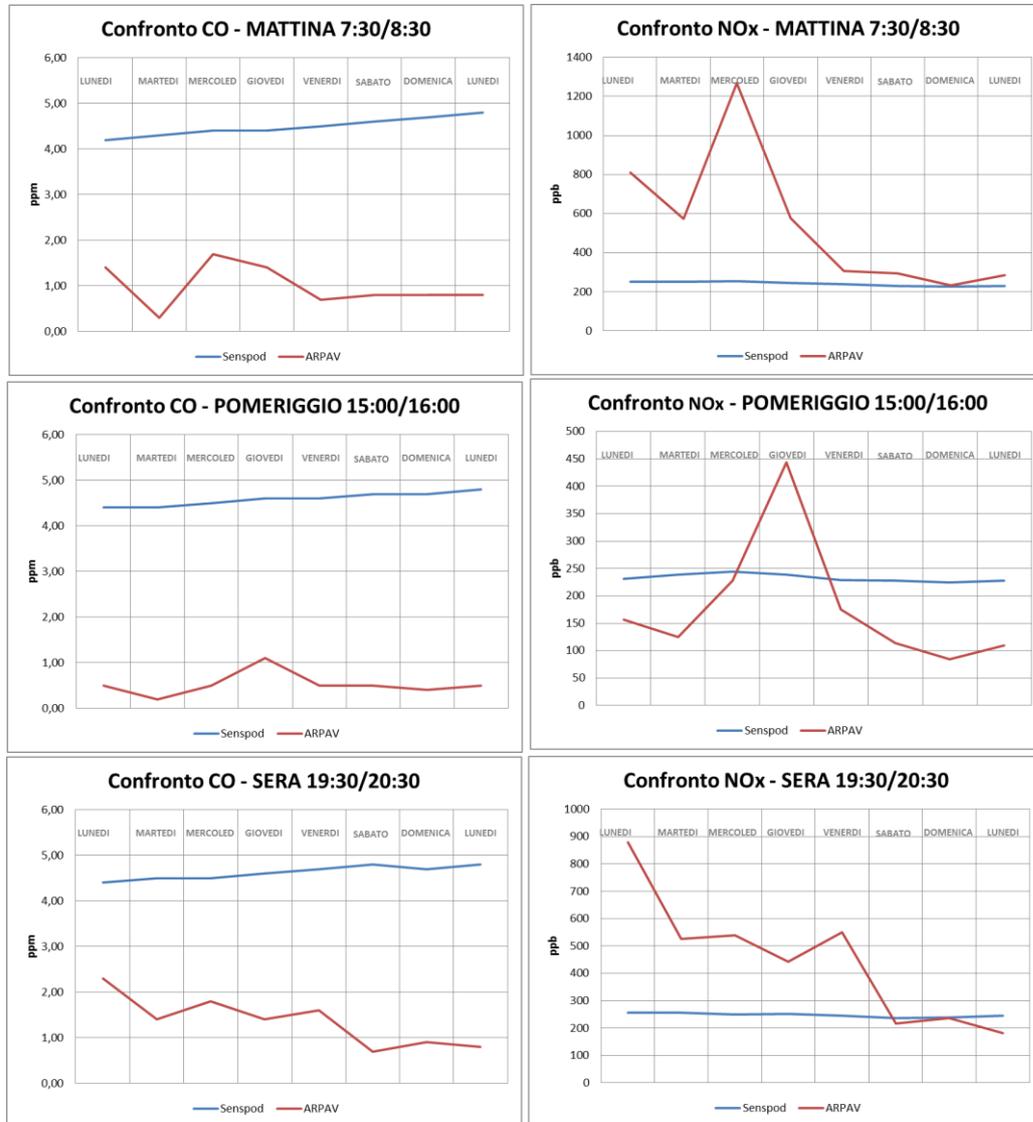
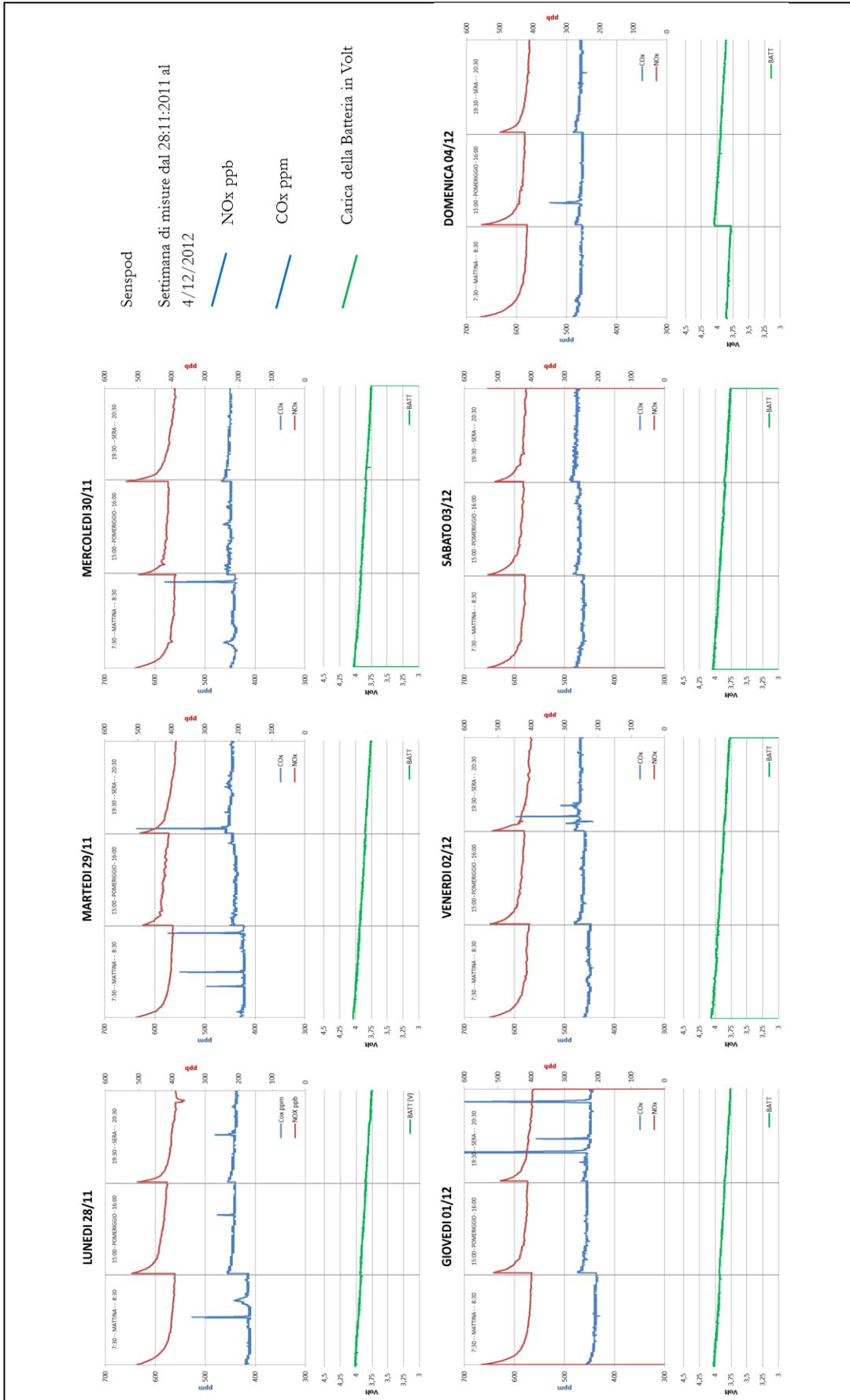


TABELLA 11 - GRAFICI DEGLI ANDAMENTI DELLA MISURA SENSPOD.

Il confronto con i dati validati della centralina ARPAV ha portato dei risultati molto negativi, come evidenziato dai grafici in tabella 11.

Dal punto di vista qualitativo, come mostrano nei grafici in tabella 11, si nota un *pattern* costante nell'andamento della misura degli NOx nelle tre fasce orarie giornaliere prese in considerazione, per tutti i giorni della settimana. La misura dei COx non presenta, ad inizio settimana, questo andamento mentre sono evidenti dei picchi relativi anche molto evidenti, con un trend di aumento medio della misura dalla mattina alla sera, costantemente.



Le esperienze di impiego hanno mostrato come la risposta del sensore sia qualitativamente corretta; in senso generale infatti ci si attende l'aumento dei valori misurati in corrispondenza ad esempio di percorrenza di tratti in auto (aumento di NO_x) o di permanenza in ambienti affollati con poco ricambio d'aria (aumento di CO_x in autobus). Risulta coerente anche la risposta del livello sonoro anche se non sempre costante. Diversa è la precisione sul posizionamento, che risulta talvolta molto imprecisa a causa probabilmente della scarsa qualità dell'antenna installata e della geometria con cui viene indossato il sensore non sempre in posizione ottimale per la corretta ricezione dei segnali GPS e a causa dell'effetto *multipath* del segnale in ambito urbano. Il confronto con le misure in parallelo con una centralina ARPAV a Padova, ha però mostrato forti limiti dal punto di vista quantitativo, i livelli misurati non risultano essere coerenti con le misure delle stazioni.

Quest'ultima esperienza, per alcuni aspetti negativa, ha risentito molto probabilmente di due fattori di cui non si è tenuto conto nell'analisi dei dati. Il primo è la carica della batteria, il dispositivo risente molto della variazione di carica della batteria e durante il rilevamento Senspod è stato accoppiato con uno smartphone utilizzando il Bluetooth che incide molto sui consumi; la seconda problematica è probabilmente legata alla "vita" dei sensori, il dispositivo infatti al momento dei rilevamenti era già stato impiegato in altri esperimenti con una vita complessiva di 3 anni.

3.1.2 ESPERIENZE DI EROGAZIONE DI LOCATION BASED SERVICES

Nell'ambito di un POR FESR 2007-2013 attività 1.1.a2, finanziato dalla Regione Friuli Venezia Giulia, è stato realizzato il progetto "Monitoraggio e controllo partecipato della mobilità per l'erogazione di location based services", attraverso una collaborazione tra l'Università IUAV di Venezia, la società Movendo s.r.l. e Unisky s.r.l., spin-off IUAV. Scopo del progetto è stato lo studio di nuove applicazioni nell'impiego e nell'erogazione di Location Based Services (LBS). Tale attività ha avuto risvolti prettamente legati alla ricerca applicata ma non ha tralasciato di approfondire l'ampia gamma di servizi che l'impiego di questi sistemi può consentire di erogare sul tema del turismo e in particolare sulla figura del "Turista Smart" aprendo nuove possibilità nel campo dei viaggi organizzati, dei tour operator e delle grandi fiere distribuite sul territorio, sino ad interessare l'erogazione di servizi di gestione di flotte aziendali. Due sono le definizioni più diffuse e condivise di Location Based Services:

"I Location Based Services sono i servizi di informazione accessibili da dispositivi mobili che usano la rete mobile e comunicano la posizione del dispositivo mobile". (Virrantaus et al. 2001)

"Un servizio wireless-IP che utilizza informazioni geografiche per fornire servizi ad un utente mobile. Qualsiasi applicazione/servizio che sfrutta la posizione di un terminale mobile." (OGC, Open Geospatial Consortium 2005)

Queste definizioni descrivono gli LBS come il risultato dell'intersezione di tre tecnologie: tecnologie dell'informazione e della comunicazione mobile (NTIC), Rete Internet e Sistemi Informativi Geografici (GIS) (Shiode N. et al. 2002). In generale l'erogazione di LBS presuppone l'interazione di due componenti: la prima componente è rappresentata dall'utente dotato di dispositivo mobile, in quanto strumento adatto a richiedere e a ricevere informazioni e servizi; la seconda componente è la rete mobile attraverso cui viene inoltrata la richiesta di informazioni/servizi al provider che a sua volta li fornisce di ritorno all'utente. Ovviamente i servizi di cui stiamo parlando (location based) sono legati alla posizione dell'utente. Questa può essere ottenuta impiegando diverse tecnologie, sia locali, sia globali. I metodi di posizionamento locali a radio frequenza, soprattutto bluetooth e RFID, sono utilizzati per la navigazione interna ad ambienti, come ad esempio in un museo o in una fiera.

Sono stati realizzati due scenari di utilizzo (denominati "Free Tourism" ed "Expo") con funzionalità specifiche sviluppate all'interno del framework per l'erogazione di Location Based Services (definibile anche "context awareness system") sfruttando i parametri di posizione ricavati dai sensori installati a bordo degli smartphones. La struttura del lavoro si basa sulla metafora di una fattoria; ogni nuova installazione del sistema rappresenta infatti l'apertura di una Farm in cui vengono definiti i ruoli degli

utenti di sistema (la Farm è un'istanza di una particolare configurazione dei componenti del framework).

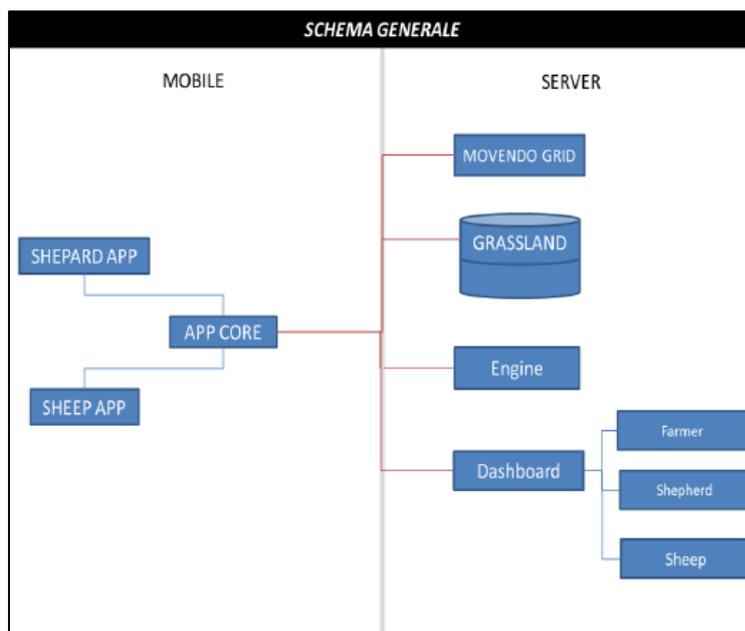


FIGURA 82 - COMPONENTI DEL SISTEMA

Componente Mobile

La componente mobile del sistema si compone di due APP con funzionalità distinte sviluppate su un APP Core comune. L'App Core è il sistema di acquisizione delle coordinate, tecnologia di acquisizione e dati di contorno associati disponibili tra quelli nativi di Android. La Shepherd_App è un applicativo Android con funzionalità dedicate all'utente Shepherd utilizzabile dalla figura di volontario/hostess ("Expo"), dalla figura del capogruppo ("Turismo di gruppo") oppure dal gestore dei rappresentanti di azienda sul territorio. La Sheep App è un applicativo Android con funzionalità dedicate all'utente Sheep. Utilizzabile da un visitatore autonomo di un centro urbano ("Free Turism"), dall'avventore di una fiera ("Expo") oppure da un rappresentante di azienda sul territorio.

Componente Server

Lato server abbiamo diverse componenti Engine, Dashboard, Movendo Grid e Grassland. La componente Engine rappresenta il motore che interagisce con tutte le parti del sistema esegue le query e le elaborazioni richieste reindirizzandole alle varie componenti. L'Engine può essere acceduta da alcune oppure tutte le componenti dell'ecosistema (vedere le ipotesi alternative nel capitolo relativo ai flussi di informazioni) offrendo a queste dei Web Services (SOAP⁴⁹ o REST⁵⁰) oppure delle

⁴⁹ SOAP - Simple Object Access Protocol è un protocollo leggero per lo scambio di messaggi tra componenti software. Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.

apposite API riconoscendo le richieste tramite chiave oppure il più sofisticato OAuth⁵¹. Il vantaggio di utilizzare Web Services o API risiede nel fatto che la medesima funzionalità viene implementata una sola volta ed acceduta per esempio sia dalla componente Mobile sia dalla Dashboard. Le specifiche funzionalità saranno dettagliate negli appositi paragrafi in cui si descrivono le diverse tipologie di Farm disponibili. La Dashboard permette di accedere, da un'interfaccia web, in modalità differenziata in base alla tipologia di utente: Farmer, Shepherd e Sheep.

Il Farmer ha la piena gestione degli utenti fidelizzati e ne monitora i flussi tramite mappa e reports. Può definire un nuovo “gregge” e le figure Shepherd a loro guida e mettere in comunicazione tra loro gli Sheperd. Può aggiungere nuovi dati ai dataset esistenti. Gestisce il profilo della Farm dove può pubblicizzare i servizi, il calendario degli eventi ed il download delle Sheep e Shepherd App (funzionalità CMS). Può associare sia agli utenti Sheep e Shepherd dei contenuti (es. coupon e buoni sconto) da utilizzare quando si trovano in determinati luoghi.

L'utente Shepherd ha una propria “area riservata” dove può monitorare il suo “gregge”, comunicare con ogni Sheep associata e comunicare con altri Shepherd a capo di un altro gregge. Può associare agli utenti Sheep appartenenti al suo gregge dei contenuti (es. coupon e buoni sconto) da utilizzare quando si trovano in determinati luoghi.

L'utente Sheep ha una propria “area riservata” dove può gestire il suo profilo, può monitorare gli spostamenti nel tempo e visualizzare delle statistiche.

La componente MovendoGrid è il sistema di stoccaggio della posizione degli utenti, già in uso da Movendo per la localizzazione dei mezzi tramite sistema GPS. Infine la Grassland che rappresenta l'insieme di tutti i dataset locali, web services e API di terze parti che servono all'Engine per effettuare le elaborazioni.

Per ulteriori dettagli e approfondimenti sulla struttura e il funzionamento in dettaglio si rimanda alla pubblicazione “ Il monitoraggio e la gestione, attraverso servizi LBS, di eventi diffusi sul territorio” (Iandelli et al.), in “La Smart City al Servizio del Cittadino – la call for papers di smart cities exhibition 2013” e-book di FORUMPA.

Test 1 – La “Notte Europea dei Ricercatori”

La “Notte Europea dei Ricercatori” è un'iniziativa promossa dalla Commissione Europea che dal 2005 fa incontrare i ricercatori con il grande pubblico in differenti città europee in una stessa data di fine estate: il quarto Venerdì di Settembre. La giornata si è svolta il 28 settembre 2012 e ha visto i ricercatori degli atenei e dei centri

⁵⁰ REST - Representational state transfer (REST) è un tipo di architettura software per i sistemi di ipertesto si riferisce ad un insieme di principi di architetture di rete, i quali delincono come le risorse sono definite e indirizzate. Da Wikipedia l'Enciclopedia libera.

⁵¹ <http://hueniverse.com/oauth/> -OAuth è un protocollo aperto che permette l'autorizzazione di API di sicurezza con un metodo standard e semplice sia per applicazioni portatili che per pc fisso e web. Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.

di ricerca veneziani impegnati in diverse iniziative di divulgazione, in laboratori artistici e scientifici, giochi, letture, concerti e molte altre attività distribuite nel centro storico di Venezia. E' stata realizzata una versione apposita della FARM, con il programma e i luoghi della manifestazione, rilasciata sullo store di Android anche con un rimando dal sito principale di "Venetonight" e dalla pagina Facebook di IUAV. Le installazioni da Google Play⁵² sono state tra 50 e 100: di queste, rilevate dalle statistiche del market, solo 15 hanno fornito posizioni al server. Di questi quindici utenti è stato possibile ricostruire la presenza oraria a Venezia, riportata nei grafici che seguono. Dalle posizioni derivanti dai 15 dispositivi mobili registrati è stato possibile realizzare una classifica dei luoghi più visitati. Tale classifica rispecchia quello che è stato visualizzato "in diretta" sul maxi schermo presente nel cortile dei Tolentini con la visualizzazione della *beat map* in tempo reale.

Luogo	% di posizioni	Luogo	% di posizioni
Ca' Giustinian dei Vescovi	12,75	Archivio di Sato	1
Ca' Foscari	12,75	Basilica di S. Maria Gloriosa dei Frari	1
IUAV	4,25	Isola della Giudecca	0,75
San Sebastiano	1,75	Laboratori	0,75
Chiesa San Bartolomeo	1,25	Fondamenta Nuove/Ospedale	0,25
Palazzo Malcanton	1,25		

TABELLA 12 - CLASSIFICA DEI LUOGHI PIÙ VISITATI.

Di seguito si riporta la *Heat map* di fine giornata: Anche l'analisi della densità di posizioni conferma che i luoghi più visitati sono stati quelli indicati nella tabella precedente.

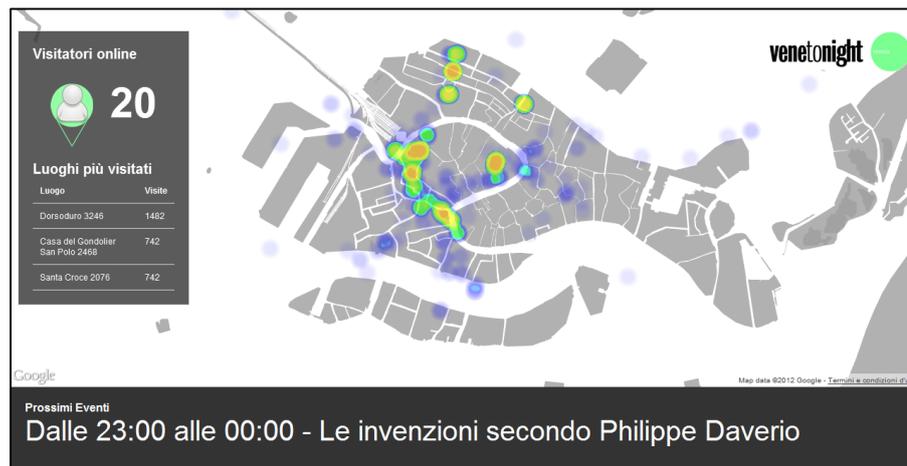


FIGURA 83 - MAPPA DELLA DENSITÀ DELLE POSIZIONI. VENETONIGHT.

⁵² Google Play - è un negozio virtuale di applicazioni, brani musicali, pellicole cinematografiche, libri e riviste online sviluppato da Google per i dispositivi Android. Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.



FIGURA 84 - CARTA DELLE POSIZIONI.VENETONIGHT.

Test 2 - Comodamente 2012

Il festival “Comodamente” nasce per fondere in un unico messaggio i temi della riqualificazione urbana e della cultura contemporanea e offrire quel nutrimento culturale vivo che ormai è diventato un bisogno socialmente percepito. Sono tre giorni di parole, storie, immagini, esperienze, suoni, progetti e sapori per riscoprire spazi urbani abbandonati e sondare i confini dell’ovvio, mettendo in discussione le proprie comodità attraverso un confronto trasversale tra il pubblico e intellettuali, scrittori, scienziati, artisti, giornalisti, docenti universitari, imprenditori e politici sui temi della nostra contemporaneità.

Il festival si è svolto a Vittorio Veneto dal 7 al 9 settembre 2012. L’applicazione è stata realizzata in due versioni, una versione pubblico e una versione “volontari”. La versione pubblico è stata rilasciata sullo store di Android con un rimando dal sito principale del Festival Comodamente (www.comodamente.it). Le installazioni da Google Play sono state 56, con alcuni commenti e qualche problema su versioni vecchie di Android.

Di seguito sono riportati solo alcuni valori ottenuti da una veloce “prima analisi dei dati” presenti sul server. Delle 56 installazioni complessive rilevate dalle statistiche del market, 37 hanno fornito durante i tre giorni di festival posizioni al server per un totale di 5296 coordinate valide nei 3 giorni, con un crescendo di dispositivi connessi distribuite secondo la tabella seguente:

Data	Fascia oraria	N° dispositivi	N° posizioni valide
7 Settembre 2012	14 - 20	18	627
7 Settembre 2012	20 - 9	20	613
8 Settembre 2012	9 - 20	25	1734
8 Settembre 2012	20 - 9	25	527
9 Settembre 2012	9 - 20	27	1795

TABELLA 13 - POSIZIONI DIVISE IN FASCIA ORARIA.

Attraverso l'analisi dei dati rilevati dall'APP è stato possibile realizzare una classifica dei luoghi più frequentati (buffer 20mt). Tale classifica è solo rappresentativa delle posizioni rilevate dalle APP installate e quindi non rappresenta la totalità delle presenze al festival. Le presenze si sono distribuite nei 3 giorni come mostrato dalla tabella seguente:

Luogo	% di presenze nei 3 giorni	Luogo	% di presenze nei 3 giorni
Piazza Flaminio	21	Giardini locus amoenus: L'approdo	4
Giardini locus amoenus: I Gradoni	14	Piazza Minucci	3
Palazzo Todesco	13	La Loggia dei Grani	2
Spazio Bottoli	9	Palazzo Racola Troyer	2
Burella Casa Piazzoni	9	Chiesa di San Giuseppe	1
Piazza Fontana	6	Giardini locus amoenus: Le Terrazze	1
Giardini locus amoenus: L'Angolo	6	Giardino Segreto	1
Morbillo	5	Spazio Codalunga	1
Giardini locus amoenus: La Soglia	5		

TABELLA 14 - CLASSIFICA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE PRESENZA NEI LUOGHI.

I problemi maggiori, emersi anche durante i due test realizzati per l'occasione, sono legati essenzialmente ai livelli di precisione ottenibili dal posizionamento che deve considerare tecniche multiple con precisione variabile in funzione dell'applicazione. Tutte le metodologie di tracciamento descritte precedentemente possono essere impiegate sui più recenti Smartphone. L'impiego di diverse tecnologie fornisce livelli

di precisione e accuratezza diversi, legati anche a diverse quantità di energia necessaria per alimentare i dispositivi, secondo lo schema seguente:

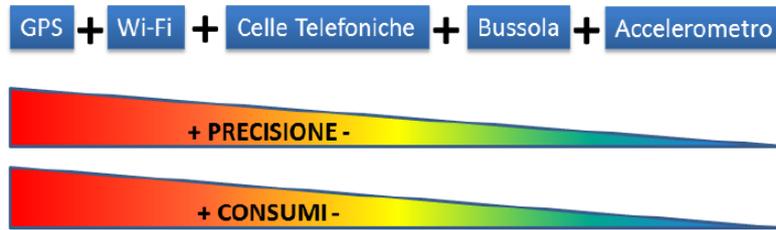


FIGURA 85 - QUANDRO DELLA REALIZIONE CONSUMI-SENSORI-PRECISIONE DI POSIZIONAMENTO.

Il futuro prossimo prospetta comunque alcune innovazioni che potranno consentire di superare buona parte di questi problemi già nel breve-medio periodo. Se da un lato la tecnologia smartphone è in continua evoluzione presentando dispositivi sempre più performanti anche dal punto di vista dei consumi, da un altro lato avremo una diffusione sempre più capillare del wi-fi (per lo meno a livello delle città) e l'entrata in funzione del nuovo sistema di posizionamento europeo "Galileo" che promette nuove opportunità anche in termini di precisione di localizzazione in ambienti complessi.

Un altro problema emerso nel corso dello studio è legato, come abbiamo visto, alla necessità di ottenere informazioni sull'utente per potergli fornire servizi LB avanzati, come per esempio i servizi di raccomandazione, senza che questi sia indotto a preoccuparsi di eventuali intrusioni all'interno della sua sfera privata. Il tema è di estrema delicatezza e deve essere superato contando sulla collaborazione dell'utente stesso. Su questa importante tematica il progetto qui descritto ha fatto solo una rapida incursione, effettuando una schematica analisi in cui vengono identificati i portatori di diritti (il turista che usa l'applicazione LB) e i portatori di interesse (chi eroga il servizio turistico) ed esplicitando quali siano i vantaggi per l'uno e per l'altro e alcuni possibili strumenti di incentivazione da adottare nei confronti dei portatori di diritti. Attualmente, sul tema specifico dei sistemi di raccomandazione per il turismo basati su LBS, UniSky sta realizzando un nuovo progetto: "OmniTulist". In questo progetto una consistente attività di studio riguarda proprio il coinvolgimento attivo dell'utente, con lo scopo di renderlo consapevole della utilità della attività di profilazione che viene svolta nei suoi confronti, e nell'intento di individuare strumenti e tecniche che lo incentivino all'uso delle applicazioni e all'arricchimento continuo del proprio profilo.

3.1.3 MONITORAGGIO MULTISENORE IN AMBITO URBANO



Il progetto “SIM²-Villafranca” è un sistema innovativo di monitoraggio multisensore, integrabile, realizzato per il Comune di Villafranca di Verona. Sono state fornite tre stazioni sperimentali di monitoraggio dalle dimensioni e peso ridotti, alimentate da pannello solare.



FIGURA 86 – ALCUNE IMMAGINI DELLE CENTRALINE PRIMA DELLA CONSEGNA AL COMUNE DI VILLAFRANCA DI VERONA.



<http://goo.gl/7nXYpw>



Il sistema è dotato di sensori di livello sonoro, temperatura, umidità e concentrazione di Biossido di Carbonio (CO₂): questi sono installati su una motherboard di integrazione connessa con una piattaforma di gestione del sistema, delle batterie, del pannello solare, del regolatore di carica e dell'alimentatore per la rete. La piattaforma è basata su Arduino e in particolare sulla versione Seeduino (cfr. paragrafo 2.2.2.1). Le stazioni sono collegate ad internet tramite modulo di trasmissione dati GPRS/GSM quadband. I dati rilevati sono trasmessi ad un server dotato di software, sviluppato su piattaforma Open-source, necessario alla loro raccolta, alla gestione e alla visualizzazione dei livelli. L'intero sistema e le sue connessioni sono certificate IP67, la configurazione delle stazioni e del sistema informativo è variabile e ampliabile in qualsiasi momento con l'ingresso nella rete di una nuova stazione

“sensore”. I dati misurati confluiscono su ad un database per la storizzazione dei dati e sono visualizzabili su una pagina web dedicata.

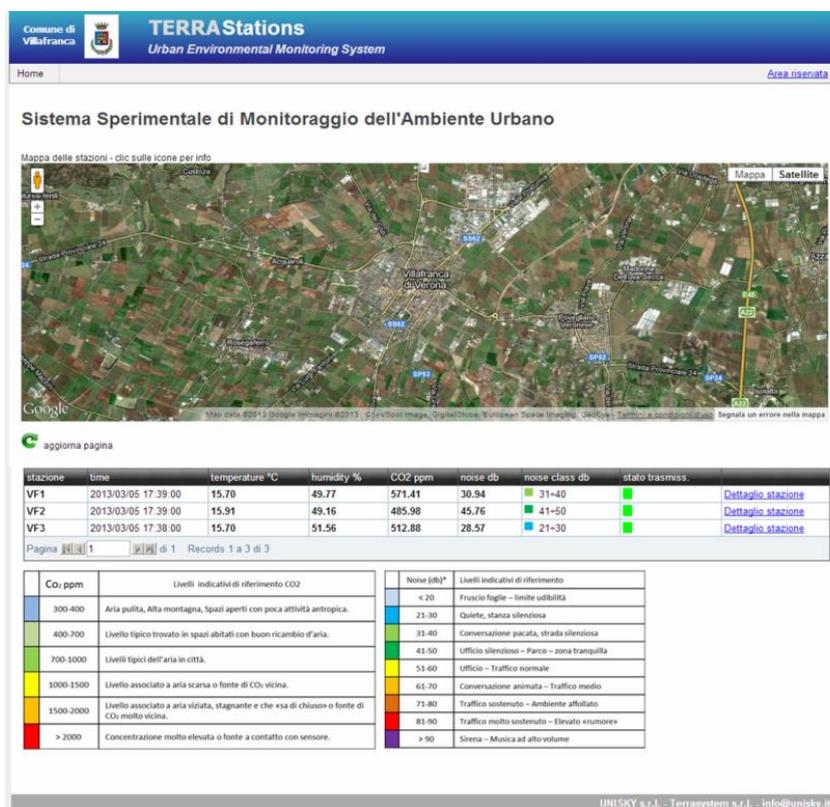


FIGURA 87 - PORTALE DI RIFERIMENTO.

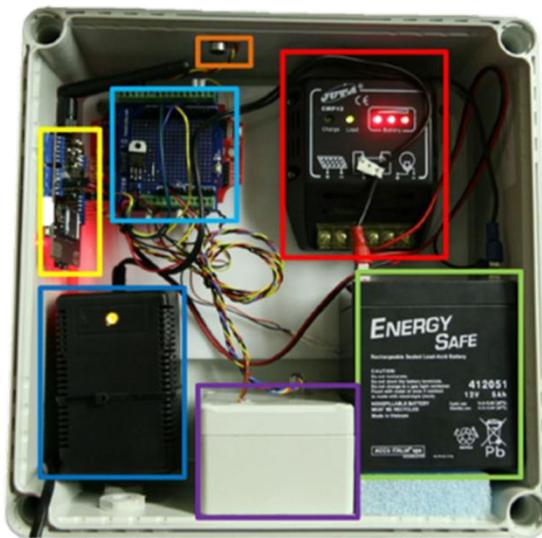
Nella prima realizzazione è stato deciso di non inserire il sistema di posizionamento GPS, implementabile in una seconda fase così come altri sensori, ad esempio le polveri sottili totali (PTS = Polveri Totali Sottili). Dopo un periodo di test le centraline sono state consegnate al comune nel Marzo 2013: tutt'ora il sistema è in dotazione all'amministrazione comunale.

I sensori installati sono i seguenti:

	Microfono digitale	Microfono a condensatore electret con preamp convertitore digitale. Opera da 2.7V a 5.5V.
	DHT22 Sensore temperatura e umidità, digitale, calibrato	Power: 3,3-6 V Hum: 0 – 100% RH Temp: -40 / 125 °C

	<p>COZIR CO₂ , digitale, calibrato</p>	<p>Power: 3,5mW Range: 0 – 2000 ppm Noise: <10ppm) Output: Digital Temp/Hum correction Accuracy: ±50 ppm</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

TABELLA 15 - DETTAGLIO DEI SENSORI E DELLE CARATTERISTICHE TECNICHE.

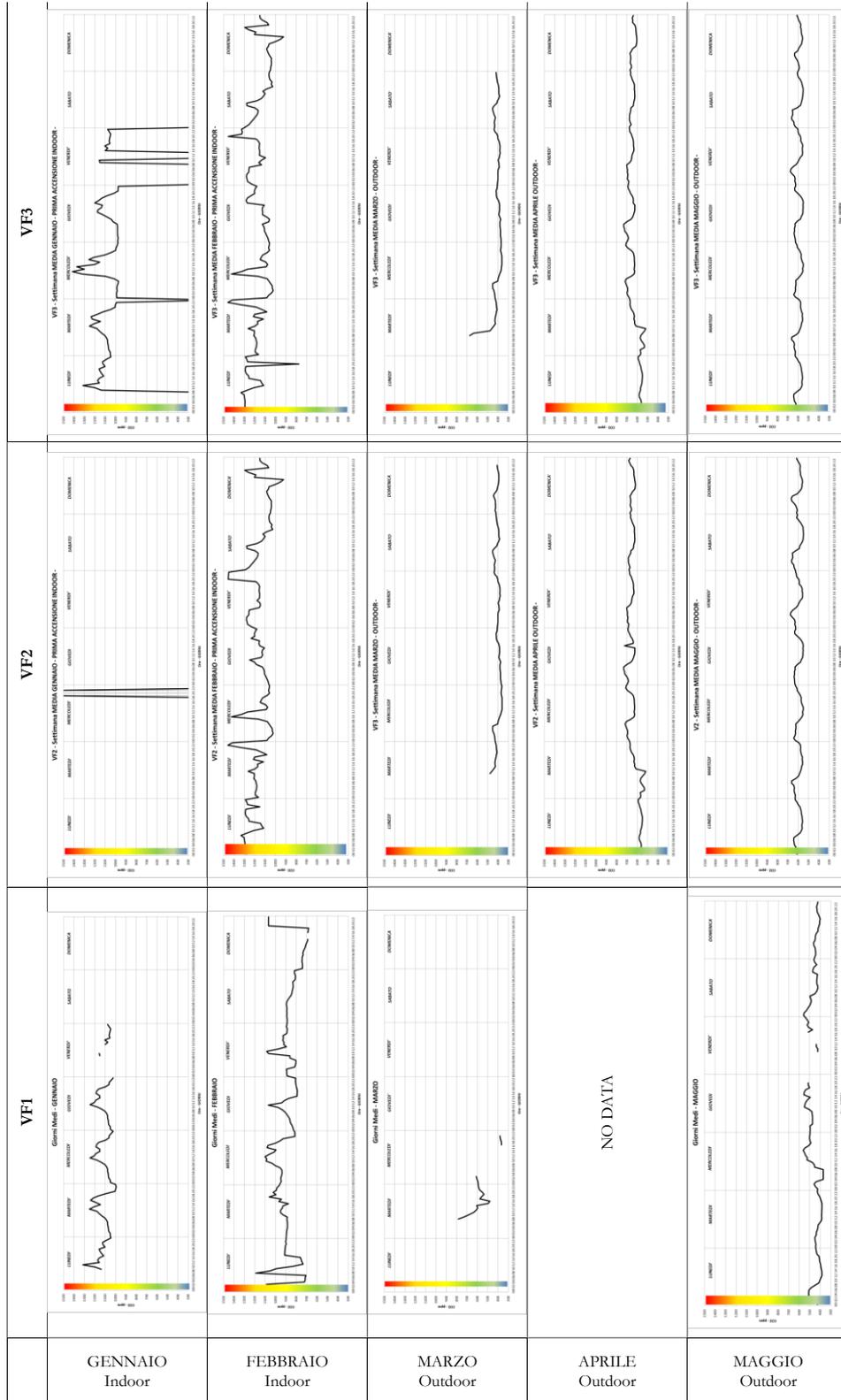


Descrizione dei componenti:

- Batteria tampone
- Regolatore di tensione
- Scatola sensori aria
- Alimentatore di rete
- Modem GPRS
- Motherboard gestione sistema
- Sensore di rumore

FIGURA 88 - STRUTTURA INTERNA DEI BOX.

Si riporta di seguito l'analisi dei dati rilevati dalle centraline. Il confronto viene fatto sulle misure di concentrazione CO₂, calcolando la settimana media, ovvero la media delle misure orarie di ogni giorno del mese, ricostruendo l'andamento di una settimana media. Il periodo di accensione delle centraline preso in esame è da Gennaio 2013 al Maggio 2013.



CONFRONTO LIVELLI CO₂

TABELLA 16 – LIVELLI DI CONCENTRAZIONE DI CO₂ NELLE SETTIMANE MEDIE.



TABELLA 17 –LIVELLO SONORO NELLE SETTIMANE MEDIE

I mesi di Gennaio e Febbraio sono stati i mesi di sviluppo, testing e ottimizzazione del software. Le stazioni sono state installate all'interno degli uffici dello spin-off e dall'analisi dei grafici risulta evidente come la concentrazione di CO₂, in questi mesi, sia decisamente maggiore e più varia rispetto alla misura in aria libera dei mesi successivi, quando le stazioni sono state collocate sul territorio. Così anche il livello sonoro, che mostra forte variabilità.

Delle stazioni VF2 e VF3 è stato realizzato un approfondimento. Entrambe le stazioni sono state installate, a Marzo, in due luoghi diversi della città di Villafranca di Verona; anche la stazione VF1 è stata collocata a Villafranca ma ha avuto molti problemi di alimentazione pertanto il confronto è stato fatto solo per le altre stazioni.

La VF2 è stata installata in un parco pubblico, a nord est del centro di Villafranca Veronese, su un palo dell'illuminazione pubblica a circa 5 metri di altezza, vicino ad una strada principale, molto trafficata.



FIGURA 89 - POSIZIONAMENTO DELLA STAZIONE VF2.

L'analisi dei dati, i cui grafici sono riportati in tabella 16, evidenzia per il mese di Marzo un picco tra le 8 e le 9 del mattino del primo giorno di misura, picco

probabilmente causato dalle elevate concentrazioni prodotte dall'operatore durante le operazioni di installazione.

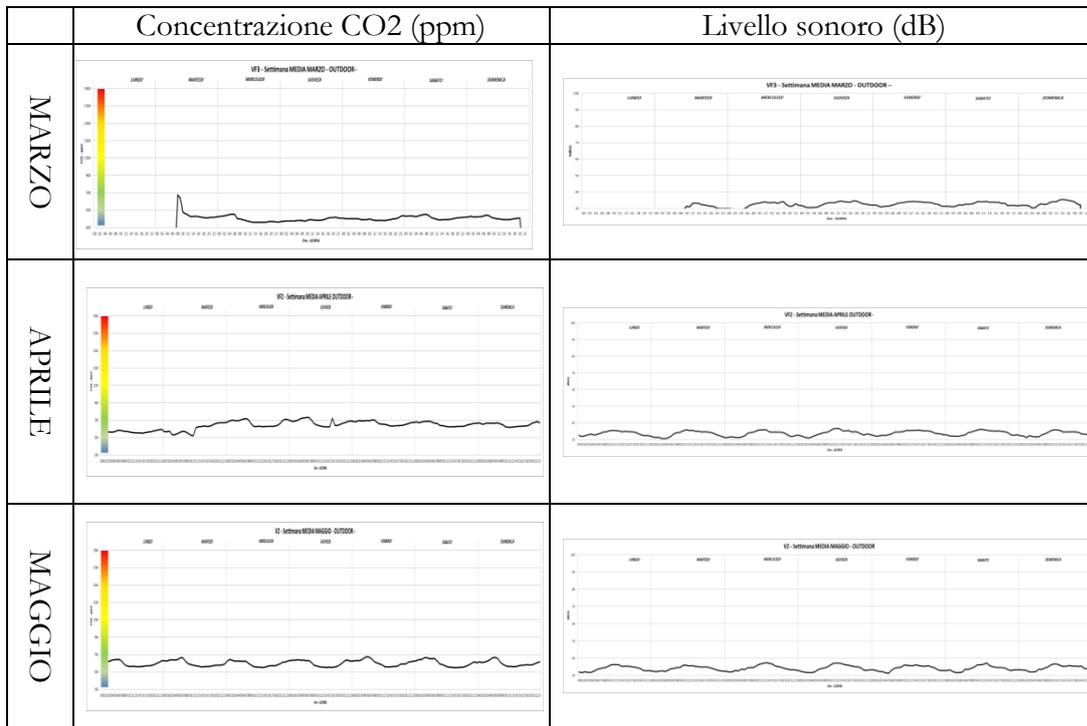


TABELLA 18 - CONFRONTI MENSILI DELLA SETTIMANA MEDIA VF2.

In tutto il mese di Marzo la settimana mediata mostra una media concentrazione della CO₂ di 400 ppm, si notano inoltre leggeri picchi come il mercoledì medio, tra le 4 e le 6, con una tendenza all'aumento sino alla domenica media. Si riconoscono due picchi relativi, tra le 7 e le 8, nei giorni del sabato e della domenica media. La concentrazione minima è stata di 361 ppm, mentre la massima di 477 ppm, con una variabilità massima di 116 ppm. La distribuzione delle concentrazioni rispetto alla media è altalenante, secondo la suddivisione mostrata in tabella 17 sono presenti fasce orarie sopra la media, ben evidenti dalle 18 alle 10 della mattina successiva. Il mese di Aprile presenta concentrazioni mediamente più elevate (639 ppm), con valori minimi di 520 ppm e massimi di 731 ppm. Anche in questo mese la tendenza della settimana media è un leggero aumento della concentrazione dal lunedì alla domenica. Picchi relativi evidenti si riconoscono con andamento altalenante che segue il ciclo giorno notte. Più bassa la media del mese di Maggio (599 ppm), con livelli minimi di 548 ppm e massimi di 676 ppm. Anche in questo mese la settimana media presenta picchi relativi in corrispondenza delle ore mattutine per poi calare durante il giorno e aumentare nuovamente nelle ore serali con un calo, evidente, la mattina dopo le 9 ca. Il grafico in figura 90 mostra le fasce orarie che risultano sopra o sotto il valore medio. Il mese di Marzo presenta una variabilità più elevata rispetto ai mesi successivi, evidente è la tendenza ad avere valori sopra media nelle ore serali/notturne, mentre sotto media nelle ore diurne, più stabili nella misura nel mese

di Maggio. Apparentemente non c'è differenza tra i giorni infrasettimanali e il fine settimana.

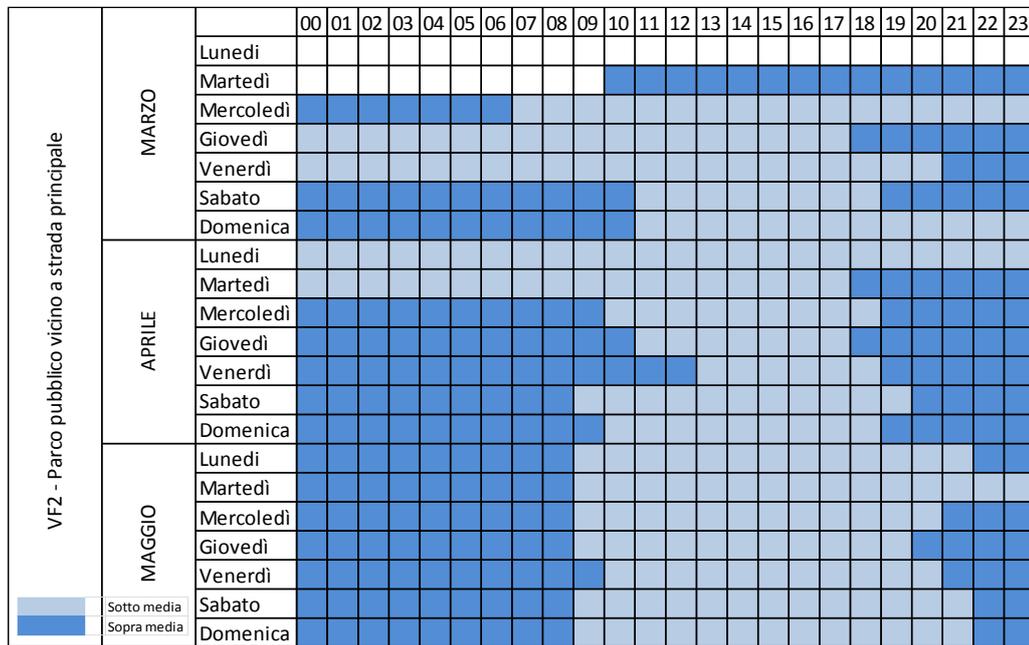
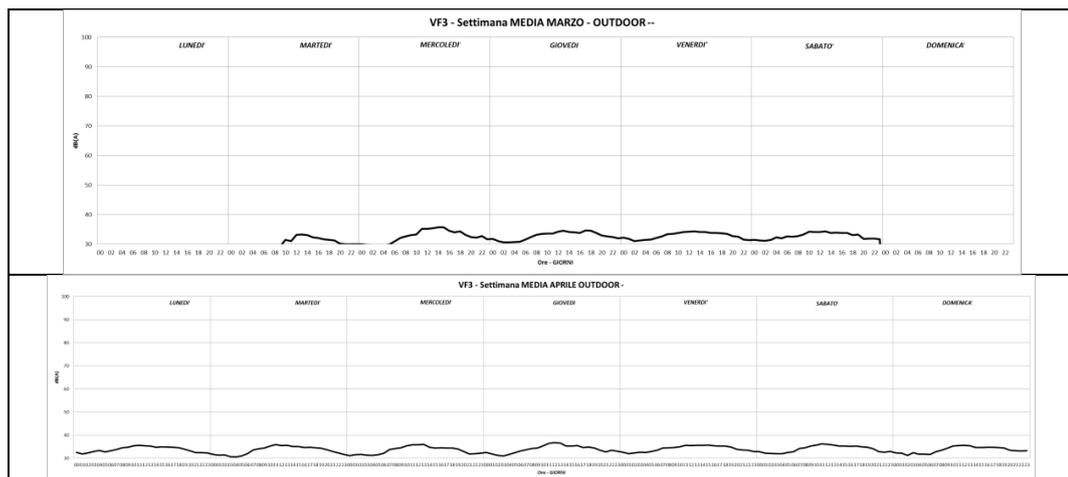


FIGURA 90 - DISTRIBUZIONE DEI VALORI RISPETTO ALLA MEDIA MENSILE.

Analizzando il livello sonoro, questo mostra una ciclicità ben evidente con picchi relativi a metà giornata, presenti anche nei giorni di sabato e domenica, la variazione è molto lenta, i picchi sono smussati, con livelli che rimangono costanti anche per qualche ora. Il livello sonoro medio è di 35 dB con picchi che raramente raggiungono i 40 dB.



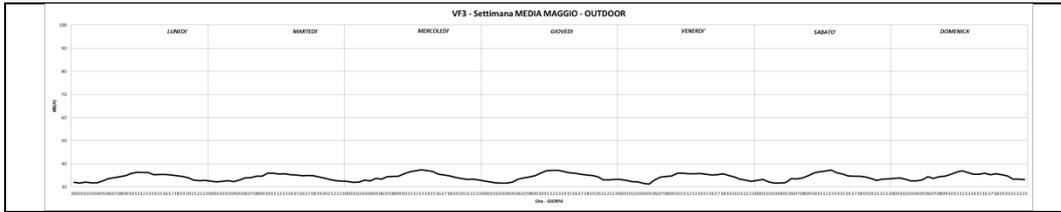


TABELLA 19 - ANDAMENTO DEI LIVELLI SONORI.

La VF3 è stata installata in area urbana, in corrispondenza di un incrocio in una frazione di Villafranca di Verona, Dossobuono, su un palo per la segnaletica urbana a circa 3 metri di altezza.

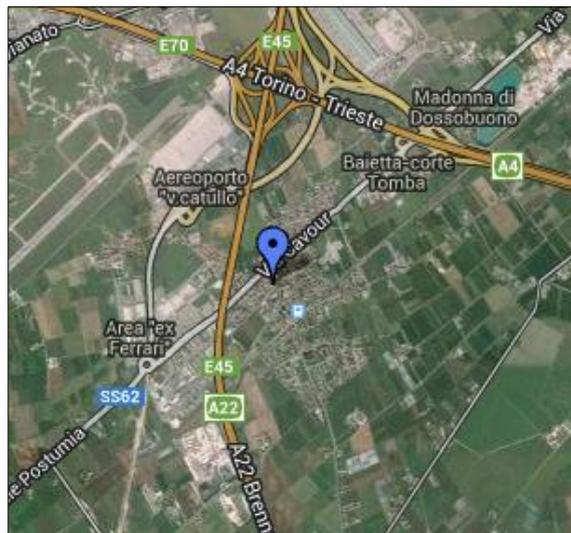


FIGURA 91 - POSIZIONAMENTO DELLA STAZIONE VF3.

Probabilmente a causa della posizione e dell'ombreggiatura ad opera di alcuni edifici, la stazione non è sempre illuminata e quindi i pannelli solari non riescono a ricaricare sufficientemente le batterie; questo si è tradotto, soprattutto nel mese di Marzo in alcuni spegnimenti dovuti alla poca carica delle batterie, compromesse anche dalle basse temperature.

Anche la VF3 presenta un picco in corrispondenza dell'installazione avvenuta a Marzo. La settimana mediata del mese presenta una concentrazione media di 400 ppm, con livelli minimi di 362 ppm e livelli massimi di 675 ppm. Sono evidenti tre picchi relativi, il mercoledì tra le 4 e le 8, il venerdì alle 10 e il sabato alle 8. La stazione in questo mese ha avuto diversi problemi di alimentazione dovuti probabilmente alle basse temperature e alla non perfetta insolazione. In Aprile la concentrazione media aumenta a 637 ppm, con livelli minimi di 520 ppm e massimi di 731 ppm. I picchi si concentrano nella fascia tra le 00 e le 08/09 tutti i giorni della settimana media, calando poi durante il giorno per poi aumentare nelle ore serali. Il mese di Maggio presenta gli stessi andamenti, con livelli generalmente più bassi del mese precedente: minimo 550 ppm, medio 597 ppm e massimo di 676 ppm.

	Concentrazione CO2 (ppm)	Livello sonoro (dB)
MARZO		
APRILE		
MAGGIO		

TABELLA 20 - CONFRONTI MENSILI DELLA SETTIMANA MEDIA VF2.

Il grafico in figura 92, mostra le fasce orarie che risultano sopra o sotto il valore medio. Il mese di Marzo presenta una variabilità alta con problemi di trasmissione e di numero di ore in cui la stazione è stata spenta o non ha trasmesso dati. Il mese successivo presenta lunghi periodi con livelli tendenzialmente sopra la media mensile. Anche in questo mese le ore serali/notturne sono sopra media, mentre sotto media le ore diurne, ridotte nei giorni centrali della settimana media. Nel mese di Maggio, molto evidente è la divisione tra le ore serali/notturne, ancora una volta sopra la media, e le ore diurne sotto media.

VF3 - Incrocio area urbana			00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
			MARZO		Lunedì																						
		Martedì																									
		Mercoledì																									
		Giovedì																									
		Venerdì																									
		Sabato																									
		Domenica																									
APRILE		Lunedì																									
		Martedì																									
		Mercoledì																									
		Giovedì																									
		Venerdì																									
		Sabato																									
		Domenica																									
MAGGIO		Lunedì																									
		Martedì																									
		Mercoledì																									
		Giovedì																									
		Venerdì																									
		Sabato																									
		Domenica																									

FIGURA 92 - DISTRIBUZIONE DEI VALORI RISPETTO ALLA MEDIA MENSILE.

Analizzando il rumore, anche questa stazione mostra una ciclicità evidente con picchi relativi a metà giornata, più o meno smussati senza variazioni anche il sabato e la domenica. Il livello sonoro medio è di 35 dB, con picchi che non raggiungono i 40 dB.

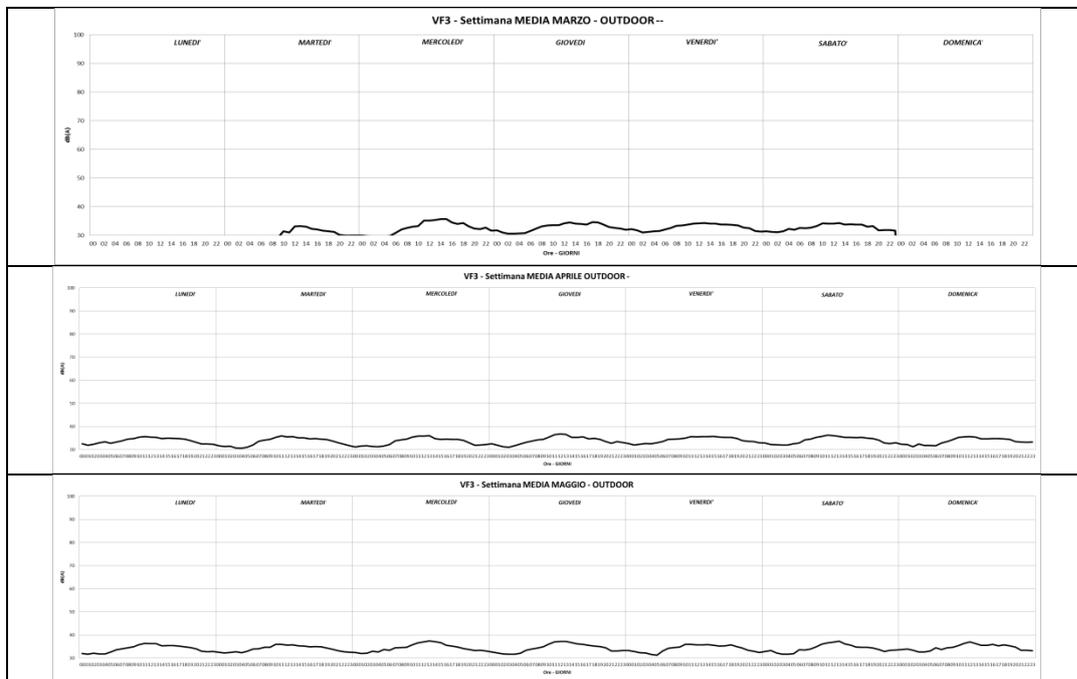


TABELLA 21 - ANDAMENTO DEL LIVELLO SONO DELLA STAZIONE VF3.

Le due stazioni, pur essendo state installate in aree diverse, non presentano differenze sostanziali nelle concentrazioni di CO₂ misurate, questo può essere legato alla natura del gas di cui si va a misurare la concentrazione che ha una distribuzione omogenea in aria libera. Il mese con concentrazione più alta, in entrambe le stazioni, è stato Aprile, con livelli massimi di circa 700 ppm, considerati relativamente bassi, soprattutto in aria libera, tipici dei luoghi con buon ricambio d'aria.

	Co ₂ ppm	Livelli indicativi di riferimento CO ₂
	300-400	Aria pulita, Alta montagna, Spazi aperti con poca attività antropica.
	400-700	Livello tipico trovato in spazi abitati con buon ricambio d'aria.
	700-1000	Livelli tipici dell'aria in città.
	1000-1500	Livello associato a aria scarsa o fonte di CO ₂ vicina.
	1500-2000	Livello associato a aria viziata, stagnante e che «sa di chiuso» o fonte di CO ₂ molto vicina.
	> 2000	Concentrazione molto elevata o fonte a contatto con sensore.

FIGURA 93 – LIVELLI INDICATIVI DI CONCENTRAZIONE DI CO₂.

La concentrazione di CO₂ infatti risulta molto importante negli ambienti chiusi: con la direttiva DIN-1946-2 si definisce infatti il limite per gli ambienti chiusi che prevede come valore limite di CO₂ un massimo di 1500 ppm.

Anche il livello sonoro, in entrambe le situazioni monitorate, non presenta forti variazioni tra i giorni infrasettimanali e il fine settimana, sintomo di una sostanziale omogeneità delle fonti sonore che rimangono attive anche nei fine settimana. Evidente è invece la ciclicità notturna con livelli che non superano mai i 30-40 (db).

	Noise (db)*	Livelli indicativi di riferimento
	< 20	Fruscio foglie – limite udibilità
	21-30	Quiete, stanza silenziosa
	31-40	Conversazione pacata, strada silenziosa
	41-50	Ufficio silenzioso – Parco – zona tranquilla
	51-60	Ufficio – Traffico normale
	61-70	Conversazione animata – Traffico medio
	71-80	Traffico sostenuto – Ambiente affollato
	81-90	Traffico molto sostenuto – Elevato «rumore»
	> 90	Sirena – Musica ad alto volume

FIGURA 94 – VALORI INDICATIVI DI RIFERIMENTO PER IL LIVELLO SONORO.

3.1.4 SISTEMA DI EARLY WARNING PER EVENTI FRANOSI DEBRIS-FLOW

Il sistema sperimentale installato sul Rio Chiesa, nel comune di Livinallongo del Col di Lana sulle dolomiti bellunesi, è un sistema sperimentale di monitoraggio e allarme per colamenti fangosi (*Debris-flow*) che avvengono in corrispondenza dei forti temporali estivi e, nei casi più gravi, arrivano a bloccare il traffico sulla strada statale n° 48 delle Dolomiti colpendo il paese di Livinallongo.

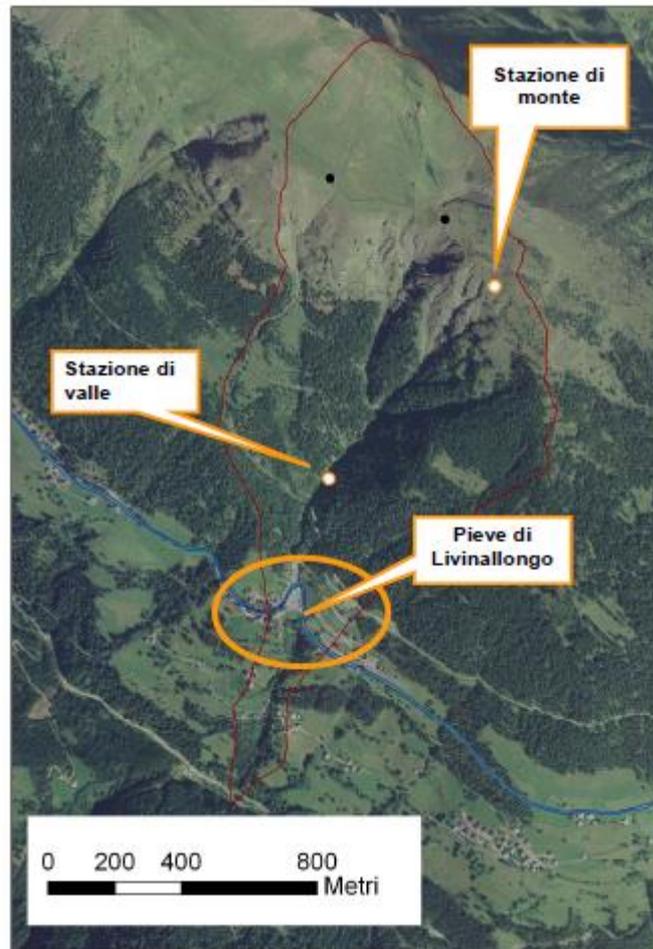


FIGURA 95 - INQUADRAMENTO DELL'AREA

Il sistema, progettato da ARPAV, è composto da due stazioni, una di monte e una di valle. La stazione di monte è dotata di connessione web, sensori di temperatura e umidità, pluviometro. La stazione di valle presenta una serie di ecometri, una telecamera termica e due cavi a strappo. Entrambe le stazioni sono dotate di un link radio tra di loro.

La stazione di valle gestisce gli ecometri e i cavi a strappo impiegando due schede Seeduino.



FIGURA 96 - A SINISTRA LA STAZIONE DI MONTE, A DESTRA LA STAZIONE DI VALLE.

La stazione di monte ha il compito di gestire l'accensione della stazione di valle che avviene solo quando le condizioni climatiche che potrebbero innescare fenomeni si verificano. Sulla stazione di monte l'accensione e lo spegnimento della webcam e la misura della soglia di precipitazione, sono gestite da una piattaforma Seeduino in grado di interagire sia con sensori digitali, sia analogici (come ad esempio il pluviometro e il sensore di temperatura). La stazione di valle ha il compito di inviare gli allarmi differenziati in base al sensore che si attiva. Si possono ottenere allarmi dagli ecometri, volti a ricostruire la geometria e i volumi dell'evento, dalla telecamera termica, che attraverso tecniche di *motion detection* verifica l'evento di colata in atto, allarmi dei sensori a strappo che identificano l'avvenuta colata con conseguente rottura dei cavi. I dati e le configurazioni delle soglie di allarme sono gestite da un server remoto con interfaccia web. Il sistema è installato e funzionante.

Durante i primi due anni di attività sono stati rilevati diversi allarmi innescati dal superamento della soglia di piovosità e dallo strappo dei cavi, si riporta l'analisi di due eventi.

Rottura dei cavi a strappo e modifica della geometria dell'alveo – Il 9 luglio 2012 alle ore 18:01 si è verificata una colata che ha provocato la rottura dei cavi a strappo. L'allarme è arrivato attraverso un SMS, con il seguente testo:

20120709 18:02, Stazione di valle : Allarme dai cavi a strappo

La situazione post evento è documentata dalle foto seguenti:



FIGURA 97 – SITUAZIONE POST EVENTO.

Dopo la colata la geometria dell'alveo è cambiata, come hanno rilevato gli ecometri e come mostrato nel grafico seguente:

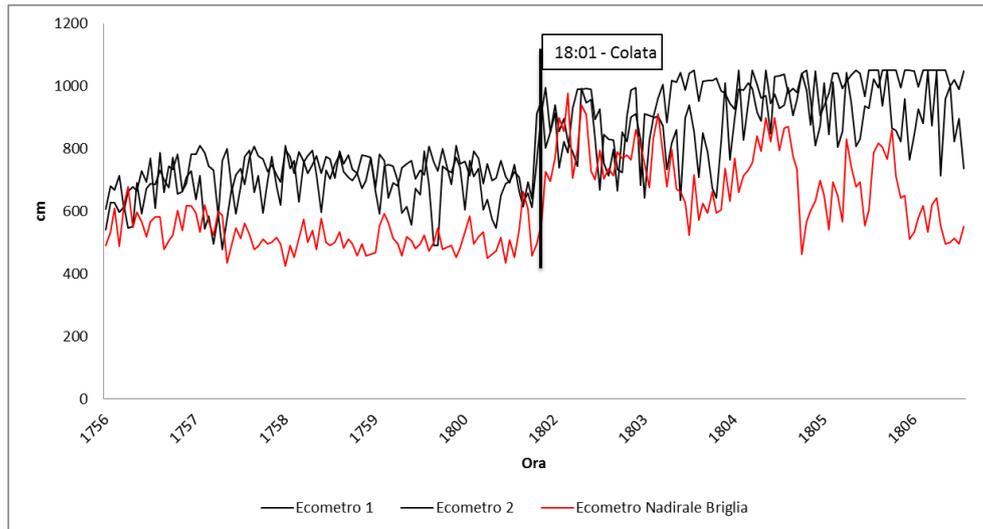


FIGURA 98 – GRAFICO DELLA MISURA DEGLI ECOMETRI, MOLTO EVIDENTE L'ANDAMENTO PRE E POST EVENTO.

Evidente è la differenza morfologica rilevata in particolare dall'ecometro nadirale installato in corrispondenza della briglia, nel picco della colata la differenza è di quasi 2 metri di materiale. Nell'Agosto 2012 un secondo evento ha interessato l'area, di questo si riportano alcuni fotogrammi del video della telecamera termica.

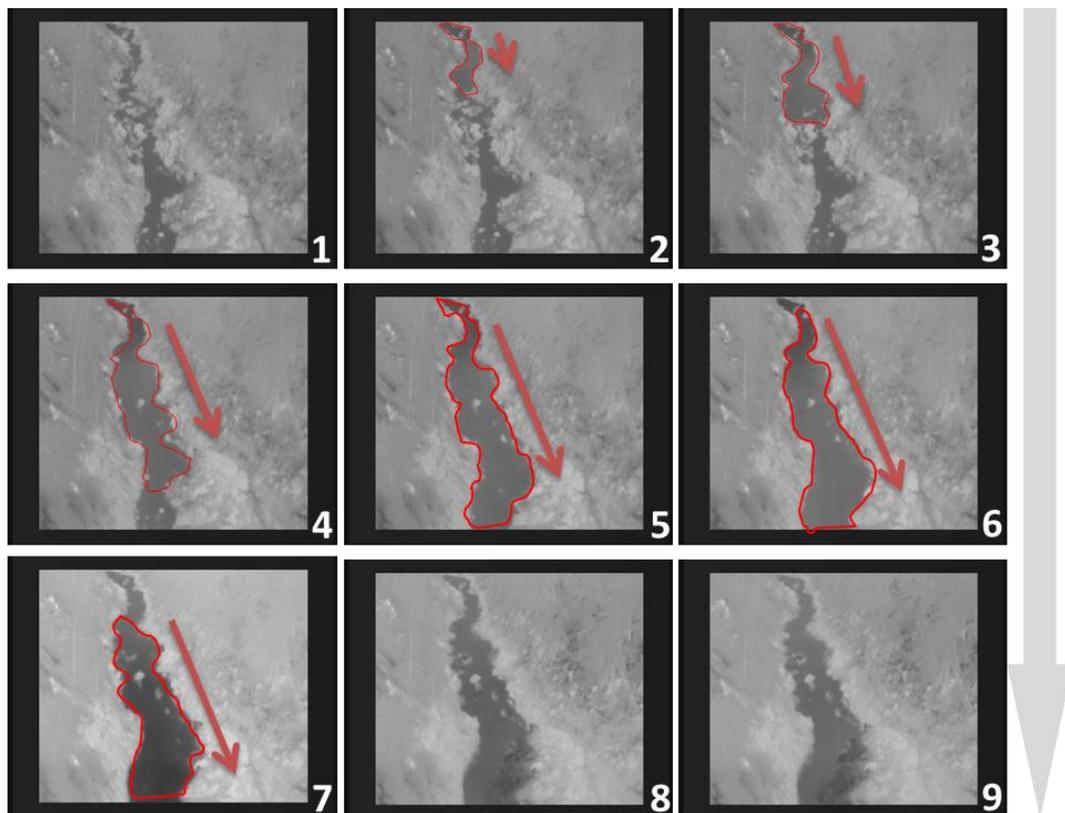


FIGURA 99 - FOTOGRAMMI ESTRATTI DAL VIDEO CON EVIDENZIATA LA COLATA.

Il video, della durata complessiva di 10 minuti, mostra l'arrivo e la propagazione della colata che va a modificare la morfologia dell'area bagnata del tratto di alveo inquadrato dalla telecamera. I colori scuri, sono indice di oggetti freddi, mentre i colori più chiari di oggetti relativamente più caldi.



<http://goo.gl/1BJeOs>



3.1.5 AIR SENSING VIAMONT



Il progetto “Viamont Street Model” mira, attraverso la creazione e condivisione di nuove informazioni, ad evidenziare le criticità presenti sulla strada attraverso metodologie ad elevato contenuto tecnologico e a fornire una stima della pericolosità percepita dagli utenti mediante meccanismi wiki. Il progetto si pone come obiettivo principale la realizzazione e messa a sistema di un completo quadro conoscitivo legato al tema della viabilità stradale in ambito montano. La strada laboratorio è la SR203 “Agordina”, in provincia di Belluno, tra Sedico e il bivio con la SS48 “delle Dolomiti”.

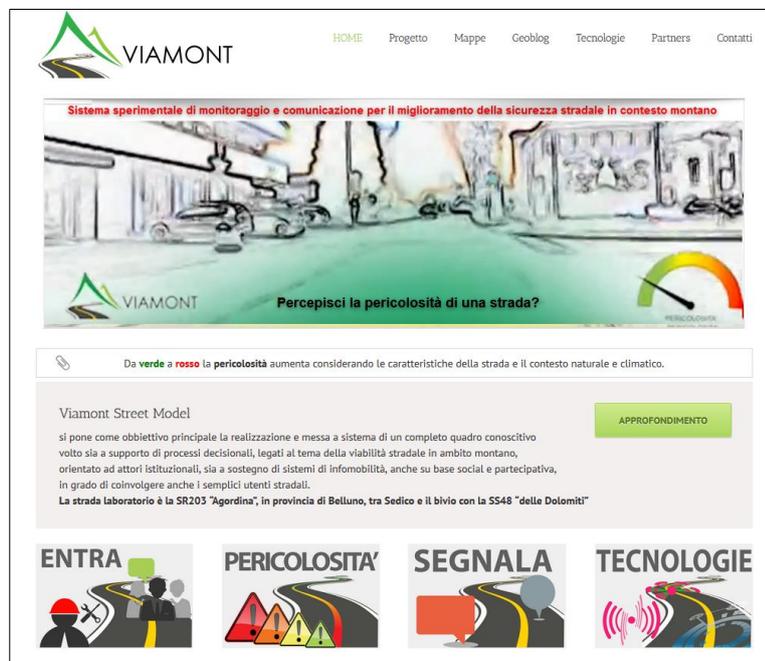


FIGURA 100 - HOME PAGE DEL SITO WEB VIAMONT.UNISKY.IT

L'elemento innovativo del progetto risiede nella creazione di uno strumento *web oriented* per l'analisi della sicurezza stradale diretto a diversi attori: nel caso di soggetti

istituzionali il quadro conoscitivo di base e le successive analisi possono supportare processi pianificatori e decisionali, orientati alla valutazione dell'esposizione a rischio di incidente e delle relative azioni di mitigazione. Allo stesso tempo, in un'ottica di condivisione delle informazioni, l'applicativo web crea un canale di dialogo sia tra i diversi enti, favorendo un'azione sinergica alla prevenzione del fenomeno incidentale, sia consente l'espressione e l'acquisizione della percezione del rischio da parte degli utenti. Sul versante tecnologico il progetto mira a valorizzare come, attraverso l'integrazione di giacimenti preesistenti con eventuali rilievi effettuati con piattaforme tecnologiche innovative, tecniche di data *analysis*, combinati con flussi dati in *real time* e wiki, sia possibile disporre di un dettagliato quadro conoscitivo aggiornato, necessario alla corretta gestione della tematica della sicurezza stradale. Il progetto è strutturato in work packages, descritti come segue:



WP 0: analisi generale estesa all'intera strada in esame, lo scopo è evidenziare problematiche e punti critici presenti, sia per meglio orientare le diverse metodologie di indagine sulle tratte stradali individuate. A tale scopo si sono impiegati giacimenti informativi preesistenti producendo un "Indicatore qualitativo" su mappa che caratterizza un primo livello di pericolosità su base storica della strada.



WP MMS3D: ha lo scopo di enfatizzare le potenzialità del rilievo 3D cinematico. E' stato realizzato un rilievo LaserScanner Cinematico che ha permesso la ricostruzione dell'immediato intorno delle pertinenze stradali, permettendo ad esempio, la caratterizzazione geomeccanica di alcuni tratti in roccia vicini alla strada.



WP WIKI: enfatizza la dimensione sociale relativa agli aspetti di conoscenza, manutenzione e criticità dell'infrastruttura in base alla percezione di *panel* distinti di utenti (tecnici e non). Si basa su una piattaforma di geotagging web.



WP REAL TIME: Ha lo scopo di enfatizzare la fusione di dati che provengono da basi informative diverse a carattere istituzionale e non (meteo, flussi veicolari) da integrare con dati provenienti da sensori.



WP MMS: rilievo MMS sui 60Km della "Agordina" e una restituzione di dettaglio su un tratto limitato di circa 10-15 Km. Ha lo scopo, inoltre, di enfatizzare le caratteristiche multi-funzione del rilievo (possibilità di montare diversi sensori sulla piattaforma di base; laser 3D terrestre cinematico).



Per approfondimenti e dettagli si rimanda alla pubblicazione “Viamont Street Model. Sistema sperimentale di monitoraggio e comunicazione per il miglioramento della sicurezza stradale in contesto montano” (Ragnoli et al.), in “La Smart City al servizio del cittadino – la *call for papers* di Smart Cities Exhibition 2013, e-book edito da FORUMPA. Ulteriori approfondimenti sono disponibili sul sito web di riferimento poiché il progetto è ancora in sviluppo.



<http://viamont.unisky.it>



Lo sviluppo futuro legato al concetto di “Street Model” è rappresentato dall’impiego di tecnologie innovative nella fase di monitoraggio: il “Sensing” infatti rappresenta un approccio innovativo basato sul monitoraggio diffuso e pervasivo per comprendere le dinamiche della città e del territorio. Questa fase, attualmente in sviluppo, vede la realizzazione di una rete di dispositivi collocati sull’infrastruttura che rileva alcuni parametri ambientali (rumore, polveri sottili e alcuni gas), con particolare riferimento a quelli che sono direttamente correlabili con una forte presenza veicolare.

Dopo la fase di individuazione dei sensori, si è proceduto alla realizzazione della logica di misura. Queste due fasi sono seguite dalla realizzazione del sistema di storage online ed elaborazione dei dati seguita poi dall’ultima fase di installazione dei cluster di sensori sull’infrastruttura. I dati provenienti da cluster di sensori diffusi sul territorio permettono l’analisi delle dinamiche che su di esso prendono atto, anche in tempo reale, il cui scopo ultimo è quello di enfatizzare la fusione di informazioni che provengono da fonti diverse (a carattere istituzionale e non) da integrare con dati provenienti da sensori. Tale fase riveste un ruolo strategico nella comprensione dei fenomeni territoriali, nel caso specifico di quelli connessi all’esercizio delle infrastrutture stradali, anche al fine di disporre di dati, diffusi ed aggiornati, in grado di alimentare in modo continuo il sistema.

I sensori che saranno impiegati sull’infrastruttura sono stati acquisiti (4 box, Libelium) e sono iniziate le fasi di test prima dell’installazione. Si riporta di seguito il dettaglio dei sensori e i risultati ottenuti nelle prime fasi di test, occorre evidenziare che questa attività è tutt’ora in corso e che potranno esserci ulteriori sviluppi per cui si rimanda agli aggiornamenti presenti sulle pagine web dedicate. Attualmente è presente un primo portale di debugging disponibile a questo indirizzo: <http://www.ricercasit.it/waspmote/>.

I quattro box sono alimentati a batteria con pannello solare, modem GPRS per la trasmissione dei dati al server. Di questi, due sono dotati di sensore di PM e rumore e due sono dotati di sensori di NO₂ (Biossido di Azoto) e O₃(Ozono).

Sensore di Biossido di Azoto	
Modello:	MiCS 2710 (e2V)
Gas:	NO ₂
Range di misura:	0,05-5 ppm
Resistività in aria	0,8-8 KΩ (tipicamente 2,2 KΩ)
Sensibilità	6-100 (tipicamente 55, rapporto tra la resistività misurata a 0,25ppm e quella misurata in aria.
Voltaggio di alimentazione	1,7-2,5V DC
Temperatura di funzionamento	-30 – 85 °C
Tempo di risposta	30 secondi
Consumo medio	26mA (calcolato nel ciclo completo di 1 secondo)



Il MiCS 2710 (e2V) è un sensore la cui resistenza varia in presenza di piccole concentrazioni di NO₂. Questo valore varia tra 2KΩ e 2MΩ circa, fornendo alta precisione lungo tutto il campo di uscita. Il sensore è alimentato tramite un regolatore di tensione da 1,8 V che consuma circa 26mA. La resistività del sensore in aria, così come la sua sensibilità, possono variare anche di diverse unità, per cui si consiglia di calibrare ogni sensore prima di inserirli in un sistema di monitoraggio.

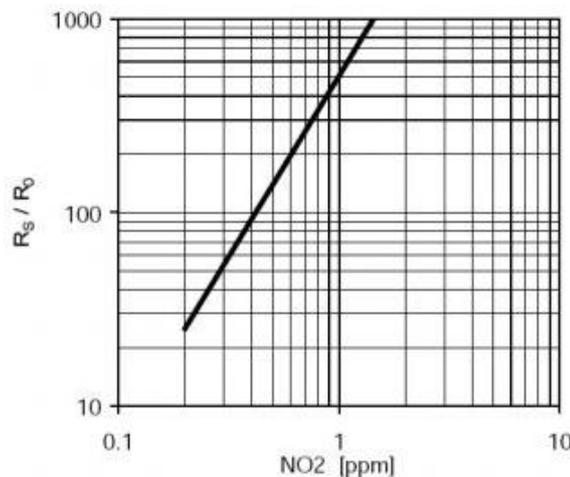


FIGURA 101 - GRAFICO DI RISPOSTA DEL SENSORE. DA DATASHEET MICS.

Sensore di livello sonoro	
Modello:	WM-61° (Panasonic)
Sensibilità:	-35 ± 4dB-
Impedenza:	<2,2 KΩ
Direzionalità:	Omnidirezionale
Frequenza:	20HZ – 20 kHz
Voltaggio di alimentazione	2V (Standard) – 10V (Max)
Massimo consumo	0,5 mA
Riduzione della sensibilità	-3dB a 1,5V
Massima pressione sonora	114,5 ± 10dB SPL-



Rapporto S/N	62dB	
Noise Level	26 ± 1dB SPL-	
Range di misura	50 – 100 dB SPLA	

Il WM-61A è un microfono omnidirezionale con una risposta quasi piatta in tutta la gamma di frequenze dell'udito umano, comprese tra 20Hz un 20 kHz. Dalle caratteristiche riportate nelle specifiche possiamo dedurre un livello di rumorosità compreso tra 26 dB (+ - 1) dB SPLA e una gamma dinamica di 79,5 dB circa. È stato introdotto un circuito per filtrare il segnale per adattarlo alla scala dBA con una uscita in tensione leggibile in continuo dal processore del mote.

Il circuito è fornito calibrato da Libelium per restituire un output in un range compreso tra 50 e 100 dB SPLA con una precisione di + o-2,5 dB SPLA. I dati di calibrazione associati alla lettura del microfono sono memorizzati nella EEPROM del microcontrollore agli indirizzi 164 e 185.

Bisogna prestare attenzione a non sovrascrivere queste posizioni di memoria o potrebbe avvenire un errore irreparabile durante la lettura del sensore. La tensione di alimentazione del microfono e la sua elettronica possono essere controllate (Accensione e spegnimento) attraverso un interruttore allo stato solido controllato dal processore del mote attraverso l'uscita digitale su pin 6.

Sound	dB SPLA
Audition threshold	0
Quiet Room	30
Normal conversation	60-70
Heavy traffic (hearing loss under continued exposure)	90
Pain threshold	130
Jet engine (permanent damage)	140

FIGURA 102 - ESEMPIO DI LIVELLI SONORI.

Sensore di Ozono		
Modello:	MiCS 2610 (e2V)	
Gas:	O ₃	
Range di misura:	10 - 1000 ppb	
Resistività in aria	3-60 KΩ (tipicamente 11 KΩ)	
Sensibilità	2-4 (tipicamente 1,5, rapporto tra la resistività misurata a 100 ppm e quella misurata a 50 ppm.	
Voltaggio di alimentazione	1,95-5V DC	
Temperatura di funzionamento	-30 – 85 °C	
Tempo di risposta	30 secondi	
Consumo medio	34mA (calcolato nel ciclo completo di 1 secondo)	

I MiCS-2610 è un sensore resistivo che consente di misurare la variazione della concentrazione O_3 tra 10 ppb e 1000 ppb. La sua resistenza varia tra $11K\Omega$ e $2M\Omega$ circa. Questo sensore è alimentato tramite un regolatore di tensione a 2,5 V, con un consumo di circa 34mA. La resistenza del sensore in aria, così come la sensibilità, può variare anche di diverse unità: quindi si raccomanda di calibrare ogni sensore prima di impiegarlo in sistemi di misura.

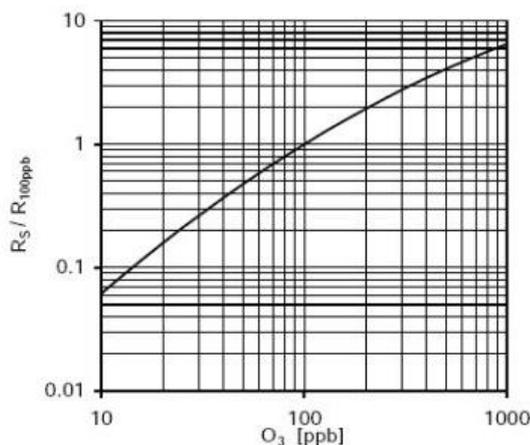
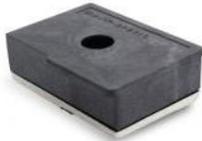


FIGURA 103 - GRAFICO DELLA SENSIBILITÀ DEL SENSORE. DA DATASHEET MICS.

Sensore di Polveri Sottili		
Modello:	GP2Y1010AU0F (Sharp)	
Sensibilità:	Tipica: 0,5V/(0,1 mg/m ³) – Min: 0,35V/(0,1 mg/m ³)	
Range Voltaggio in uscita:	3,4 V	
Voltaggio di uscita massimo senza polvere:	Tipico: 0,9 V – Min: 0V – Max: 1,5 V	
Temperatura di funzionamento:	-10 °C / 65°C	
Voltaggio di alimentazione	-0,3V – 7V	
Consumo:	Tipico: 11mA – Max: 20mA.	
Ciclo impulsi LED	10 +/-1 ms	
Ampiezza impulso LED	0,32 +/- 0,02 ms	
Voltaggio LED	5 +/- 0,5V	

Il GPY21010AU0F è un sensore ottico il cui principio di funzionamento è basato sulla rilevazione della luce infrarossa emessa da un diodo ILED, riflessa dalle particelle di polvere e catturata mediante un *phototransistor*. Il diodo ILED deve essere alimentato con un segnale ad impulsi di ampiezza 0.32ms e periodo di 10ms, generato automaticamente dall'hardware della scheda quando il sensore è acceso.

In uscita si ottiene un segnale di impulsi con gli stessi intervalli di tempo e con ampiezza proporzionale alla densità della polvere ambientale (si veda il grafico in figura). Per leggere questo segnale la scheda è dotata di un circuito di demodulazione che estrae la misura dal treno di impulsi. Tale valore è una tensione in un range analogico compreso tra 0V e 3V circa che viene letto da uno degli ingressi analogici

del *mote* (analogico). La tensione di alimentazione viene controllata tramite un interruttore a stato solido attivato con il segnale digital2.

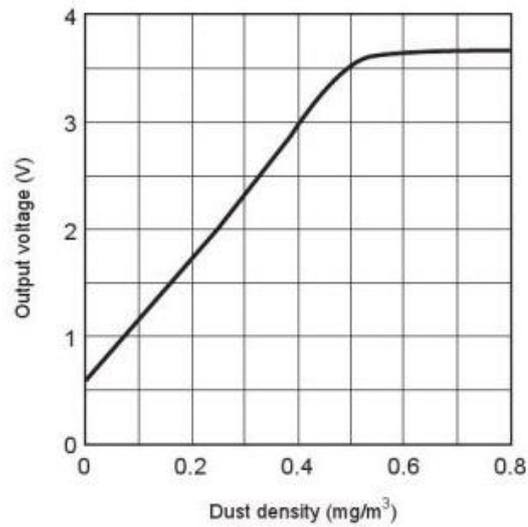


FIGURA 104 - GRAFICO DI RISPOSTA DEL SENSORE. DA DATASHEET SHARP.

Un sensore per tipologia, uno con sensori di NO₂ e O₃, denominato E2, e uno con rumore e PTS⁵³, denominato C2, sono stati installati per 1 mese presso gli uffici dello spin-off Unisky, al VEGA⁵⁴.

⁵³ Polveri Totali Sospese

⁵⁴ VEGA- Parco Tecnologico e Scientifico di Venezia - <http://www.vegapark.ve.it/>

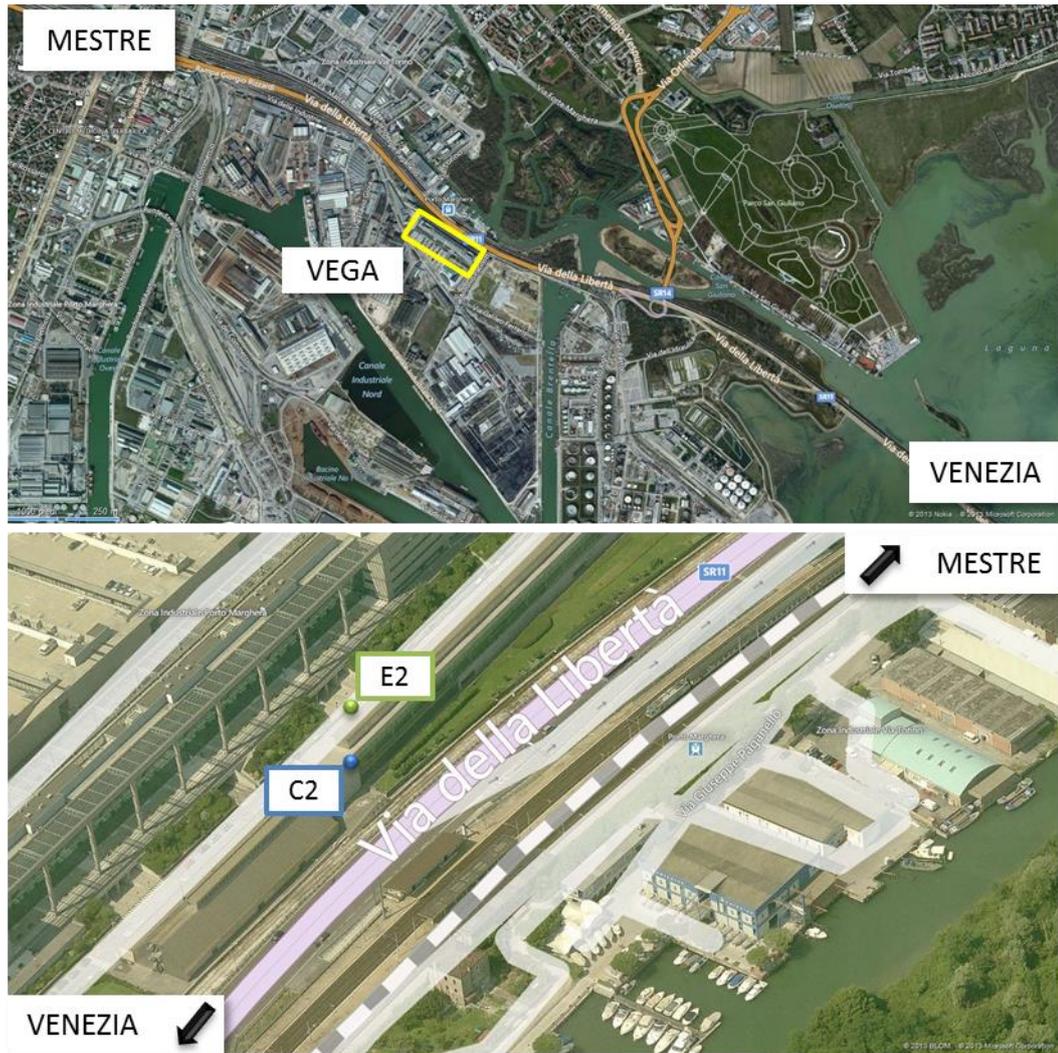


FIGURA 105 - POSIZIONAMENTO DELLE STAZIONI.

Un'analisi più approfondita è stata realizzata sui dati delle polveri totali rilevate dalla stazione C2 nel periodo compreso tra il 15 ottobre e il 15 novembre 2013. La settimana media viene calcolata mediando per giorno i dati orari, questo permette di comprendere se ci sono delle differenze evidenti nei giorni infrasettimanali rispetto al fine settimana.

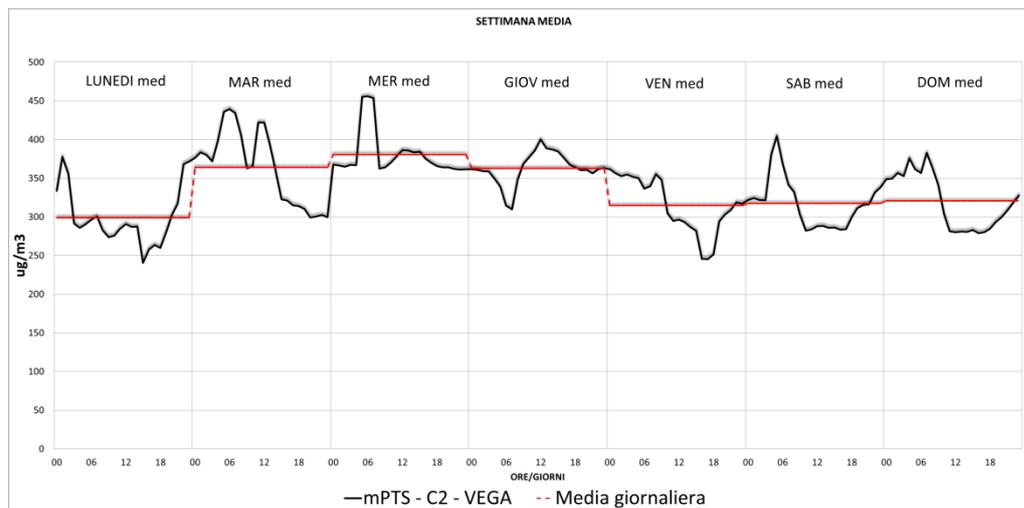


FIGURA 106 - SETTIMANA MEDIA DELLE POLVERI TOTALI

Dal grafico si notano dei picchi evidenti nelle prime ore della mattina e nei primi giorni della settimana, talvolta seguiti da aumenti relativi anche nelle ore centrali del giorno; evidente e ciclico è il calo generico durante la notte. Analizzando le medie giornaliere si nota come il fine settimana ci sia un abbassamento della concentrazione media oraria. L'andamento potrebbe essere legato ai flussi di traffico, meno intensi durante le notti e nel fine settimana, tuttavia le PTS risentono molto delle condizioni meteo a contorno e in particolare della pioggia, pertanto l'elaborazione proposta, pur fornendo informazioni qualitative attendibili, può essere molto influenzata dai giorni piovosi. Per analizzare meglio il comportamento del sensore si è pensato di confrontare le misure con quelle provenienti da due stazioni ARPAV (denominate ARPAV 1 e ARPAV 2) presenti all'interno dell'abitato di Mestre, sono stati presi in considerazione le condizioni meteo impiegando i dati della stazione "TVENEZIA18" della rete di Weather Underground⁵⁵ figura 104.

⁵⁵ <http://italian.wunderground.com/>

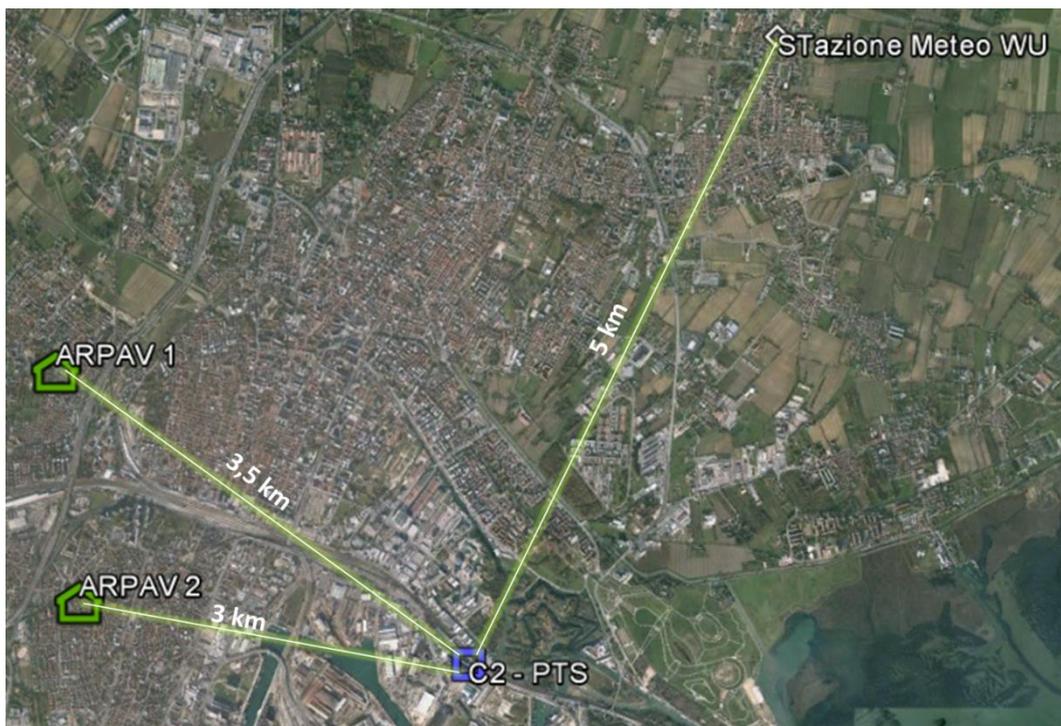
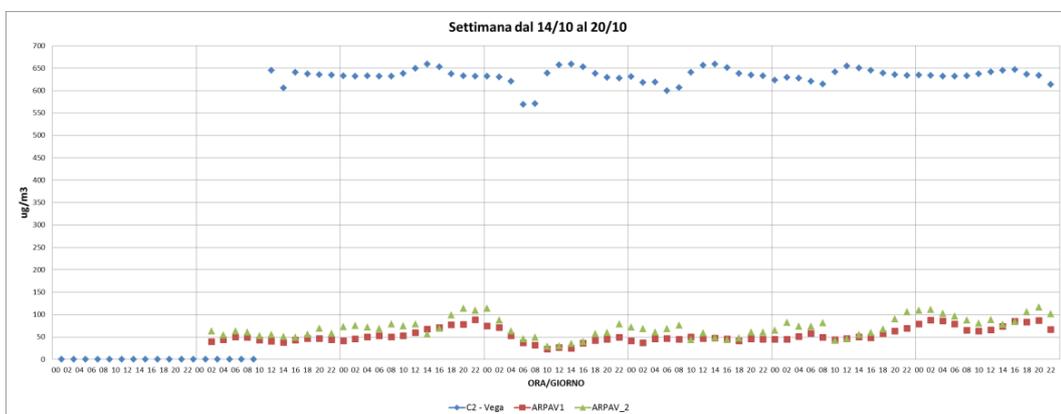


FIGURA 107 - POSIZIONAMENTO DELLE CENTRALINE ARPAV, DELLA CENTRALINA C2 E DELLA STAZIONE METEO.

Come premessa è necessario segnalare che le stazioni ARPAV non rilevano le polveri totali ma un sottoinsieme di queste ed in particolare i PM10, inoltre sono molto distanti dalla centralina posta al VEGA, tuttavia si ritiene utile realizzare un confronto tra le misure per verificare la risposta generale del sistema e l'eventuale congruenza di comportamento. Per visualizzare meglio il confronto, questo è stato fatto sulle misure medie orarie di un mese di rilevazioni (dal 15 ottobre al 15 novembre) suddiviso in grafici settimanali. Il periodo di riferimento è dal 14 ottobre 2013 al 15 novembre 2013; per ogni grafico vengono riportati i valori delle centraline ARPAV e i valori della stazione C2, l'unità di misura è il $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



La prima settimana di misura è caratterizzata da un'alta concentrazione rilevata dal sensore, molto vicina alla sensibilità massima del sensore stesso secondo il datasheet.

L'andamento è ciclico e sempre molto elevato. I livelli continuano anche nella settimana successiva.

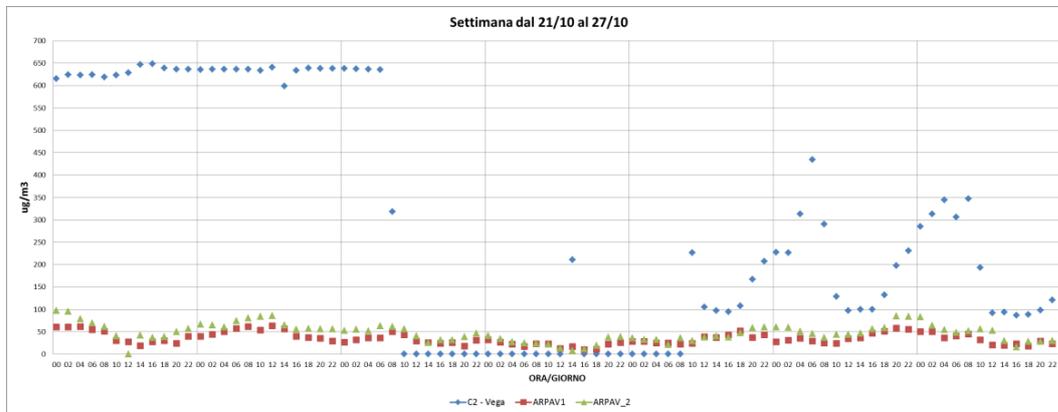


FIGURA 108 - CONFRONTO ARPAV 1 - ARPAV 2 - C2 NELLA SETTIMANA 21/10-27/10.

Dal 21 al 27, la settimana parte con livelli molto alti, come la precedente, che lasciano presupporre una saturazione del sensore o una non perfetta pulizia dello stesso. A questi livelli segue qualche giorno di assenza dei dati. Verso la fine della settimana e dopo le piogge del lunedì e del giovedì, che forse hanno “pulito” il sensore, le misurazioni cambiano, presentando una variabilità più accentuata e livelli più bassi di concentrazione.

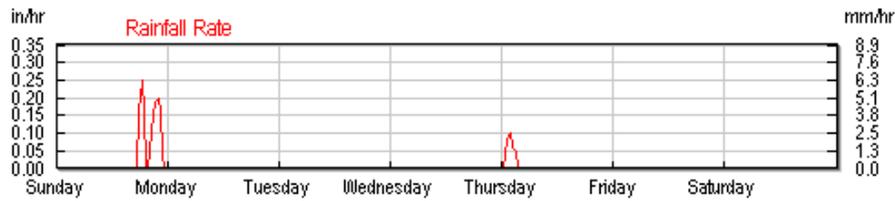


FIGURA 109 - PRECIPITAZIONI SETTIMANALI. (21-27/10) FONTE WEATHER UNDERGROUND.

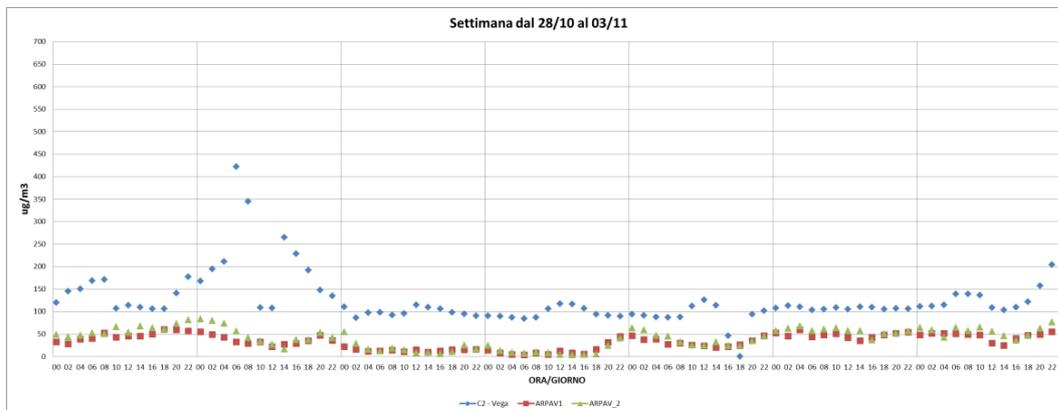


FIGURA 110 - CONFRONTO ARPAV 1 - ARPAV 2 - C2 NELLA SETTIMANA 28/10 - 03/11

La settimana del 28 ottobre è caratterizzata da un comportamento generale coerente con le stazioni di riferimento pur evidenziando una leggera traslazione dei picchi (che si può ipotizzare sia dovuta alla distanza tra le stazioni). Questa settimana verrà dettagliata successivamente.

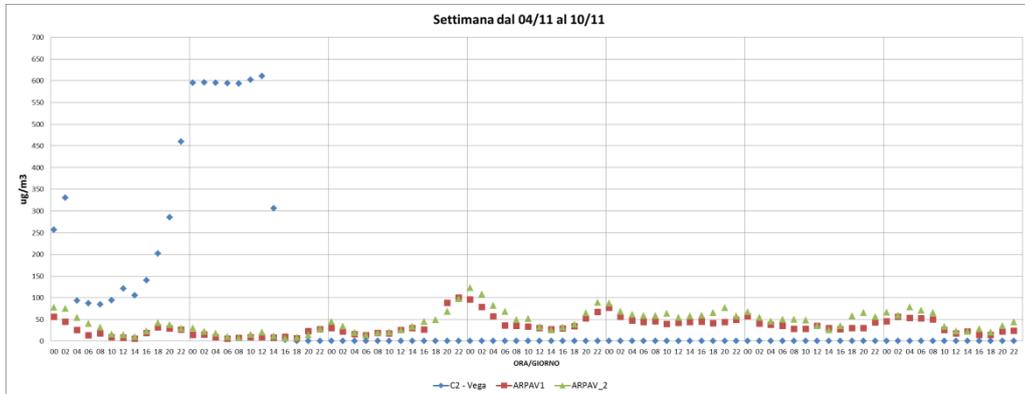


FIGURA 111 - CONFRONTO ARPAV 1 - ARPAV 2 - C2 NELLA SETTIMANA 04/11 - 10/11

Settimana molto complessa dal punto di vista della “vita” della stazione. Non vengono più trasmessi dati dopo aver misurato un picco di concentrazione. Verificando le condizioni meteo si nota una forte precipitazione nel pomeriggio di martedì che corrisponde al picco e al successivo annullamento dei valori.

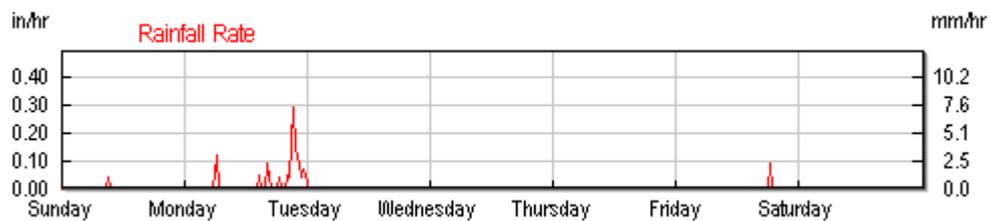


FIGURA 112 - ANDAMENTO PRECIPITAZIONI SETTIMANA 04/11 - 10/11

Ciò suggerisce che i due eventi siano collegati.

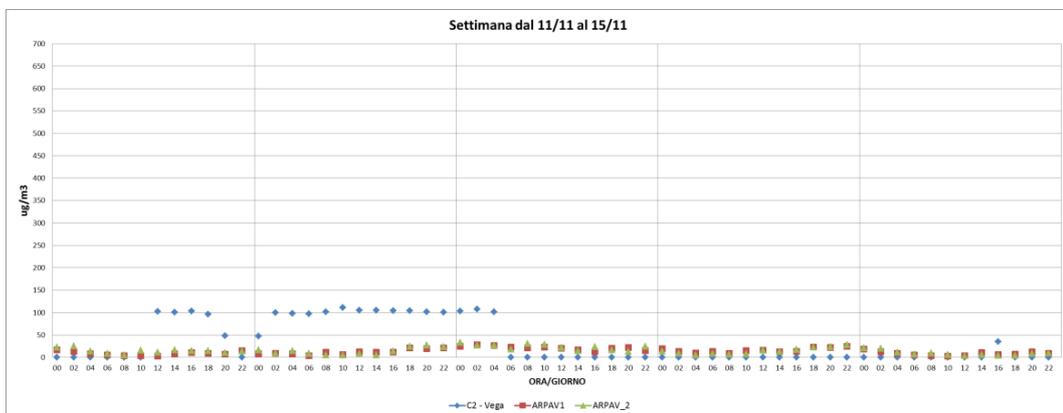


FIGURA 113 - CONFRONTO ARPAV 1 - ARPAV 2 - C2 NELLA SETTIMANA 11/11 - 15/11

L'ultima settimana purtroppo presenta molti problemi di trasmissione del dato, con molte ore non rilevate, anche se quelle rilevate hanno un comportamento coerente.

Della settimana con l'andamento più coerente, dal 28/10 al 3/11, è stato realizzato un dettaglio, inserendo, nell'analisi, anche le condizioni meteo rilevate da una stazione della rete di stazioni Weather Underground che mette a disposizione il dato storico con un dettaglio temporale di 10 minuti.

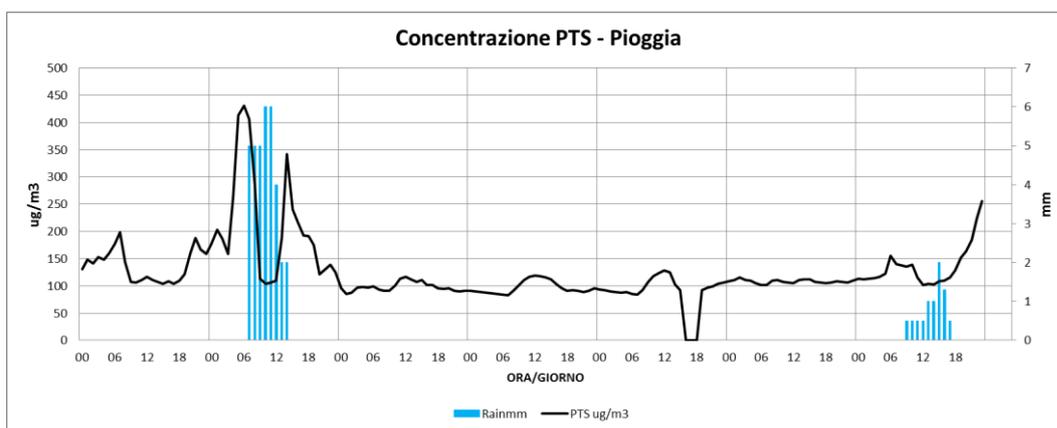


FIGURA 114 - CONFRONTO TRA CONCENTRAZIONE PTS MISURATA DA C2 E PRECIPITAZIONI.

Il primo parametro da tenere in considerazione è l'intensità di precipitazione; come è facile immaginare infatti, la presenza di una precipitazione abbassa notevolmente la concentrazione di PTS in aria. Dal confronto risulta molto evidente l'abbattimento della concentrazione in corrispondenza del forte temporale che ha colpito l'area nella mattina del 12 Ottobre. La precipitazione, intensa ma veloce, ha contribuito ad un abbassamento della concentrazione che è risalita non appena la precipitazione è terminata. La rapida risalita può essere giustificata dal luogo in cui è collocata la stazione C2, in corrispondenza dell'inizio del Ponte della Libertà, unica arteria stradale di collegamento con la città di Venezia. Lo stesso abbassamento si ha a termine della settimana quando una breve pioggia causa il temporaneo abbassamento della concentrazione che torna rapidamente a salire.

La seconda condizione a contorno che modifica la concentrazione di PTS è legata al vento. La correlazione tra concentrazione e velocità del vento medio (oraria) mostra come nella parte centrale della settimana, da mercoledì a venerdì, la presenza di vento con raffiche anche molto sostenute, mantenga basse le concentrazioni.

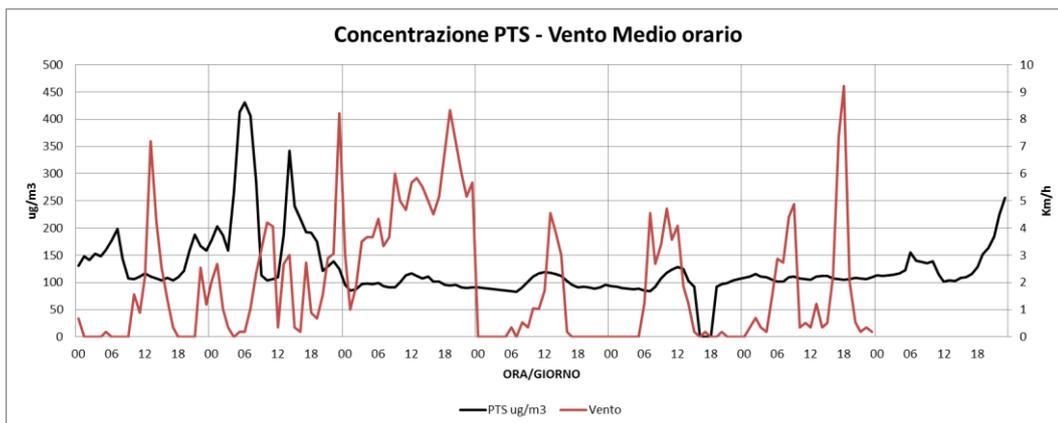


FIGURA 115 - CONFRONTO TRA CONCENTRAZIONE PTS MISURATA DA C2 E VENTO.

Ulteriore fattore che può influenzare la misura è quello energetico o meglio il livello di carica della batteria che può modificare il valore rilevato influenzando il voltaggio del sistema. Per analizzare il comportamento del sensore legato all'andamento della carica della batteria, è stata analizzato l'andamento della carica nel mese preso a riferimento osservando l'eventuale corrispondenza tra livello della batteria e misura.

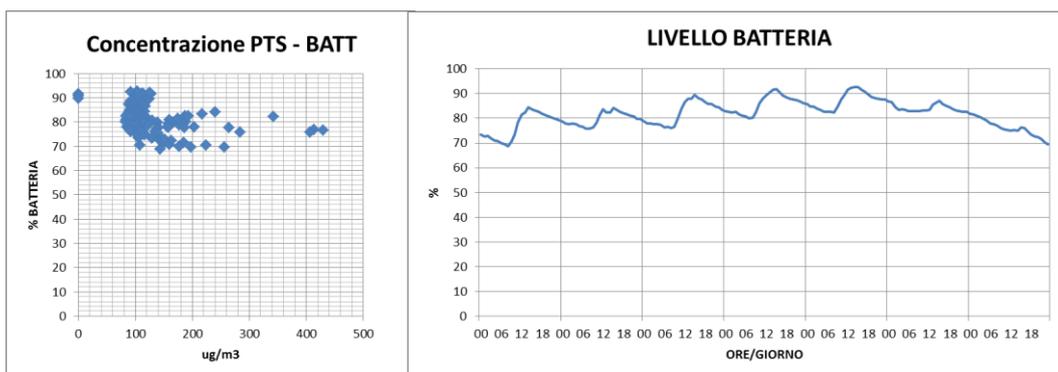


FIGURA 116 – RELAZIONE TRA LIVELLO BATTERIA E CONCENTRAZIONE PTS- CICLI CARICA E SCARICA.

Il grafico a sinistra riporta la relazione tra la percentuale di carica e la concentrazione. Confrontando il livello di batteria con le misure effettuate, si nota come a livelli bassi di carica la misura sia pressochè costante e in generale misura e carica non sembrano essere correlate.

Il grafico di destra mostra il comportamento globale della batteria con, ben evidenti, i cicli di carica e scarica. Verificando il comportamento globale non si evidenziano nel mese monitorato degli abbassamenti di carica tali da compromettere il funzionamento della stazione e quindi il suo spegnimento. L'assenza di misure in alcuni giorni è dovuta a problemi software e/o a problemi di trasmissione dei dati al server. Il livello di carica non influisce sulla misura.

Le stazioni e i sensori non sono stati tarati e sono stati impiegati algoritmi e correzioni standard definite dai produttori del sistema. La coerenza delle misure

evidenziata nella settimana dal 28 al 3 permette di asserire una risposta corretta delle stazioni, tuttavia la correlazione della stazione con i dati di polveri (PM10) rilevati da ARPAV non risulta soddisfacente, probabilmente a causa di una non sufficiente sensibilità dei sensori impiegati. Pertanto sono necessari ulteriori approfondimenti ed analisi a partire dalla taratura degli strumenti, alla revisione del software sino all'attenzione nel posizionamento della stazione e alla protezione dei sensori dalle intemperie.

3.1.6 RETI DIFFUSE DI MONITORAGGIO METEO - PERSONAL WEATHER STATION

L'ultima attività di ricerca applicata realizzata è stata la messa in rete di una stazione meteo amatoriale a basso costo che fornisce i dati a diverse reti amatoriali mondiali e nazionali.

La soluzione scelta è composta da:

- Stazione meteo a basso costo dotata di sensore temperatura (in/out), umidità (in/out), pressione relativa esterna, pluviometro a bascula, anemometro a coppe.
- Board di gestione e invio dati (Raspberry PI⁵⁶)
- Software Open Source (Sint Wind PI)

Il progetto nasce all'interno di una community di appassionati di volo con aliante. Gli obiettivi che il gruppo si è posto erano:

- *Che fosse di facile realizzazione e alla portata di tutti. Niente basette, acidi, saldatori e quant'altro.*
- *Che avesse tutte le funzionalità dei sistemi commerciali (che costano però diverse migliaia di euro).*
- *Che costasse poco .. se non pochissimo.*
- *Risponditore telefonico classico*
- *Display con le condizioni attuali*
- *Collegamento con un server internet per la pubblicazione dei dati attuali e storici*
- *Fino ad un massimo di 2 webcam ed una fotocamera digitale collegate con l'invio delle immagini ad un server internet.*
- *Collegamento via radio UHF per la diffusione, ad intervalli regolari, delle condizioni.*
- *Pienamente configurabile tramite l'invio di SMS*

Dal forum "vololiberomotecucco.it"

Il progetto, iniziato nel 2012, sta progredendo molto velocemente con un community molto attiva che conta oltre 340 iscritti.

⁵⁶ Riferimento al paragrafo 2.2.2.2



FIGURA 117 – SCHEMA DELLE FUNZIONALITÀ GESTITE DA SINT WIND PI.

Il software supporta le seguenti stazioni meteo (Tarsi T.):

Stazione (marca e modello)	Grandezze misurate	collegamento	Prezzo indicativo	Stato
PCE_FWS20 WH1080	Anemometro Temp/Hum (in-out) Pressione Pluviometro	USB	92 €	Sviluppato e testato
WH1080 RFM01	Ricezione del dato wireless delle stazioni senza consolle con il modulo di ricezione RFM01	GIPO		
Davis Vantage Vantage2	Anemometro Temp/Hum (in-out) Pressione Pluviometro UV	USB	250-500€	Semi-Sviluppato e non testato
Oregon WMR100 WMR88	Anemometro Temp/Hum (in-out) Pressione Pluviometro UV	USB	150 - 200€	Sviluppato e testato
Oregon WM918	Anemometro Temp/Hum (in-out) Pressione Pluviometro	Seriale tramite adattore USB-Seriale	x	Sviluppato e testato
Lacrosse WS23XX	Anemometro Temp/Hum (in-out) Pressione Pluviometro	Seriale tramite adattore USB-Seriale	x	Sviluppato e testato
Oregon WMR918/WM R928NR	Anemometro Temp/Hum (in-out) Pressione Pluviometro	Seriale tramite adattore USB-Seriale	x	Sviluppato ma non testato
Oregon WMR200	Anemometro Temp/Hum (in-out) Pressione Pluviometro UV	USB	x	Sviluppato ma non testato

TABELLA 22 - STAZIONI SUPPORTATE DAL SOFTWARE E STATO DELLO SVILUPPO.

La stazione è stata realizzata ed è in funzione da Novembre 2013, acquisisce i dati ogni 10 minuti, il costo complessivo è stato inferiore ai 150€, i dati rilevati vengono scritti su un file testuale (meteo.txt) strutturati secondo lo standard METAR e inviati a:

- Weather underground
- Citizen Weather Observer Program
- Ad una pagina dinamica che scriver su un database mySQL
- La stazione è in fase di accreditamento dalla rete myMETEONETWORK

Il flusso dati è schematizzato come segue:

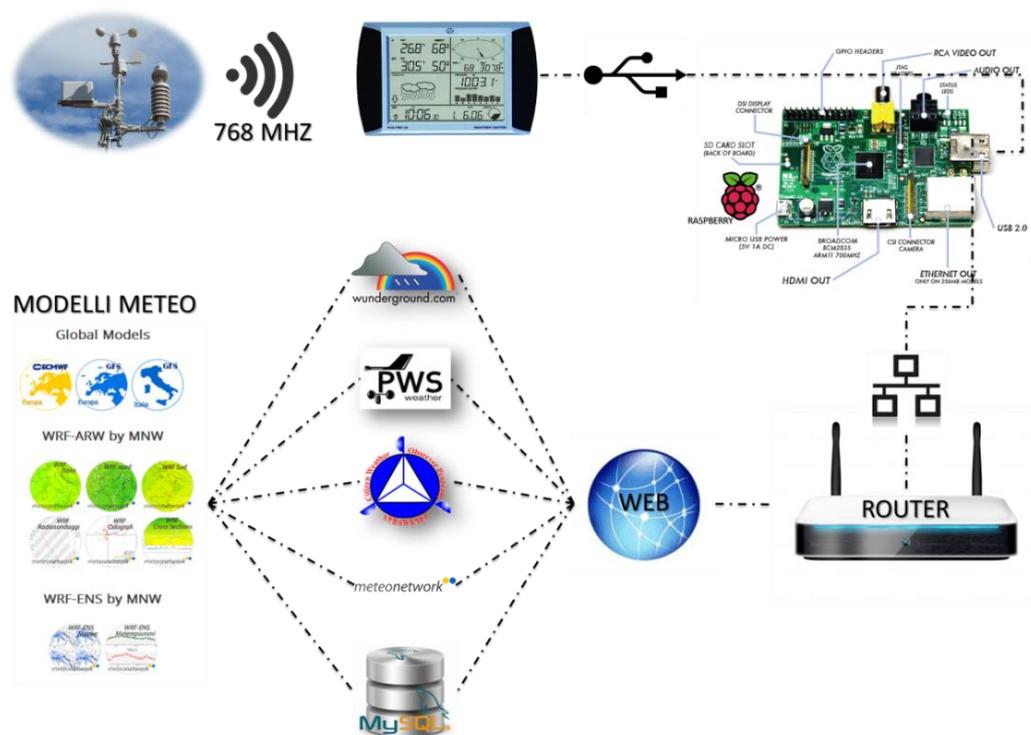
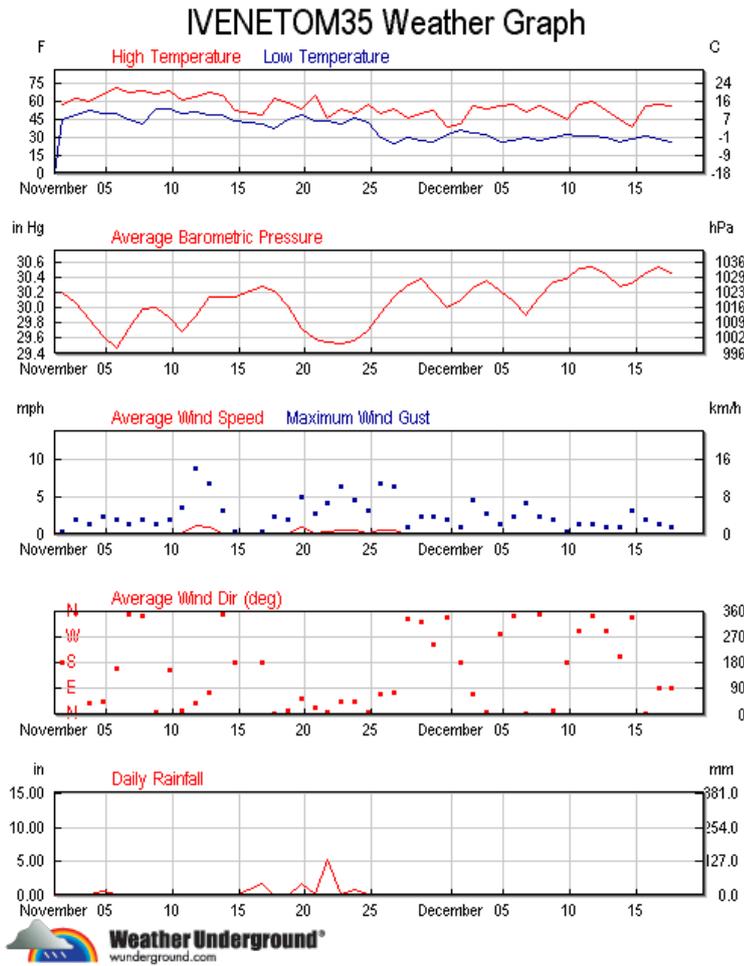
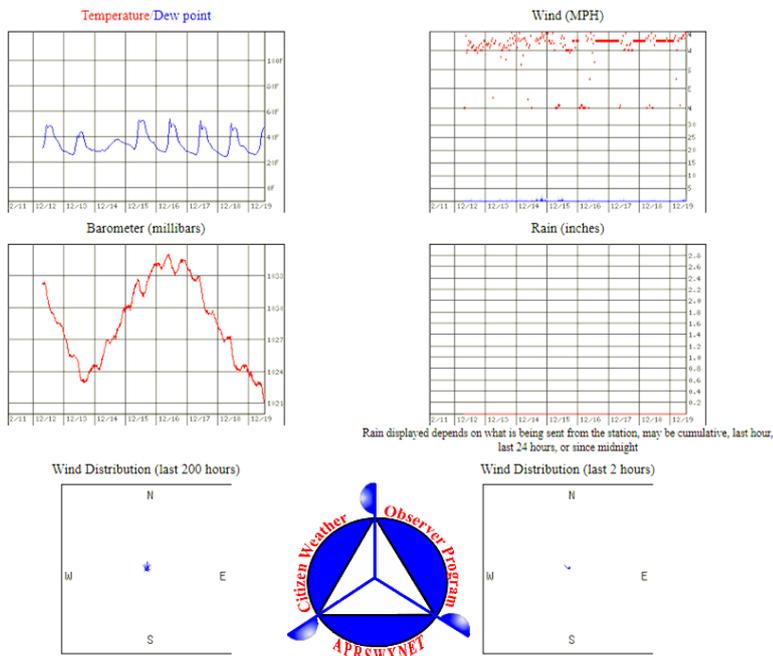


FIGURA 118 – FLUSSO DATI METEO PROGETTO PWS.



a)



b)

FIGURA 119 – A) SCHERMATA DI VISUALIZZAZIONE DATI DAL PORTALE WEATHER UNDERGROUND; B) GRAFICI DAL PORTALE DEL CITIZEN OBSERVATION PROGRAM.

4 CONOSCERE E AGIRE PER UNO SMART ENVIRONMENT

Le attività realizzate nel triennio dottorale e i progetti analizzati nella parte di background innovativo, permettono la definizione di segmenti di infrastrutture di monitoraggio, sul tema ambiente e territorio, alcune delle quali sono già esistenti, e la cui integrazione porta alla realizzazione e allo sviluppo del concetto di “Smart Environment”. La prospettiva di realizzare un ambiente intelligente o meglio dei sistemi di monitoraggio diffusi, volti alla migliore comprensione delle dinamiche naturali, alla maggior efficacia dei processi partecipativi e alla maggior partecipazione della cittadinanza nei processi di governance, deve necessariamente realizzarsi attraverso l’integrazione di diversi segmenti.

I segmenti, definiti successivamente, permettono di ricreare un sistema abilitante per l’accesso ad una informazione orientata a costruire l’ambiente intelligente e che rappresenti le peculiarità e le criticità tipiche del sistema complesso “ambiente-territorio”. A monte della definizione dei segmenti è necessario realizzare una definizione del campo di applicazione che permette un confinamento in termini di definizione della domanda e in termini di scala. A seguire si descrivono i segmenti delle infrastrutture esistenti e necessarie analizzati descrivendo le caratteristiche specifiche che devono soddisfare e riportando come le attività prototipali di Model & Sensing (cfr. paragrafo 1.2) si collocano all’interno di queste infrastrutture.

		Processi innovativi in corso							
		AIRPI	EVERY AWARE	LONDON AIR	RESMIA	R-MAP & RASPIBO	WESENSE IT	SMART CITIZEN	AIR QUALITY EGG
OGGETTI INTELLIGENTI CONNESSIONE & INTERCONNESSIONE INTELLIGENZA & PROCEDURE ECOSISTEMA PERSONE COMUNICAZIONE VISUALIZZAZIONE CAPACITA' DI PRODURRE VALORE	Prototipi di Model & Sensing								
	MONITORAGGIO PERCEPITO E SENSORI PERSONALI	●	●	●	●	●	●	●	●
	EROGAZIONE DI SERVIZI LOCATION BASED	●	●	●	●	●	●	●	●
	MONITORAGGIO MULTISENSOR E IN AMBITO URBANO	●	●	●	●	●	●	●	●
	SISTEMA DI EARLY WARNING PER EVENTI FRANOSI	●	●	●	●	●	●	●	●
	AIR SENSING VIAMON T	●	●	●	●	●	●	●	●
	PERSONAL WEATHER STATION	●	●	●	●	●	●	●	●

TABELLA 23 - MATRICE PROGETTI E ATTIVITÀ IN RELAZIONE AI SEGMENTI CHE COMPONGONO LO SMART ENVIRONMENT.

4.1 CONFINAMENTO

4.1.1 LA DOMANDA DI CONOSCENZA

Sviluppare un'infrastruttura di monitoraggio diffuso che realizzi il concetto di ambiente intelligente significa corrispondere a esigenze reali, espresse da una serie di attori connessi al tema del monitoraggio ambientale e, quindi, rispondere alle relative occorrenze conoscitive e di supporto decisionale.

Data la vastità della tematica in esame per identificare gli attori coinvolti nel processo è necessario declinare problematiche specifiche che vadano a confinare il campo specifico di applicazione, ciò permette di definire gli attori in relazione al tema e analizzare la domanda informativa che emerge.

Tuttavia prima di arrivare alla declinazione dei temi specifici, si possono identificare delle macro-categorie di attori che presentano occorrenze conoscitive comuni.

Questa prima suddivisione tra gli *stakeholders* è volta a individuare coloro che, in qualche modo, partecipano direttamente e hanno ruoli all'interno di processi decisionali legati al monitoraggio ambientale, suddivisibili in tre macro-categorie:

1. PORTATORI DI INTERESSI: Professionisti, aziende, Enti parco. Rappresentano il "mercato" e sono coinvolti nelle dinamiche.
2. PORTATORI DI DIRITTI: Cittadini, Istituzioni ibride, Società di servizi, esercizi commerciali e turistici.
3. ISTITUZIONI: Enti di Governo territoriali, Concessionari e Gestori di infrastrutture, Forze dell'Ordine, Enti parco. Enti preposti al monitoraggio (sistema delle ARPA e l'ISPRA). Mossi da norme e obblighi

All'interno del monitoraggio ambientale, e nell'accezione particolare di quello pervasivo, spesso i confini tra produttori e utilizzatori delle informazioni, dei dati e delle infrastrutture, si fondono e talvolta i ruoli si compenetrano, disegnando spesso soggetti ibridi. Conoscere le criticità ambientali è un requisito necessario e comune a tutti gli macro classi di attori precedentemente indicati, così come lo sono la possibilità di monitoraggio in tempo reale o di evidenziare delle criticità locali.

La tematica affrontata si rivolge quindi ad un contesto multi-attoriale che coinvolge i processi di governance, partecipazione attiva e concetti quali l'intelligenza sociale e la partecipazione consapevole.

L'esigenza che si esprime è quella che il monitoraggio ambientale diffuso e la realizzazione di uno "Smart Environment" possa portare ad un miglioramento della conoscenza dell'ambiente e del territorio, delle tecniche e tecnologie associate al processo così da renderlo efficiente. Tutto ciò si può racchiudere in due istanze di conoscenza che risultano trasversali a più attori.

Il recente sviluppo tecnologico hardware, accelerato dalla disponibilità di oggetti miniaturizzati e piattaforme con elevata capacità di calcolo dalle dimensioni ridotte e costi contenuti, unito allo sviluppo e diffusione della connettività (intesa come pervasività della rete internet) può rappresentare un primo passo verso quanto teorizzato in concetti quali l' "Ambient Intelligence", l' "Internet delle cose" sino al "Monitoraggio pervasivo", "Digital Earth" e l' "Electronic Skin" ?

Qual è il contributo che sistemi di monitoraggio diffuso possono fornire al tema del "monitoraggio ambientale" e alla gestione del territorio e dell'ambiente nell'ottica di rendere "efficiente" tutto il sistema?

4.1.2 UN PROBLEMA DI SCALA

La prospettiva di realizzare un ambiente intelligente che permetta la gestione di una o più infrastrutture di monitoraggio, interconnesse, pone innanzitutto un problema di scala. Le infrastrutture che compongono e realizzano un ambiente *smart* devono essere necessariamente disancorate da un concetto di scala legata alla dimensione spaziale. E' necessario che i sistemi di reti di sensori siano più legati alla scala temporale confrontandosi con il concetto, complesso, del tempo reale. La peculiarità che si vorrebbe che questi sistemi avessero è la scalabilità, concetto che è indissolubilmente legato anche alla natura del fenomeno misurato, analizzato e monitorato. Ad un livello concettuale più alto si può asserire che le infrastrutture di monitoraggio diffuso sono disancorate dal concetto di scala, una "pelle digitale" che percepisce le condizioni a contorno dell'ambiente in cui si trova è legata al livello di dettaglio che si vuole ottenere, per un determinato scopo e in quel determinato istante. Assumono sempre più significato, in questa ottica, le possibilità di espansione e contrazione delle reti di monitoraggio diffuso: a specifica richiesta si attivano nuovi nodi (che possono anche essere sotto-reti o sotto infrastrutture). Tuttavia è necessario non dimenticare e tralasciare la significatività della misura di un fenomeno che segue delle leggi fisiche ben definite, non serve distribuire una quantità indefinita di sensori per misurare un fenomeno, se questo ha una dimensione spaziale nota e confinabile.

4.2 QUADRO DI CONNESSIONE TRA I FRAMMENTI E DEFINIZIONE DEI SEGMENTI

Le sei attività realizzate hanno riguardato principalmente cinque aree tematiche (monitoraggio qualità dell'aria, rischio idrogeologico, meteo, monitoraggio posizioni e consapevolezza), figura 120.

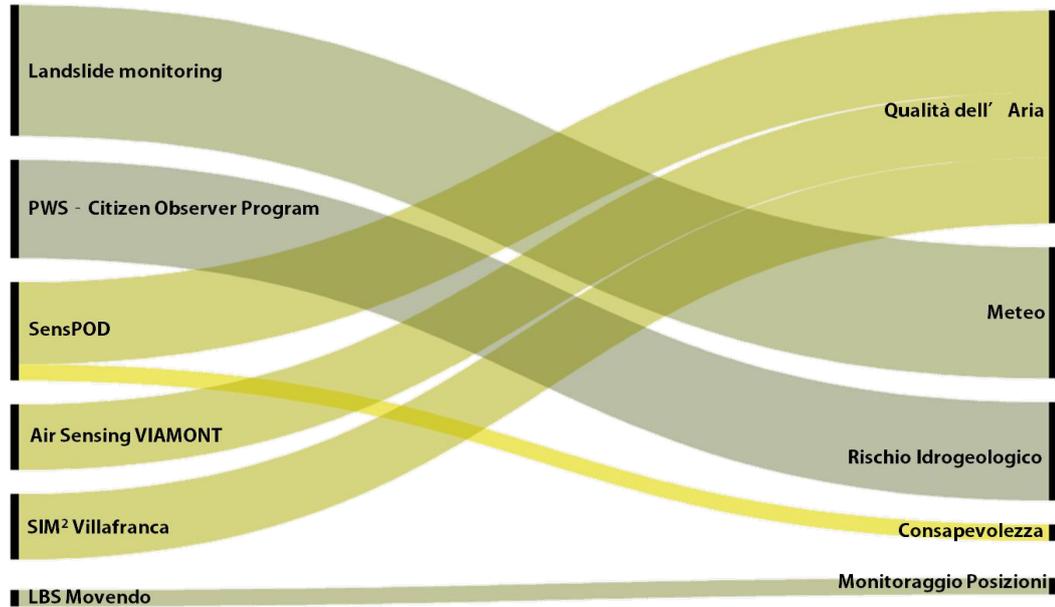


FIGURA 120 – RELAZIONE TRA I FRAMMENTI DI INFRASTRUTTURE DI MONITORAGGIO DIFFUSO E LE AREE TEMATICHE

Diciassette sono state le tipologie di sensori impiegati (dai parametri meteo alle immagini termiche, webcam, alcuni inquinanti, posizione gps etc..).

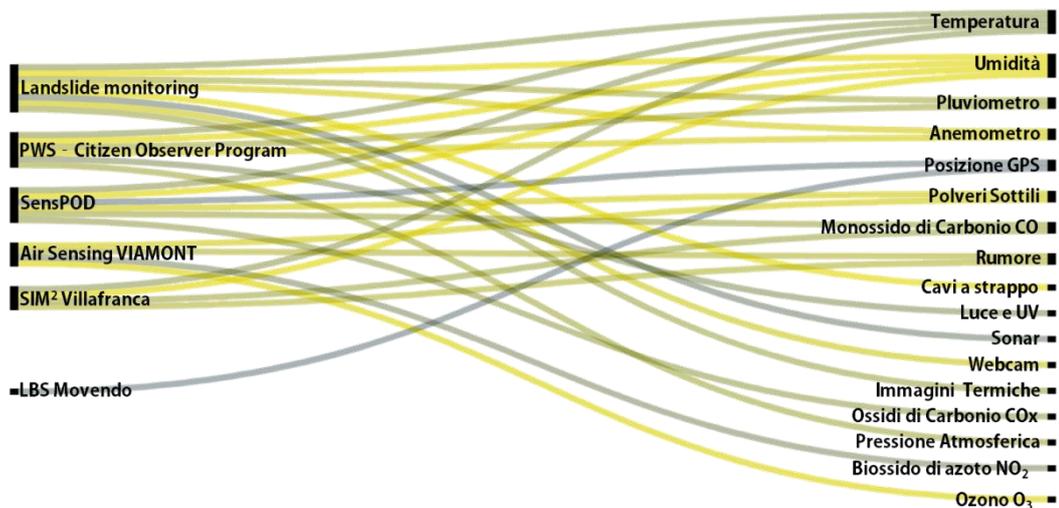


FIGURA 121 - RELAZIONE TRA I FRAMMENTI DI INFRASTRUTTURE DI MONITORAGGIO DIFFUSO E LE GRANDEZZE RILEVATE

Il 62% dei progetti ha impiegato sensori Low Cost, talvolta (come nel caso del progetto Landslide monitoring) integrati con sensori professionali a costi più elevati.

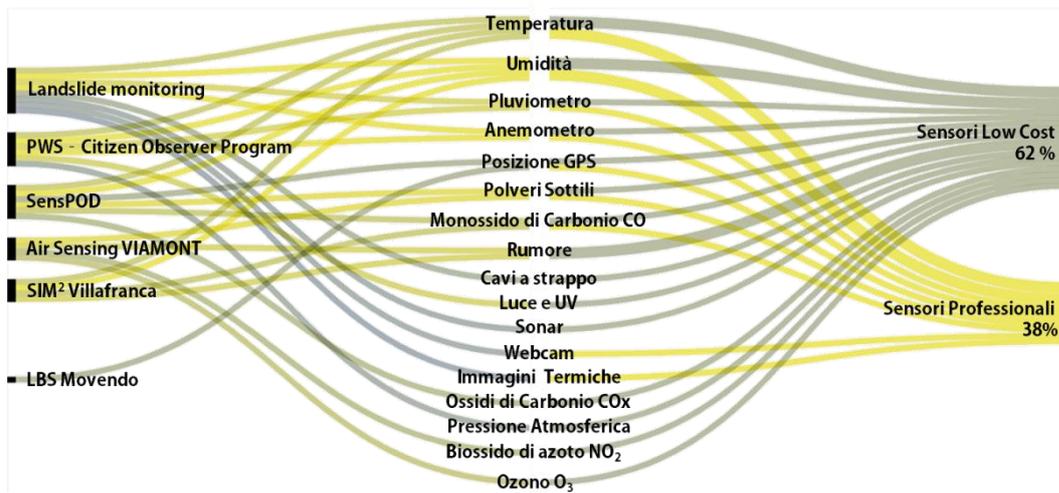


FIGURA 122- RELAZIONE TRA I FRAMMENTI DI INFRASTRUTTURE DI MONITORAGGIO DIFFUSO, I SENSORI IMPIEGATI E LA TIPOLOGIA DI SENSORE.

Dal punto di vista delle piattaforme di controllo della sensoristica e di prima elaborazione dei dati, si sono impiegate per il 76% soluzioni Open Hardware (Arduino e Raspberry) spesso integrate con hardware proprietario.

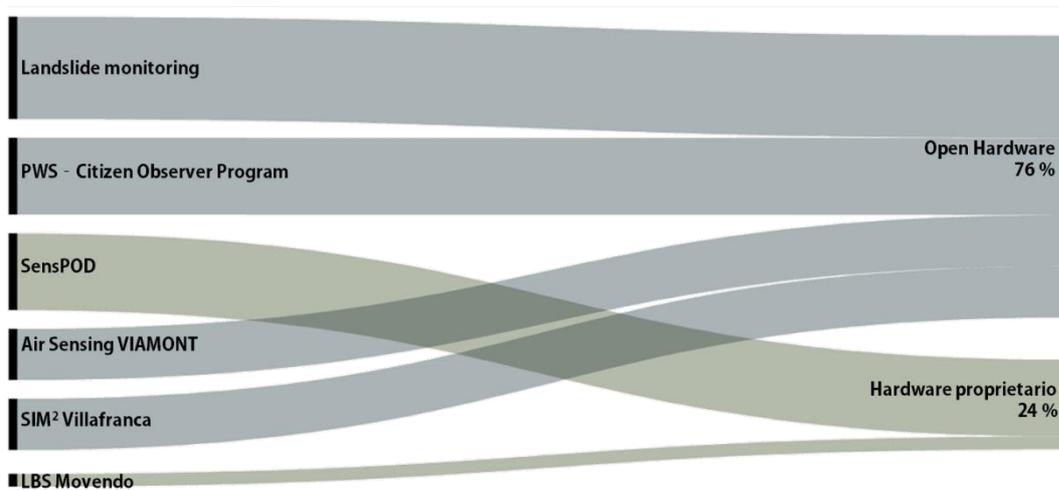


FIGURA 123 - RELAZIONE TRA I FRAMMENTI DI INFRASTRUTTURE DI MONITORAGGIO DIFFUSO E LE TIPOLOGIE DI HARDWARE IMPIEGATO.

4.3 I SEGMENTI DELL'INFRASTRUTTURA

Il quadro organico che si può ricostruire da quanto riportato nei capitoli precedenti ha identificato la presenza di infrastrutture già esistenti, evidenziato criticità e permette di definire un primo disegno infrastrutturale composto sostanzialmente da cinque segmenti: a) oggetti “intelligenti”; b) connettività; c) procedure; d) ecosistema persone; e) informazione a valore aggiunto.

4.3.1 NUOVE TECNOLOGIE – OGGETTI INTELLIGENTI

La sempre più diffusa disponibilità di oggetti “intelligenti” basati su open hardware e supportati da una ricca e diffusa *knowledge* base per progetti di ogni genere (dalla lampada a pannelli solari che inseguono il sole, fino alla robotica e al monitoraggio meteo), permette di avere a disposizione di sviluppatori, *maker* e *community*, strumenti per realizzare progetti e prototipi. Alla disponibilità hardware si unisce la diffusione di linguaggi di programmazione e librerie di facile sviluppo e comprensione. A questi si integra lo sviluppo e la diffusione crescente di accessori e sensori di “parametri” ambientali. Avere a disposizione tali nuove tecnologie permette di sviluppare progetti che impiegano piattaforme di integrazione semplici e di facile programmazione (Arduino o Raspberry ad esempio) a costi contenuti e con molte possibilità di sviluppo e diffusione.



La disponibilità delle nuove tecnologie, spinta dall'innovazione tecnologica, è un segmento primario, indispensabile a tutto il processo e rappresenta il veloce sviluppo di nuove soluzioni hardware migliorato dalla crescita dei linguaggi di programmazione e dalla realizzazione di strumenti software sempre più performanti. Giocano un ruolo importante anche l'interoperabilità e gli standard uniti alla necessità di dotarsi di strumenti di comunicazione e procedure di controllo della qualità e della sicurezza, delle trasmissioni e dei dati rilevati. A questo segmento appartiene il delicato settore della sensoristica che, come abbiamo visto

precedentemente, è quello che mostra le principali criticità e che rappresenta un punto chiave per tutto il processo. Questa componente presenta forti necessità di innovazione costante. La nascita, l'evoluzione e l'espansione di generazioni di nuovi hardware è parte integrante dei processi di “selezione naturale” che caratterizzano la componente. Questa fase è soddisfatta da tutte le attività svolte nel triennio dottorale poiché tutti i progetti realizzati impiegano soluzioni hardware innovative, nuove tecnologie e hanno realizzato oggetti intelligenti. Anche la maggior parte dei progetti analizzati completa questo segmento tranne i progetti “London Air Quality” (cfr. paragrafo 2.2.5.2.), “WeSenseit” (cfr. paragrafo 2.2.5.5) dove vengono impiegate reti di sensori professionali.

4.3.2 CONNESSIONE E INTERCONNESSIONE DI OGGETTI INTELLIGENTI

“From localhost to server”, così potrebbe essere definito questo segmento, caratterizzato dall'importanza di trasferire il dato da una scala locale ad una globale e interconnessa con altri sistemi di misura e monitoraggio. Attraverso protocolli e standard (cfr. paragrafo 2.2.4) la misura ottenuta da un sensore e registrata dal microcontrollore viene trasmessa, trasportata, “consegnata” e memorizzata da sistemi che si collocano a livelli superiori. Ne sono componenti principali l'interoperabilità, l'impiego di standard e protocolli di comunicazione sostenuti anche da soluzioni che provengono da innovazioni tecnologiche e culturali. Con alcuni risvolti importanti nell'ambito della sicurezza e della qualità del dato.

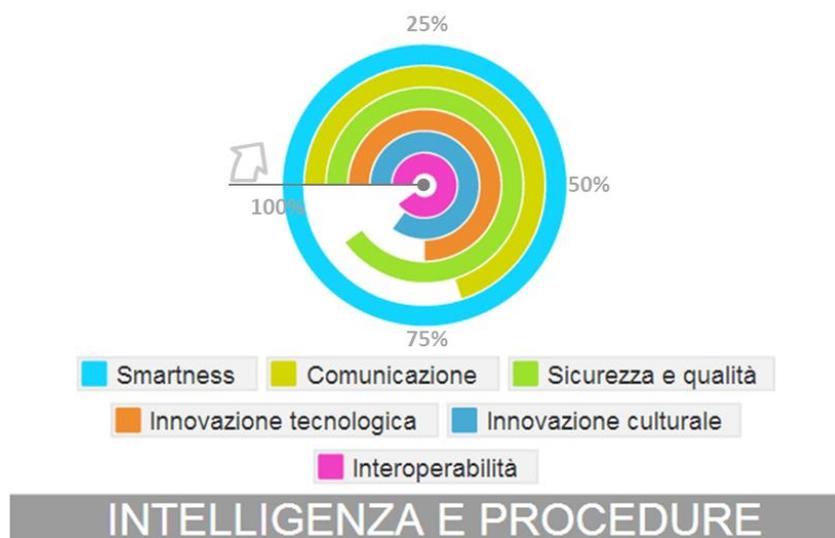


Nel processo di progettazione dello *Smart Environment*, una volta realizzato il prototipo di oggetto intelligente, è necessario porsi il problema di connetterlo ad altri sensori per creare una rete di monitoraggio diffuso. Sono esempi i progetti: “AirPI” (cfr. paragrafo 2.2.5.8), “RESMIA” (cfr. paragrafo 2.2.5.3) e “Air Quality EGG” (cfr. paragrafo 2.2.5.3), “Every Aware” (cfr. paragrafo 2.2.5.1), “London Air Quality” (cfr. paragrafo 2.2.5.2.), “R-Map&Raspi-BO” (cfr. paragrafo 2.2.5.4), “SmartCitizen” (r cfr. paragrafo 2.2.5.6). Tutte le attività realizzate nell'ambito del dottorato, descritte all'interno del capitolo “Prototipi di Model & Sensing”, appartengono a questo

segmento poiché tutte hanno previsto la connessione e interconnessione degli oggetti intelligenti impiegati. Questi, infatti, hanno come scopo primario quelli di effettuare misure e trasferire il dato da una scala locale/personale ad una globale e interconnessa con altri sistemi di misura e monitoraggio, così da poter entrare in altre infrastrutture di rete e assolvere alle richieste di scalabilità che un ambiente *smart* deve avere. Ciò avviene impiegando protocolli e standard che garantiscono l'interoperabilità. La misura effettuata può essere visualizzata in locale o su un server dedicato, ma una volta effettuata la misura e “consegnata”, un secondo segmento si occupa di memorizzarla e farla entrare o meno in processi di modellazione o in altri sistemi .

4.3.3 SOFTWARE – INTELLIGENZA E PROCEDURE

Il semplice “numero” derivato dalla misura non è ancora significato e informazione. Una serie di dati/valori registrati, memorizzati e strutturati in una banca dati devono diventare “informazione” dedicata ad attori diversi e per esigenze diverse. Giocano un ruolo fondamentale le logiche di misura e gli obiettivi specifici come ad esempio il fattore scala. Il segmento è molto complesso e può assumere molte accezioni quanti sono i campi di applicazione dei sistemi di monitoraggio diffuso e pervasivo. La “*smartness*”, intesa come intelligenza, è requisito fondamentale, l'ottimizzazione dei processi e delle procedure di analisi dei dati porta ad alte qualità e affidabilità dei risultati finali. Non si può peraltro non considerare importantissima l'innovazione culturale e tecnologica e l'interoperabilità delle procedure. In questo *step* trovano spazio le attività di sperimentazione e ricerca su nuove procedure e metodologie. L'informazione viene comunicata in modo efficace ma non necessariamente si integra in processi decisionali direttamente, li può supportare. L'informazione entra in modelli previsionali, supporta processi di governance ma non ha un'azione diretta su strumenti decisionali che mettano in atto azioni volte a modificare il significato dell'informazione stessa prodotta.



I progetti “London Air Quality” (cfr. paragrafo 2.2.5.2.), “R-Map&RaspiBO” (cfr. paragrafo 2.2.5.4), “WeSenseIT” (cfr. paragrafo 2.2.5.5), “Smart Citizen” (cfr. paragrafo 2.2.5.6). Tra le attività svolte, ricadono in questo segmento: “Reti diffuse di Monitoraggio Meteo – Personal Weather Station” (cfr. paragrafo 3.1.6), “Monitoraggio partecipato, sostenibilità e sensori personali” (cfr. paragrafo 3.1.1), “Esperienze di erogazione di LBS” (cfr. paragrafo 3.1.2), “Sistema di Early Warning” (cfr. paragrafo 3.1.4), “Air Sensing VIAMONT” (cfr. paragrafo 3.1.5).

4.3.4 ECOSISTEMA – PERSONE, COMUNICAZIONE E VISUALIZZAZIONE

Dopo aver analizzato quelli che possono essere definiti segmenti base della realizzazione di infrastrutture di “Smart Environment” è necessario analizzare la complessità delle interazioni che agiscono all’interno del sistema stesso, si identificano due sottoinsiemi principali. Il primo è rappresentato da un sottofondo culturale in cui la rete e lo scambio di contenuti, che avviene attraverso le *communities* web, svolgono un ruolo da protagonista. Grazie al mondo delle *communities* e dell’open source (sia software che hardware) si crea un ambiente simile ad un “brodo primordiale” di idee e prototipi, che permette la creazione di un tessuto produttivo (vedi *wikinomics* e *macro-wikinomics* cfr. paragrafo 2.1.3.2) che fa crescere la domanda e quindi la progettazione, realizzazione e diffusione, ad esempio, di nuove soluzioni hardware. Tale ambiente assolve anche la funzione di filtro, per selezionare le idee e i progetti migliori attraverso attività di autocritica, autovalutazione e autoselezione. Gli attori principali in tale sottosistema sono rappresentati da appassionati, ma anche professionisti ed esperti coinvolti nell’area di discussione della community. Sono i “makers”, che usano hobby, conoscenza tecnico/teorica e passione per sviluppare concetti e idee che vengono poi realizzate impiegando gli strumenti software e hardware open. L’ecosistema svolge, in parte, anche il ruolo di “selezionatore” di tecniche e tecnologie.



Le soluzioni più semplici, valide e in generale efficienti saranno oggetto di miglioramenti continui, verranno supportate da *communities* attive e produrranno progetti sempre nuovi. Sono esempi di quanto detto, le *communities* meteo (cfr.

paragrafo 2.1.3.1) e i diversi forum dedicati ad Arduino (cfr. paragrafo 2.2.2.1) o al mondo dei markers (cfr. paragrafo 2.1.3.3).

Il secondo sottoinsieme è rappresentato dalla capacità di comunicazione e coinvolgimento delle *communities* con il fine ultimo di diventare sempre più ampie e attive, anche grazie a spinte di innovazione culturale supportate da strumenti di condivisione e interoperabilità.

L'informazione ottenuta dal sistema di monitoraggio deve essere comunicata, condivisa, visualizzata nel modo migliore e più comprensibile ed in questo si fa riferimento ai concetti di usabilità e accessibilità che sono alla base della logica dell'informatica relativa alla teoria della comunicazione sul web. Questo compito si basa soprattutto su visualizzazione, infografica e *interaction design*. L'intento è quello di comunicare in modo efficiente l'informazione rilevata dal sistema diffuso di sensori e agire, effettuando delle azioni, siano queste volte, ad esempio, all'automazione di processi (accensione o spegnimento di apparati, modifica di parametri software) o volte ad allerte/allarmi. Accessibilità, usabilità, interoperabilità, comunicazione, sicurezza e qualità dei dati sono le condizioni indispensabili per questo sottosistema.

L'obiettivo principale che si vuole ottenere è, dunque, quello di pubblicare l'informazione rilevata dal sistema diffuso di sensori in modo efficiente e sintetico così da poter effettuare delle azioni. La partecipazione attiva della cittadinanza/del cittadino assume, in tale sottosistema, un ruolo fondamentale di indicatore di successo del progetto. Dati da sensori e segnalazioni, che possono portare a politiche attive sul territorio, entrano nello stesso processo di modellazione e cooperano per effettuare delle azioni. Ne sono esempi il progetto europeo "Eye on Earth" (cfr. paragrafo 2.1.2.4), in cui i dati istituzionali vengono confrontati con segnalazioni dei cittadini, i progetti "Weather Underground" e "Meteonetwork" dove le rilevazioni dei parametri meteo effettuate da stazioni meteo, anche a basso costo, di proprietà di cittadini prosumer (cfr. paragrafo 2.1.3.2), forniscono i dati in ingresso per la modellazione meteo e la redazione di previsioni, bollettini e allerte. "London Air Quality" è uno dei migliori esempi di questo livello, per la capillarità del monitoraggio, per la qualità delle interfacce e la trasversalità delle piattaforme, la facilità di comprensione e della modellazione di determinati parametri.

Tra le attività realizzate le "Esperienze di Erogazione di Location Based Services", "monitoraggio partecipato, Sostenibilità e Sensori Personali", il "Monitoraggio Multisensore in ambito Urbano" (cfr. paragrafo 3.1.3), il "Sistema di Early Warning" (cfr. paragrafo 3.1.4), "Le Reti diffuse di Monitoraggio meteo" (cfr. paragrafo 3.1.6) per la complessità della struttura realizzata anche a livello software e per la parte relativa alla realizzazione di interfacce che restituissero la percezione della misura. Relativamente alle esperienze di erogazione di servizi location based, l'attività, pur essendo esterna al monitoraggio ambientale in senso stretto, risulta di particolare interesse poiché rilevare la posizione delle persone (con i conseguenti dati rilevati in

termini di ricorsività dei percorsi o di affollamento) rappresenta il monitoraggio di attività che avvengono sull'ambiente e sul territorio aprendo scenari vasti legati alla possibilità di fornire informazioni all'utente contestualizzate in base alla sua posizione, siano queste turistiche, o legate alle condizioni ambientali dell'area che si sta attraversando.

4.3.5 INFORMAZIONE A VALORE AGGIUNTO

I dispositivi che vanno a realizzare delle “*Smart Environment Infrastructure*” diffuse sul territorio permettono di creare valore grazie alle economie che possono avviare e ai benefici in ricaduta che possono generare, ascrivibili a quattro aree tematiche.

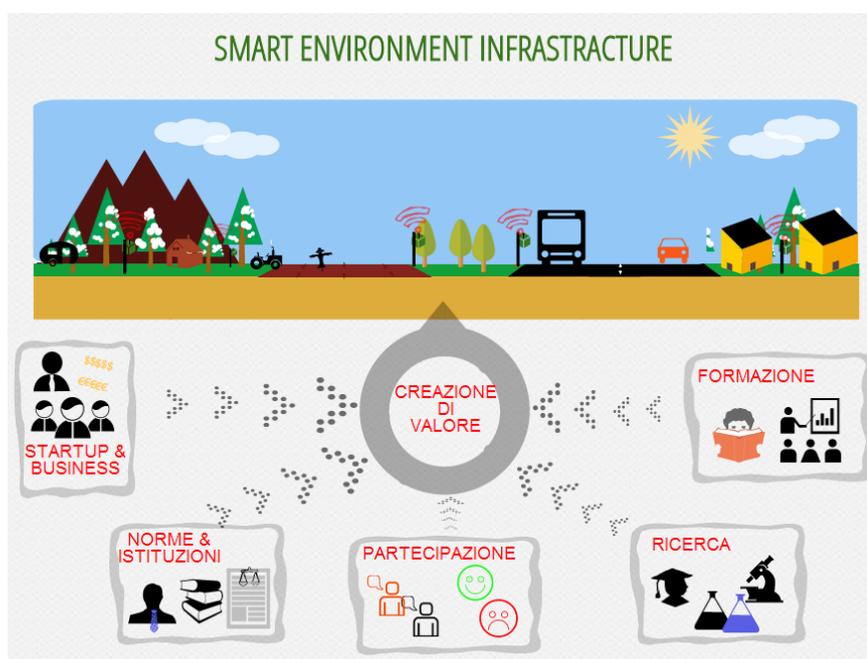


FIGURA 124 – COMPONENTI CHE CONCORRONO ALLA CREAZIONE DI VALORE.

Startup & Business: nascita e sviluppo di start-up innovative (cfr. paragrafo 2.2.6) che forniscono soluzioni complete di monitoraggio ambientale realizzato con smart objects e impiegando soluzioni, anche, Open Hardware. Negozi online dedicati al tema (esempio Cooking-hacks, cfr. paragrafo 2.2.6.2) completi di sezioni formative, guide e community di supporto. Si annoverano in questo segmento tutte le Start-up innovative riportate nel capitolo 2.2.6.

Norme e Istituzioni: Il passaggio normativo è un nodo cruciale, in particolare è fondamentale l'integrazione tra reti di stazioni “ufficiali” e non. I dati e le informazioni generate dai sensori e dalle reti di sensori, anche gestite da enti pubblici, si fondono con quelli provenienti da reti amatoriali, il loro uso permette anche la nascita e lo sviluppo di imprese innovative che possono creare attività da questi dati e generare benessere per i cittadini e tasse per i governi. Un ulteriore beneficio è

offerto dall'integrazione di questi dati tra di loro e con altre informazioni, il tutto integrando e impiegando processi e sistemi di analisi efficaci. Ma perché questo accada è necessario che siano definite la qualità e l'affidabilità e dei dati e soprattutto che questi siano gratuiti e liberamente riutilizzabili. E soprattutto dal fatto che i dati prodotti dagli enti pubblici siano resi disponibili per tutti e i dati provenienti dalle reti diffuse realizzate, mantenute e ottimizzate da community di cittadini siano libere a loro volta. In questo senso si muovono i progetti RESMIA di Arpa Veneto e "R-Map" e "Raspi-BO" che coinvolgono l'Arpa Emilia Romagna. A livello europeo il progetto "Eye on Earth" è uno dei migliori riferimenti internazionali.

Ricerca: L'attività di ricerca può avere il maggior beneficio anche a breve termine. Molte delle soluzioni presentate in questo lavoro sono frutto di progetti di ricerca che hanno raggiunto alcuni obiettivi importanti. La ricerca inoltre dovrà essere propedeutica alla diffusione delle nuove soluzioni hardware e sensoristiche che si andranno sviluppando. Tutti i progetti al capitolo 2.2.5 sono relativi a questo segmento. Il mondo della ricerca inoltre riveste un ruolo importante di "generatore di domanda". Creando domanda su vari aspetti, dal punto di vista della locazione delle risorse o degli orientamenti tecnici e tematici.

Partecipazione: Il coinvolgimento e la partecipazione dei cittadini e, più in generale, di tutti i soggetti a vario titolo interessati, è fondamentale per formare una cittadinanza attiva in grado di comprendere la complessità delle relazioni tra la natura e le attività dell'uomo. A questo si aggiunge che la consapevolezza genera "consumatori attenti", o meglio "*Smart Citizen*", indirizza il potere decisionale e la conoscenza aumenta il livello generale della governance permettendo di migliorare tutto il sistema del monitoraggio ambientale. La domanda che si viene a creare può alimentare il mercato per le start-up e per il mondo della ricerca. Molti dei progetti analizzati prevedono la partecipazione.

Formazione: Con formazione non si intende il semplice trasferimento di conoscenze, ma la necessità di avviare processi di formazione specializzata, dalle caratteristiche ibride, per individuare adeguate soluzioni a specifici problemi, con l'impiego di nuove tecnologie e reti diffuse di sensori. Le nuove metodologie di monitoraggio, di diffusione dell'informazione, di integrazione di sistema necessitano di esperti che coniughino la conoscenza tecnologica con la comprensione dei processi ambientali che si vanno a monitorare, visualizzare e comunicare o viceversa. Figure con preparazione specifica e verticale devono conoscere i fondamenti tecnologici, culturali e innovativi delle nuove tecnologie. Si può riportare come esempio di formazione trasversale ad alto livello, il percorso di dottorato di questo lavoro di tesi è frutto e il nuovo corso di Laurea Magistrale in Innovazione Tecnologica e Design per i Sistemi Urbani e il Territorio (<http://www.lauresmartcityuav.info>)

5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Con la diffusione del concetto di *Smart City*, e in particolare della sua componente di *Smart Environment*, si è assistito ad un impulso tecnologico e culturale che ha coinvolto sempre di più la cittadinanza con l'obiettivo ultimo di rendere "efficiente" il sistema nelle sue componenti principali: mobilità, ambiente, cittadinanza, tenore di vita e *governance*.

La complessità delle variabili che caratterizzano l'ambiente in cui viviamo porta a collegare il monitoraggio ambientale con le agenzie governative, le università e le aziende dove, alti profili scientifici, dotati di equipaggiamenti complessi e spesso molto costosi, effettuano attività di ricerca e monitoraggio per studiare e definire lo stato dell'ambiente. Nonostante la presenza di un apparato legislativo per la tutela delle componenti ambientali e l'identificazione di organi ed enti pubblici preposti alle attività di monitoraggio e controllo, le attività antropiche generano delle pressioni sulle matrici ambientali (acqua, aria, suolo,...) che ne modificano lo stato, purtroppo spesso in senso negativo, determinando un peggioramento della qualità delle risorse ambientali. Quando ciò accade è opinione comune che l'ambiente non sia difeso abbastanza, che il lavoro degli enti preposti non sia sufficiente, che in generale il sistema monitoraggio non sia "efficiente".

I sistemi di monitoraggio diffuso possono fornire una soluzione a questa inefficienza, apportando alla gestione del territorio e dell'ambiente un contributo fondamentale: in quest'ottica si può rendere "efficiente" un sistema di monitoraggio a larga scala composto da micro-cluster di sensori, con l'obiettivo di realizzare quello che è stato definito "*Smart Environment*".

Alcuni dei segmenti di infrastrutture di monitoraggio diffuso, descritti e dettagliati in questo lavoro, si riferiscono a parti specifiche di una infrastruttura *Smart Environment* e sono di fatto già predisposti per una possibile integrazione operativa.

Quanto emerso in definitiva è uno sviluppo della tematica condotto secondo due linee principali, una di carattere tecnologico e una invece più prettamente culturale.

La linea tecnologica nasce dall'effettiva disponibilità e grande diffusione di piattaforme di prototipazione hardware dotate di ambienti di sviluppo software il cui utilizzo non richiede una preparazione specialistica e verticale. Questa disponibilità di risorse ha sfumato progressivamente il confine tra sistemi di tipo amatoriale e prodotti professionali permettendo la realizzazione di dispositivi (completi di hardware, software e sensoristica) caratterizzati dalle funzioni più diverse. La pluralità di soluzioni è alimentata da vivaci web *communities* che rappresentano una sorta di humus fertile da cui nascono un gran numero idee, progetti e soluzioni innovative. Come risultato di tutto questo, si nota una grande proliferazione di applicazioni di monitoraggio ambientale realizzate con impiego di oggetti intelligenti e low cost; in particolare potremmo affermare che una versione di "Digital Skin" sia di fatto già

stata realizzata: si tratta di quella rete di monitoraggio diffusa, a basso costo, che unisce cittadini e istituzioni rappresentata da quell'insieme di soggetti e oggetti che misurano e condividono informazioni, a scala diversa, su parametri meteorologici.

Le reti amatoriali meteo adottano procedure di autocertificazione della qualità del dato e i dati rilevati entrano nei modelli previsionali insieme a quelli provenienti da stazioni istituzionali. Le *communities* composte da appassionati di meteorologia, si occupano costantemente di istruire i nuovi membri, di segnalare errori, di orientare le scelte hardware e software, di “certificare” oggetti e procedure, sviluppare o adottare standard di condivisione. Questa attività è supportata dalla disponibilità di sensoristica a costi contenuti e in costante e rapido sviluppo. Questo quadro è completato da metodologie e tecniche di modellazione, visualizzazione e diffusione di dati e risultati dei modelli previsionali, sino allo studio, in progetti amatoriali, di interfacce e di piattaforme trasversali.

Dal punto di vista della sensoristica, gli strumenti che risultano essere più maturi, oltre ai sensori meteo, sono quelli di tipo “fisico” ovvero legati alla misura delle grandezze fisiche primarie, come ad esempio distanze, peso, apertura/chiusura di circuiti, resistenza meccanica. Questi sensori vengono ad esempio correntemente impiegati nel monitoraggio strutturale di edifici, anche in tempo reale, effettuato con i dilatometri, oppure nella misura dei livelli dei fiumi (idrometri) o nella segnalazione di eventi franosi monitorata con appositi cavi a strappo (vedi progetto Early warning).

Un altro tema di applicazione di questi sistemi è la qualità dell'aria e la misura della concentrazione degli inquinanti. Questo tema molto sentito anche dall'opinione pubblica poiché ha conseguenze dirette con la qualità della vita e con la percezione della propria sicurezza in termini di rischi o di esposizione agli agenti inquinanti, è caratterizzato da una situazione di fatto piuttosto complessa.

Una delle maggiori criticità è legata all'opportunità o meno di effettuare attività di rilevamento di inquinamento atmosferico con prodotti non certificati e dai costi molto contenuti: a causa delle quantità e delle concentrazioni tipiche presenti in aria libera, spesso i risultati ottenuti dai sensori attualmente disponibili non forniscono misure attendibili. Questo argomento è quindi piuttosto delicato anche perché presenta risvolti significativi di carattere normativo e di responsabilità delle misure. I sensori di inquinamento, in particolare quelli dei gas, sono infatti agli albori nell'ambito del monitoraggio ambientale e necessitano ancora di sviluppi tecnologici.

Nonostante le criticità, i risultati ottenuti nei test realizzati e analizzati hanno tuttavia fornito in diversi casi risposte - almeno qualitativamente - attendibili; d'altronde molti dei progetti di ricerca svolti a livello nazionale e internazionale ci permettono di considerare questo il campo nel quale si vedranno gli sviluppi futuri più significativi.

Dal punto di vista culturale le reti di monitoraggio diffuso realizzate con oggetti intelligenti a basso costo rappresentano una prima evoluzione della misura

dell'inquinamento con le lenzuola bianche appese alle finestre in città. Il termine "Awareness" si lega proprio a questo concetto nella doppia importante valenza, quella della consapevolezza e quella della conoscenza.

La disponibilità di soluzioni accessibili a tutti che permettano la diffusione alla cittadinanza di strumenti di monitoraggio ambientale in senso lato permette la nascita, la crescita e lo sviluppo di cittadinanza consapevole e cosciente.

La conoscenza va considerata nell'accezione latina *cognosco*, ovvero comincio ad accorgermi. Il cittadino attraverso questi strumenti viene coinvolto ed ha l'opportunità di comprendere meglio i dati che rileva e quelli che vengono forniti ufficialmente.

La consapevolezza può attivare scelte ed azioni che possono essere di stimolo all'innovazione tecnologica e/o all'attuazione di politiche volte a mitigare quei problemi riscontrati dal monitoraggio o migliorare le conoscenze sul tema. Su questo concetto, ad esempio, si basa il progetto EveryAware (cfr. paragrafo 2.2.5.1)

Inoltre la consapevolezza genera "consumatori attenti" o meglio indirizza anche il potere decisionale, aumenta il livello generale della governance e permette di migliorare tutto il sistema del monitoraggio ambientale. Poiché si crea l'esigenza di certe informazioni, si crea la domanda che può alimentare il mercato per le startup o fornire nuovi spunti agli enti preposti al monitoraggio o agli enti di ricerca.

Il coinvolgimento e la partecipazione dei cittadini e, più in generale, di tutti i soggetti a vario titolo interessati, è fondamentale per il miglioramento della qualità delle politiche pubbliche e dei processi decisionali. La domanda espressa dalla cittadinanza consapevole, supportata da un adeguato quadro legislativo, può rendere efficiente la protezione ambientale.

Per far sì che uno Smart Environment si realizzi, si evidenziano alcuni punti chiave che sono necessariamente da affrontare:

- (1) Problematiche Energetiche - Affinché le reti di monitoraggio possano essere diffuse e lavorare autonomamente senza problemi energetici e senza continue sostituzioni delle batterie, è necessario impiegare tecniche sofisticate di gestione dell'alimentazione e di logiche di misura e trasmissione del dato. A queste si devono aggiungere accumulatori di nuova progettazione con capacità elevate e capaci di lavorare in condizioni climatiche critiche.
- (2) Design del prodotto - La maggior parte dei sistemi ad oggi esistenti sono derivati da piattaforme di ricerca, solo recentemente si iniziano a realizzare soluzioni Plug&Play con accorgimenti anche in termini di design del prodotto (Ayla, Udoo, Libelium).
- (3) Standardizzazione – Tema molto delicato, carente a molti livelli. Il forte sviluppo di nuove piattaforme hardware e software varia così tanto che

l'interoperabilità è difficile da realizzare. Sono necessari standard di metadati e ontologie per permettere l'interconnessione di nodi provenienti da diversi produttori oltre a consentire l'integrazione in sistemi informativi globali condivisi.

- (4) Calibrazione e qualità dei sensori - Lo sviluppo di sensoristica ambientale a basso costo dedicata al monitoraggio ambientale è all'inizio dello sviluppo, rappresenta un mercato in forte crescita che dovrà necessariamente migliorare la qualità dei prodotti: si rende necessario un miglioramento nella qualità e nell'affidabilità, di vitale importanza per la raccolta di dati di alta qualità. E' inoltre importante definire anche le procedure di trattamento dei dati e di calibrazione dei sensori.
- (5) Sicurezza – Altro tema molto delicato è quello della sicurezza, del dato e della rete. E' immaginabile, infatti, che alcune reti di monitoraggio o alcuni dati richiedano diversi livelli di sicurezza per impedire la manomissione e la falsificazione.
- (6) Estrazione dei dati e raccolta – La tipologia di misure che deriva da questo tipo di monitoraggio è rappresentata da un grande volume di dati dove l'informazione spesso si confonde con il rumore di fondo rendendo molto complesse le operazioni di disambiguazione, filtraggio e interpretazione. E' necessaria quindi un'attività costante di normalizzazione e di markup semantico per rendere disponibile il dato. Inoltre i dati provenienti dal sensore devono essere gestiti spesso in tempo reale o in streaming sia nella loro componente spaziale che temporale.
- (7) Sviluppo di nuovi sensori: la sensoristica ha progredito enormemente in termini di dimensioni, consumo di energia e stabilità. Tuttavia sono necessari ulteriori step tecnologici volti alla miniaturizzazione, riduzione dei costi e dei consumi.
- (8) Norme: Le attuali disposizioni legislative tendono a far diminuire il numero di stazioni di monitoraggio (per una città media basterebbero due o tre stazioni per la misura della qualità dell'aria) ciò potrebbe non essere rappresentativo della situazione complessiva dell'ambiente urbano indagato, senza prendere in considerazione, ad esempio, i punti di accumulo locali (ad esempio sotto i portici, nelle strade strette), o le differenze tra il primo e l'ultimo piano, le emissioni locali (impianti di riscaldamento e rilasci locali) o anche episodiche (cantieri, ingorghi, caminetti accesi) e l'inquinamento dentro le case. Per queste attività non sarebbero sufficienti centinaia di centraline con costi insostenibili. A questo proposito è la stessa Agenzia Ambientale Europea a promuovere l'integrazione di strumenti diversi: satelliti, modelli, poche stazioni con strumenti avanzati e reti di micro sensori a basso costo gestite da volontari (scuole, associazioni, cittadini).
- (9) Formazione multidisciplinare: è essenziale che specialisti tematici siano coinvolti nella progettazione di questi sistemi sin dalla fase di progettazione e successivamente a tutte le fasi successive. La progettazione infatti non deve

essere guidata dal solo punto di vista tecnologico ma deve rispondere a esigenze tematiche specifiche. E' necessario quindi realizzare dei processi formativi multidisciplinari che comprendano nella preparazione specifica anche momenti formativi legati alle reti di sensori.

Per quanto riguarda le soluzioni open hardware, quelle impiegate sono state essenzialmente di due tipologie: una derivata da Arduino (Seeduo Studio) impiegata nei progetti di "SIM2 Villafranca" e "Early Warning" e la seconda è Raspberry PI, impiegato nella realizzazione della stazione meteo "Personal Weather Station".

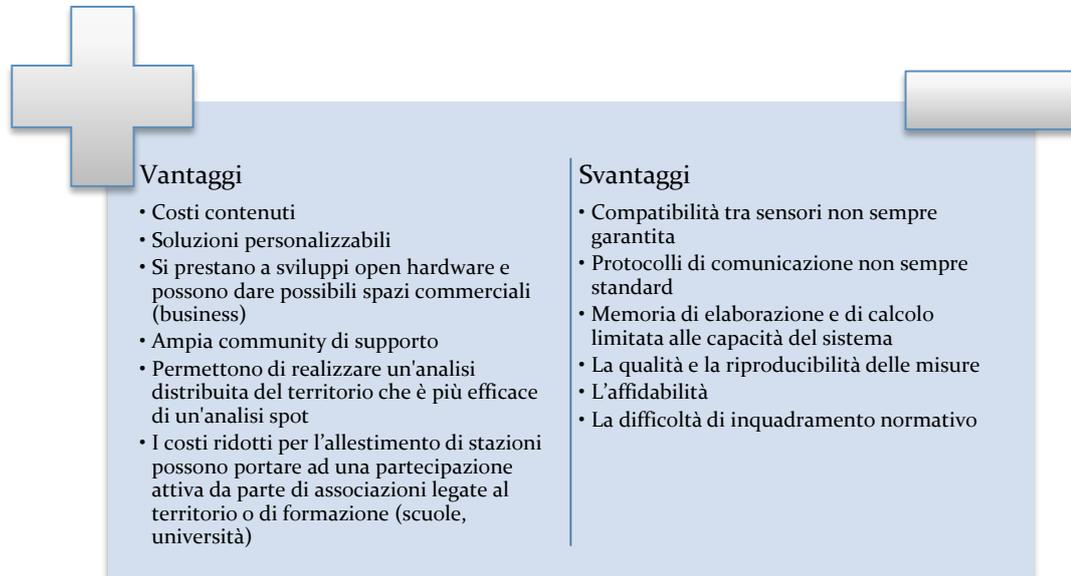
A valle dell'impiego delle due soluzioni hardware, Arduino e Raspberry, si ritiene utile fare un primo confronto tra le due piattaforme di prototipazione.

Arduino può essere classificato come scheda dedicata all'"*embedding* puro", con caratteristiche tecniche inferiori rispetto alle piattaforme RaspberryPI, ma sicuramente più modulare, duttile e parco nei consumi. La famiglia di "Arduino&Co" ha bassi consumi di corrente, usa un linguaggio derivato da C con molte librerie per lo sviluppo e una sostanziosa community di sostegno, con molte varianti ma l'ambiente di sviluppo rimane unico. Nei progetti di ricerca applicata è stato impiegato come scheda principale nel progetto "SIM² Villafranca", con i compiti di interrogazione dei sensori, *storage* in locale dei dati, gestione della connessione. Come scheda secondaria, è stato impiegato nel progetto "Early Warning". In quest'ultimo progetto sono state impiegate due schede Seeduo: una nella stazione di monte, con i compiti di controllo accensione della webcam, conversione analogica-digitale del segnale del pluviometro, della temperatura e conteggio dell'intensità di pioggia per la verifica del superamento soglia; nella stazione di valle si occupa dei sonar (misura della distanza tra sensore e alveo del torrente) e della gestione dei cavi a strappo, convertendo il segnale di on/off in allarme.

Raspberry PI è un vero e proprio pc completo, con elevate capacità multimediali (audio e video), elevata memoria RAM (256 o 512 MB) molte porte I/O e uno slot dedicato alle connessioni con PIN (connettore GPIO), compatibile con gli Shield Arduino; a questo si aggiunge il vantaggio di avere un vero e proprio sistema operativo installabile su SD esterna (tipicamente versioni dedicate di software basati su piattaforma Linux). Ai vantaggi rappresentati dalle caratteristiche tecniche e dalla possibilità di sfruttare software complessi grazie alla presenza di un vero e proprio sistema operativo, si contrappongono gli svantaggi di cui il principale è legato agli elevati consumi e alla scarsa modularità hardware che non permette di "evitare/non avere" periferiche non necessarie. Altra differenza significativa è che Arduino si interfaccia senza problemi con i sensori analogici, mentre Raspberry PI ha bisogno di un convertitore analogico digitale. Lo stesso confronto può essere fatto sui costi: Arduino in generale ha costi inferiori rispetto a Raspberry PI ed infine le specifiche tecnico/costruttive di Raspberry PI sono note e ben dettagliate ma non sono

pubbliche, mentre Arduino è un vero e proprio open hardware con schede riproducibili.

Si riporta di seguito uno schema riassuntivo dei vantaggi e degli svantaggi nell'impiego di soluzioni open hardware:



I problemi e le criticità riscontrate nello svolgere le attività di ricerca applicata sono ascrivibili a due categorie: problemi specifici e problemi generici.

I problemi specifici sono affrontati al termine di ogni paragrafo dedicato all'attività di ricerca applicata, capitolo 3, e riguardano problemi legati alla specificità e problematiche intrinseche al tema. I problemi generici invece si sono presentati in tutte le attività e sono indicativi delle problematiche generiche che possono affliggere il monitoraggio diffuso, le reti di monitoraggio e lo "Smart Environment Monitoring" in genere.

Essenzialmente si sono riscontrati problemi energetici, legati al bilanciamento tra performance, consumi e frequenza di campionamento. Problemi si sono riscontrati anche nella stabilità della connessione, tutti i progetti hanno utilizzato connessione su rete cellulare, impiegando modem GPRS/UMTS che attraverso l'impiego di Smartphone. Il problema energetico e il problema di connessione sono uniti dai consumi elevati degli apparati modem, che hanno messo in crisi più volte pannelli solari e batterie dei diversi progetti (in particolare Villafranca).

Lo scenario che si prefigura è quello di avere a disposizione una sensoristica diffusa, che, sfruttando flussi di dati già esistenti, crea una griglia di monitoraggio finemente

distribuita che utilizza la sensoristica ufficiale, ad elevato costo, per funzioni di *benchmarking*.

L'infrastruttura abilitante è sicuramente la rete, l'approccio è di tipo bottom-up; la griglia, diffusa come un tessuto sull'area da monitorare, evidenzia le anomalie locali che sono caratterizzate e analizzate impostando monitoraggi di alto livello, dedicati e con costi e precisioni maggiori. In questo modo l'ambiente diventa *smart*, il monitoraggio diventa pervasivo e sfrutta l'intelligenza sociale e le *communities* per ottimizzare l'*empowerment* sociale che ottimizza la *governance* del territorio.

6 BIBLIOGRAFIA

- AKAMAI (2013): The State of the Internet. Disponibile online in <http://www.akamai.com/>.
- Al Gore (1998): The Digital Earth. Understanding our planet in the 21st Century. California Science Center. Los Angeles, California (USA), 31.01.1998. Disponibile online in www.isde5.org/al_gore_speech.html.
- Augusto, JuanCarlos (2007): Ambient Intelligence: The Confluence of Ubiquitous/Pervasive Computing and Artificial Intelligence. In: AlfonsJ Schuster (a cura di): Intelligent Computing Everywhere: Springer London, pp. 213-234. Disponibile online in http://dx.doi.org/10.1007/978-1-84628-943-9_11.
- Borga, Giovanni (2011): City Sensing. Dottorato di Ricerca in Nuove Tecnologie & Informazione Territorio Ambiente - (NT&ITA). Università IUAV di Venezia, Venezia.
- Borga, Giovanni (2014): City Sensing. Approcci, metodi e tecnologie innovative per la città intelligente. in stampa: Franco Angeli (Urbanistica).
- CISCO (2013): Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2012–2017 February. White Paper.
- Cook, Diane (2005): Smart environments. Technology, protocols and applications. Hoboken, N.J: Wiley.
- Cook, Diane J.; Augusto, Juan C.; Jakkula, Vikramaditya R. (2009): Ambient intelligence: Technologies, applications, and opportunities. In: *Pervasive and Mobile Computing* n. 4, 5, pp. 277–298. DOI: 10.1016/j.pmcj.2009.04.001.
- CRS - Vienna University of Technology (2013): european smart cities. Disponibile online in www.smart-cities.eu, modificato il 13 novembre 2013.
- Ducatel, Ken (2001): Scenarios for ambient intelligence in 2010. Final report. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Eye on Earth Users (2013): Eye on Earth Network – DUBLIN STATEMENT. Dublino, 06.03.2013. Statuto.
- Figaro ldt: Catalytic Combustible Gas Sensors. Disponibile online in <http://www.figarosensor.com/>, consultato il Novembre 2013.
- Figaro ldt: Operating principle of semiconductor type gas sensors. Disponibile online in <http://www.figaro.co.jp/en/item2.html>, consultato il Dicembre 2013.
- Gertz, Emily; Di Justo, Patrick (2012): Environmental monitoring with Arduino. 1st ed. Sebastopol, CA: O'Reilly (Project book).
- Hart, Jane K.; Martinez, Kirk (2006): Environmental Sensor Networks: A revolution in the earth system science? In: *Earth-Science Reviews* n. 3-4, 78, pp. 177–191. DOI: 10.1016/j.earscirev.2006.05.001.

Honeywell: Principi di base del rilevamento dei Gas. Disponibile online in www.honeywellanalytics.com, consultato il Novembre 2013.

Iandelli, Niccolò (2011): Microdispositivi per Informazione Territoriale e Ambientale. Assegno di Ricerca IUAV. Università IUAV di Venezia. Venezia. Disponibile online in www.ricercasit.it.

Iandelli, Niccolò; Giannotti, Vincenzo; Di Prinzio, Luigi: Il monitoraggio e la gestione, attraverso servizi LBS, di eventi diffusi sul territorio. In: La smart city al servizio del cittadino - la call for papers di smart cities exhibition 2013, t. 2. Disponibile online in <http://goo.gl/BuX95E>.

IBSG Cisco (2011): The Internet of Things. How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything. Con la collaborazione di Dave Evans.

ISDE (2009): 2009 Beijing Declaration on Digital Earth. In: *International Journal of Digital Earth* n. 4, 2, pp. 397–399. DOI: 10.1080/17538940903444380.

ISI, UCL, LUH, VITO, PHYS-SAPIENZA (2012): EveryAware. Enhancing environmental awareness through social information technologies. White Paper. Disponibile online in <http://www.everyaware.eu>.

Kurzweil, Ray. (2005): The singularity is near. When humans transcend biology. New York: Viking.

Luca Menini (2011): Wikinomics. Ciclo Seminari Scuola Dottorato NT&ITA, 21.01.2011. Disponibile online in <http://www.slideshare.net/lmenini/wikinomics-6644915>.

Marcuscalabresus; Napy65; Pracchia-78; 33 Modifiche anonime. (2013): Maker. a cura di Wikipedia. Disponibile online in <http://it.wikipedia.org/wiki/Maker>, consultato il 28 ottobre 2013.

Milan Konecny (2011): The DIgital Earth Vision. Isde 7th. International Society for Digital Earth. Perth, 2011.

Neil Gross (1999): The Earth will don an electronic skin. 21 Ideas for the 21st century. In: *Businessweek* 1999, 30.08.1999. Disponibile online in http://www.businessweek.com/1999/99_35/b3644024.htm.

OGC, Open Geospatial Consortium (2005): Open Location Services: OGC.

O'Reilly, Tim (2005): WEB 2.0. TTI VANGUARD. O'Reilly, 01.12.2005.

Patrino, P. (2013): R-map. Rete monitoraggio ambientale partecipativo. Linuxday 2013. Erlug: Emilia Romagna Linux Users Group. Bologna, 2013. Disponibile online in <http://erlug.linux.it>, consultato il Dicembre 2013.

Ragnoli, Antonella; Iandelli, Niccolò; Mancuso, Andrea: Viamont Street Model. Sistema sperimentale di monitoraggio e comunicazione per il miglioramento della sicurezza stradale in contesto montano. In: La smart city al servizio del cittadino - la

call for papers di smart cities exhibition 2013, t. 2. Disponibile online in <http://goo.gl/BuX95E>.

Razzara, Niccolò (2011): City sensing: nuovi strumenti per il monitoraggio ambientale. Triennale. Università di Padova, Padova. Facoltà di Scienze statistiche. Disponibile online in <http://tesi.cab.unipd.it/27998/>.

Rheingold, Howard (1993): The Virtual Community: Finding Connection in a Computerized World: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.

Shiode N.; Li C.; Batty M.; Longley PA.; Maguire D. (2002): The impact and penetration of location-based services. CASA - Centre for Advanced Spatial Analysis - UCL Discovery. London. Disponibile online in <http://discovery.ucl.ac.uk/246/>.

Tapscott, Don; Williams, Anthony D. (2006): Wikinomics: How Mass Collaboration Changes Everything: Portfolio Hardcover. Disponibile online in <http://www.amazon.com/exec/obidos/redirect?tag=citeulike07-20&path=ASIN/1591841380>.

Tarsi T.: Sint Wind PI. Disponibile online in <https://github.com/ToninoTarsi/swpi>.

Virrantaus, K.; Markkula, J.; Garmash, A.; Terziyan, V.; Veijalainen, J.; Katanosov, A.; Tirri, H. (a cura di) (2001): Developing GIS-supported location-based services. Web Information Systems Engineering, 2001. Proceedings of the Second International Conference on. Web Information Systems Engineering, 2001. Proceedings of the Second International Conference on (2).

Weiser, M. (1993): Ubiquitous Computing. In: *Computer* n. 10, 26, pp. 71–72. DOI: 10.1109/2.237456.

Wikipedia (2013a): Digital Earth. Con la collaborazione di Alan Liefing, Astanhope, BD2412, Brandon, CHerring, ChrisGualtieri e Derek R Bullamore. Wikipedia. Disponibile online in www.wikipedia.com.

Wikipedia (2013b): Internet_delle_cose. Disponibile online in http://it.wikipedia.org/wiki/Internet_delle_cose.

7 WEB

www.georgiaweather.net
www.ipswatch.sr.unh.edu
www.pmel.noaa.gov
airqualityegg.com
barolo.ipc.uni-tuebingen.de/awacss/
fiji.eecs.harvard.edu/Volcano
goo.gl/78wwk5
green.kingcounty.gov/lake-buoy/
hackerspaces.org
makenzine.com
meteo.robotware.it
nanotech.dtu.uk
publiclab.org/wiki/roomba-indoor-air-quality-mapping
uv.biospherical.com/
waterdata.usgs.gov/nwis/
www.airpi.es
www.alphasense.com
www.arduino.com
www.argentdata.com
www.arpa.veneto.it
www.aylanetworks.com
www.beagleboard.com
www.cbos.org
www.citytech.com
www.cs.kent.ac.uk/projects/secoas/
www.e2v.com
www.ecn.ac.uk/
www.enveve.com
www.envisense.org
www.epa.gov
www.everyaware.eu
www.everyaware.eu/
www.eyeonearth.org
www.figarosensor.com
www.fitbit.com
www.frost.com
www.galaxyzoo.org
www.gassensing.co.uk
www.glacsweb.org
www.ibm.com
www.iris.edu
www.itu.itn
www.jawbone.com
www.libelium.com
www.londonair.org.uk
www.meteonetwork.it
www.minteos.com
www.mysound.uconn.edu
www.ndbc.noaa.gov/dart.shtml
www.netatmo.com
www.opengeospatial.org
www.openstreetmap.org
www.openingsn.org
www.quantifiedself.com
www.quinary.it
www.raspberrypi.org
www.raspibo.org
www.resmia.eu
www.seco.com
www.sensaris.com
www.sensaris.com
www.sensorwaresystems.com
www.sharpsme.com
www.sinanet.isprambiente.it/it
www.smart-cities.eu
www.smartcitizen.me
www.tinkerkit.com
www.udoo.org
www.unisky.it
www.unitec-srl.com
www.vololiberomontecucco.it
www.waterontheweb.org/index.html
www.wavcis.lsu.edu/aboutus.asp
www.wcc.nrcs.usda.gov/snow/
www.wesense.eu
www.wikipedia.org
www.wmo.int
www.wunderground.com
www.wxqa.com

ALLEGATI

ESPERIENZE E PRODOTTI MATURATI NEL TRIENNIO DOTTORALE

Nell'ambito del triennio di dottorato ho potuto realizzare molte attività che possono essere ricondotte alla categoria dei "prodotti della ricerca". Tra queste le più importanti sono le pubblicazioni, le presentazioni a seminari e convegni, seguite poi dalle attività di supporto alla didattica e di supporto ai lavori di tesi delle lauree triennali e magistrali in SIT & TLR.

PUBBLICAZIONI

Grazie alla collaborazione con il gruppo di ricerca NT&ITA in questi 3 anni di attività sono state realizzate diverse pubblicazioni, nazionali e internazionali:

- Camporese Rina, Iandelli Niccolò - "Fire, earthquake, landslide, volcano, flood: first approach to a natural hazard map of Italy" - Proceedings Spatial2, Foggia, September 1-2, 2011 - ISBN 978-88-96025-12-3



<http://goo.gl/scYsSo>



-
- Giovanni Borga, Rina Camporese, Niccolò Iandelli and Antonella Ragnoli - "New Technologies and Statistics: Partners for Environmental Monitoring and City Sensing" - SIS 2011 Statistical Conference, Bologna 8-10 June 2011, Quaderni di Dipartimento, Serie Ricerche 2011, n.2 - ISSN 1973-9346



<http://goo.gl/ksfypY>



-
- Giovanni Borga, Rina Camporese, Luigi Di Prinzio, Niccolò Iandelli, Stefano Picchio, Antonella Ragnoli - "New technologies and eo sensor data build up knowledge for a smart city" - Proceedings International conference "From Space To Earth", Venezia, Corila 21-23 marzo 2011.



<http://goo.gl/OknCIE>



-
- Antonella Ragnoli, Niccolò Iandelli, Andrea Mancuso - "Viamont Street Model - Sistema sperimentale di monitoraggio e comunicazione per il miglioramento della sicurezza stradale in contesto montano" - "Smartcity Exhibition" Bologna 16-17-18 Ottobre 2013, in "La smart city al servizio del cittadino - la call for papers di smart cities exhibition 2013" - Dicembre 2013, realizzata da FORUM PA, Volume 1.



<http://goo.gl/BuX95E>



- Niccolò Iandelli, Vincenzo Giannotti e Luigi Di Prinzio – “Il monitoraggio e la gestione, attraverso servizi LBS, di eventi diffusi sul territorio - Smartcity Exhibition Bologna 16-17-18 Ottobre 2013 in “La smart city al servizio del cittadino - la call for papers di smart cities exhibition 2013” – Dicembre 2013, realizzata da FORUM PA, Volume 2.



<http://goo.gl/BuX95E>



- Niccolò Iandelli – Nuove Tecnologie per la divulgazione geologica e geoturistica – GEOmedia Vol 17, n°3 (2013).



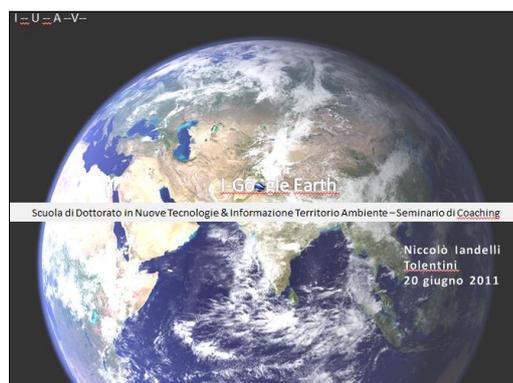
<http://goo.gl/7GxdBc>



SEMINARI, CONVEGNI E CONFERENZE

Numerose sono state le occasioni per presentare gli argomenti affrontati durante il percorso di dottorato, sia relativi ad argomenti centrali che di scenario. Le presentazioni a seminari, convegni e conferenze sono state anche importanti occasioni di confronto utili a correggere o approfondire alcuni argomenti.

All’inizio del percorso ho organizzato e tenuto il seminario di *coaching*, per la Scuola di Dottorato NT&ITA, dal titolo “i-Google Earth”, tenuto il 20 giugno 2011.



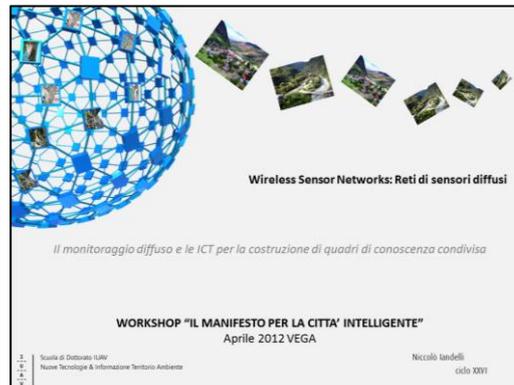
Il seminario ha avuto come oggetto gli strumenti e le opportunità offerte da Google Earth, uno dei più diffusi e versatili “Globi Virtuali” .



<http://goo.gl/guBeBn>



Il 13 aprile 2012 ho tenuto un intervento nell'ambito del convegno “Il manifesto per la città intelligente”(ore 09.30 – 11.30, Parco scientifico e tecnologico VEGA – Marghera) dal titolo Wireless “Sensor Networks: Reti di sensori diffusi”.



Il seminario ha avuto come oggetto la presentazione dell'attività di ricerca, agli inizi del percorso di ricerca.



<http://goo.gl/onMqVs>



Ho tenuto un seminario il giorno 27 Settembre 2012 dal titolo “Open Gis ” nell'ambito delle “Iniziative di riallineamento culturale e tecnologico rivolte alle strutture tecniche della Provincia, dei Comuni, ai dottorandi IUAV e ai professionisti della provincia di Venezia”.



Il seminario ha avuto come oggetto gli strumenti e le opportunità dei software GIS open source, la presentazione dei software più diffusi (Quantum GIS, GvSIG, uDig, Jump, Grass, Kosmo) e l'analisi delle maggiori funzionalità.



<http://goo.gl/NPRHrY>



<http://goo.gl/8ye8Ta>



Ho tenuto un intervento il giorno 16 Ottobre 2013 dal titolo “*Monitoraggio diffuso: piccoli passi verso l'intelligenza ambientale*” nell'ambito del workshop “L'innovazione nel monitoraggio ambientale” organizzato da ARPAV a Padova presso la Sala Consiliare della Provincia di Padova - Palazzo Santo Stefano.



<http://goo.gl/h9msnz>



Ho tenuto un seminario il giorno 12 Febbraio 2013 dal titolo “*Monitoraggio diffuso e partecipato*” nell'ambito del ciclo SIMINARIA, una serie di seminari scientifici su argomenti di interesse meteorologico, idrologico, climatico e di qualità dell'aria organizzati dall'ARPA Emilia Romagna.



<http://goo.gl/KJHyI5>



ATTIVITÀ DI SUPPORTO ALLA DIDATTICA

Nel corso del dottorato l'attività di supporto alla didattica svolge un ruolo formativo importante, molte sono state le attività che ho svolto legate all'attività didattica; i temi hanno riguardato sia lezioni di carattere generale sia argomenti specifici, i primi orientati soprattutto ai sistemi informativi territoriali mentre i secondi hanno riguardato più prettamente argomenti specifici della ricerca, come i sensori, le reti di sensori e il monitoraggio diffuso. Il supporto alla didattica ha riguardato:



Corso di Laurea Magistrale in Sistemi Informativi Territoriali e Telerilevamento, Laboratorio Tecnologico del I e del II anno di corso tenutosi a Feltre nel Maggio 2011 e nel Giugno 2012 .

Master SIT & TLR II° livello, Modulo GIS, Docente di Laboratorio. Venezia, Marzo-Aprile 2012.



Master di II° livello in "Design della montagna", lezione introduttiva ai software GIS. Feltre, Maggio 2013.



Master di II° Livello "Smart City Lab", Seminario - Reti di sensori per il monitoraggio diffuso. VEGA Venezia, Maggio 2013.

Altri momenti di formazione e ricerca hanno riguardato il supporto alle tesi, in particolare ho seguito in qualità di correlatore le seguenti tesi:

- Dott.ssa Martina Cazzin - "Carta della vegetazione delle barene della laguna di Venezia metodologie applicate e sperimentate" - Master Universitario di II° livello in "Sistemi Informativi Territoriali & Telerilevamento", Aprile 2011.

- Dott. Geol. Arziliere Luciano - "Condivisione di dati territoriali per la gestione e l'aggiornamento degli eventi franosi" - Master Universitario di II° livello in "Sistemi Informativi Territoriali & Telerilevamento", Giugno 2011.
- Dott.ssa Daniela Pasqualini, dal titolo "Conoscenza condivisa per la mitigazione del rischio idrogeologico" sulla tematica del rischio idraulico, Master Universitario di II° livello in "Sistemi Informativi Territoriali & Telerilevamento", Ottobre 2011.
- Dott.ssa Michaela Rodriguez - "Uso integrato di Sistemi di OT a microonde SAR e tecnologie Lidar nel processo di resilienza al rischio idrologico/idraulico in ambito Urbano" – Laurea Specialistica in "Sistemi Informativi Territoriali & Telerilevamento", Marzo 2012.
- Dott. Michele Baggio – Sensori ambientali portatili - Corso di Laurea Triennale in "Scienze della Pianificazione Urbana e Territoriale. – Laurea Specialistica in "Sistemi Informativi Territoriali & Telerilevamento", 2012.
- Dott.ssa Cristina Ongaro - Smart River: Geoict per la gestione della Risorsa Idrica. Laurea Specialistica in SIT & TLR. – Laurea Specialistica in "Sistemi Informativi Territoriali & Telerilevamento", Marzo 2013.
- Dott. Ivano Boscolo Nale - "LBS(Location Based Services) per il tracciamento di persone attraverso smartphone" – Laurea Specialistica in SIT & TLR. – Laurea Specialistica in "Sistemi Informativi Territoriali & Telerilevamento", Marzo 2013.

RINGRAZIAMENTI

Si finisce ringraziando....

i miei colleghi di dottorato per il supporto reciproco in tutto il triennio

Luigi Di Prinzio e tutto il gruppo di Unisky, Giovanni, Stefano, Andrea e Ketty.

Luca Menini per gli indispensabili consigli e per l'entusiasmo in tutto quello che fa!

Paolo Calvani un vero "Smart Citizen"

...e sicuramente avrò dimenticato qualcuno...