

# Sonificazione dei dati e sicurezza informatica nelle reti di distribuzione idrica.

Il caso C-Town

Il progetto si basa su un caso di studio sviluppato per una competizione internazionale, descritto in:

Taormina, R. and Galelli, S., Deep-Learning Approach to the Detection and Localization of Cyber-Physical Attacks on Water Distribution Systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 144(10), p.04018065 (2018)  
[<https://github.com/rtaormina/aeed>]

## Note al testo

Helvetica, Max Miedinger e Eduard Hoffmann, 1957, utilizzato nelle versioni Light e Light Oblique.  
Ciudadella - Rounded, Eduardo Manso, 2015, utilizzato nelle versioni Light, Regular, Medium e Bold.

Imitlin Neve 125 gr  
Freelife 120/220 gr

Stampato a Lissone nel mese di Aprile 2019  
presso Arti Grafiche Meroni Srl e rilegato a Cesana Brianza,  
presso Legatoria Galli Angelo Snc di G. Paolo e Maria Pia

Tesi di Ginevra Terenghi

Matricola 10549867

Relatore: Paolo Ciuccarelli

Correlatrice: Sara Lenzi

Politecnico di Milano

Scuola del Design

LM - Design della Comunicazione

A.A. 2018/2019



<b>ABSTRACT</b>	1
<b>1. INTRODUZIONE AL PROGETTO</b>	5
1.1. Importanza del ruolo della comunicazione	6
1.2. Diffusione degli attacchi come problema emergente	8
<b>2. COSA SI INTENDE PER SONIFICAZIONE</b>	9
2.1. Classificazione delle tecniche	12
2.1.1. <i>Audification</i>	
2.1.2. <i>Parameter Mapping Sonification</i> (PMSon)	
2.1.3. <i>Model-based Sonification</i>	
2.2. Interesse per questo progetto	15
<b>3. ANALISI DEL CONTESTO PROGETTUALE</b>	17
3.1. Struttura e componenti delle reti idriche	18
3.2. Utente di riferimento: l'analista	19
3.3. Software in uso nel settore	21
3.3.1. Software per la ricerca	
3.3.2. Software per il monitoraggio	
3.4. Processo di rilevazione delle anomalie	28
3.4.1. Anomalie di origine fisica	
3.4.2. Anomalie di origine informatica	
3.5. Tipologie di attacchi	30
3.5.1. Attacco fisico ad una componente	
3.5.2. Attacco fisico ad un collegamento	
3.5.3. Attacco alla connessione tra due componenti	
3.5.4. Attacco diretto al sistema di monitoraggio	
3.6. Sistema attuale di allerta	34
3.7. Definizione dei problemi	35
3.7.1. Quantità di dati	
3.7.2. Sovraccarico visivo	
3.7.3. Falsi positivi	
3.7.4. <i>Replay Attacks</i>	

<b>4. ANALISI DELLA LETTERATURA</b>	37	<b>6. ESPERIMENTO</b>	77
4.1. Attacchi informatici e monitoraggio	39	6.1. Riferimenti teorici	78
4.2. Sonificazione	41	6.2. Protocollo di valutazione	80
4.3. Percezione ed effetti del suono	44	6.2.1. Questionario preliminare per definire i tester	
<b>5. PROGETTO</b>	47	6.2.2. Test sulla comprensione delle sonificazioni	
5.1. Caso studio di C-Town	48	6.2.3. Intervista finale	
5.2. Approccio	51	6.3. Sito internet per la condivisione del materiale	86
5.3. Dati: tra sensori ed algoritmo	53	6.4. Possibili bias	87
5.4. Costruzione del suono	54	6.5. Ipotesi preliminare	88
5.4.1. File MIDI: struttura della sonificazione		6.6. Descrizione dei tester	89
5.4.2. Ableton Live: componente estetica		6.7. Analisi dei risultati	91
5.5. Prototipi	57	6.7.1. Comprensione del significato	
5.5.1. Primo Prototipo: Embodied Sonification	58	6.7.2. Giudizio sulla struttura delle sonificazioni	
5.5.1.1. Tentativo di condivisione di un prototipo sonoro		6.7.3. Design del suono	
5.5.1.2. Feedback		6.7.4. Applicazione nel mondo reale	
5.5.1.3. Cosa non ha funzionato		6.7.5. Preferenze	
5.5.2. Secondo Prototipo	63	6.7.6. Strategia di decodifica	
5.5.2.1. Scenario 1 - Delay		6.8. Percezione e preferenza	115
5.5.2.2. Scenario 2 - Length		<b>7. POSIZIONAMENTO E CONTRIBUTO DEL PROGETTO</b>	117
5.5.2.3. Scenario 3 - Repetition		<b>8. Bibliografia e sitografia</b>	120
5.5.2.4. Scenario 4 - Pitch		<b>9. Allegati</b>	126
5.5.2.5. Perfezionamento delle modalità di condivisione		9.1. Domande del questionario preliminare	
5.5.2.6. Feedback		9.2. Test / commenti liberi	
5.5.2.7. Selezione ed implementazione		9.3. Struttura dell'intervista finale	
5.5.3. Prototipo definitivo	72	9.3.1. Trascrizioni delle interviste	
5.5.3.1. Scenario 1 - Length		9.3.2. Tabelle dei commenti	
Versione A [1A]		<b>10. Indice delle tavole</b>	154
Versione B [1B]			
5.5.3.2. Scenario 2 - Repetition			
Versione A [2A]			
Versione B [2B]			

## ABSTRACT

[argomento]

Il progetto si inserisce nel campo della sicurezza informatica applicata alle reti di distribuzione idrica e prevede lo sviluppo di un codice sonoro, che permetta agli analisti di tenere costantemente monitorato lo stato del sistema e, in caso di attacco informatico, guidi l'approfondimento successivo ai modelli visivi attualmente in uso.

Lo scopo della sonificazione non è quello di sostituire la comunicazione visiva, ma precedere ed, eventualmente, facilitare l'analisi di quest'ultima.

L'esigenza di un sistema in grado di rilevare le anomalie in modo più costante e accurato deriva dal numero crescente di attacchi fisico-informatici perpetrati ai danni delle reti idriche, che provvedono alla distribuzione dell'acqua. I metodi tecnologici con cui queste reti vengono gestite offrono la possibilità di tenere monitorato lo stato di ogni componente, facilitando però le incursioni informatiche.

Da questo problema emerge la domanda di ricerca del progetto di tesi:

[domanda]

**Può il suono garantire un monitoraggio costante dello stato del sistema e comunicare, qualora presenti anomalie, le informazioni necessarie per guidare l'operatore in un'analisi visiva più approfondita?**

[ipotesi]

La nostra ipotesi considera il linguaggio sonoro particolarmente adatto alla comunicazione delle informazioni utili in questa direzione. La quantità di dati e la varietà delle indicazioni, infatti, oltre che la natura diversificata delle attività svolte dall'analista durante la giornata lavorativa, impediscono all'attenzione di quest'ultimo di concentrarsi completamente sull'analisi visiva offerta dagli schermi.

Inoltre, dalla letteratura presa in considerazione, è emerso quanto il suono si presti particolarmente a restituire informazioni che comprendono variabili di tempo, pattern di andamento e grosse quantità e varietà di dati: tutte caratteristiche presenti in questo contesto.

[metodo di ricerca]

I metodi di sonificazione progettati descrivono lo stato del sistema, segnalandone il livello di anomalia, qualora presente. Quest'ultimo viene calcolato dalla differenza tra i dati provenienti dai sensori posti sulla rete e i valori corrispettivi predetti da un algoritmo (sviluppato da Galelli e Taormina), che non considera possibili irregolarità.

Un esperimento effettuato su un campione ridotto di potenziali utenti ha permesso di testare l'efficacia delle diverse proposte e di raccogliere indicazioni utili per il progetto di un ulteriore prototipo.

[risultati]

L'ipotesi di partenza sembra essere stata confermata. Gli utenti di riferimento hanno accolto positivamente la nostra proposta, rendendosi disponibili ad iniziare ad usare il prototipo nella loro attività lavorativa. I risultati mostrano come i tester siano, nella maggior parte dei casi, riusciti a cogliere le

informazioni principali veicolate dal suono, sebbene abbiano riscontrato una maggior difficoltà nel riconoscimento delle informazioni di secondo livello. Questa difficoltà potrebbe essere superata, secondo la nostra ipotesi avvalorata dai loro stessi commenti durante l'intervista finale, con un periodo di training adeguato.

Gli stessi tester hanno poi evidenziato l'importanza della definizione del suono, il cui design è fondamentale, non solo per il ruolo invasivo che ricopre, ma anche per garantire una migliore comprensione del messaggio veicolato.

[nel futuro]

Le informazioni qualitative emerse dall'esperimento andrebbero innanzitutto integrate con un numero di risposte sufficiente a garantire un'analisi i cui risultati possano essere considerati statisticamente rilevanti.

Poi, bisognerebbe organizzare un nuovo esperimento, inserendo le sonificazioni nel processo completo di analisi, per testare il ruolo del suono come guida nei confronti dell'interfaccia visiva attualmente in uso.

Infine, sarebbe interessante considerare la ri-progettazione delle visualizzazioni, in funzione del rapporto che l'introduzione della sonificazione inaugura tra il linguaggio visivo e quello sonoro.

# 1. INTRODUZIONE AL PROGETTO

## **DensityDesign Lab**

è un laboratorio di ricerca che si trova nel dipartimento di Design del Politecnico di Milano e si occupa della rappresentazione visiva di dati e temi complessi, di organizzazioni e di fenomeni sociali, tramite l'uso di visualizzazioni che hanno scopo esplorativo e comunicativo.

A partire dal mese di Marzo 2018, concluso il secondo anno del corso di Laurea Magistrale, ho svolto il tirocinio presso il laboratorio di ricerca **DensityDesign** del Politecnico di Milano. Durante questo periodo ho collaborato ad un progetto di ricerca già attivato dalla dottoranda Sara Lenzi, proposto da due studiosi italiani, Stefano Galelli, Assistant Professor e Riccardo Taormina, Post Doctoral Researcher, entrambi attualmente in attività presso la Singapore University of Technology and Design.

Il lavoro ha richiesto la progettazione di un codice sonoro in grado di comunicare agli analisti che se ne occupano lo stato del sistema, permettendo così di riconoscere le anomalie e poter intervenire in caso di attacchi informatici. Questo progetto, pertanto, integra le competenze di tre discipline diverse: Design, Ingegneria Informatica e Ingegneria Ambientale. Le caratteristiche della comunicazione di cui il Design è chiamato ad occuparsi determinano, in questo contesto, la prevenzione del problema. Un suono ben progettato infatti, permetterebbe agli analisti di capire i sintomi di un attacco e intervenire prima che il sistema venga compromesso gravemente.

Sara Lenzi si è formata presso il Conservatorio di Bologna, dove ha studiato *Sound Design for Multimedia* e Sassofono, e ha successivamente conseguito un Master in Musica Elettronica. Presso l'Università della stessa città si è laureata in Filosofia, per poi occuparsi di comunicazione sonora in campo pubblicitario. La sua ricerca di dottorato consiste nell'indagine dell'uso del suono per la rappresentazione dei dati. In particolare, la sua ricerca propone un approccio design-driven alla sonificazione di sistemi di monitoraggio di dati in tempo reale basati su Intelligenza Artificiale, finalizzato a migliorare il processo decisionale degli esperti di sicurezza.

Stefano Galelli si è laureato al Politecnico di Milano in *Environmental and Land Planning Engineering*, per poi conseguire presso la stessa Università un dottorato in *Information and Communication Technology*.

Riccardo Taormina, invece, ha studiato *Environmental Engineering* presso il Politecnico di Torino e in seguito si è spostato alla Hong Kong Polytechnic University, per seguire il dottorato di *Coastal and Hydraulic Engineering*. Attualmente, Galelli e Taormina lavorano entrambi alla Singapore University of Technology and Design, dove si occupano di sicurezza informatica applicata alle reti di distribuzione idrica.

Il linguaggio sonoro assolve nel progetto il compito di principale elemento comunicativo. La sua introduzione si deve al contesto in cui lavorano gli analisti, ai quali, visti i vari compiti a cui devono adempiere durante l'attività lavorativa, non è concesso rimanere focalizzati visivamente sugli schermi che comunicano i dati relativi al sistema. La tesi segue questo progetto dalla formulazione dell'idea fino allo svolgimento del primo esperimento sul prototipo definitivo, dopo il quale sono previsti altri passaggi attualmente non ancora svoltisi. Ho accettato di lavorare a

questo progetto per l'utilità e l'innovazione del campo di ricerca. La letteratura presa in riferimento, infatti, ha dimostrato come, l'argomento affrontato sia un problema attuale, per il quale, mentre l'Ingegneria è chiamata ad occuparsi degli algoritmi in grado di rilevare le anomalie, al Design è chiesto di pensare ad un metodo comunicativo che permetta di riconoscere e intervenire in maniera sempre più veloce e precisa. L'elemento di innovazione, invece, è introdotto dal metodo con cui si è cercato di affrontare il problema: la sonificazione. Nonostante l'introduzione di quest'ultima non sia propriamente recente, il tentativo di categorizzare i suoni in base al significato che contribuiscono a veicolare, indica come i dati attualmente a disposizione e i contesti in cui ne è richiesta l'analisi possano trarre vantaggio dall'introduzione di un linguaggio differente rispetto quello principale della vista.

[GIUGNO/AGOSTO] 2018	analisi della letteratura e dei casi di studio;
[SETTEMBRE/ OTTOBRE]	definizione del progetto ed esplorazione dei suoni;
[NOVEMBRE]	definizione del prototipo;
[DICEMBRE]	definizione dell'esperimento;
[GENNAIO] 2019	test e interviste;
[FEBBRAIO/ MARZO]	analisi dei risultati e conclusioni;

(II) tradotto da: "[...] different kinds of visualization create different kinds of knowledge."

(III) tradotto da: "[...] visualizations may be considered as a process."

comunicativo l'importanza dello scopo. La complessità delle informazioni che la visualizzazione è chiamata a raccontare non deriva necessariamente dalla quantità dei dati o dalle variabili contenute in essi, né dalle tecnologie utilizzate per la trasmissione del messaggio, quanto piuttosto dalla scelta del percorso narrativo che il designer è chiamato ad effettuare. Le progettazioni visive, così come gli altri lavori nel campo del design, sono guidate dall'analisi riguardo al contesto, alle finalità e agli utenti. Queste informazioni influiscono in maniera diretta sulla scelta del metodo di rappresentazione, che a sua volta concorre a definire il tipo di conoscenza che viene diffuso: diversi tipi di visualizzazioni creano differenti tipi di conoscenza (II). In questo modo, si crea un procedimento circolare, in cui comunicazione ed informazioni si influenzano a vicenda: le visualizzazioni derivano dalla conoscenza che contribuiscono ad approfondire e le scelte visive determinate dalle informazioni a disposizione condizionano a loro volta la comprensione. Per questo motivo le visualizzazioni non costituiscono l'esito finale dell'analisi, ma rappresentano un processo di creazione continua, durante la quale la prospettiva del designer emerge in maniera più o meno esplicita.

Nelle conclusioni del documento, viene specificato che la visualizzazione deve essere considerata un processo (III) nella sua interezza, e non una singola sua fase. La differenza tra la visualizzazione come fase di un processo e la visualizzazione come processo intero potrebbe essere rilevante per specificarne la struttura: la fase di analisi precedente e la fase di lettura e interpretazione seguente fanno parte del processo-visualizzazione, quanto la fase centrale composta dalla scelta del metodo visivo e dalla sua realizzazione.

Ciò che è stato appena descritto in riferimento alla rappresentazione dei dati in forma visiva vale, a mio avviso, anche per quanto riguarda la comunicazione sonora, di cui mi occupo nella tesi. Le motivazioni che hanno suggerito l'uso del suono in questo progetto sono alla base della definizione di visualizzazione fornita nel documento citato; l'analisi del contesto e degli utenti di riferimento, infatti, ha suggerito il suono come linguaggio più adatto per la comunicazione del messaggio in questione.

Nell'introduzione al manuale per la sonificazione [2], l'autore prevede la diffusione di questa pratica al pari dell'uso che viene fatto attualmente della visualizzazione. I motivi che sostengono l'efficacia del suono a scopi comunicativi derivano, dice, dalle nostre stesse abitudini di vita, che comprendono, talvolta senza che neanche ce ne accorgiamo, l'assunzione di molteplici informazioni tramite l'udito. Il suono è considerato, nel manuale, non solo come alternativa al linguaggio visivo, ma proprio come soluzione per la comunicazione dei dati. I benefici che derivano dall'uso del sistema uditivo come primo metodo per la trasmissione dei dati provengono dalla sua complessità, potenza e flessibilità (IV): la complessità del linguaggio uditivo si presta, secondo quest'idea, all'espressione della complessità introdotta precedentemente come caratteristica della conoscenza, di cui il designer è chiamato a strutturare la narrazione. Affinchè, in questo campo, il linguaggio sonoro possa accrescere la sua rilevanza, si deve lavorare alla creazione di un riferimento che derivi dalle modalità comuni di percezione e possa stabilirsi culturalmente per essere percepito, come avviene attualmente con il codice visivo. In mancanza di letteratura specifica che possa indirizzare e sostenere il rapporto tra codice sonoro e significato da esso veicolato, sono necessarie varie sperimentazioni, tra le quali si propone questa tesi.

(IV) tradotto da: "The benefits of using the auditory system as a primary interface for data transmission are derived from its complexity, power, and flexibility."

(I) tradotto da: "[the role of visualizations in design practice] as artifacts that are used in facing problems of various degrees of complexity and nature."

## 1.1. IMPORTANZA DEL RUOLO DELLA COMUNICAZIONE

L'esigenza dell'introduzione di un linguaggio comunicativo differente rispetto a quello in cui sono originariamente riportati i dati è determinata dalla natura complessa di questi ultimi, rispetto al contesto in cui ne è richiesto il significato.

Il processo comunicativo ricopre un ruolo importante durante la fase di trasmissione delle informazioni. La conoscenza, infatti, non si compone solo del significato, ma anche della modalità di comunicazione delle informazioni, tra cui la selezione, la raccolta, la disposizione e le modalità di diffusione.

Nella pubblicazione *From data to knowledge* [1] la visualizzazione è intesa, non solo come rappresentazione di informazioni, ma anche come metodo per la creazione di conoscenza. In questo contesto, infatti, viene esplorato il ruolo della visualizzazione come artefatto utile per affrontare problemi di vari gradi di difficoltà e natura (I). La rappresentazione facilita la comprensione, permettendo, talvolta, a chi se ne serve di individuare andamenti e trarre conclusioni altrimenti difficili da riconoscere. La diffusione degli strumenti di visualizzazione con scopo di *decision-making* anche per i non-esperti ha reso necessario uno studio più dettagliato riguardo alle componenti di questo tipo di comunicazione, facendo emergere nella definizione del metodo

## 1.2. DIFFUSIONE DEGLI ATTACCHI COME PROBLEMA EMERGENTE

Le tecnologie sviluppatesi recentemente hanno permesso alcuni cambiamenti nel campo dei sistemi legati alla fornitura dell'acqua (*Water Supply System*). Alcune componenti e variabili precedentemente monitorate in maniera fisica sono attualmente gestite tramite sistemi digitali che permettono di aumentare l'affidabilità e il livello di sicurezza del funzionamento. L'incremento del livello di tecnologia espone però questi sistemi al rischio di attacchi informatici, durante i quali i malintenzionati possono spiare i dati relativi alla rete di distribuzione e manomettere quest'ultima fino a causare gravi danni. Per questo motivo, alcune aree di ricerca si stanno specificatamente occupando di trovare un modo per riconoscere questo tipo di minacce, così che possano essere evitate e venga permesso al sistema di uscirne indenne. Con l'introduzione della tecnologia, è cambiata la natura degli attacchi. Il tipo di manomissioni rimane lo stesso, ma cambia il modo con cui vengono commesse, introducendo nuove categorie di possibili danni, la cui gestione computerizzata rende i dati vulnerabili. Spesso infatti, gli attacchi veri e propri sono preceduti da infiltrazioni nel sistema finalizzate a spiare i dati, per meglio comprendere gli andamenti e identificare gli obiettivi.

Nonostante l'aumento di questi avvenimenti, a causa della segretezza con cui ogni nazione o privato gestisce l'emergenza, sono pochi i casi pubblicamente denunciati di cui si hanno informazioni più precise. La predilezione a mantenere segrete queste informazioni è dovuta a due fattori principali: evitare che si diffonda il panico tra la popolazione ed evitare di rilasciare ulteriori indicazioni che facilitino gli attacchi futuri. Uno dei primi casi di cui si hanno notizie è avvenuto nel 2000 al *Maroochy Water Service* di Queensland, in Australia, durante il quale, un attacco su più fronti ha sollecitato il sistema computerizzato centrale al rilascio di un milione di litri di acque inquinate nei canali e nei parchi cittadini [3].

L'**Industrial Control System Cyber Emergency Response Team** [4] degli Stati Uniti d'America ha riportato, dopo questo avvenimento, altri attacchi informatici-fisici a livello nazionale e internazionale, in seguito ai quali sono stati firmati degli accordi tra agenzie dell'ambiente e dell'acqua nel tentativo di tutelare gli utenti.

Il progetto si basa sull'esigenza di una strategia comunicativa utile per monitorare l'andamento della rete di distribuzione idrica e rilevare possibili irregolarità, permettendo agli analisti di intervenire in modo più efficace ed efficiente. Questo sistema di allerta, tramite un livello più sofisticato rispetto quello attualmente in uso, permetterebbe agli analisti di valutare in maniera più approfondita lo stato del sistema, e consigliare loro le azioni da intraprendere in base al giudizio personale che hanno della situazione. La decisione finale sarebbe comunque affidata all'esperienza umana e non unicamente alla valutazione di un computer il cui livello di programmazione in questa direzione non è ancora sufficientemente affidabile.

Considerando il contesto in cui gli analisti svolgono il proprio lavoro, è stato ritenuto opportuno che tale sistema comunicativo si basasse sul linguaggio audio, che in quanto rappresentazione sonora dei dati prende il nome di sonificazione.

L'**Industrial Control System Cyber Emergency Response Team** si occupa della prevenzione degli incidenti di sicurezza ai sistemi di controllo, tramite una collaborazione tra il centro nazionale di *Cybersecurity and Infrastructure Security Agency* (CISA) e il settore privato di *Computer Emergency Response Teams* (CERT), entrambi americani

## 2. COSA SI INTENDE PER SONIFICAZIONE

La sonificazione è un particolare tipo di rappresentazione nella quale i dati sono comunicati tramite il suono. Il libro *The sonification Handbook* di Hermann [2] descrive questa area di ricerca, sviluppatasi a partire dagli anni Novanta, ma ancora oggi confinata, nella maggior parte dei casi, ad un uso specializzato nel campo delle investigazioni scientifiche e nei processi di monitoraggio, tra cui l'astronomia, la sismologia e la sanità.

Uno dei metodi di sonificazione più efficaci realizzati nel corso della storia, è il contatore Geiger. Si tratta di uno strumento, inventato nel 1908, utile per misurare le radiazioni di tipo ionizzante: l'impulso elettrico, contenuto nel tubo, dovuto al contatto di una radiazione che colpisce una molecola del gas, viene espresso da un circuito elettrico tramite un suono ("click"). Il numero di conteggi effettuati in un'unità di tempo fissa definisce la presenza di una sorgente radioattiva e la sua pericolosità [5]. Il contatore Geiger è uno dei casi che ha avuto più successo nel campo della sonificazione, in quanto riesce a mettere il suono in correlazione con l'informazione che veicola in maniera intuitiva: più il suono si ripete intensamente, più il livello di radiazioni presenti nell'aria è alto, e pertanto pericoloso.

La riuscita di un progetto di sonificazione, infatti, è da ricercare nella definizione del rapporto che lega i dati ai suoni scelti per rappresentarli. La crescita o la decrescita dei valori viene spesso indicata tramite l'aumento o la diminuzione del volume, della frequenza o del ritmo. Oltre il comportamento dei dati, è possibile distinguere la loro tipologia tramite l'uso di timbri o note differenti. Anche la direzione da cui proviene il suono può essere significativa di una determinata caratteristica; le tecnologie contemporanee, quali gli auricolari o una particolare configurazione degli altoparlanti, rendono riconoscibile il lato da cui arriva il suono, permettendo all'ascoltatore di distinguere destra, sinistra, alto, basso e in alcuni casi anche ulteriori sfumature. Gli studi che sono stati effettuati fino ad ora non identificano cause ed effetti generali a cui è possibile attribuire la validità delle tecniche sonore utilizzate; allo stato attuale infatti, non esiste un codice che permetta la classificazione dell'efficacia dei metodi in base al tipo di messaggio che veicolano, come invece avviene nel campo visivo con *Sémiologie Graphique* di Jacques Bertin [6].

Inoltre, la cultura a cui apparteniamo è basata principalmente su una comunicazione di tipo visivo, per questo motivo la comprensione di messaggi tramite il canale audio presuppone maggiore attenzione e un allenamento che per il linguaggio visivo avviene quotidianamente in maniera naturale.

Nonostante questo, in alcuni casi specifici, la percezione uditiva risulta più efficace: si tratta di informazioni che riguardano la dimensione temporale, la definizione dello spazio, l'estensione e la risoluzione di alcuni andamenti troppo densi per essere

raffigurati. Bisogna poi considerare che il suono occupa un canale di comunicazione differente e può, per questo motivo, essere sfruttato per evitare il sovraccarico visivo. Il canale uditivo infatti, può essere affiancato a quello visivo per veicolare informazioni differenti, nel caso in cui il primo sia già impiegato, evitando che un quantità di informazioni eccessiva venga veicolata in un'unica direzione, causando l'abbassamento del livello di attenzione (*Alarm fatigue*). Rispetto la percezione visiva poi, come vedremo, quella auditiva non richiede una concentrazione costante; posizionandosi alla periferia, il suono richiama l'attenzione solo se e quando necessario [7]. I due linguaggi possono rapportarsi tra di loro in diversi modi: possono veicolare informazioni complementari, la cui somma garantisce l'apprendimento di una quantità di contenuti maggiore; possono presentare lo stesso messaggio in maniera ridondante, offrendo la verifica del significato; oppure possono trasmettere messaggi contraddittori, generando la difficoltà, per l'utente, di dover scegliere il senso a cui fare affidamento.

Oltre a dare una propria definizione di sonificazione, Roddy esprime le motivazioni che, secondo lui, ne giustificano l'uso: la sonificazione consiste nella comunicazione di dati tramite suoni che non prevedono l'uso del parlato. (Questa tecnica) è utile per comunicare tipi di dati e creare generi di significati diversi, che non possono essere comunicati facilmente tramite metodi visivi (v) [8]. Nella sua ricerca la sonificazione è introdotta per dare significato ai flussi complessi di dati che non possono più essere compresi efficacemente tramite il solo uso dei metodi visivi (vi). L'audio è considerato dall'autore, così come dalla maggior parte delle comunità di *computer science* e *computer music* che si occupano di questo tema, come un metodo alternativo alla visualizzazione, che le subentra nel caso in cui essa non sia ritenuta efficace per la comunicazione delle caratteristiche in questione.

La posizione di Wikipedia invece, riguardo al ruolo della sonificazione, risulta più aperta, in quanto considera l'audio come una possibile alternativa o un completamento delle tecniche visive già in uso (vii) [9]. La piattaforma introduce un altro dettaglio, quando descrive la sonificazione come metodo per "rendere percepibili" i dati. La parola "*Perceptualize*", intesa qui come "percezione dei dati", secondo il sito di *Oxford Dictionaries*, ha significato di esprimere o concepire in modo percettivo (viii) [10]. Oltre a trasmettere informazioni pertanto, la sonificazione introduce un nuovo tipo di legame che scaturisce dal tentativo di coinvolgimento attuato dalla comunicazione nei confronti dell'utente.

Scopo condiviso dalla più recente tendenza di rappresentare i dati in forma fisica, richiedendo l'uso del tatto per la lettura delle informazioni. Lo studio riguardo l'inquinamento dell'aria negli spazi chiusi, che verrà citato più avanti, ne è un esempio: la possibilità di interagire con i dati in maniera tattile contribuisce alla costruzione del loro significato [11]. In questa direzione si è sviluppata la *Data-Physicalization*, che ha lo scopo di coinvolgere il pubblico, invitato a toccare o a muoversi in spazi occupati da installazioni costruite a partire dai dati. In questo caso, la ricerca di metodi espressivi alternativi è dovuta al tentativo di sensibilizzare le persone rispetto alcuni temi o semplificare informazioni altrimenti troppo difficili o settoriali [12]. Jensen, che ne ha introdotto il concetto, descrive la *Data Physicalization* come un artefatto la cui geometria (forma) o le cui proprietà materiali codificano i dati (ix). Tra i maggiori vantaggi offerti dalla *Physicalization*, vi sono l'intensificazione della capacità percettiva, attivata dal rapporto diretto richiesto dall'interazione, e lo sviluppo della capacità spaziale, attivato dalla multisensorialità delle esperienze.

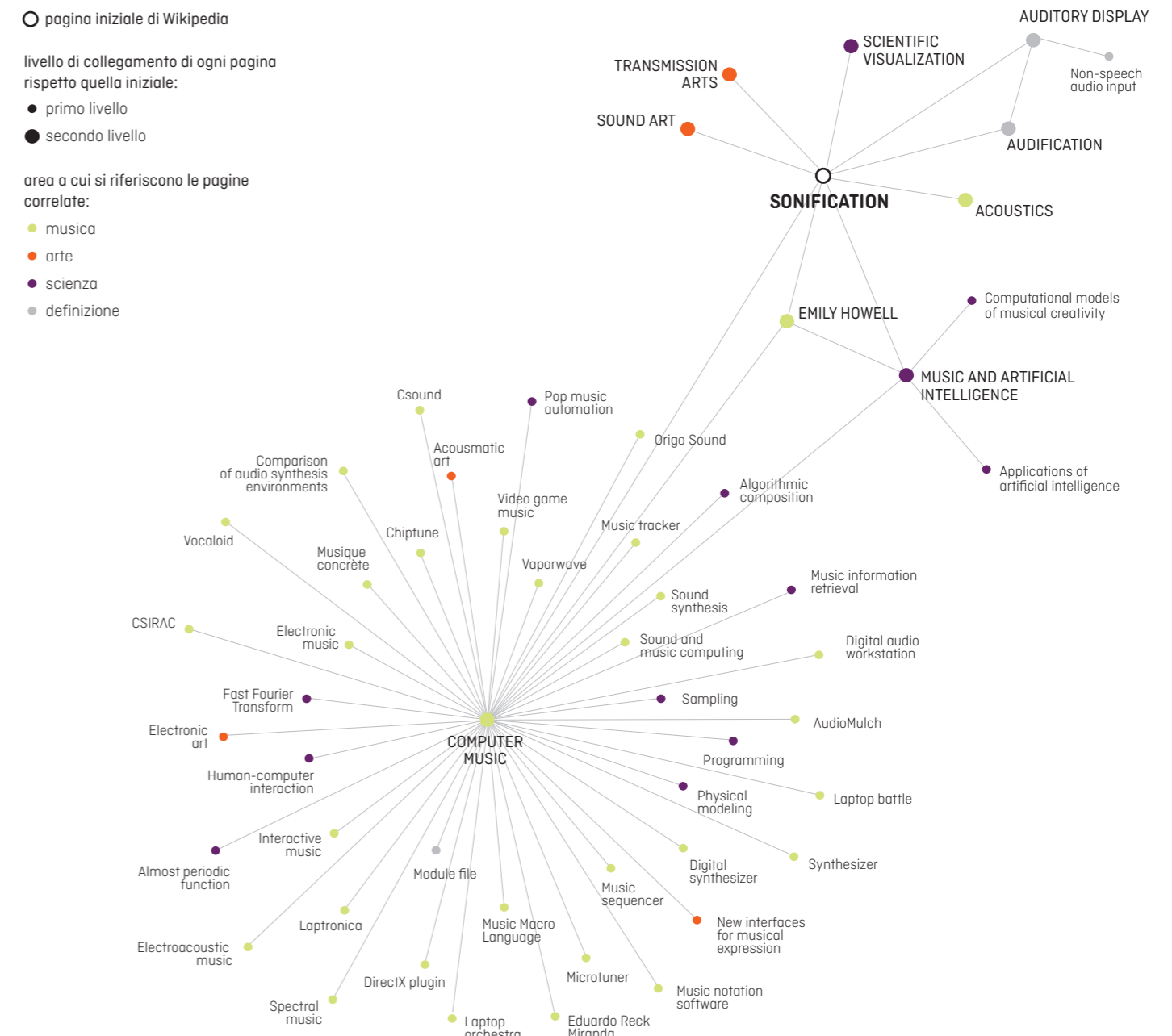
(X) in riferimento alla definizione originale: "A class of data representation that has a clear intent to reveal insight by encoding data in the behaviour, functionality, performance, or affordance of an object and data insight is generated from the overall experience of the Sensification."

**Seealsology** è uno strumento realizzato da DensityDesign e médialab Sciences Po, che permette di esplorare in modo rapido l'area semantica legata a qualsiasi pagina di Wikipedia

In una direzione simile si muove anche la *Data Sensification*, introdotta nel 2018 da Hogan [13]. Questo nuovo metodo prevede la rappresentazione dei dati tramite le proprietà degli oggetti quotidiani. I dati non vengono codificati entro variabili prestabilite o costruite appositamente; per esprimere i valori vengono sfruttate qualità già esistenti. La definizione di questo metodo prevede l'intento di rivelare informazioni tramite la trasposizione dei dati in comportamenti, funzionalità, prestazioni, affordance di oggetti, la cui comprensione è generata dall'esperienza complessiva (x).

La **RETE** (realizzata con **Seealsology** [14]) mostra le aree semantiche correlate alla pagina *Sonification* di Wikipedia. Questa pagina è stata usata come punto di partenza per estrarre i link a cui essa si riferisce o da cui viene citata. I link raccolti sono quelli che compaiono nella sezione *See also*, presente in fondo a tutte le pagine di Wikipedia. Le correlazioni sono mostrate fino al secondo livello di profondità; oltre ai collegamenti diretti tra la pagina di partenza e gli argomenti più vicini, è infatti possibile leggere le aree a cui questi ultimi rimandano.

fig. 1 relazione tra la pagina sulla sonificazione di Wikipedia e gli argomenti citati nella sezione *Seealso*



(V) tradotto da: "Sonification is the communication of data using non-speech sound. It is useful for communicating the kinds of data, and creating the kinds of meanings for a listener, that cannot be easily communicated by visual means."

(VI) tradotto da: "sonification will be needed as a means of making sense of the complex data flows that can no longer be effectively understood by visual means alone."

(VII) in riferimento a: "Auditory perception has advantages in temporal, spatial, amplitude, and frequency resolution that open possibilities as an alternative or complement to visualization techniques."

(VIII) tradotto da: "tradotto da: "To express or conceive in perceptual terms"

(IX) tradotto da: "data physicalization (or simply physicalization) is a physical artifact whose geometry or material properties encode data."

Come è emerso anche dall'introduzione, la Sonificazione riunisce argomenti di carattere scientifico con altri di origine artistica. I temi direttamente collegati alla Sonificazione riguardano innanzitutto i termini utili per la sua definizione; come *Acoustics*, *Audification*, *Auditory Display* e *Non-speech audio input*.

Per quanto riguarda il lato artistico, la Sonificazione è direttamente connessa con alcuni movimenti che si basano sull'uso del suono (*Sound Art*) e sulle proprietà delle onde elettromagnetiche (*Transmission Arts*) per produrre lavori di natura interdisciplinare.

In entrambi i casi il suono non è considerato solo come prodotto finale, ma le sue proprietà concorrono alla definizione dei progetti stessi.

Tra i collegamenti con l'area scientifica, a parte il rapporto con le *Scientific Visualization*, all'interno del quale il ruolo della Sonificazione è già stato sottolineato, è possibile notare lo stretto rapporto del tema con il campo della programmazione, degli algoritmi e dell'intelligenza artificiale. *Emily Howell* svolge un ruolo di collegamento tra i temi appena citati: si tratta di un'interfaccia interattiva creata da David Cope, professore di musica alla University of California, in grado di creare una composizione musicale basata sui feedback che riceve dagli ascoltatori.

*Emily Howell* è solo uno dei tanti programmi o software che compaiono nella rete: secondo quanto emerge infatti, la relazione tra i dati e il suono presuppone l'utilizzo di un programma utile per la trasformazione dei primi in parametri udibili.

I collegamenti che emergono da questa rete sembrano accentuare la componente musicale della sonificazione, più che il suo ruolo nell'ambito dell'analisi dei dati.

Come emerso, la Sonificazione può essere applicata a diverse aree disciplinari e comprendere vari metodi di comunicazione dei dati; queste variabili contribuiscono ad allargare il numero e la varietà dei temi coinvolti, la cui definizione concorre alla spiegazione stessa di Sonificazione. L'analisi di questa rete non corrisponde alla definizione assoluta di Sonificazione ma vorrebbe contribuire a comporre, insieme agli altri riferimenti, un quadro utile per la comprensione del tema.

## 2.1. CLASSIFICAZIONE DELLE TECNICHE

Nel manuale di riferimento per la Sonificazione [2], c'è una sezione appositamente dedicata alla classificazione delle tecniche di sonificazione. Nell'introduzione gli autori paragonano le due tecniche principali, descritte di seguito, alle azioni di incisione e registrazione musicale. La natura della musica, viene detto, è effimera e per questo difficile da archiviare e salvare. Nonostante la completa riproduzione sia impossibile, l'uomo ha escogitato due metodi affinché essa possa perdurare nel tempo. La trascrizione delle note su uno spartito musicale contiene le istruzioni affinché il suono possa essere riprodotto, mentre la registrazione acquisisce il valore di documentazione che testimonia e riproduce un evento sonoro. Il primo metodo sottolinea il valore simbolico della musica, mentre nel secondo caso le onde vengono fisicamente convertite in segnali analogici. Queste due prospettive si ritrovano, con la stessa sequenza, nella tecnica del *Parameter Mapping* e dell'*Audification*. Dal momento che alcuni termini tecnici sono in uso solo nel contesto di riferimento, la loro traduzione in italiano non è diffusa e per questo motivo ho scelto di mantenere le parole in inglese.

### 2.1.1. AUDIFICATION

L' *Audification* è la tecnica di sonificazione più semplice che solitamente viene usata come primo approccio per avere un'impressione preliminare dei dati.

Questa tecnica permette di trasporre una sequenza di dati, di solito appartenente ad una serie temporale, in onde audio. Mentre la sonificazione richiede la scelta del tipo di variabile sonora da abbinare ai dati, in questo caso la conversione viene effettuata in maniera automatica secondo dei parametri prestabiliti. Il valore dei dati infatti, viene convertito in pressione acustica, generando un suono che è la diretta traduzione dei valori in onde udibili (XI) [2 cap.12]. Questo metodo si presta particolarmente ai dati con valori ricorrenti che generano composizioni periodiche, come nel caso della rilevazione dei terremoti o dell'attività cerebrale. In questo caso non vi è un lavoro di mappatura personalizzata, i dati vengono automaticamente trasposti in onde audio affinché se ne possa esplorare la natura o ne venga facilitata la percezione.

L'*Audification* viene presentata come alternativa all'approccio della visualizzazione in quanto, tutte le serie di dati astratti possono essere visualizzate o sonificate.

Il manuale fornisce una classificazione dei tipi di dati che possono subire questo trattamento, la cui natura determina anche il tipo di segnale trasmesso.

Il primo gruppo è rappresentato dai *Sound Recording Data*, che vengono normalmente campionate digitalmente come serie di numeri. I CD ne sono esempio, il segnale sonoro infatti deriva da una serie di dati trasformati tramite un convertitore digitale-analogico (DA). In questo tipo di sonificazione è possibile intervenire sul suono, amplificandolo, comprimendolo o allungandolo nel tempo per far emergere aspetti inauditi o creare effetti insoliti.

Il secondo gruppo comprende i *General Acoustical Data*, ovvero tutti i tipi di misure che seguono le stesse leggi fisiche dell'onda acustica. Ad esempio, i dati vibrazionali delle onde meccaniche, come quelle che si percepiscono da un binario ferroviario, sono facilmente trasferibili in onde musicali proprio perché costruite in maniera simile. In questi casi, spesso, viene modificata la velocità di riproduzione, la cui rilevanza però è minore rispetto al resto della comunicazione. Il campo della sismologia uditiva si serve di questo tipo di intervento, che effettua in questo modo la verifica della rappresentazione visiva.

I *Physical Data* rappresentano il terzo gruppo e comprendono gli altri processi fisici al di fuori del dominio meccanico citato precedentemente. Questi dati mancano di un collegamento intuitivo con il campo acustico, generando un paesaggio sonoro meno esplorato, come quello, ad esempio, della sonificazione proveniente dalle onde elettromagnetiche.

L'ultimo gruppo (*Abstract Data*) si riferisce a tutti i dati che non provengono da un sistema fisico e mancano quindi di un diretto collegamento con il campo acustico. Il motivo per cui in questi casi è richiesto agli ascoltatori più tempo per abituarsi, deriva dal fatto che le variabili in questione non sono conformi rispetto l'equazione delle onde sonore. I dati astratti possono essere trasposti con più facilità qualora si riferiscano a serie temporali, come i valori provenienti dal mercato azionario.

Attualmente la tecnica dell'*Audification* è applicata principalmente ai campi della medicina, della fisica, della sismologia e della statistica, oltre a figurare tra gli esperimenti artistici.

(XI) traduzione di:  
"Audification is the direct translation of a data waveform into sound"

### 2.1.2. **PARAMETER MAPPING SONIFICATION (PMSon)**

Questa tecnica comporta l'associazione dei dati a parametri uditivi selezionati appositamente. Rispetto l'Audification questo metodo si presta per la comunicazione dei dati multivariati, in quanto la scelta dei parametri sonori da utilizzare è effettuata appositamente per il tipo di informazione da veicolare.

L'interazione prodotta con il materiale da cui provengono i dati è spesso utilizzata come un significato utile per l'interpretazione delle informazioni, proprio perchè i suoni vengono scelti e gestiti ogni volta in maniera personalizzata.

La scelta dei suoni è fondamentale al fine di ottimizzare il potenziale interpretativo e facilitare la comprensione da parte dell'utente. Un semplice esempio di mappatura, citato nel capitolo 15 [2 cap.15], riguarda il suono emesso dal bollitore per comunicare la temperatura dell'acqua. Un'interazione semplice prevede che all'utente venga comunicata un'informazione binaria, in base alla quale egli possa conoscere il momento in cui l'acqua è pronta. Considerando altri fattori però, come la preparazione del tè cinese che differenzia cinque fasi di bollitura, l'utente potrebbe aver bisogno di informazioni più precise riguardo lo stato della temperatura dell'acqua. Mappando questo cambiamento con un suono continuo è possibile monitorare i vari momenti durante il processo di riscaldamento per decidere quando intervenire.

Da un lato, la varietà delle opzioni di mappatura offre molte opportunità per creare la combinazione adatta allo scopo comunicativo, ma dall'altro, questa libertà interpretativa comporta l'introduzione dei problemi legati all'estetica del suono e agli effetti emotivi che esso provoca. Queste componenti infatti non sono assolute e dipendono oltre che da fattori culturali, anche da sensazioni personali che non possono essere predette e che hanno una forte influenza durante la decifrazione del significato finale.

Per questa tipologia di sonificazione, è richiesta una particolare attenzione alla preparazione dei dati e al modo in cui essi vengono collegati ai parametri sonori. In base allo scopo della sonificazione e al messaggio sul quale si vuole porre l'attenzione, i dati possono essere organizzati, raggruppati o sintetizzati in maniera differente. Anche la tipologia di mappatura è determinata dallo scopo della comunicazione; una variabile di dati può essere comunicata tramite una o più caratteristiche sonore, così come più variabili possono essere raggruppata sotto un unico parametro sonoro o far riferimento a più suoni.

### 2.1.3. **MODEL-BASED SONIFICATION**

Questo modello di sonificazione si basa sui suoni prodotti dagli oggetti e dai materiali in seguito all'interazione dovuta all'attività umana. Il tipo di contatto e la forza esercitata, oltre che la natura degli elementi, producono una risposta uditiva differente che tramite la digitalizzazione può essere descritta in maniera dettagliata. Rispetto l'Audification, in cui i dati definiscono il segnale del suono, e la tecnica del Parameter Mapping che si occupa della definizione delle caratteristiche sonore, la sonificazione basata sulla Modellizzazione determina l'architettura di un modello dinamico che a sua volta genera un suono.

Questa tecnica si compone di sei passaggi, descritti nel capitolo 16 [2]: la configurazione del modello (*Model Setup*); il comportamento del modello (*Model Dynamics*); l'attivazione (*Model Excitation*); la fase iniziale (*Initial State*); le variabili di collegamento (*Model Link-Variables*); e le caratteristiche dell'ascoltatore (*Listener Characteristics*).

Il primo passaggio consiste nella trasposizione di alcune variabili astratte in valori concreti utilizzabili per la mappatura. A questo proposito viene distinto lo spazio dei dati dallo spazio del modello; nel caso in cui il metodo usato per sonificare i dati non corrisponda in maniera matematica alle variabili sonore, la modellazione del suono si basa sulle coordinate del vettore dei dati. La dinamica del modello fa riferimento all'evoluzione temporale subita dai dati che il suono deve essere in grado di riproporre. L'eccitazione è la parte centrale di questo processo, in quanto innesca l'interazione degli utenti che sono invitati a sperimentare vari movimenti per attivare il sistema. L'inizio dell'interazione permette anche di escludere un suono che altrimenti dovrebbe mantenersi costantemente presente, facendo perdere l'interesse dell'utente nei confronti del messaggio. La fase iniziale serve per porre il sistema, descritto durante la configurazione del modello, in grado di funzionare. In seguito, il modello deve essere collegato al sistema; quest'azione dipende dal progetto e può considerare modalità minime oppure più complesse, dipendentemente dal rapporto tra i dati e i parametri musicali. Infine, i suoni possono essere identificati come fonte unica, definendo un modello di sonificazione microscopica, in cui l'utente è invitato a isolare un suono e porre attenzione al suo significato, oppure possono concorrere a creare un paesaggio sonoro distribuito, tramite una sonificazione macroscopica, in cui vari messaggi completano l'informazione finale. In base alla dimensionalità della sonificazione, oltre al suono, devono anche essere tenute in considerazione altre caratteristiche, quali la posizione, l'orientamento e la distanza dell'ascoltatore dalle sorgenti audio.

Questo tipo di approccio si presta particolarmente per l'esplorazione dei dati (*Exploratory Data Analysis*), per lo sviluppo dell'interazione umana nei confronti del computer (*Augmenting Human Computer Interaction*), per il monitoraggio di processi (*Process Monitoring*) e per la percezione di dettagli uditivi e informazioni ambientali (*Auditory Augmentation and Ambient Information*).

## 2.2. **INTERESSE PER QUESTO PROGETTO**

Innanzitutto bisogna specificare che l'intervento sul suono che abbiamo effettuato rientra nella tecnica del Parameter Mapping e più avanti verranno descritti i parametri sonori che sono stati abbinati ai dati.

Il settore in cui si inserisce tale proposta poi, si riferisce ad un campo specifico e molto tecnico nel quale la sonificazione è chiamata a svolgere un ruolo analitico utile a monitorare l'andamento generale e fornire informazioni generali per indirizzare l'approfondimento dell'analisi visiva successiva.

In condizioni normali la quantità e la precisione delle informazioni veicolate tramite il linguaggio visivo è potenzialmente superiore alla possibilità offerta dal linguaggio

sonoro. Ma l'analisi del contesto e le condizioni di lavoro degli analisti suggeriscono l'introduzione di un codice diverso da quello visivo.

Il motivo per cui si è scelto di ricorrere all'uso del suono riguarda, oltre al sovraccarico visivo generato dalla quantità di dati trasmessi, la tipologia di dati prodotta in questo campo: essi infatti, descrivono la dimensione temporale di alcune componenti collocate nello spazio e producono valori ricorrenti definendo andamenti (*pattern*) specifici. Tutte caratteristiche che si prestano particolarmente alla comunicazione dei dati tramite il linguaggio sonoro.

### 3. ANALISI DEL CONTESTO PROGETTUALE

Il compito che il suono è chiamato ad assolvere in questo progetto non è attualmente ricoperto da nessun tipo di linguaggio; né sonoro, né visivo. Fino ad ora infatti, l'analisi delle anomalie è stata svolta dagli operatori in modo manuale.

Il progetto si sviluppa a partire dall'introduzione dell'algoritmo sviluppato da Galelli e Taormina, che introduce l'identificazione degli attacchi informatici, permettendo un livello di analisi più accurato rispetto quella attuale. Per questo motivo, lo scopo dell'analisi del contesto progettuale che segue, in cui vengono anche descritte alcune componenti tecniche, è quello di identificare l'esigenza stessa del prototipo.

Dal momento che il nostro intervento si basa su un progetto già avviato in lingua inglese, i termini che vi faranno riferimento non sono stati tradotti per lasciare il riferimento diretto.

### 3.1. STRUTTURA E COMPONENTI DELLE RETI IDRICHE

Una rete di distribuzione idrica è costituita dall'insieme delle condotte, delle apparecchiature e dei manufatti necessari ad alimentare le utenze private e collettive distribuite nel tessuto urbano.

Le componenti che formano una rete idrica che verranno citate durante il progetto sono le seguenti:

[STORAGE TANK]	<b>/TANICA DI RACCOLTA</b> tanica in cui viene raccolta l'acqua;
[PIPE]	<b>/TUBATURA</b> permette il trasferimento dell'acqua da una zona all'altra;
[VALVE]	<b>/VALVOLA</b> regola il flusso dell'acqua. Può essere chiusa, impedendo l'accesso dell'acqua, oppure aperta; il livello di apertura influenza la quantità di acqua che passa e la pressione che viene esercitata;
[JUNCTION]	<b>/RACCORDO</b> è il punto di giunzione tra la pompa e la valvola;
[RESERVOIR]	<b>/CISTERNA</b> è il punto di raccolta maggiore per le riserve idriche.

Altri apparecchi necessari per la trasmissione e la gestione dei dati prodotti dalle componenti citate sopra sono:

[PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER]	<b>/PLC</b> apparato di comunicazione che permette la trasmissione dei dati registrati dai sensori allo SCADA;
[SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION SYSTEM]	<b>/SCADA</b> definito durante il progetto Sistema centrale, in quanto raccoglie tutti i dati provenienti dai sensori e ne permette la lettura agli analisti;

[REMOTE TERMINAL UNIT]

#### **/RTU**

dispositivo elettronico che permette di controllare l'andamento delle componenti della rete;

[STATIC AND MOBILE SENSOR NETWORK]

#### **/SENSORI**

sono i sensori applicati ad ogni componente che consentono la raccolta dei dati;

Le prime compongono direttamente la rete di riferimento e sono utili per la gestione delle acque. Nella seconda lista invece, sono elencati tutti i tipi di apparecchiature utili per il monitoraggio tecnologico del funzionamento della rete. Sono questi ultimi che trasmettono alla sala di controllo i valori registrati per ogni componente.

### 3.2. UTENTE DI RIFERIMENTO: L'ANALISTA

L'utente a cui è rivolto il progetto è stato fin dalla definizione del progetto stesso, individuato nell'analista che si occupa di monitorare i dati e gestire gli interventi in caso di guasti o attacchi al sistema.

Si tratta di una figura tecnica che supervisiona la rete idrica per mantenere sotto controllo tutto quello che avviene ed è chiamata a lanciare l'allarme o richiedere l'intervento in caso di anomalia. Solitamente si considera essere un ingegnere dei processi, chimico o meccanico, in alcuni casi può essere un ingegnere dei controlli, civile, con molti anni di esperienza (fino a 30 anni), sulla quale base le proprie scelte, in quanto non ha dimestichezza con i modelli numerici né competenze matematiche per scrivere o comprendere gli algoritmi e i processi che guidano le scelte dei sistemi.

Gli analisti operano da una sala dei controlli in cui è collocata una decina di schermi, che mostrano i dati relativi alle singole componenti della rete. Di solito, i turni sono svolti da due persone alla volta (ci si riferisce a sale di controllo che monitorano dati per una zona medio-grande, come la città le cui caratteristiche sono state prese in riferimento anche per il resto del progetto).



**fig. 2** fotografia di una postazione di lavoro - da presentazione *Cyber-Security of Water Distribution Systems: Current Challenges and Future Research Directions*, Taormina, Galelli

L'analista è abituato a monitorare una grande quantità di dati che viene fornita in tempo reale, con tempistiche differenti in base alla tipologia dei sensori (ore/minuti/secondi). Le informazioni non sono tutte visibili contemporaneamente, di conseguenza, è richiesto un continuo passaggio da una schermata all'altra, che comunque non garantisce una visione completa di tutto quello che succede, anche perchè durante il turno di lavoro gli analisti svolgono diverse mansioni.

Oltre a tenere monitorate le informazioni in tempo reale, scaricano i dati dei giorni precedenti per analizzarli più accuratamente.

L'analisi dei dati a posteriori è resa necessaria da l'imprecisione con cui il sistema attuale rileva le irregolarità.

Il sistema di gestione della rete è nella maggior parte dei casi automatizzato; l'operatore ha poco controllo sulle componenti. Quando i valori superano una determinata soglia per un periodo di tempo prolungato, il sistema emette un allarme. Nel caso in cui la soglia venga superata per un periodo di tempo inferiore, il sistema si limita a mostrare i valori anomali senza segnalare l'anomalia.

L'operatore conosce il livello ordinario delle componenti di conseguenza è in grado di leggere le anomalie anche prima che scatti l'allarme. Il suo compito principale è quello di indagare le cause delle irregolarità e intervenire per porvi rimedio. Le modalità di intervento sono manuali: l'operatore legge i segnali trasmessi nella mappa generale, apre una schermata di dettaglio specifica per il parametro che risulta anomalo, analizza l'andamento nel tempo e lo confronta con quello di alcune componenti geograficamente vicine. Identifica quindi una possibile causa, basandosi sulla propria esperienza ed infine, interviene per arginare il problema, gestendo manualmente i parametri dal pannello di controllo oppure richiedendo l'intervento fisico di un tecnico.

Sintesi di ciò che avviene attualmente:

1. **L'analista vede il segnale di allarme sulla mappa generale;**
2. **Apri una schermata di dettaglio specifica per il parametro anomalo;**
3. **Analizza l'andamento nel tempo e in confronto a quello di componenti geograficamente vicine;**
4. **Identifica la tipologia di anomalia;**
5. **Ipotizza la possibile causa basandosi sulla propria esperienza;**
6. **Interviene o richiede ad un tecnico di intervenire per arginare il problema**  
(es. chiede che venga controllata/chiusa pompa che emette segnali anomali)

I sistemi attuali non si occupano della rilevazione specifica delle anomalie dovute ad attacchi informatici, quanto piuttosto segnalano tutti i tipi di irregolarità registrate nella

rete. I programmi più semplici si limitano a riportare i dati provenienti dai sensori, per cui la professionalità richiesta all'analista è maggiore, in quanto, oltre a saper riconoscere quando i valori anomali diventano pericolosi, deve sapere anche come intervenire. Altri programmi più avanzati invece, suggeriscono un livello di analisi più profondo e permettono un livello base di intervento in caso di anomalie.

### 3.3. SOFTWARE IN USO NEL SETTORE

Come accennato nell'introduzione, attualmente non esiste nessun tipo di sistema che svolga il compito che il suono è chiamato ad assolvere nel nostro progetto.

Per questo motivo è stato molto utile per noi analizzare i software che gli utenti sono soliti usare, per capire il tipo di interfaccia e le interazioni a cui questo tipo di informazioni vengono associate.

Esistono in questo campo due tipi di software, definiti in base allo scopo per cui vengono utilizzati: il primo tipo è utile durante la fase di ricerca, per lo studio dei sistemi di distribuzione idrica e permette agli studiosi di simulare alcune irregolarità per indagarne le cause e osservarne le conseguenze. Il secondo tipo invece, basa il proprio funzionamento sui dati provenienti da contesti reali ed è utilizzato per il monitoraggio del funzionamento dei sistemi. La sonificazione che siamo chiamate a progettare si inserisce in quest'ultimo tipo di contesto, ma il metodo con cui entrambi i tipi di software lavorano si assomiglia molto, motivo per cui abbiamo deciso di considerarli entrambi.

#### 3.3.1. SOFTWARE PER LA RICERCA

Tramite la costruzione di reti personalizzabili, questi programmi permettono l'analisi delle reazioni del sistema a particolari azioni simulate. Tra le altre azioni, è possibile cambiare la fisionomia della rete, aggiungere nodi e intervenire sulla portata e il flusso dell'acqua.

Esistono vari software di questo tipo [15], l'elenco riporta i più diffusi, secondo anche quanto suggerito dall'esperienza degli ingegneri con cui abbiamo lavorato:

- Epanet
- WaterGem Cad
- InfoWorks
- KY Pipe
- InfoWater

Ai fini di questa ricerca ci siano concentrate sull'analisi del metodo visivo su cui è costruita la loro interfaccia. Per questo motivo ho selezionato e analizzato il primo software della lista, che è lo stesso utilizzato da Galelli e Taormina. I dati alla base del progetto infatti, sono stati creati mediante l'uso di Epanet, che ha simulato il comportamento delle componenti di un sistema disegnato per l'occasione. Il motivo per cui questo software risulta essere, secondo loro, il più utilizzato è determinato dal fatto che sia open source, quindi disponibile per tutti, con la possibilità di essere migliorato dai suoi utilizzatori.

#### EPANET

Epanet è un programma che esegue la simulazione a lungo termine del comportamento idraulico e della qualità dell'acqua contenuta in una rete di tubazioni pressurizzate. Questo software permette di tracciare temporalmente il flusso e la pressione dell'acqua in ogni tubo; la pressione in ogni nodo; la quantità di acqua contenuta in ciascun serbatoio e la concentrazione di elementi chimici in tutto il sistema [16].

L'analisi del software è stata condotta a partire dalla lettura del manuale utente, che è facilmente consultabile in rete e, sebbene non sia stato aggiornato recentemente, può ritenersi valido, a detta dei suoi utilizzatori [17].

Nello specifico, le azioni che è possibile compiere con EPANET sono:

- Disegnare una rete che rappresenti il sistema di distribuzione o importare una sua descrizione da un file di testo;
- Modificare le componenti o le proprietà di tali componenti;
- Descrivere come opera il sistema;
- Eseguire le azioni di cui si vogliono studiare gli effetti;
- Lanciare l'analisi idrica o di qualità dell'acqua;
- Controllare i risultati dell'analisi.

Il modello visivo su cui si basa Epanet consiste in un sistema di nodi e collegamenti. I primi rappresentano i serbatoi, le valvole e le pompe; che sono collegati dai secondi, ovvero le tubature.

La mappa al centro dell'interfaccia fornisce un diagramma schematico planare delle componenti, la cui posizione non si conforma necessariamente alla loro scala fisica reale. Selezionando manualmente il colore da assegnare è possibile colorare ogni nodo così da distinguerne alcune caratteristiche, che è lasciato all'utente scegliere, ad esempio, qualità dell'acqua o velocità del flusso.

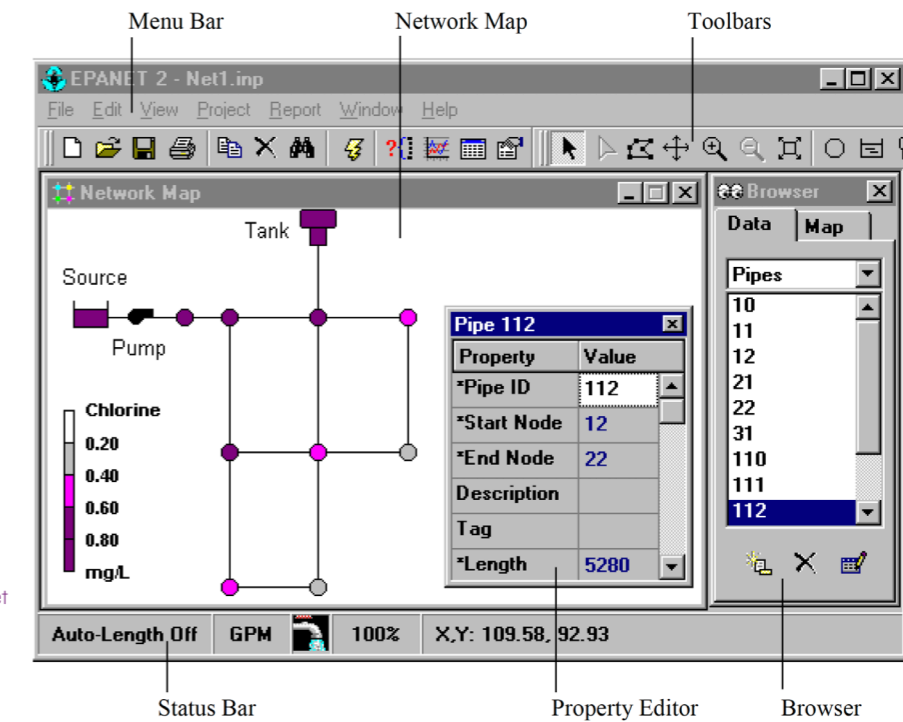
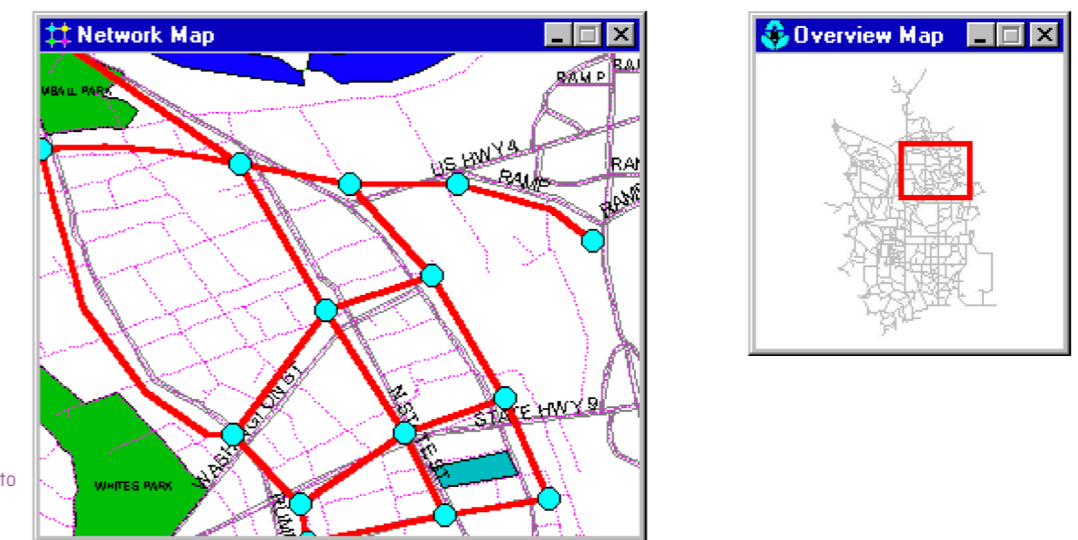


fig. 3 interfaccia di Epanet con alcuni dei principali comandi [14]

È possibile aggiungere nuove parti direttamente dalla mappa e le componenti esistenti possono essere modificate, intervenendo sui dati o sulla posizione geografica. È inoltre possibile aggiungere un'immagine o un disegno di sfondo, così da facilitare il posizionamento di ogni componente. Il software permette in ogni momento di avere una panoramica completa della rete, della quale solitamente, viene selezionata solo una porzione per lavorare.



figg. 4-5 esempio di rete costruita a partire dalla mappa (immagine a sinistra) con corrispettiva contestualizzazione rispetto l'intero sistema idrico (immagine a destra) [14]

L'analisi dei risultati applicata alla mappa mostra lo stato di ogni componente considerando il valore del criterio selezionato in base all'interesse (nell'esempio, sono stati rilevati 47 nodi il cui valore è sotto la soglia di 40).

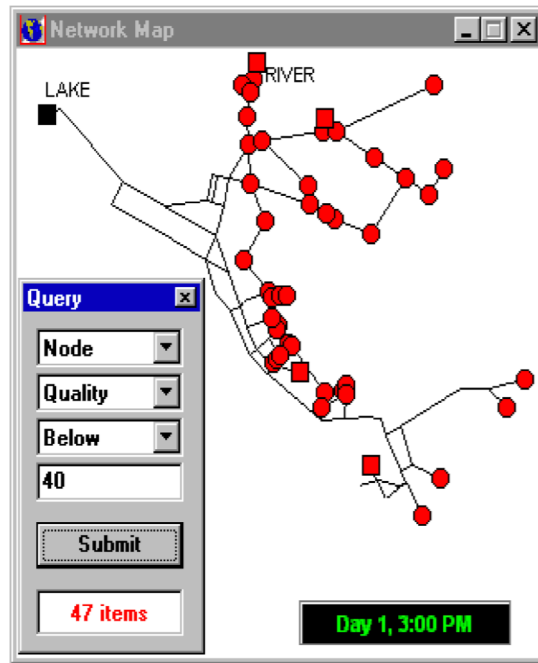


fig. 6 esempio di analisi dei risultati [14]

I risultati possono inoltre, essere visualizzati secondo altri metodi visivi, in base ai dati che devono essere analizzati, di seguito alcuni esempi: Time series Plot (immagine 1), Profile Plot (immagine 2), Contour Plot (immagine 3), Frequency Plot (immagine 4) o System Flow (immagine 5). Le immagini di seguito riportano alcuni metodi visivi proposti da Epanet per l'analisi dei risultati.

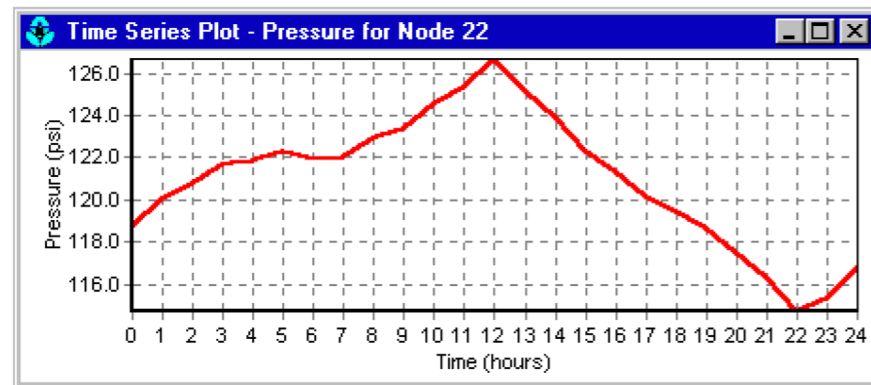


fig. 7 (immagine 1) time series plot [14]

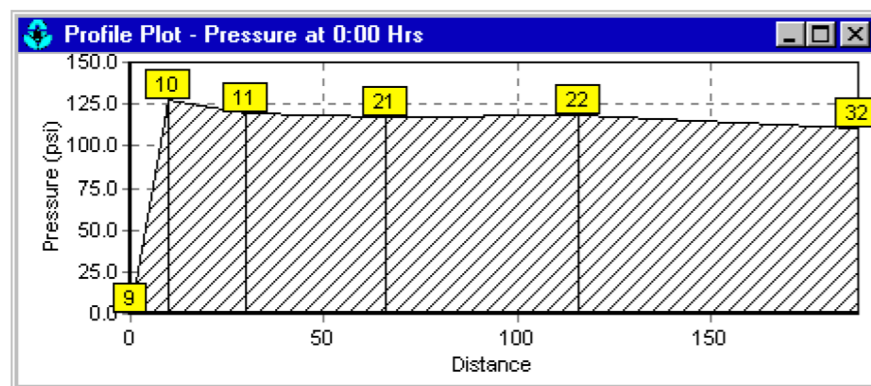


fig. 8 (immagine 2) profile plot [14]

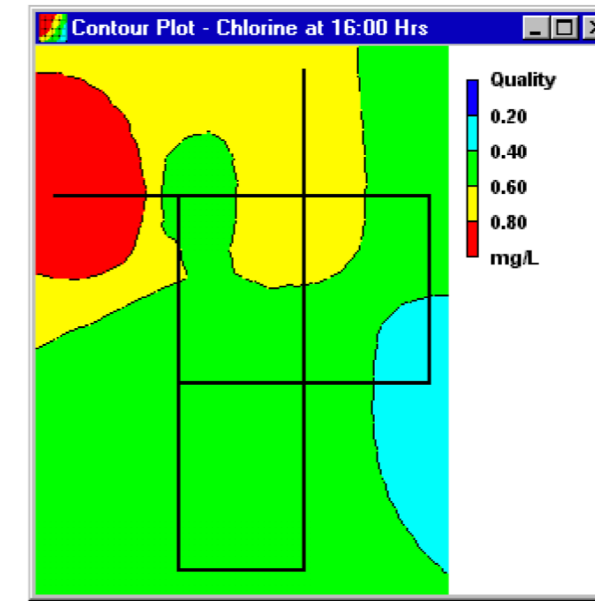


fig. 9 (immagine 3) contour plot [14]

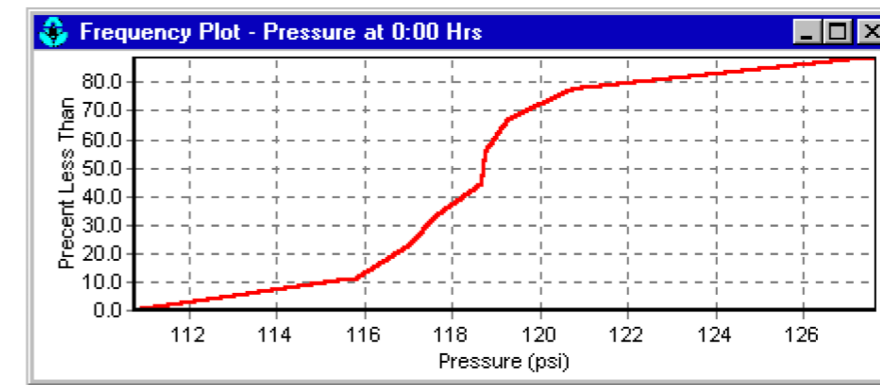


fig. 10 (immagine 4) frequency plot [14]

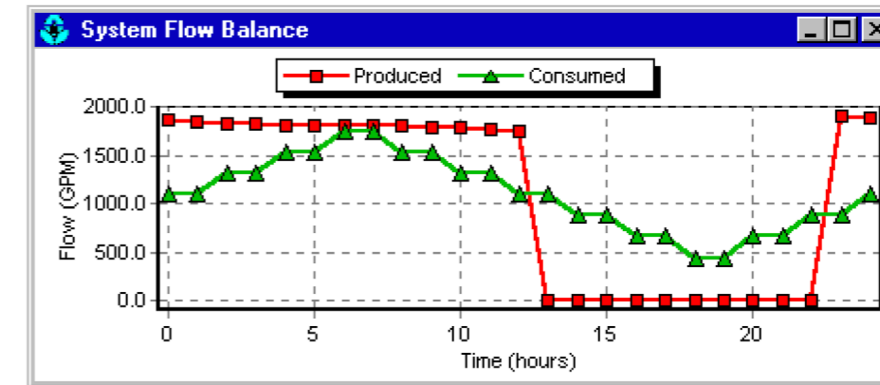


fig. 11 (immagine 5) system flow [14]

Gli altri software dell'elenco sono a pagamento, per questo motivo non è stato possibile analizzarne l'interfaccia. Per quanto ne sappiamo, rispetto ad Epanet, hanno sviluppato una grafica migliore e la rappresentazione del sistema informativo geografico (GIS, Geographic Information System) più intuitiva. Il funzionamento di questi software rimane comunque simile rispetto quello preso in analisi, in quanto le equazioni che utilizzano sono comuni.

### 3.3.2. SOFTWARE PER IL MONITORAGGIO

Non esiste un'unica variante di software impiegato per l'analisi di questo tipo di dati. L'azienda (es. Siemens, General Electric) che si occupa di installare i sensori lungo la rete idroelettrica si preoccupa solitamente anche di installare lo SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition - il computer principale in cui arrivano tutti i dati raccolti dai sensori posizionati sulla rete) e un sistema di visualizzazione per monitorare tutti i parametri.

I metodi di visualizzazione sono perciò differenti e personalizzati in base alle caratteristiche specifiche di ogni sistema; una rete estesa con molti parametri ad esempio, avrà un dettaglio di rappresentazione diverso rispetto l'organizzazione dei dati che si riferiscono ad una piccola cittadina.

L'interfaccia con cui lavora l'analista è simile ad una *Dashboard standard*, tipica del retail, delle smart cities o quelle usate per tracciare il comportamento degli utenti online (es. Google Analytics) ed è composta da due parti principali:

- **La pianta dell'intero sistema**  
(o sotto-componenti se è estesa);
- **Il dettaglio delle variabili di interesse, con la sede storica**  
(ultimo giorno/settimana/mese)

I dati raccolti da questo tipo di software sono visualizzati in tempo reale, e possono, nella maggior parte dei casi, essere solamente letti.

Più raramente invece, il software permette anche di intervenire su di essi, tramite dei comandi che ne gestiscono il controllo (es. un pulsante accessibile dall'interfaccia permette di chiudere la valvola).

I software più completi sono forniti di sezioni di analisi personalizzabili, in grado di calcolare medie e riconoscere trend all'interno dell'andamento complessivo.

Un esempio di questo tipo è fornito da CANARY [18], un software rilasciato dal governo americano, che rispetto al sistema di sola lettura dei software più comuni, produce delle visualizzazioni che indicano, oltre i parametri monitorati tramite i sensori, anche i valori di cui non riceve direttamente i dati, calcolati a partire da quelli a disposizione. Questa componente, che è presente solo nei software più specializzati, permette un'analisi più approfondita e facilita il lavoro manuale dell'operatore, il quale ha a disposizione un'ulteriore interpretazione per comprendere la situazione e intervenire.



fig. 12 funzionamento del sistema di visualizzazione attualmente in uso per il monitoraggio della rete

Lo **SCHEMA** spiega come funzionano gli attuali sistemi di visualizzazione e mostra le azioni permesse all'analista.

I dati provenienti dai sensori posti sulle componenti, vengono raccolti dallo SCADA. Le dashboard personalizzate provvedono alla visualizzazione delle informazioni raccolte dai sensori. La linea tratteggiata indica la possibilità, offerta da alcuni sistemi visivi, di calcolare le variabili derivate dai dati principali, fornendo all'analista un livello di informazioni più approfondite.

Solo alcuni sistemi infine, oltre a garantire la lettura dei dati, permettono all'analista, in caso di malfunzionamento, di intervenire direttamente dall'interfaccia della dashboard.

### 3.4. PROCESSO DI RILEVAZIONE DELLE ANOMALIE

Il processo di monitoraggio di un sistema idrico si compone di due parti: una parte quantitativa e una qualitativa.

La parte quantitativa considera il valore dei dati provenienti dal monitoraggio delle componenti della rete.

L'analisi qualitativa monitora invece, la qualità dell'acqua: solitamente vengono controllati il livello del Ph, la temperatura, la quantità di ossigeno, cloro, e altri elementi presenti al suo interno, mentre in casi più sofisticati, non sempre possibili a causa del costo delle componenti tecniche necessarie, questo tipo di analisi è in grado di indicare anche la presenza di inquinanti.

Entrambi i tipi di analisi trasmettono i dati allo SCADA ma per il progetto considereremo solo la parte quantitativa, tralasciando le informazioni riguardo la composizione dell'acqua e la presenza di eventuali sostanze inquinanti.

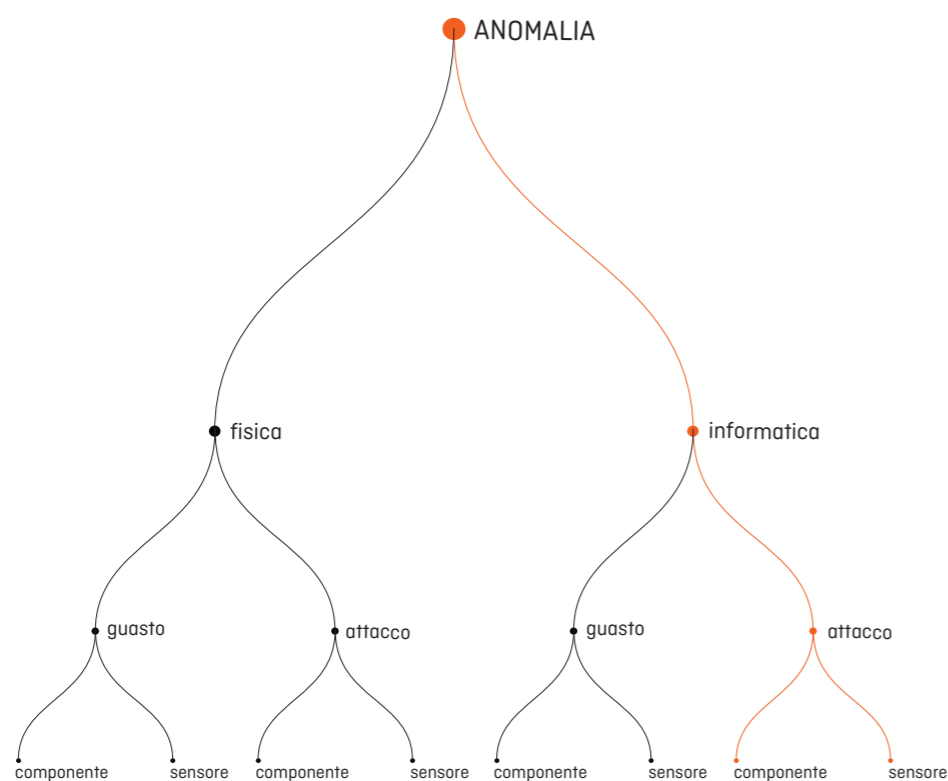


fig. 13 tipologie di anomalie che possono occorrere al sistema

Nello **SCHEMA**, il primo livello è determinato dall'intenzionalità, il secondo dalla tipologia e l'ultimo dall'oggetto che lo subisce.

Il percorso evidenziato mostra la tipologia di anomalie di cui questo progetto si occupa. Nello specifico, le anomalie contenute nei dati che si riferiscono all'analisi quantitativa possono essere dovute a due tipi di cause: fisiche oppure informatiche, dipendentemente dal modo e dai mezzi che ne sono all'origine.

#### 3.4.1. ANOMALIE DI ORIGINE FISICA

Con guasto fisico, si fa riferimento al caso in cui il malfunzionamento di una componente o del sensore che ne monitora l'andamento, sia causato da una rottura materiale. La rottura può essere causata intenzionalmente oppure essere dovuta ad un guasto, nel caso di usura o malfunzionamento.

Non è sempre semplice identificare la parte che è stata danneggiata, in quanto, sia la componente che il sensore, producono un unico gruppo di dati. Questo significa che non è dato esplicitamente sapere se, i dati assumono valori anomali perché la componente ha smesso di funzionare o perché il sensore ha smesso di trasmettere i dati in maniera regolare e corretta. I valori delle varie componenti inoltre, si influenzano a vicenda, essendo parte di un'unica rete. Ne consegue che potrebbe risultare anomalo il valore di una componente che non ha direttamente subito il danno, ma la cui posizione risente dell'anomalia riportata da un'altra componente.

Una volta identificata la componente danneggiata, l'analista è chiamato ad indagare la causa che ha prodotto il danno. Ad esempio, se i valori che si riferiscono alla pressione esercitata da una pompa sono fuori norma, il tecnico può controllare i valori esercitati a valle dallo stesso flusso d'acqua e dedurre, nel caso in cui quest'ultimi risultino a norma, che anche la pompa in questione stia funzionando correttamente, e che invece magari, ad aver smesso di funzionare sia il sensore che ne comunica i dati. Al contrario, se anche i valori a valle fossero alterati, significherebbe che ad aver riscontrato il guasto è la componente stessa, la cui interruzione di servizio sta provocando delle ripercussioni nelle componenti direttamente coinvolte. Per prendere la decisione finale l'analista segue delle linee guida prestabilite, che suggeriscono la soluzione in base a tutte le variabili possibili. A partire da questa fase, l'esperienza dell'analista subentra al software. Se infatti fino a questo momento l'analisi è affidata alla raccolta dei dati, da questo punto in poi la possibilità di arginare il problema è affidata all'esperienza e alle scelte manuali dell'operatore.

#### 3.4.2. ANOMALIE DI ORIGINE INFORMATICA

Un attacco informatico invece, è dovuto alla manipolazione dello stato di una componente tramite un sistema computerizzato. Questo tipo di attacco può produrre gli stessi effetti di un guasto fisico, ciò che cambia è il modo con cui viene effettuato. L'azione infatti è perpetrata a distanza, tramite un comando, che altera il normale funzionamento di una o più componenti della rete.

L'intrusione informatica introduce una nuova tipologia di problema rispetto lo scenario precedente, legata alla possibilità di "spiare" i dati e manometterli in maniera mirata. Sia i guasti fisici che quelli informatici vengono attualmente rilevati dal sistema nello stesso modo, senza alcuna distinzione che possa suggerire ciò che si sta verificando; l'analista è chiamato a riconoscere la differenza in base alla lettura delle altre variabili correlate.

### 3.5. TIPOLOGIE DI ATTACCHI

Gli attacchi si differenziano in base a due fattori: le modalità con cui vengono perpetrati e le componenti che vengono colpite.

Per quanto riguarda la prima categoria, gli attacchi possono essere causati da un'azione fisica oppure da un'intrusione informatica. I primi prevedono danni causati da malintenzionati presenti direttamente sul luogo; mentre le intrusioni informatiche sono perpetrate a distanza tramite dispositivi tecnologici.

Per quanto riguarda invece le parti che vengono danneggiate, esse possono essere le componenti che formano la rete oppure i dispositivi digitali montati sulle componenti con lo scopo di monitorarne l'andamento e trasmettere i dati al sistema centrale.

La categorizzazione dei tipi di attacchi, così come quella delle anomalie citata sopra, deriva dal paper *Characterizing Cyber-physical Attacks on Water Distribution System*, il cui contenuto, scritto da Taormina e Galelli, descrive le conoscenze che rendono possibile questo progetto [19]. Lo scopo di una parte di questo documento è quello di definire le componenti, fisiche e informatiche, che possono essere oggetto di manomissioni e i metodi con cui tali manomissioni possono essere effettuate. Nonostante l'algoritmo all'origine del progetto si focalizzi sulla rilevazione degli attacchi di origine informatica, al fine di rendere chiaro il contesto nel quale si inseriscono le sonificazioni, di seguito vengono descritte tutte le possibili tipologie di attacchi a cui può essere sottoposta una rete idrica.

Questa analisi viene compiuta in riferimento ad una rete semplice, composta da una pompa, una valvola, una tanica e alcuni nodi, sulla quale sono stati simulati 9 differenti attacchi, raggruppabili in 4 categorie. Le componenti prese in considerazione come possibili oggetti degli attacchi sono:

- Sensors;
- Actuators;
- PLCs;
- SCADA system;
- I collegamenti tra ognuno degli elementi sopracitati.

La tipologia delle componenti coinvolte definisce la natura del tipo di attacco. Si distinguono: l'attacco fisico ad una componente o ad un collegamento, l'attacco alla connessione tra due collegamenti e l'attacco diretto ai sistemi di gestione della rete.

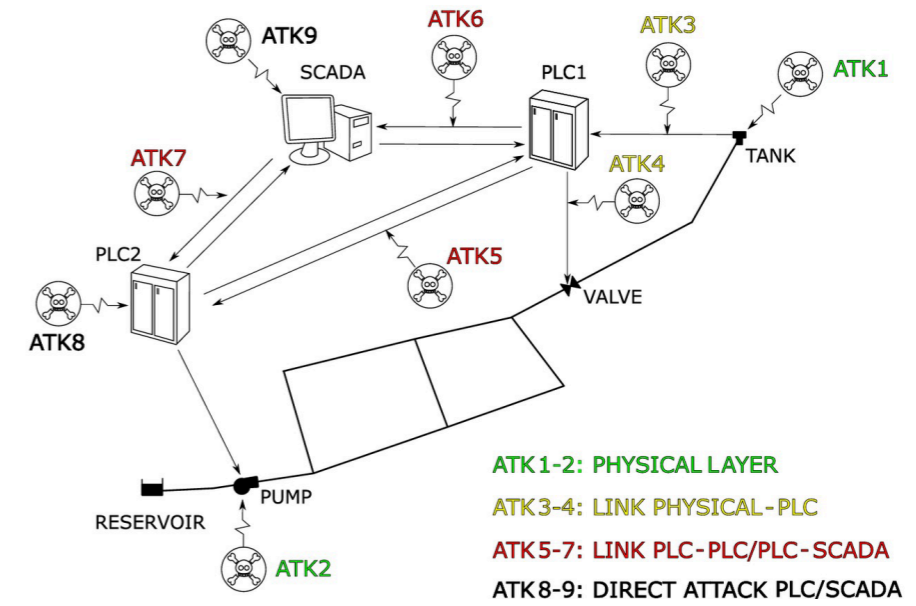


fig. 14 rappresentazione grafica del modello degli attacchi [17]

#### 3.5.1. ATTACCO FISICO AD UNA COMPONENTE

L'attacco fisico può colpire due tipi di componente:

[ATTACCO 1]

##### /IL SENSORE

il sensore viene manomesso. Come conseguenza, il PLC connesso al sensore smette di ricevere informazioni o le riceve sbagliate, interferendo con la gestione dell'intero sistema della rete;

[ATTACCO 2]

##### /L'ATTUATORE

anche in questo caso l'attacco è rivolto ad una componente del sistema, della quale può essere alterato lo stato (acceso/spento), o le impostazioni;

#### 3.5.2. ATTACCO FISICO AD UN COLLEGAMENTO

Esistono due tipologie di collegamenti che possono essere attaccate fisicamente:

[ATTACCO 3]

##### /IL COLLEGAMENTO TRA IL SENSORE E IL PLC

il collegamento tra queste due componenti è composto da una connessione wireless o hardwire. Il tipo di connessione determina il tipo di azione che il malintenzionato deve perpetuare

per compiere l'attacco. Le conseguenze sono: l'interruzione del servizio, la manipolazione dei dati trasmessi al PLC e la conoscenza di questi stessi dati da parte di esterni;

[ATTACCO 4]

**/IL COLLEGAMENTO TRA IL PLC E L'ATTUATORE**  
in questo caso il malintenzionato agisce interrompendo la connessione tra le due parti. Questo tipo di attacco può essere preceduto da un altro attacco, il cui scopo è quello di spiare il sistema prima di compiere l'attacco vero e proprio, la cui conseguenza è il diretto controllo dell'attuatore.

### 3.5.3. ATTACCO ALLA CONNESSIONE TRA DUE COMPONENTI

L'attacco fisico può colpire due tipi di componente:

[ATTACCO 5]

**/IL COLLEGAMENTO TRA DUE PLC**  
queste componenti sono solitamente connesse mediante una linea privata o internet, attraverso la quale si scambiano informazioni sullo stato del sistema. Nel momento in cui la connessione viene intercettata, il normale funzionamento del sistema può essere manomesso, oppure possono essere interrotti i segnali trasmessi dai PLCs. Uno dei segnali d'allerta per questo tipo di attacco infatti, può essere la differenza di dati rilevata dai PLCs che si riferiscono ad uno stesso sensore;

[ATTACCO 6]

**/IL COLLEGAMENTO TRA PLC E SISTEMA SCADA**  
in questo tipo di scenario, il malintenzionato è solito spiare, interrompere o manipolare la connessione tra i due sistema di riferimento, con la conseguenza che i dati trasmessi diventano incompleti o inaffidabili. Questo tipo di attacco potrebbe essere perpetuato nel tentativo di nascondere un altro attacco che sta avvenendo contemporaneamente;

[ATTACCO 7]

**/IL COLLEGAMENTO TRA IL SISTEMA SCADA E IL PLC**  
questo attacco interessa le stesse componenti dell'attacco precedente, ma si verifica in direzione opposta. Ciò comporta che i segnali

mandati dallo SCADA al PLC siano bloccati, manipolati o spiati. Le componenti del sistema, così facendo, ricevono informazioni e ordini manomessi che ne compromettono lo stato e il funzionamento.

### 3.5.4. ATTACCO DIRETTO AL SISTEMA DI MONITORAGGIO

L'ultima tipologia prevede l'attacco ai sistemi computerizzati che si occupano della raccolta e della gestione delle informazioni provenienti dalla rete:

[ATTACCO 8]

**/IL PLC**  
in questo caso, il malintenzionato, assume il controllo diretto del PLC. Ciò può avvenire a diversi livelli, dipendentemente dai quali il controllo sul sistema può essere più o meno determinante: possono essere interrotte o cambiate le attività in corso oppure possono essere deliberatamente trasmesse informazioni errate. Questo tipo di attacco può avvenire in contemporanea rispetto altri attacchi precedentemente descritti. Inoltre, mentre le altre tipologie di attacchi procedono ad intermittenza, questo tipo di attacco prevede che il sistema venga controllato in maniera continua;

[ATTACCO 9]

**/IL SISTEMA SCADA**  
il quale può essere compromesso in maniera fisica o remota. Questo tipo di attacco influenza tutte le componenti appartenenti alla rete di riferimento. Nonostante l'importanza di questo tipo di attacco, esso non è stato considerato nella ricerca, in quanto non è possibile rilevarne l'avvenimento se non a posteriori. Mentre i dati che si riferiscono alle singole componenti possono essere verificati in base all'andamento di altre componenti in qualche modo dipendenti da essi, per il sistema SCADA è diverso: per assicurarsi della veridicità dei dati, i valori andrebbero controllati in tempo reale uno ad uno, un compito fuori dalla portata umana. All'analista quindi, non è dato nessun modo sistematico per testare l'autenticità delle informazioni restituite dal sistema SCADA.

affrontati, in quanto fuori dalla nostra portata. Il tentativo di soluzione di quelli di origine comunicativa invece, ci ha guidato nella progettazione del prototipo finale.

### 3.6. SISTEMA ATTUALE DI ALLERTA

Il software in uso non sono in grado di rilevare gli attacchi informatici in tempo reale, limitandosi a segnalare in maniera generica la presenza di anomalie, delle quali non è indicata né la causa, né l'andamento.

Allo stato attuale infatti, non esiste un metodo preciso in grado di distinguere un attacco informatico da un'irregolarità di altro tipo. Il riconoscimento dell'anomalia, avviene spesso con uno scarto temporale più o meno variabile che ritarda la tempestività dell'intervento.

Attualmente questo tipo di attacchi viene riconosciuto solamente a posteriori, durante l'analisi che gli operatori effettuano sui dati qualche giorno dopo. Inoltre, non è ancora possibile identificare con sicurezza la componente della rete che ha subito l'attacco, in quanto, essendo ogni parte connessa, i dati si influenzano a vicenda impedendo l'identificazione diretta degli elementi danneggiati.

Il sistema emette un allarme nel caso in cui i dati mantengano un valore superiore alla soglia precedentemente stabilita per un periodo di tempo prolungato.

Al contrario, se i valori non raggiungono tale soglia, o la raggiungono per un breve intervallo di tempo, il sistema non emette nessun tipo di segnale.

Conseguentemente, una componente il cui valore continua a rimanere anomalo per una misura leggermente inferiore a quella stabilita, non verrà segnalata in alcun modo e l'unica possibilità che l'analista ha di accorgersi è di scovare tale valore tra le visualizzazioni di dettaglio.

Qualora il sistema ritenga opportuna la segnalazione di una componente, viene emesso un allarme sonoro accompagnato da un messaggio pop-up che compare sull'interfaccia per avvertire dell'irregolarità.

L'allarme sonoro attualmente in uso è breve e prevede la comunicazione di valori binari, come gli allarmi comunemente usati per segnalare, ad esempio, un incendio. Inoltre, il simbolo sulla mappa che rappresenta la componente che riporta l'anomalia cambia colore attirando l'attenzione dell'analista che è invitato ad approfondirne gli andamenti tramite una sezione d'analisi.

### 3.7. DEFINIZIONE DEI PROBLEMI

In base all'analisi eseguita abbiamo individuato quattro problemi principali, la cui identificazione è stata utile per definire il ruolo che la sonificazione avrebbe dovuto ricoprire nel progetto.

I problemi dipendenti dai limiti imposti dalla struttura dall'algoritmo non sono stati

#### 3.7.1. QUANTITÀ DI DATI

Uno dei problemi maggiori emerso dall'analisi del contesto di riferimento riguarda la quantità di dati su cui si basa il monitoraggio di questo tipo di sistema. La rete è composta da diverse tipologie di componenti, ognuna delle quali trasmette frequentemente i dati. La quantità delle componenti da cui provengono i dati, unita alla frequenza con cui essi vengono trasmessi, genera una grossa mole di informazioni che deve essere controllata costantemente.

Il sistema attualmente in uso non permette una visione chiara e completa di tutti i dati. La densità che deriva dalla rappresentazione visiva di tutti i parametri ne impedisce la lettura necessaria per il riconoscimento degli andamenti tipici di un attacco.

#### 3.7.2. SOVRACCARICO VISIVO

Gli analisti devono, non solo devono tenere monitorata la mole di dati precedentemente descritta, ma anche svolgere altre mansioni.

Durante una tipica giornata lavorativa infatti, si occupano dell'analisi dei dati dei giorni precedenti, attività che impediscono loro di tenere sotto controllo in maniera precisa e costante tutte le variabili.

Inoltre, la ripetitività di questo tipo di lavoro potrebbe causare un calo della concentrazione che invece è essenziale per scovare le irregolarità e riconoscere gli andamenti tipici di alcune categorie di anomalie.

Il sovraccarico di informazioni e segnali veicolati visivamente rischiano di provocare un affaticamento da allarme ("*alarm fatigue*") con la conseguente desensibilizzazione alla gravità e ai significati dei segnali. Questo fenomeno può comportare tempi di risposta più lunghi fino ad annullare l'importanza dell'allarme che diventa insignificante.

#### 3.7.3. FALSI POSITIVI

Il problema dei falsi positivi riguarda le anomalie rilevate dal sistema centrale ma in realtà inesistenti. Allo stato attuale infatti, il modello di apprendimento su cui si basa l'algoritmo con cui il sistema centrale raccoglie e analizza i dati, considera irregolari molte situazioni a norma. L'elevato numero di questi allarmi, nella maggior parte dei casi ingiustificati, abbassa la sensazione di gravità percepita dagli analisti. La frequenza con cui vengono emessi questi falsi segnali riduce la credibilità del sistema, il cui allarme viene, per questa ragione, volontariamente disattivato.

Inoltre, il metodo con cui queste informazioni vengono comunicate non aiuta in nessun modo gli analisti a giudicare la gravità reale di quello che sta avvenendo. Il sistema si limita infatti a segnalare i parametri irregolari, senza essere in grado di distinguere né

la causa di tale anomalia, né il grado con cui tale parametro si discosta dalla media dei valori ritenuti a norma. I valori leggermente fuori dalla norma, causati da minime variazioni contestuali, vengono espresse nello stesso modo rispetto divergenze significative; ogni anomalia acquisisce la stessa importanza e gli analisti devono valutare ogni singolo caso manualmente per capire cosa stia veramente accadendo.

#### 3.7.4. **REPLAY ATTACKS**

Un altro tipo di problema è rappresentato dai replay attacks. In questo caso i malintenzionati penetrano il sistema trasmettendo allo SCADA i dati registrati alcuni giorni prima (solitamente due), così che i parametri appaiano regolari quando invece non lo sono. Questo problema, diversamente dai precedenti, non è fine a se stesso ma serve a coprire i valori anomali causati da un altro attacco, che solitamente viene perpetrato in contemporanea. Così facendo infatti, gli analisti non possono rendersi conto delle anomalie che stanno interessando la rete e non intervengono, lasciando che l'attacco vero e proprio continui.

Questo tipo di attacco infatti non è riconoscibile, se non alcuni giorni dopo, durante l'analisi dei dati a posteriori, quando gli analisti hanno la possibilità di accorgersi che ci sono dei valori che si ripetono senza nessun tipo di variazione causata dal contesto reale. In questa direzione, il riconoscimento di pattern ripetitivi potrebbe aiutare gli analisti ad individuare casi di questo genere.

## 4. **ANALISI DELLA LETTERATURA**

Per mancanza di una documentazione specifica in questa direzione, la letteratura presa in considerazione per questo progetto attinge da diverse aree di ricerca: la gestione delle risorse idriche, la sicurezza informatica e la sonificazione.

Innanzitutto, è stato utile raccogliere informazioni riguardo al contesto in cui si sarebbe dovuto sviluppare il progetto; la maggior parte di questo materiale proviene da pubblicazioni eseguite da Galelli e Taormina, i cui contenuti oltre ad averci introdotto all'argomento, hanno anche costituito una parte dei dati usati durante la progettazione. L'approfondimento della gestione delle risorse idriche e della sicurezza informatica è proceduto parallelamente; sono entrambe aree molto ampie ma per questa analisi abbiamo cercato di restringere il campo a progetti che proponessero soluzioni utili a fornirci suggerimenti.

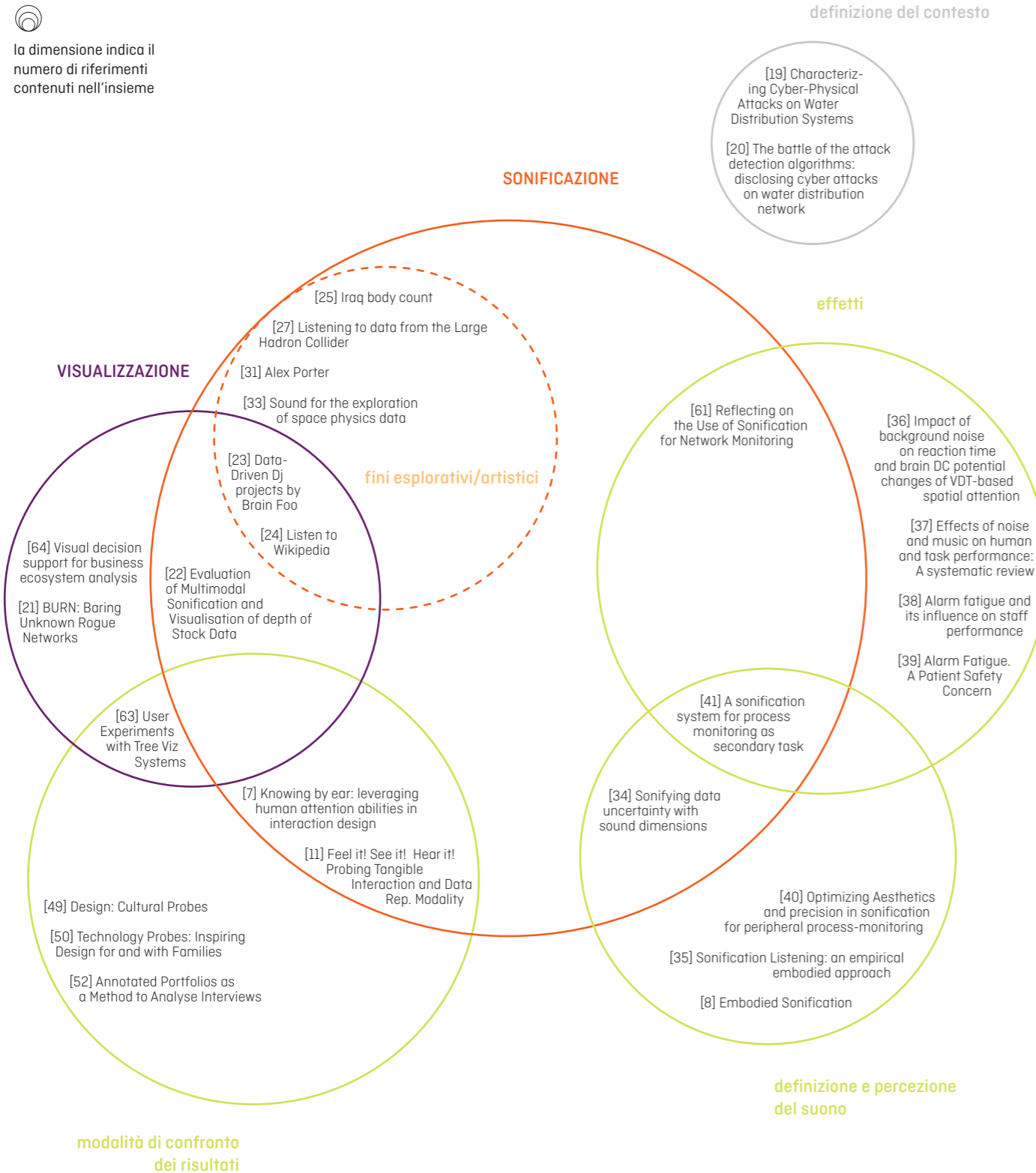
Le pubblicazioni effettuate nel campo della sonificazione pur riguardando, nella maggior parte dei casi, argomenti lontani dal nostro caso, sono state utili per studiare il rapporto tra il suono e i dati. Da questo tipo di letteratura abbiamo cercato di cogliere suggerimenti sulla tipologia di suoni che meglio si sarebbe prestata al nostro progetto.

La **MAPPA** mostra i riferimenti bibliografici serviti per la definizione del progetto, divisi secondo l'argomento per cui sono stati considerati.

L'elenco completo di tutta la bibliografia è indicato alla fine nella sezione apposita.

Nella visualizzazione sono riportati anche i riferimenti utilizzati per la stesura dell'esperienza, la cui analisi compare nel capitolo: Riferimenti teorici in quanto la spiegazione di questi contenuti richiede la conoscenza del progetto.

fig. 15 mappa dei principali riferimenti bibliografici



[analisi della letteratura]

#### 4.1. **ATTACCHI INFORMATICI E MONITORAGGIO**

Un primo livello di letteratura che abbiamo considerato riguarda la descrizione dello scenario in cui inserire il progetto. Questo tipo di riferimento, oltre a fornirci una spiegazione dettagliata del funzionamento dell'algoritmo, da cui derivano in parte i dati che abbiamo usato, ci ha permesso di comprendere il contesto e capire come funziona un sistema idrico con le sue componenti.

Di seguito sono estratti dalla letteratura i punti principali utili allo scopo appena descritto.

L'introduzione dei sistemi tecnologici per la sorveglianza dei processi di distribuzione idrica ha reso più vulnerabili le stesse infrastrutture, che in questo modo sono maggiormente esposte ad attacchi sia fisici che informatici [19]. Questi attacchi mirano a danneggiare intenzionalmente le componenti e il funzionamento delle reti idriche, le quali diventano in questo modo possibili obiettivi per il terrorismo e le guerre cibernetiche. I danni possono essere quantitativi o qualitativi, dipendentemente dal tipo di azione che viene perpetrata.

La prima tipologia influisce sulla gestione delle acque, intervenendo sulle componenti della rete che ne permettono la distribuzione; la seconda tipologia invece, prevede l'avvelenamento delle acque tramite il rilascio di sostanze dannose. Per combattere questo tipo di incursioni, nel 2014, è stato presentato il primo sistema per la valutazione della vulnerabilità di una rete idrica, il cui funzionamento prevede l'utilizzo di alcune strategie già operative nel campo della sicurezza informatica.

Gli esiti della competizione BATADAL (The BATtle of the Attack Detection ALgorithms) [20], su cui si basa lo studio della ricerca, mostrano alcune caratteristiche del sistema utili per la definizione degli scopi principali del progetto. È emerso come una stessa componente, ad esempio, possa subire differenti attacchi contemporaneamente, che alterano in maniera diversa il suo funzionamento. L'identificazione della componente che riporta valori anomali, non garantisce l'individuazione della causa che ha alterato i dati. Il fatto che le componenti possano reagire in maniera uguale a diversi tipi di attacchi impedisce, almeno per il momento, di pensare ad uno strumento di analisi che sia in grado di indicare la causa dell'anomalia.

Allo stato attuale infatti, è possibile porre il sistema nella condizione di segnalare un valore anomalo e la componente a cui si riferisce, ma per risalire a dove abbia avuto origine l'attacco e a come si stia sviluppando è richiesto l'intervento umano dell'analista.

È poi stata individuata una specifica tipologia di attacco, il cui fine non è colpire direttamente il sistema, ma spiarlo, nel tentativo di ricavare informazioni per la progettazione di un attacco futuro. Questo tipo di infiltrazione è più difficile da rilevare perché produce anomalie minime che non richiamano l'attenzione degli analisti ma il cui effetto può essere molto dannoso per il sistema.

Il problema dei falsi-positivi invece, si muove nella direzione opposta e si verifica qualora il sistema riconosca come dannosi eventi in realtà innocui. Le difficoltà appena descritte influiscono nella valutazione dell'accuratezza dell'algoritmo, che viene definita come l'abilità di scoprire minacce senza lanciare falsi-allarmi. Il tempo impiegato dall'analista per reagire, e la precisione con cui capisce ciò che sta avvenendo, sono i criteri utilizzati per misurare l'efficacia della comunicazione, la cui definizione è stata utile per determinare lo scopo del progetto.

Una volta definito il nostro scopo, abbiamo cercato progetti il cui tema fosse simile e la cui analisi potesse fornirci dei suggerimenti.

*BURN: Baring Unknown Rogue Networks* [21], è un progetto sviluppato nel 2011 presso il Politecnico di Milano e che, come nel nostro caso, prevede la collaborazione tra il Design e l'Informatica. Si tratta di uno strumento visivo interattivo in grado di individuare le attività malevoli all'interno delle reti Internet.

Nonostante si discosti dal nostro progetto per alcuni fattori, quali il tipo di attacchi e il contesto nel quale questi ultimi vengono perpetrati, la lettura di questa ricerca ci ha fornito alcune conferme e alcune indicazioni interessanti riguardo al lavoro di analisi dello scenario e il ruolo svolto dalla comunicazione. In entrambi i casi infatti, il Design ha dovuto trovare il modo di rendere una grossa mole di dati sempre disponibile e chiaramente leggibile, occupandosi della scelta del linguaggio con cui comunicare le informazioni utili all'analisi. Nel caso di BURN, il problema è stato risolto tramite l'uso dell'interazione, che permette la selezione specifica di alcuni dati, dipendentemente dalla situazione e dal tipo di analisi che si vuole effettuare. L'impossibilità di mostrare tutti i dati disponibili genera la loro suddivisione in gerarchie, alla cui somma c'è l'aggregazione di più informazioni che possono essere scomposte durante i successivi approfondimenti.

Un altro punto in comune tra i due lavori consiste nella definizione degli utenti e nel ruolo che essi svolgono; l'identificazione di un'attività malevola, così come quella di un'anomalia, necessita l'intervento manuale degli analisti, i quali sono esperti nel campo dell'analisi ma non in quello matematico, e per questo motivo è richiesto l'uso di un linguaggio intuitivo, che non comprenda riferimenti matematici.

Un altro caso le cui caratteristiche sono simili a quelle del nostro progetto, sebbene i dati presi in analisi non abbiano niente a che fare con gli attacchi informatici, riguarda la comunicazione dei valori di mercato.

La ricerca che abbiamo preso in analisi [22] propone l'esito di un test in cui il linguaggio visivo e quello sonoro comunicano informazioni diverse nel tentativo di capire quale metodo sia più efficace per la diffusione di informazioni economiche.

Il progetto è nato dall'esigenza, degli esperti di dominio, di considerare, in fase di analisi, un maggior numero di dati complessi. A questo proposito, la ricerca suggerisce tre possibili soluzioni che vedono l'uso alternativo o complementare dei linguaggi visivo e sonoro. In un primo caso le informazioni vengono restituite tutte tramite la visualizzazione, nel secondo caso è prevista un'interazione completamente sonora e nel terzo invece, i due linguaggi si completano in una comunicazione multimodale. La gestione delle informazioni tra i diversi canali comunicativi influenza il modo e il livello con cui vengono recepiti i dati, definendo tre possibili rapporti: conflittuale, qualora le informazioni tra i due canali comunicativi si contraddicano, generando un livello di comprensione minore rispetto quello possibile da uno solo dei due canali; ridondante, se la percezione delle informazioni proveniente da canali differenti non

aggiunge qualità a quella proveniente da un unico senso; complementare, nel caso in cui sensi diversi veicolino informazioni di diverso tipo, il cui significato si completa, aggiungendo valore rispetto al contenuto trasmesso da un unico linguaggio.

I risultati del test mostrano che c'è una netta distinzione tra la reazione degli utenti a questi tipi di comunicazione in riferimento al tipo di andamento dei dati in analisi, se in crescita o decrescita. Rispetto gli andamenti che crescono, il rapporto tra i linguaggi visivo e sonoro è stato definito complementare, mentre, nella situazione opposta di decrescita, le informazioni veicolate dai due linguaggi sono state percepite come ridondanti. Tralasciando questo tipo di distinzione tipica di un'area distante dalla nostra, ciò che ci interessa riguarda la reazione degli utenti ai diversi tipi di linguaggio usati nella comunicazione: essi descrivono la sonificazione adatta alla descrizione degli andamenti recenti, mentre la visualizzazione più utile a fornire informazioni contestuali. Per questo motivo probabilmente, nel caso della discordanza tra sistema visivo e sonoro, gli utenti hanno privilegiato il significato offerto dai contenuti espressi tramite l'audio.

La definizione del ruolo dei canali comunicativi emergente da questo lavoro è stata presa in considerazione per la selezione delle informazioni veicolate nel nostro progetto.

[analisi della letteratura]

## 4.2. SONIFICAZIONE

Una volta definito il tipo di informazioni che il suono avrebbe dovuto comunicare, abbiamo provato ad approfondire il rapporto che intercorre tra i dati e il linguaggio sonoro. Molti dei progetti che abbiamo trovato nell'ambito della sonificazione sono stati realizzati a scopo artistico, come quelli di Brian Foo, che si presenta sul suo sito [23] come un "Data-Driven DJ". La tipologia di dati che viene sonificata è varia, dalla disuguaglianza di reddito mappata in base alle fermate della metropolitana di New York; allo stato del cervello prima, durante e dopo un attacco di epilessia; alla distanza che i rifugiati percorrono tra il loro paese di origine e il luogo in cui chiedono asilo. L'esito di ogni progetto è una traccia audio indipendente, che vede ogni volta protagonista un suono differente. Lo scopo di queste sonificazioni, così come viene descritto dal suo autore, è quello di offrire una nuova esperienza basata sull'esplorazione dei dati, che vada oltre al consumo scritto e visivo, sfruttando i vantaggi temporali offerti dal linguaggio musicale. Gli argomenti trattati da Foo si riferiscono a temi sociali e culturali, che però mancano di una contestualizzazione. Mi sembra infatti di intuire che i progetti non abbiano uno scopo preciso. Il suono, seppur programmato, produce un effetto imprevedibile, con un possibile riferimento a quanto succedeva negli anni Sessanta con la Generative Art. Questa corrente prevedeva infatti, che sistemi autonomi, riconosciuti in alcuni casi dall'artista stesso come i veri creatori, definissero le caratteristiche dell'opera [24]. Nella maggior parte dei casi per sistemi autonomi si intendono gli algoritmi, ma possono anche essere sistemi di chimica, biologia, meccanica e robotica. Il termine generativo definisce un approccio, secondo quanto descritto in Wikipedia, che si basa sulla costruzione di un sistema in

grado di generare eventi di natura riconoscibile, proprio perché programmati alla base ma imprevedibili nella loro unicità, come quanto avviene nel caso degli audio prodotti da Foo.

Differente sembra essere il progetto che sonifica il numero di civili iracheni e soldati americani e inglese morti durante la guerra in Iraq tra il 2003 e il 2004, realizzato nel 2011 dall'utente di Sound Cloud Somatic Sounds [25]. In questo caso, oltre suggerire una riflessione emotiva sull'argomento, il suono permette il confronto tra tipologie di informazioni differenti che in questo modo possono essere percepite contemporaneamente. La sonificazione infatti propone una riflessione sul confronto tra il numero di vittime, civili e soldati, e il prezzo del gasolio nello stesso periodo di tempo. Il motivo per cui abbiamo deciso di considerare questo progetto riguarda il tipo di suoni che utilizza: mentre infatti Foo per le sue composizioni si serve di suoni musicali oppure di registrazioni vocali, in questo caso sono stati utilizzati suoni non intonati, che sembrano dei rumori. La scelta del tipo di suono è essenziale per la riuscita della comunicazione: gli ascoltatori devono essere in grado di distinguere i valori dei dati e ricordarne il significato. In questo progetto, così come in quelli di Foo, i dati che vengono sonificati fanno riferimento ad un periodo di tempo che si è concluso, più o meno recentemente. Le tracce pertanto, sono controllate dagli artisti che, una volta stabilita l'assegnazione dei suoni ad ogni caratteristica dei dati, possono verificare il risultato finale.

Diversamente accade per il progetto, realizzato da Hatnote, Stephen LaPorte e Mahmoud Hashemi, che prevede l'uso della sonificazione in tempo reale per rappresentare le modifiche effettuate dagli utenti su Wikipedia [26]. In questo caso, il fatto che la sonificazione avvenga in tempo reale determina l'imprevedibilità della composizione finale. Gli autori hanno categorizzato i vari tipi di modifiche possibili e assegnato ad ognuna di queste uno strumento e un volume differente: le campane indicano un'aggiunta testuale, mentre gli strumenti a corda rappresentano una sottrazione di parole rispetto la versione precedente della pagina. Il volume cambia dipendentemente dalla portata della modifica; più è grossa la modifica, più è profonda la nota corrispettiva. Nel progetto di Wikipedia e in quelli di Foo, la sonificazione è accompagnata da un supporto visivo. Ma mentre nei progetti del Data-Driven Dj le informazioni fornite visivamente hanno principalmente lo scopo di contestualizzare e accompagnare l'ascolto della traccia audio, nel caso di Wikipedia, la visualizzazione aggiunge un livello di informazione in più rispetto l'audio. Il colore dei cerchi che si creano per ogni interazione infatti, indica il tipo di utente che ha effettuato la modifica: verde coloro che non sono registrati e viola i bot automatizzati.

Il CERN di Ginevra ha messo a disposizione degli artisti i dati provenienti dal Grande Collisore di Adroni (*Large Hadron Collider* - LHC), l'acceleratore di particelle utilizzato per le ricerche sperimentali nel campo della fisica [27, 28]. Da queste collaborazioni sono state prodotte diverse tracce, che sono poi state suonate durante il workshop *The physics of music and the music of physics* al Montreux Jazz Festival del 2015 [29, 30]. Anche in questo caso, come nei progetti descritti sopra, l'uso del suono ha un fine più artistico che scientifico; lo scopo è quello aumentare il coinvolgimento del pubblico e avvicinarlo, tramite una nuova forma di interazione, al settore dell'energia fisica. È possibile riconoscere in ogni traccia prodotta lo stile degli artisti che, pur considerando gli stessi dati di partenza, hanno sviluppato progetti unici [31].

Completamente diversa è la motivazione che ha spinto l'astrofisica Wanda Diaz Merced ad avviare il processo di sonificazione dei dati che descrivono la luce emessa dai lampi di raggi gamma [32]. La studiosa infatti, si è avvicinata al processo di sonificazione in seguito alla perdita della vista, evento che inizialmente le aveva impedito di continuare nel suo lavoro. In questo caso, il ricorso al linguaggio sonoro è motivato dal contesto e viene presentato nella tesi della ricercatrice come un livello di comunicazione aggiuntivo, rispetto le visualizzazioni in uso, che può aumentare la precisione con cui vengono percepiti i dati mascherati dal rumore [33]. Il suono infatti, consente un'ulteriore scomposizione delle informazioni, permettendo un'analisi più dettagliata. Il linguaggio sonoro non sostituisce completamente quello visivo, ma lo affianca nella comunicazione di variabili differenti: visivo e sonoro contribuiscono in maniera diversa a fornire informazioni utili ad un'analisi che si muove in un'unica direzione.

Un altro caso in cui il suono è stato introdotto come elemento per la veicolazione di un messaggio specifico, riguarda la rappresentazione dell'incertezza [34]. Ballatore, ha prodotto e messo a confronto 33 stimoli sonori, sia sintetici che naturali, per indagare il suono come elemento intuitivo per la restituzione della qualità dei dati. Durante il test, è stato chiesto quale suono, tra la coppia proposta, comunicasse dati più o meno incerti. Le tracce audio che comunicano i dati incerti differiscono dalle altre per le modifiche fatte alla struttura dei suoni. L'incertezza infatti, non è stata considerata come una variabile, quanto piuttosto come una caratteristica a cui riservare un trattamento particolare. L'assenza di un contesto specifico in cui inserire i suoni è stata indicata come una limitazione nella stessa ricerca; l'esperimento manca di un focus preciso, la cui definizione potrebbe influenzare il tipo di risultato ottenuto. L'esperimento è stato rivolto a non-esperti, ai quali ogni volta, è stato chiesto di scegliere tra due suoni quello che comunicasse loro un dato più o meno certo (le domande venivano poste in maniera alternata per evitare possibili influenzamenti). I risultati identificano tre dimensioni sonore particolarmente significative per la comunicazione dell'incertezza, che sono il volume, l'ordine e la chiarezza (dal paper: "loudness, order, and clarity"). Un suono con un volume maggiore è percepito più vicino all'ascoltatore e per questo si presta alla comunicazione di dati qualitativamente migliori; così come una composizione formata da suoni ordinati risulta più certa rispetto al caso in cui gli stessi suoni siano posti in ordine randomico. La ricerca fa emergere un problema inevitabile, che riguarda l'influenza del gusto personale nel giudizio dei suoni. Alcuni utenti hanno infatti segnalato di non essere sicuri che la risposta fornita fosse dovuta alla reale percezione di incertezza oppure alle proprie preferenze musicali. Non è possibile arginare completamente questo tipo di influenza, che spesso non è nemmeno percepito coscientemente dagli utenti.

La ricerca inoltre, indica che non vi è una distinzione evidente nell'uso di suoni acustici o sintetici, nel caso della comunicazione di dimensioni che descrivono cambiamenti temporali.

Sebbene la ricerca non abbia contestualizzato l'applicazione delle sonificazioni a nessuna area specifica, e il tipo di risultato comprenda la preferenza degli utenti ristretta tra due possibilità selezionate dai ricercatori, questo studio, compreso di test, è stato molto utile per il nostro progetto, in quanto abbiamo considerato la valutazione delle variabili del suono che ne risulta, come punto di partenza per la definizione della struttura delle nostre sonificazioni.

[analisi della letteratura]

### 4.3. PERCEZIONE ED EFFETTI DEL SUONO

Una volta raccolte delle ipotesi riguardo la progettazione della struttura, abbiamo considerato gli studi sull'*Embodied Approach* per la scelta dei suoni da usare. Embodied Approach è un concetto ideato da una corrente di filosofi cognitivisti secondo cui le percezioni fisiche che passano tramite il corpo determinano la natura della mente e il suo modo di concepire idee, concetti, pensieri. Riguardo questo studio, Roddy, suggerisce come i suoni, le cui dimensioni estetiche sono progettate sfruttando l'esperienza fisica, permettano una comunicazione più efficace. Secondo la sua definizione, l'*Embodied cognition* è infatti un programma di ricerca della scienza cognitiva che descrive come nuove esperienze mediate dal corpo diventino significative se connesse a modelli di esperienza di cui si ha avuto coscienza precedentemente [8]. Il modo con cui noi percepiamo un suono deriva dalla nostra esperienza, che attribuisce a tale suono un significato particolare; per ottenere una sonificazione comunicativamente efficace è pertanto necessario definire i suoni tramite un modello di costruzione del significato, che considera le associazioni che l'utente compie a partire dagli stimoli uditivi in questione [35]. Il suono di uno strumento ad esempio, evoca non solo lo strumento stesso, ma anche ciò che la mente collega ad esso, come altri strumenti, movimenti, conoscenze pregresse, aspettative o esperienze generate in circostanze simili. Questo tipo di sensazioni contribuisce alla costruzione del significato veicolato dal suono, la cui interpretazione influenza a sua volta la comprensione delle informazioni contenute nella sonificazione. Affinchè venga percepito il significato, è poi fondamentale che l'utente presti attenzione alla sonificazione. Durante la prima fase di progettazione avevamo considerato la possibilità di creare un suono continuo, la cui presenza fosse indice del funzionamento sia del sistema, che dell'apparato audio e il cui andamento indicasse il valore dei dati. In realtà poi, la natura dei dati a disposizione ci ha fatto escludere questa possibilità, i cui effetti sembra comunque abbiano un'influenza negativa sulla salute della persona che vi è esposta e sull'efficienza della sua performance. Come infatti emerso da uno studio specifico [36], il rumore di sottofondo, seppur lieve, richiede un consumo di energia causato dalla selezione degli stimoli utili, la cui dispersione determina un aumento nel tempo di reazione, che fa diminuire il livello della prestazione. Un'altra ricerca [37] poi, che si sviluppa a partire dalla convinzione che i rumori di sottofondo abbiano effetti negativi sulla salute, la comprensione, l'attenzione e il livello di allerta, cerca di indagare la differenza tra gli effetti provocati dal rumore e quelli determinati dalla musica, senza però arrivare ad un risultato definitivo: mentre per quanto riguarda il rumore, viene affermata l'influenza negativa di quest'ultimo sulle azioni di vigilanza e comprensione dell'analista, a proposito della musica, non è azzardata un'affermazione altrettanto sicura, perché i risultati raccolti a questo proposito mostrano quanto essa possa, sia migliorare, che peggiorare la riuscita del

compito in atto. Sembra infatti che la musica possa ridurre lo stress e l'aggressività in situazioni frustranti (come nel caso della guida nel traffico, citata nella ricerca) con il rischio però, dall'altro lato, di far calare il livello di attenzione del soggetto.

Un effetto differente di distrazione può essere causato da un fenomeno chiamato *alarm fatigue* e definito come la mancata risposta a minacce reali provocata dal sovraccarico di informazioni che produce una desensibilizzazione al messaggio [38]. Un ambiente in cui questo fenomeno è particolarmente diffuso è quello ospedaliero, in cui l'aumento della tecnologia ha causato un incremento esponenziale del numero di macchinari che emettono segnali acustici; se nel 1983 infatti, si potevano contare sei tipi di allarmi sonori, nel 2011 sono diventati quaranta, moltiplicandosi sia per numero che per tipologia [39]. In questo settore i macchinari hanno il compito di sorvegliare lo stato di salute dei pazienti, generando suoni di varia natura, a cui il personale è sottoposto continuamente, con il rischio di sottovalutare alcune situazioni di pericolo. Ad oggi, alcune unità ospedaliere riportano che oltre l'85% dei segnali trasmessi sia falso. L'inattendibilità di questi allarmi, unita all'inutilità di altri, porta gli infermieri ad abbassarne il volume sotto la soglia udibile o addirittura a spegnerli. La mancata ricezione delle informazioni veicolate da questi suoni ha gravi conseguenze sui pazienti, arrivando a causarne, nel peggiore dei casi, la morte. Per questo motivo, dove non richiesto clinicamente, viene suggerito di evitare l'emissione di un messaggio che includa il monitoraggio continuo (XII). Questa affermazione testimonia come la selezione dei contenuti da comunicare sia il primo passo per la progettazione di un messaggio valido. Bisogna anche tenere in considerazione che l'inefficacia di questo sistema non è imputabile solo al suono, ma anche a fattori esterni, quali la mancanza di una formazione adeguata per il personale e le condizioni di lavoro in cui questi sistemi vengono installati, che non vengono prese in considerazione durante la progettazione, come anche dimostrato dalla scarsità di test sull'usabilità effettuati in questa direzione.

(XII) in riferimento a:  
"Perhaps the most effective way to reduce both false and nonactionable alarms is to avoid unnecessary monitoring and discontinue monitoring when it is no longer clinically indicated." [38]

Lo studioso Tobias Hildebrandt sostiene invece la tesi opposta, approfondendo l'effetto dell'esposizione ad un sottofondo continuo in relazione alla tipologia di suono utilizzato, per valutare il potenziale della sonificazione in tempo reale nel processo di decision-making [40]. In un suo progetto [41] basato sui processi di produzione di un impianto di imbottigliamento, il suono è utilizzato, come nel nostro caso, per comunicare diverse informazioni agli operatori, le cui capacità cognitive primarie sono impiegate in un altro compito. Lo scopo del linguaggio audio pertanto, è quello di permettere un monitoraggio continuo, segnalando in anticipo la formazione di un problema che può essere così risolto prima che la situazione diventi definitivamente critica. Per questo motivo la presenza della sonificazione è stata progettata affinché sia continua. Il compito di attirare l'attenzione solo durante situazioni potenzialmente pericolose è lasciato al tipo di suono, che è progettato per fornire un equilibrio che garantisca il controllo ma eviti il disturbo: più è alto il numero di informazioni che vengono trasmesse, maggiore è il rischio che la sonificazione venga percepita come fastidiosa. Per ricreare un ambiente piacevole e rilassante, Hildebrandt aveva inizialmente pensato di associare i diversi macchinari alle varie melodie degli uccelli, ma la ripetizione eccessiva dei suoni, dovuta ad un'attività di lavoro costante, rendeva il risultato finale irritante. L'autore perciò, dopo aver notato che la maggior parte dei paesaggi sonori è composta da suoni di natura percussiva e stocastica, ha scelto di prendere come riferimento l'ambiente di una foresta, selezionando per il suo scopo il ronzio dell'ape, il tambureggiare del picchio, lo scorrere di un ruscello, il fruscio delle foglie, il rumore del

ramo spezzato e delle gocce d'acqua.

L'esposizione ad una sonificazione continua, considerata in questo come in altri progetti simili però, produce degli effetti che non sono ancora stati testati in maniera sistematica nel mondo reale. Nel tentativo di progettare una sonificazione lo studio dei cui effetti ne permettesse una realizzazione il più probabile possibile, e considerando la struttura dei nostri dati, abbiamo deciso di concentrarci su un prototipo che abbia la durata di qualche secondo e che si riproduca una volta ogni ora, lasciando libero il canale uditivo dell'analista durante il resto del tempo.

Il riferimento alle prossime ricerche infatti, mira proprio a fornire uno spunto per quanto riguarda l'attivazione dell'attenzione periferica, necessaria per fare in modo che l'analista, la cui concentrazione è focalizzata su un'altra attività, percepisca il messaggio veicolato dal suono.

La ricerca *Knowing by ear: leveraging human attention abilities in interaction design* [7] vede applicarsi il concetto di *Calm Technology* al campo della sonificazione; questa teoria prevede che la comunicazione che passa tramite strumenti tecnologici, invece che porsi costantemente al centro dell'attenzione dell'utente, si posizioni alla periferia, per attirarne l'attenzione solo se e quando richiesto dalla situazione. La teoria della *Calm Technology* si basa, in parte, sul fenomeno denominato *Cocktail Party Effect*, secondo il quale il cervello è in grado di filtrare una serie di stimoli e decidere verso quale indirizzare la propria attenzione uditiva. Questo è possibile perché la mente umana ha la capacità di separare gli stimoli in diversi flussi e classificarli per importanza rispetto la situazione; sentir nominare il proprio nome, ad esempio, attira completamente l'attenzione verso una conversazione a cui non si era interessati fino a prima. La denominazione di questo fenomeno fa riferimento ad una tipica situazione che lo vede realizzarsi: i partecipanti ad una festa infatti, nonostante il rumore circostante, sono in grado di concentrarsi sulla conversazione che stanno intrattenendo.

Nel complesso, la letteratura presa in analisi ci è stata utile per definire le ipotesi di partenza con cui avviare il nostro progetto. Ognuno di questi documenti ha fornito il sostegno o l'ispirazione per la composizione dell'idea finale. Ogni teoria o principio a cui abbiamo fatto riferimento ha subito l'adattamento o l'approfondimento che l'inserimento nel nostro contesto specifico ha comportato. Ho ritenuto valido accompagnare l'analisi della letteratura, con dei riferimenti specifici alle parti del nostro progetto che si sono basate sulle considerazioni che emergono dai documenti, riflettendo, qualora necessario, sui punti in comune e quelli per cui differiscono. Dall'unione di tutte queste informazioni è stato possibile progettare il lavoro descritto di seguito.

Un'altra parte importante di letteratura a cui abbiamo fatto riferimento per il metodo di raccolta e analisi dei risultati si trova nella sezione che riguarda l'Esperimento [capitolo: Esperimento - Riferimenti teorici]. Inserirla qui non avrebbe avuto senso perché la comprensione delle motivazioni che ci hanno spinto a selezionare quel materiale sono determinate dal tipo di progetto, che è spiegato di seguito.

## 5. PROGETTO

La richiesta che ha avviato il progetto prevede l'uso del suono come linguaggio utile alla comunicazione dello stato del sistema. L'introduzione del suono in questo scenario pertanto è da considerarsi un punto di partenza, in quanto fin dall'inizio è stato suggerito come possibile soluzione ai problemi presenti nel contesto di riferimento. Riguardo al suo uso però non sono stati forniti suggerimenti alcuni; non è stato specificato né il tipo di dati da sonificare, né il tipo di suono da utilizzare, né il ruolo che questo suono avrebbe dovuto occupare all'interno della giornata lavorativa dell'analista.

Per prima cosa abbiamo definito, insieme a Taormina e Galelli, l'utente di riferimento; abbiamo analizzato il contesto nel quale egli si trova ad operare, per cercare di comprendere nella maniera più accurata possibile le azioni tipiche che è solito a svolgere. Una volta definite le caratteristiche e i problemi esistenti in questo ambito, abbiamo cercato di capire quali dati avremmo potuto utilizzare per poi mappare le caratteristiche del suono al tipo di informazioni da trasmettere.

Il dataset a cui si fa riferimento nel progetto include uno SCADA System che legge 43 variabili determinate dalle seguenti componenti:

## 5.1. CASO STUDIO DI C-TOWN

Come già introdotto, le informazioni relative alle reti idriche non sono pubbliche. Per questo motivo, i dati di cui ci siamo serviti nel corso del progetto non sono reali, quanto verosimili; sono stati infatti creati per una competizione, nominata BATADAL [19], proposta, tra gli altri, dai due ingegneri dell'Università di Singapore con cui abbiamo lavorato. Lo scopo della competizione, lanciata nel 2016 e svoltasi nel 2017, era la scrittura di un algoritmo che fosse il più preciso possibile nel rilevare e riconoscere gli attacchi informatici alla rete di distribuzione idrica di una cittadina ideale di medio-grandi dimensioni, nominata C-Town.

Gli organizzatori di questa competizione hanno utilizzato il software precedentemente descritto, Epanet, per la simulazione dei valori. Il dataset a disposizione fornisce il flusso dell'andamento di tutte le componenti della rete e ha le stesse caratteristiche di un dataset reale.

A partire dalle informazioni tratte dalla ricerca di Galelli e Taormina e dai dati reperiti sul sito di BATADAL, viene descritto di seguito l'ambiente al quale si inserisce il progetto.

La rete di C-Town è composta da:

- 429 pipes;
- 388 junctions;
- 7 storage tanks;
- 11 pumps (distribuite tra 5 pumping stations);
- 5 valves;
- 1 reservoir

A queste componenti fisiche si aggiungono dei sistemi computerizzati per il monitoraggio:

- 9 PLCs;
- 1 SCADA System, che coordina le operazioni e legge i dati provenienti dai PLCs;

Per ragioni di sicurezza, la gestione del sistema idrico di una città di queste dimensioni non avviene mai in maniera unitaria. La rete viene generalmente progettata in modo che possa essere scomposta in più parti, che funzionino in maniera autonoma e indipendente. Per questo motivo, i dati che verranno utilizzati nel corso del progetto si riferiscono ad una porzione ridotta rispetto quella precedentemente descritta.

- **Water level**  
per 7 tank  
(indicate nel dataset con L\_<tank id>)
- **Inlet and outlet pressure**  
per 1 valvola e 11 pompe  
(per un totale di 12 variabili, denominate P\_<junction id>)
- **Flow**  
per 1 valvola e 11 pompe  
(12 variabili, denotate con F\_<actuator id>)
- **Status**  
per 1 valvola e 11 pompe  
(12 variabili, denotate con S\_<actuator id>)

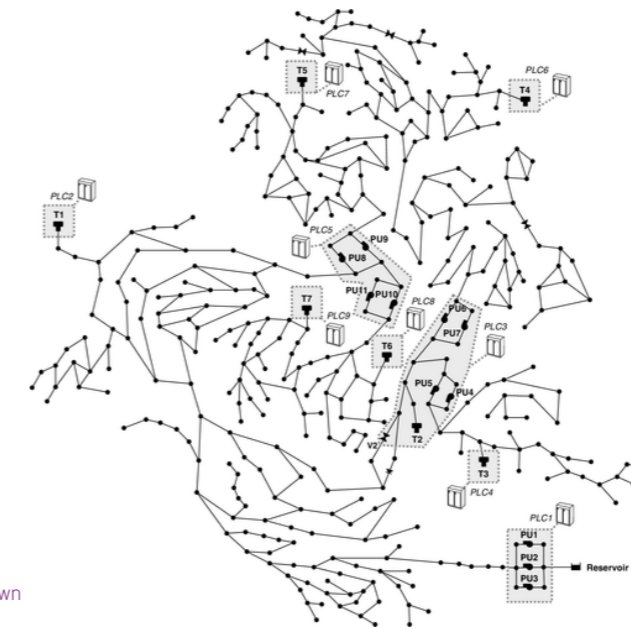


fig. 16 rappresentazione grafica della rete di distribuzione idrica di C-Town [19]

Tutti i valori sono indicati con numeri continui, ad eccezione dello stato (status), che è contrassegnato da una variabile binaria che indica l'apertura o la chiusura della pompa/valvola a cui fa riferimento.

Abbiamo deciso di ritenere l'intervallo di tempo considerato nella competizione di BATADAL valido anche per il nostro progetto, sebbene la frequenza con cui i sensori possano trasmettere i dati sia, nel mondo reale, variabile in base alla programmazione che si sceglie di impostare.

Come implementazione futura si potrebbe provare a considerare un intervallo di tempo differente in base ai commenti degli utenti durante l'esperimento e al contesto in cui tale sistema si dovrebbe inserire realmente.

Ai partecipanti della competizione di BATADAL sono stati forniti tre dataset:

[DATASET 1] **/TRAINING**  
il dataset si riferisce ad un anno (365 giorni) di simulazione di dati, durante il quale non si sono verificati attacchi. Lo scopo di questo dataset è quello di fornire all' algoritmo un esempio di scenario in cui non si verificano attacchi.

[DATASET 2] **/TRAINING**  
il dataset fa riferimento a sei mesi di dati (492 ore), durante i quali sono avvenuti 7 attacchi. Uno di essi è stato appositamente indicato ai partecipanti (tramite un'etichettatura in corrispondenza della colonna del time steps), gli altri invece non sono identificati.

[DATASET 3] **/TEST**  
l'ultimo dataset riguarda tre mesi (407 ore) durante i quali sono avvenuti altri 7 attacchi che non sono in nessun modo contrassegnati.

I primi due dataset hanno lo scopo di fornire le informazioni utili ai concorrenti per la scrittura dell'algoritmo. Dalla loro analisi è possibile dedurre la differenza nell'andamento dei dati appartenenti ad una situazione normale rispetto quelli che contengono casi di anomalia.

I primi dati sono utilizzati dall'algoritmo per definire il modello di stato ideale del sistema; mentre con quelli del secondo dataset l'algoritmo impara a riconoscere la differenza tra il suo modello e il comportamento anomalo del sistema.

L'ultimo dataset invece, è quello su cui viene testata la performance dell'algoritmo dopo il periodo di training: a partire dalla precisione con cui viene rilevata la presenza o meno di un attacco nel periodo di tempo considerato, è stato possibile determinare il vincitore della competizione. A noi non interessa l'esito della competizione, ma l'analisi di questi dataset ci ha permesso di capire la frequenza e l'andamento con cui si svolgono gli attacchi; informazioni essenziali per iniziare a definire il ruolo del suono in questo contesto.

## 5.2. APPROCCIO

Considerando l'intervallo di tempo con cui i sensori posizionati sulle componenti della rete idrica trasmettono i dati, abbiamo deciso di progettare sonificazioni la cui durata, limitata a qualche secondo, descriva lo stato del sistema ad intervalli regolari di un'ora. La ciclicità con cui i dati vengono trasmessi rappresenta, secondo l'idea progettuale, un appuntamento implicito a cui l'analista è chiamato puntualmente a prestare attenzione per verificare l'andamento del sistema. I suoni mirano pertanto ad inserirsi nella routine giornaliera degli addetti ai lavori, che in questo modo possono dedicarsi ad altre attività, concentrando la loro attenzione ai suoni solo qualora essi lo richiedano.

L'idea si basa sulla comunicazione dello stato del sistema come informazione più importante, la cui definizione deriva da due tipi di variabili: i valori che si riferiscono all'andamento reale delle componenti della rete, e la predizione degli stessi valori, in una situazione ideale, calcolata dall'algoritmo. Questa predizione restituisce lo stesso tipo di dati rispetto quelli trasmessi dai sensori posizionati fisicamente sulle componenti della rete, ma non subisce le conseguenze di nessun tipo di attacco, funzionando indipendentemente rispetto al sistema a cui si riferisce. I dati che produce pertanto, tendono a discostarsi rispetto quelli provenienti dal sistema nella misura in cui una variabile esterna stia alterando questi ultimi.

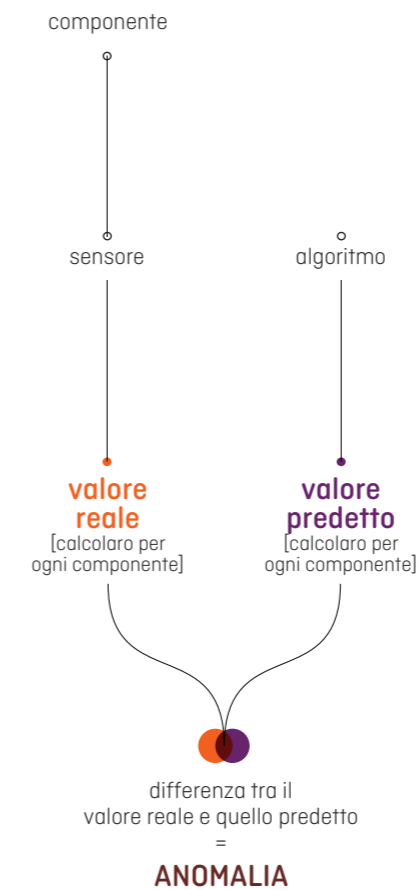
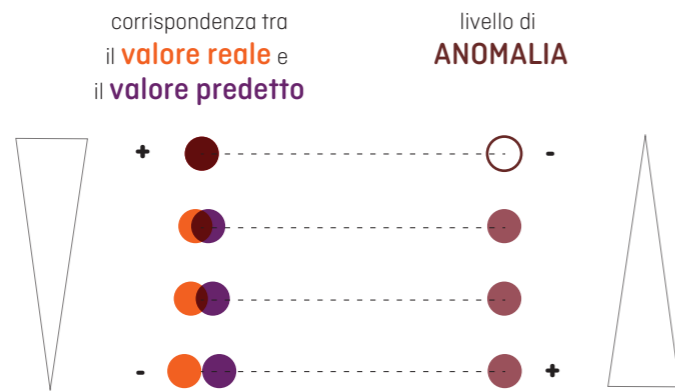


fig. 17 tipologia di dati da cui viene calcolato il valore dell'anomalia

fig. 18 processo con cui viene calcolato il valore dell'anomalia



Oltre allo stato del sistema si è deciso di comunicare la disposizione geografica delle componenti a cui i dati fanno riferimento, la cui conoscenza è rilevante per gli analisti per procedere, in caso di rilevazione di un'anomalia, all'analisi più dettagliata tramite l'interfaccia visiva.

Il metodo attuale prevede la rilevazione o meno di un problema, con la conseguenza che una minima variazione viene segnalata nello stesso modo di una variazione i cui effetti influiscono pesantemente sul funzionamento della rete. L'introduzione di una scala di valori mira a ridurre il problema dei falsi-positivi e facilita, secondo la nostra ipotesi, il compito dell'analista, fornendogli un primo livello di informazione utile ad indirizzare la sua attenzione solo se e dove richiesto durante l'analisi più approfondita che segue. È utile ricordare due informazioni per considerare in maniera adeguata entrambi i prototipi: primo, lo scopo principale della sonificazione è quello di comunicare lo stato complessivo del sistema, il riferimento geografico è un'informazione secondaria, che ipotizziamo possa essere appresa dall'utente dopo un breve periodo in cui è sottoposto a questo tipo di messaggio; secondo, la sonificazione emergente da questo progetto non vuole sostituire la rappresentazione visiva in uso attualmente. Lo scopo della sonificazione è quello di richiamare l'attenzione dell'analista nel caso in cui vengano registrati dei problemi ed eventualmente indirizzare la sua analisi alla quella zona specifica.

Abbiamo escluso la possibilità di un audio continuo e abbiamo anche escluso la possibilità di considerare il silenzio come un elemento significativo, in quanto potrebbe essere dovuto ad un guasto del sistema di comunicazione o banalmente, alla mancanza di volume nell'apparecchio di riproduzione. Ogni informazione per tanto, sia positiva che negativa, è rappresentata da un suono. Nella letteratura di riferimento non abbiamo trovato niente che potesse indirizzarci nella scelta; siamo quindi partiti considerando i suoni sia armonici che disarmonici, riconosciuti come "rumori".

Le proposte che abbiamo presentato sono raccontate di seguito. La prima non è stata ritenuta valida ma ho deciso di descriverla lo stesso, in quanto la sua realizzazione è stata comunque utile per progettare la seconda, dalla quale abbiamo estratto quella definitiva. Inoltre, la considerazione dei problemi emersi permette di descrivere meglio il contesto nel quale abbiamo lavorato e motiva alcune scelte intraprese.

Entrambe le proposte condividono gli stessi dati. L'idea alla base infatti è la stessa, cambia il numero e la varietà degli elementi che abbiamo scelto di tenere in considerazione, e cambia la gerarchia con cui vengono espresse alcune informazioni secondarie rispetto lo stato del sistema.

## 5.3. DATI: TRA SENSORI ED ALGORITMO

Come già detto, i dati non sono reali, ma frutto di una simulazione il cui esito ha fornito il materiale utile per la competizione già citata, BATADAL. I dati descrivono lo stato o il flusso di ogni componente, ripetuti per ogni ora, per un periodo di tempo di tre mesi. Rispetto i tre dataset presenti sul sito di BATADAL, noi abbiamo usato l'ultimo, nominato "Test Dataset". Abbiamo scelto di lavorare con questo perchè è lo stesso utilizzato durante la competizione per verificare la precisione dell'algoritmo, per questi valori pertanto, avevamo a disposizione i dati relativi alla predizione dell'algoritmo. Questo dataset descrive la situazione ma non riporta nessuna indicazione esplicita riguardo la presenza o meno di anomalie. Informazione presente in un altro documento ("List of attacks in Test dataset") allegato al dataset. Questo documento riporta una lista completa e precisa di tutti gli attacchi che sono stati considerati per simulare le informazioni presenti nel dataset.

Ho creato un nuovo dataset, considerando i valori espressi nel "Test Dataset" per ogni ora dei quali ho aggiunto l'informazione circa la presenza o meno di un attacco. Comparando questi dati è emerso che la presenza degli attacchi coincide con i cambi di valori consistenti e le variazioni improvvise di stato o di flusso. L'analisi di queste informazioni ci ha permesso di individuare l'andamento del sistema e di confrontare il comportamento delle componenti durante un attacco rispetto al normale funzionamento. Questa prima rappresentazione dei dati, seppur approssimativa, è stata fondamentale per una definizione più accurata della scelta delle variabili da sonificare. "La rappresentazione del dato diventa momento di consapevolezza" [cit. Ciuccarelli].

Un'idea preliminare consisteva nel trasformare direttamente questi valori in suoni, per comunicare l'andamento di ogni componente (pompa, cisterna, valvola). In questo modo però l'analista avrebbe dovuto essere in grado di interpretare l'informazione ricevuta, valutandone la gravità in base a quanto tale valore fosse coerente rispetto quello precedentemente registrato. Il suono avrebbe dovuto veicolare un'informazione che necessita ulteriori interpretazioni prima di rappresentare il suo significato. Abbiamo perciò proceduto semplificando questa sequenza, per cercare di fornire all'analista l'informazione finale, che indichi, nel modo più diretto possibile, la presenza di un possibile attacco.

Con questo scopo, abbiamo considerato un nuovo dataset, fornitoci da Galelli e Taormina, nel quale sono riportati i valori che si riferiscono alla differenza tra i dati trasmessi dai sensori che comunicano la situazione delle varie componenti della rete e la loro previsione ideale calcolata dall'algoritmo. Tali dati, pertanto, non indicano direttamente una quantità, quanto piuttosto il margine di differenza tra la situazione reale e quella ideale. In questo modo, anche se i dati di partenza si riferiscono a grandezze diverse, quali quantità, pressione, stato, i numeri che vengono sonificati appartengono alla stessa categoria e possono, per questo motivo, essere mappati su un'unica scala. Questi dati considerano la quantità con cui i dati reali si discostano dalla previsione

dell'algoritmo; quando un numero è alto significa che i dati che provengono dai sensori sono molto diversi rispetto quelli che l'algoritmo prevede nello stesso contesto; al contrario, quando un numero è basso la differenza tra questi due gruppi di dati è piccola. La perfetta corrispondenza è data dallo zero, che significa che non c'è nessun margine tra la realtà e la sua previsione ideale. È importante sottolineare che questo algoritmo si concentra sulla rilevazione delle anomalie dovute ad attacchi informatici, sui quali si focalizza il progetto; le irregolarità dovute ad altri fattori quali guasti o attacchi fisici non sono state considerate per la progettazione della sonificazione.

## 5.4. COSTRUZIONE DEL SUONO

Una volta definiti i dati da usare e ri-distribuito i valori che indicano il livello di anomalia in una scala significativa per la tecnica sonora che volevamo usare, abbiamo dovuto trovare un modo per trasformare questi numeri in suoni. L'inserimento di questo progetto in un contesto reale prevederebbe la sonificazione dei dati in tempo reale, per realizzare la quale sarebbe necessario un progetto di Web Audio API che si basa sul processo di sintesi sonora applicato contemporaneamente alla raccolta dati. Nel nostro caso però non è stato necessario costruire questo rapporto diretto, almeno per il momento, in quanto abbiamo lavorato con dati che si riferiscono ad un periodo di tempo finito e limitato. Sono state quindi generate delle tracce audio da trasmettere in determinati periodi temporali per simulare il reale funzionamento del prototipo.

### 5.4.1. FILE MIDI: STRUTTURA DELLA SONIFICAZIONE

Per la produzione di queste tracce audio, mi sono servita di uno script di Python in grado di produrre un file MIDI nel quale i dati fossero trasformati in parametri audio specifici. Con script intendo una parte di codice che fa riferimento ad alcune funzioni contenute in un programma. Nello specifico, le funzioni usate per questo progetto provengono da "miditime 1.1.3" [42], il quale permette di convertire una serie di dati in parametri musicali quali volume, velocità e durata. Un file MIDI non è direttamente un file audio, ma contiene le istruzioni che descrivono come esso deve essere riprodotto per diventarlo. Importando questo tipo di file in un programma musicale è possibile assegnare ad ogni parametro un suono specifico così da comporre la traccia audio definitiva.

Secondo la definizione di ogni Scenario, sono stati creati tanti file MIDI quante le ore di cui comunicare lo stato del sistema. Nel testo per la creazione di ogni file MIDI sono stati specificati: il secondo di inizio, la nota, la velocità e la durata di ogni suono. In seguito ne è riportato un esempio.

```
1 from miditime.miditime import MIDITime
2
3 mymidi = MIDITime(120, 'nome.mid')
4
5 midinotes = [
6
7     [0, 40, 60, 10],
8     [0, 50, 60, 6],
9     [0, 60, 60, 4.2],
10    [0, 70, 60, 5.5],
11    [0, 80, 60, 3.6]
12
13 ]
14
15 mymidi.add_track(midinotes)
16
17 mymidi.save_midi()
18
```

fig. 19 screenshot che riporta le caratteristiche del suono definite nel file MIDI

Questo è il file di testo che descrive le caratteristiche delle sonificazioni. Importandolo in Python è possibile ottenere il file MIDI, a cui, tramite Ableton Live, abbiamo assegnato i suoni.

Nella riga 1 viene importata la libreria di riferimento, tramite la quale è possibile intervenire sulle caratteristiche di seguito. La seconda riga serve per assegnare il tempo alla traccia, calcolato in bpm (beats per minute) e, per nominarla, così come verrà salvata sul computer. "Midinotes" descrive le caratteristiche del suono: ogni riga corrisponde ad una nota. Il primo numero indica il tempo in cui deve partire; il secondo definisce l'ampiezza del suono, quindi la velocità e infine la durata.

In questo caso specifico ci sono 5 note, che vengono suonate tutte contemporaneamente all'inizio della traccia, con una gravità che va crescendo e con una durata differente; la più lunga dura 10 secondi mentre la più breve 3,6.

Le ultime righe permettono di aggiungere le note appena descritte al file MIDI che si sta creando e indicarne la destinazione.

### 5.4.2. ABLETON LIVE: COMPONENTE ESTETICA

In seguito, ci siamo serviti di Ableton Live [43], un software per la creazione di musica, per assegnare ad ognuno di questi file MIDI i suoni corrispettivi. I suoni con cui abbiamo lavorato provengono dalla libreria interna di Ableton Live, da una libreria di campioni sonori di Sara, dal sito della Philharmonia Orchestra [44] e dal sito freesound.org [45].

Durante il periodo della progettazione mi sono accorta di quanto l'interfaccia proposta dal programma che stavamo usando per la gestione dell'audio, abbia influenzato il mio modo di percepire e pensare ai suoni. Probabilmente questo è anche dovuto al fatto che fosse il mio primo approccio ad un contesto di creazione e montaggio di musica. Ho ritenuto valido inserire in questa parte alcune immagini che mostrino l'interfaccia di Ableton Live; non per spiegare come funziona, ma solo per condividere il metodo visivo che impiega per la comunicazione del contenuto sonoro.

Esistono innanzitutto due possibilità di organizzazione dell'interfaccia. La prima [schermata 1] permette di visualizzare e riprodurre singolarmente le tracce con cui si sta lavorando. Le tracce possono essere organizzate in colonne, dipendentemente dal tipo di lavoro che si sta facendo. Per la selezione dei suoni della prima proposta ad esempio, ho rinominato ogni colonna con il nome di una componente e ho iniziato a collezionare per ogni componente dei suoni che mi sembravano interessanti per la comunicazione di tale contenuto. È possibile trascinare dentro ogni rettangolo un suono della libreria interna di Ableton, oppure un suono esterno al programma, salvato sul computer. Altrimenti, come abbiamo fatto noi, è possibile caricare un file MIDI al quale bisogna aggiungere un suono affinché venga eseguito. In quest'ultimo caso il suono che viene aggiunto è rappresentativo di un campione la cui serie esegue tutte le note comprese nel file.

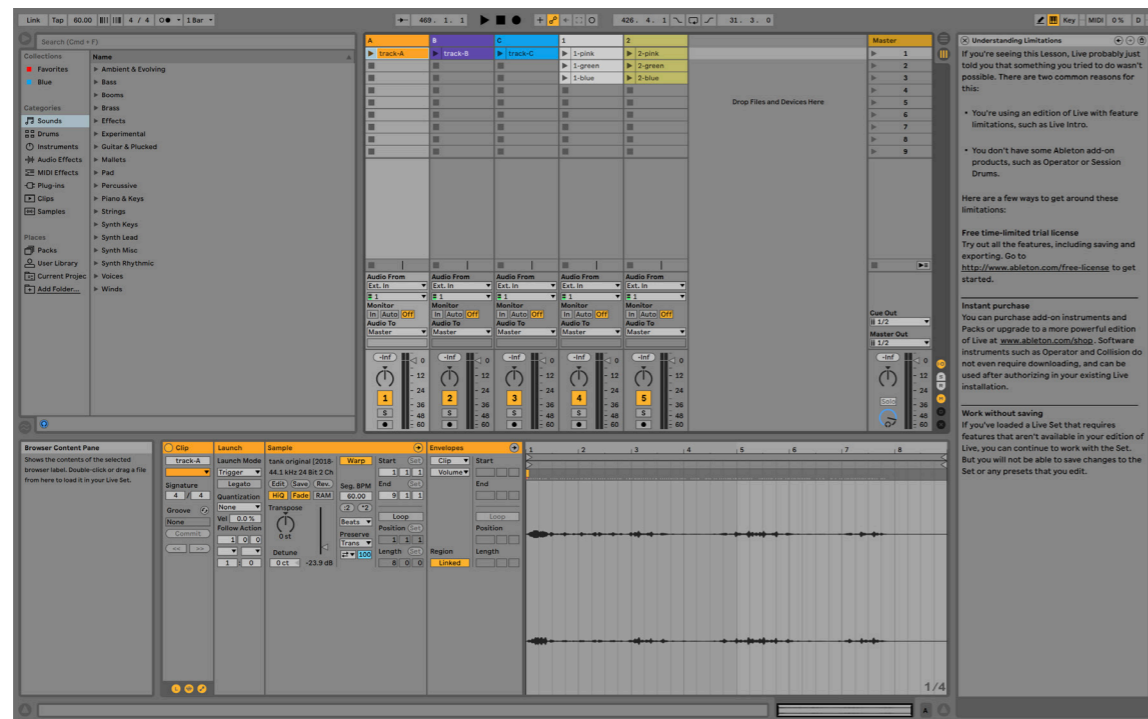
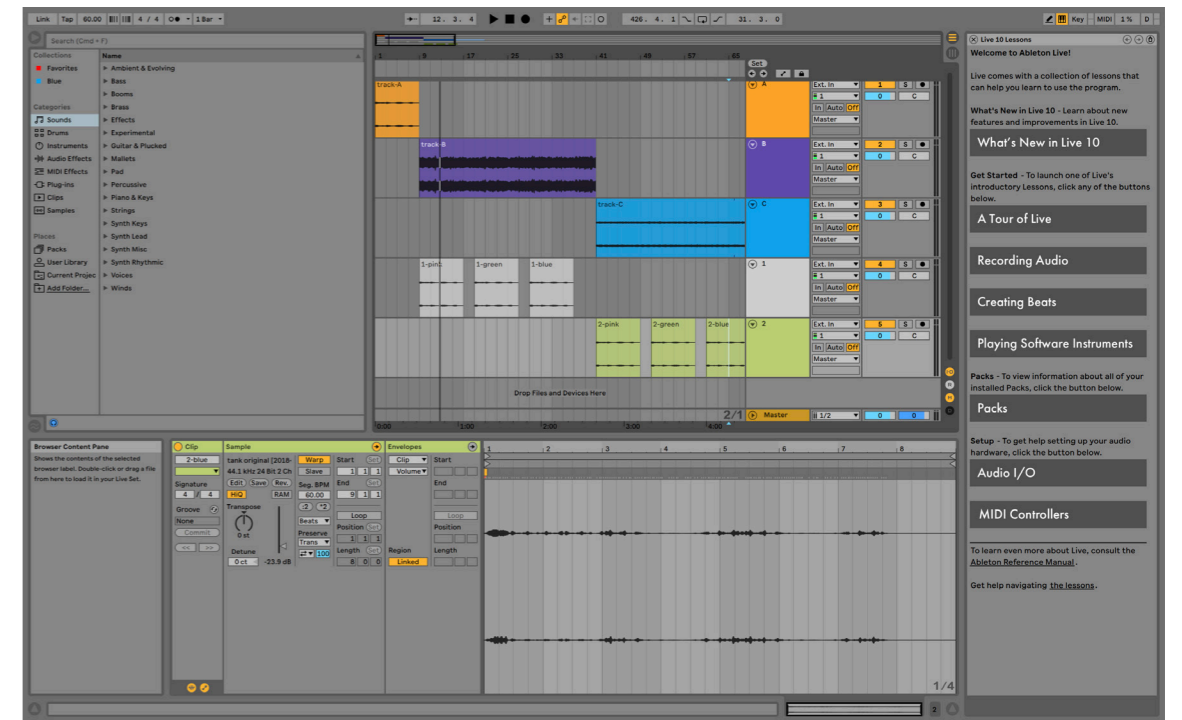


fig. 20 schemata 1 - permette la visualizzazione e la riproduzione delle singole tracce

fig. 21 schemata 2 - permette la composizione dei vari suoni per la traccia definitiva



Le tracce sono considerate come delle componenti da usare per montare l'audio finale. Considerando l'organizzazione di entrambe le schermate, si può dire che alla dimensione temporale, rappresentata come di consueto orizzontalmente, si somma una suddivisione verticale di più livelli che rappresentano le tipologie di suoni considerati. Questa struttura è stata considerata per spiegare l'organizzazione del suono del secondo prototipo, permettendone una comprensione migliore.

Questa sezione serve per inserire e modificare le singole parti audio che si vogliono usare per la composizione finale. Tramite la parte a sinistra dell'interfaccia è possibile accedere alla libreria di Ableton e caricare i file salvati sul proprio computer. In basso invece è possibile intervenire sulle caratteristiche specifiche dei singoli suoni. Una volta inseriti e modificati tutti i file è possibile procedere al montaggio, che avviene nella seconda sezione (a cui si accede tramite i pulsanti a sinistra della colonna di destra) [schermata 2]. Qui è possibile comporre la traccia definitiva che verrà esportata come file audio. Le singole tracce che nell'altra sezione corrispondevano ai rettangoli colorati, qui vengono visualizzate su base temporale. Ognuna occupa lo spazio che dura. Per questo motivo è possibile comporre il risultato finale, perchè le tracce possono essere ordinate in base alle esigenze. Le tracce possono susseguirsi, oppure sovrapporsi, nel caso in cui l'audio finale comprenda una parte in cui due suoni diversi vengano riprodotti contemporaneamente. La parte centrale dell'interfaccia funziona come una linea temporale, che si svolge da sinistra a destra. Il cursore, rappresentato con la linea sottile nera, segue l'ordine temporale, riproducendo le tracce che sono collocate nello spazio che tocca. Nell'immagine ad esempio, la "track-B" e "1-pink" stanno riproducendo il suono contemporaneamente.

## 5.5. PROTOTIPI

Una volta definiti i dati da usare e ri-distribuito i valori che indicano il livello di anomalia in una scala significativa per la tecnica sonora che volevamo usare, abbiamo dovuto trovare un modo per trasformare questi numeri in suoni. Nel nostro caso non è stato necessario costruire un rapporto in tempo reale tra dati e suono, almeno per il momento, in quanto abbiamo lavorato con dati che si riferiscono ad un periodo di tempo finito e limitato. Sono state quindi generate delle tracce audio da trasmettere in determinati periodi temporali per simulare il reale funzionamento del prototipo.

Il primo prototipo è servito per esplorare i dati a disposizione e definire meglio le richieste alla base del progetto. Da questo prototipo, sviluppato in due alternative (una mia e una di Sara) ma basato sulla stessa struttura, è stato possibile trarre il secondo, per il quale invece sono stati progettati 4 scenari; due dei quali sono stati selezionati e sviluppati in due Versioni differenti di suono durante la fase definitiva che è stata poi oggetto dell'esperimento.

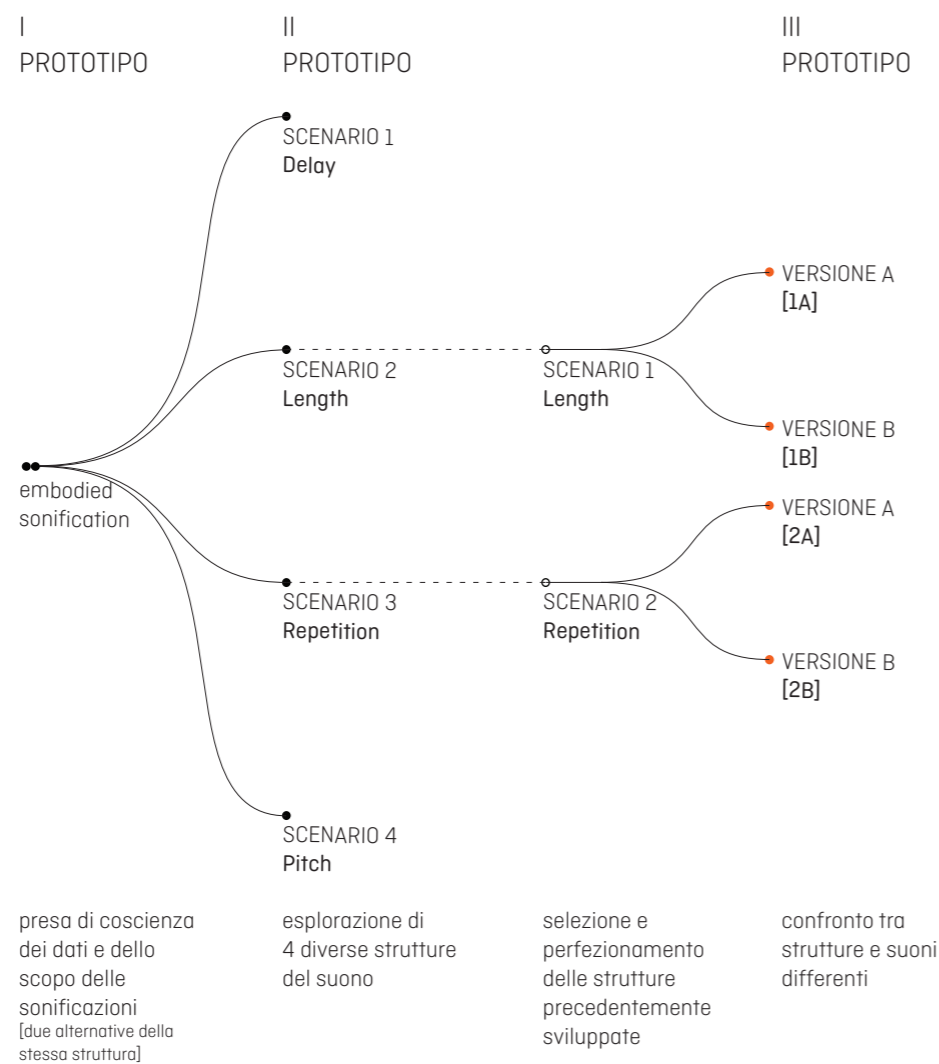


fig. 22 schema delle fasi progettuali, a cui corrispondono i prototipi

### 5.5.1. PRIMO PROTOTIPO: EMBODIED SONIFICATION



QR Code che rimanda alla sezione del sito [46] da cui è possibile ascoltare i suoni del primo prototipo

Per la progettazione di questo primo prototipo abbiamo cercato di tenere in considerazione quante più informazioni possibili riguardo i dati da comunicare, dando priorità di lettura a quelle considerate più importanti. Abbiamo usato suoni la cui diversità fosse chiaramente percepibile là dove dovevano essere distinte categorie di primo livello, come le componenti, e suoni la cui distinzione fosse meno accentuata per comunicare informazioni secondarie.

La tabella mostra il nostro primo approccio, che si è mosso nel tentativo di assegnare ad ogni tipologia di dato una variabile sonora che ne rispecchi i gradi di diversità e importanza. Secondo un'interpretazione dei dati condivisa con Galelli e Taormina,

la distinzione maggiore è stata dedicata al riconoscimento della componente in questione. Le componenti sono tre (*tank*, *pump*, *valve*), ad ognuna delle quali abbiamo deciso di assegnare una tipologia di suono differente.

Il secondo livello di distinzione deve specificare il tipo di dati prodotto dalla componente precedentemente identificata. La componente tank produce dati che si riferiscono al livello di acqua contenuto al suo interno mentre dalle componenti pump e valve derivano lo stato e il flusso che registrano. Questi suoni devono poi subire una distorsione di intensità proporzionale al livello di anomalia riscontrata nei dati. Per questo motivo, è stata creata una scala di distorsione da applicare ad ogni suono.

COMPONENTE	STRUMENTO	MORFOLOGIA	DECLINAZIONE DEL SUONO
tank	gong	livello	gong
pump	tromba	stato	tromba /sordina
		flusso	tromba /vibrato
		pressione	tromba /frullato
valve	violino	stato	violino /sordina
		flusso	violino /vibrato
		pressione	violino /frullato

fig. 23 primo tentativo di definizione dei suoni, basato sulla tipologia delle componenti e sulla morfologia a cui fanno riferimento i dati

Abbiamo considerato la disposizione geografica delle componenti per definire l'ordine con cui riprodurre i suoni. Questo ordine (dall'alto a sinistra verso il basso a destra) permette agli analisti di individuare più velocemente l'area in cui si sta verificando l'anomalia.

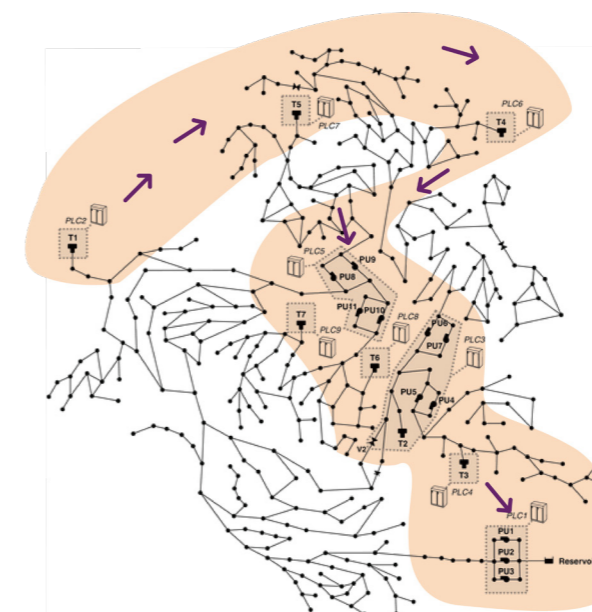


fig. 24 il flusso indica l'ordine con cui sono state considerate le componenti durante la sonificazione

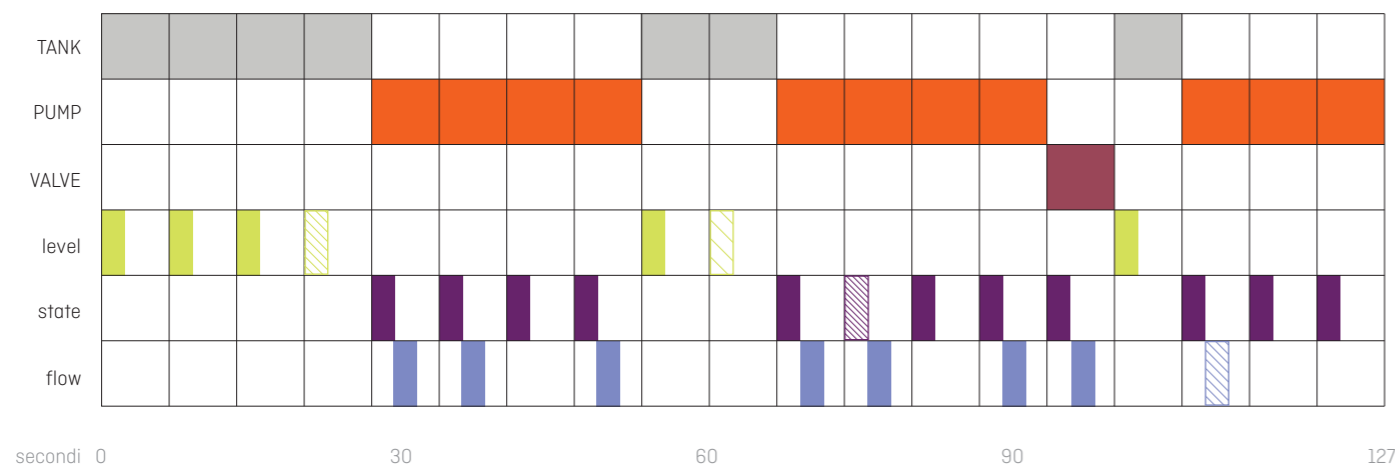
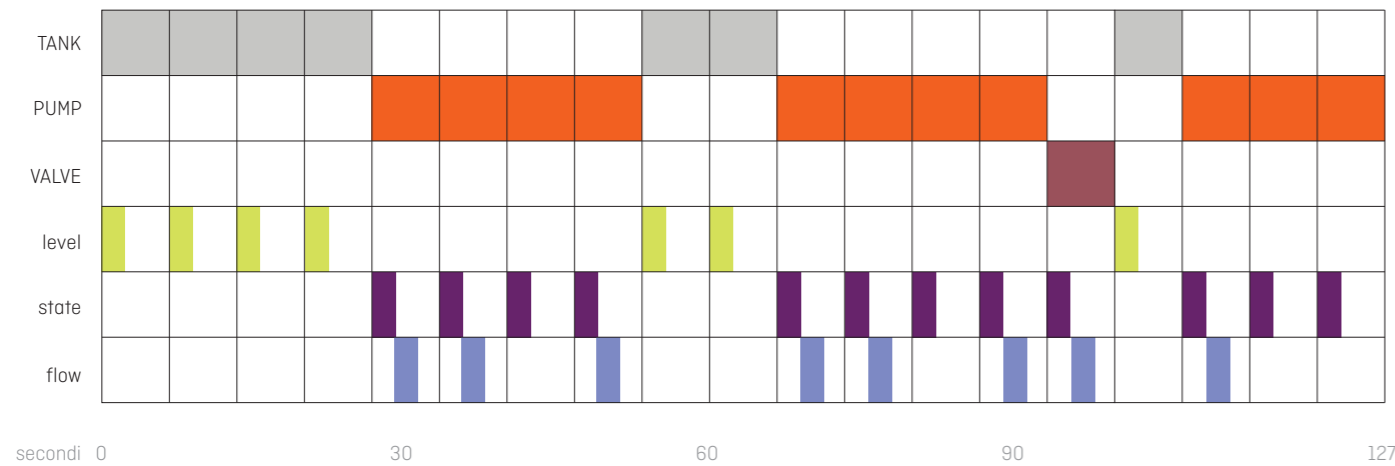
Questo prototipo è corrisposto con un primo approccio esplorativo al progetto. Non sono stati usati dati specifici per costruirlo, ma i suoni sono stati declinati in maniera manuale per provare a considerare tutte le variabili esistenti.

Il primo problema emerso nel tentativo di mettere in pratica la matrice sopra citata, riguarda la percezione dei suoni. Il numero di variabili nei dati è tale da rendere molto difficile l'effettiva distinzione. Per questo motivo l'audio è stato diviso su due livelli: un sottofondo musicale, che rappresenta la componente; e i suoni che descrivono il valore di tale componente. Il primo ha lo scopo di contestualizzare le informazioni che vengono veicolate al secondo livello. Per evitare che questa divisione complicasse la percezione, abbiamo cercato dei suoni che fossero intuitivi, che ricordassero cioè la componente che rappresentano. Questa idea è stata sviluppata a partire dalla teoria dell'Embodied Approach, descritta nella letteratura, secondo cui un suono costruito secondo l'esperienza che trasmette è più facile da percepire. Per il secondo livello invece, sono stati selezionati dei suoni diversi in base al tipo di dati da comunicare: il livello, il flusso, lo stato. Questi suoni sono più brevi e definiti.

La presenza di anomalie poi, è stata associata ad una distorsione del suono originale: più il suono risulta alterato, più quel dato contiene un livello alto di anomalia. L'approccio è stato definito insieme da me e Sara, poi, ognuna di noi ha provato a lavorare al prototipo in maniera individuale.

Nelle **VISUALIZZAZIONI** ho cercato, a partire dal sistema visivo usato da Ableton Live, di mostrare la composizione del suono, come strutturato per il mio prototipo.

**figg. 25-26**  
rappresentazione grafica della sonificazione del primo prototipo, senza (la prima) e con anomalie (la seconda)



Ogni colore rappresenta un suono diverso. Le prime tre righe indicano i suoni di sottofondo che abbiamo selezionato in riferimento alla teoria dell'Embodied Approach e che cercano di rimandare al suono prodotto dalla componente a cui si riferiscono. Le tre righe successive mostrano la morfologia delle componenti che abbiamo considerato. Nel caso della tank, il livello; nel caso di pump e valve, lo stato e il flusso. Il primo schema ripercorre la sonificazione di una situazione in cui lo stato del sistema è considerato a norma.

Nel secondo schema sono riportati i suoni che si riferiscono ad una situazione in cui i dati di alcune componenti registrano delle anomalie di basso, medio e alto livello. Oltre a riportare il livello di anomalia contenuto in ogni dato, ho poi voluto provare a tracciare l'andamento dei dati per porre l'analista nella situazione di capire la variazione subita dall'ultimo dato trasmesso rispetto al corrispettivo dell'ora precedente. Con questo scopo, ho provato a mappare la modalità di entrata e uscita dei suoni del secondo livello, quelli cioè che rappresentano il livello dell'anomalia. Le possibilità considerate sono: 1) il suono entra con un volume basso che cresce verso la fine; 2) il suono entra con un volume alto che decresce; 3) il suono mantiene un volume costante per tutta la sua durata. I casi appena descritti comunicano, in ordine: un dato il cui valore è aumentato rispetto la registrazione precedente; un dato il cui valore è diminuito rispetto la registrazione precedente; un dato il cui valore è rimasto invariato. La percezione di questa informazione non è di primaria importanza rispetto la valutazione dello stato del sistema, essa però aggiunge un grado di informazione che se distinto, nella mia idea potrebbe contribuire ad un monitoraggio più dettagliato (quest'ultima prova non è riportata nella visualizzazione).

### 5.5.1.1. TENTATIVO DI CONDIVISIONE DI UN PROTOTIPO SONORO

La condivisione del prototipo con Galelli e Taormina è avvenuta durante una chiamata Skype durata circa un'ora, poco prima della quale tutto il materiale è stato inviato per mail. Le tracce audio che contengono le sonificazioni infatti, devono essere scaricate e riprodotte dal proprio computer per una miglior prestazione del suono. Abbiamo lasciato il tempo necessario affinché potessero essere ascoltate, abbiamo quindi spiegato l'idea sulla base della quale sono state costruite e chiesto loro di ascoltarle nuovamente. Abbiamo chiesto agli uditori di ascoltare la sonificazione prima che ne fosse introdotta la spiegazione così che potessero cogliere i riferimenti durante la spiegazione stessa. Il secondo ascolto invece, ha lo scopo di far cogliere in maniera più accurata i riferimenti introdotti durante la spiegazione. Non è stato fornito nessun tipo di materiale visivo in supporto alla conversazione, se non un file di testo esplicativo che riprendesse i contenuti affrontati durante la chiamata, con lo scopo di lasciare una spiegazione consultabile a posteriori. Il materiale che è stato condiviso comprende due tracce audio, una per ognuno dei due scenari, e due cartelle, contenenti la legenda sonora. Per legenda si intendono tutti i suoni contenuti nella traccia, raccolti singolarmente, con una durata standard e catalogati in base al tipo di dato che esprimono. Contrariamente a quanto si è abituati nel contesto visivo, in cui la legenda affianca la visualizzazione, il canale sonoro non permette la consultazione contemporanea della sonificazione e dei suoni contenuti nella legenda. Per questo motivo abbiamo consigliato agli uditori di ascoltare prima i suoni che compongono la sonificazione, e poi la sonificazione stessa.

### 5.5.1.2. FEEDBACK

Il prototipo è stato valutato troppo lungo e difficile da decifrare. L'aspettativa prevedeva un suono costante che accompagnasse l'intera giornata lavorativa degli analisti. Questo suono avrebbe dovuto essere basso e irrilevante durante la situazione normale e avrebbe dovuto subire delle variazioni in base al livello di anomalia contenuto nei dati, attirando l'attenzione solo quando richiesto. Entrambi gli Scenari sono stati considerati eccessivamente sovraccarichi di informazioni.

Queste considerazioni hanno fatto emergere anche il problema della scalabilità del prototipo. Nel caso infatti in cui la rete di riferimento abbia dimensioni maggiori, il numero di componenti da sonificare sarebbe superiore, allungando la durata complessiva della sonificazione.

Considerando che lo scopo non è quello di fornire un'analisi dettagliata, il numero e la varietà di suoni è troppo ampio e vario; la decifrazione richiede la completa attenzione da parte dell'analista, che dovrebbe così interrompere il lavoro di cui si sta occupando. Questo tipo di suono perciò non avvantaggerebbe l'analisi in nessun modo rispetto i metodi visivi già in uso.

### 5.5.1.3. COSA NON HA FUNZIONATO

Durante la presentazione, ci è stato suggerito di usare il silenzio come componente significativa. La letteratura e alcune prove che abbiamo fatto in questa direzione ci hanno suggerito non essere un'idea affidabile in questo contesto. Il silenzio infatti potrebbe essere dovuto a diverse cause, tra cui la fallita ricezione dei dati da parte del sistema centrale o un guasto dell'impianto audio. A questo si aggiunge il problema legato al tempo di reazione della percezione del silenzio; non è detto che questo cambiamento verrebbe rilevato immediatamente dagli analisti impegnati in altre attività, che potrebbero accorgersi del solo dopo molto tempo [6].

I motivi per cui, fin dall'inizio, abbiamo escluso la possibilità di un suono persistente, sono stati per la maggior parte esposti durante l'analisi della letteratura e si riferiscono agli effetti negativi che tale esposizione potrebbe causare alla salute dell'analista e agli effetti provocati dal fenomeno dell'alarm fatigue. Un altro motivo per cui abbiamo progettato sessioni di suoni separati è determinato dalla tipologia di dati con cui abbiamo lavorato, i quali vengono trasmessi dai sensori al sistema centrale ogni ora: comunicare questi dati con un suono continuo avrebbe significato ripeterne i valori fino all'arrivo dei successivi.

Il primo problema in cui ci siamo imbattute riguarda il metodo con cui differenziare i suoni da assegnare alle varie tipologie di informazioni da comunicare. Il mio approccio iniziale è stato quello di abbinare ogni componente del sistema ad uno strumento musicale differente; mi sono accorta di come questo approccio ricorra anche in altri esperimenti di sonificazione, condotti da ricercatori che nella maggior parte dei casi non sono esperti di suono. Inizialmente ho imputato la scelta di abbinare le caratteristiche dei dati a diversi strumenti all'inesperienza, ma dopo aver raccolto, durante l'intervista finale, i feedback dei tester a proposito del design del suono, mi sono chiesta se in realtà non siano i designer che ignorano questa opzione perché ritenuta scontata, proponendo alternative più originali ma che risultano (almeno in

questo caso, in forma teorica) meno efficaci.

L'impossibilità di avere un confronto immediato tra i suoni della legenda e la sonificazione ha aumentato la difficoltà di percezione del prototipo, per la presentazione del quale ci siamo accorte, essere fondamentale un supporto visivo strutturato che accompagni e approfondisca la spiegazione, resa ancor più difficile dai riferimenti necessari ad alcuni termini tecnici appartenenti al contesto sonoro. Questa osservazione ha fornito lo spunto per cambiare modalità di presentazione nel caso del secondo prototipo, come è spiegato più avanti.

I ragionamenti emersi in seguito alla prima fase sono serviti ad esplorare meglio i dati e il contesto di riferimento, contribuendo a generare il punto di partenza per la progettazione della proposta successiva.

### 5.5.2. SECONDO PROTOTIPO



QR Code che rimanda alla sezione del sito [47] da cui è possibile ascoltare i suoni del secondo prototipo

Considerando i commenti emersi dal prototipo precedente abbiamo cercato un modo di diminuire la quantità e la tipologia di dati da considerare, senza però perdere la precisione che il suono avrebbe comunicato. Abbiamo perciò proceduto raggruppando i dati in base alla loro collocazione geografica: ogni sonificazione è composta da tanti suoni quante sono le aree individuate e ogni suono trasmette le informazioni delle componenti che comprende l'area che rappresenta.

La proposta comprende più di uno Scenario, ovvero più modalità di sonificazione degli stessi dati. Ogni Scenario è stato pensato a partire da una delle componenti base del suono, la cui struttura è stata usata per creare delle alternative nella mappatura del livello di anomalia. Le componenti del suono che abbiamo considerato sono il ritmo, la durata e l'altezza, a partire dalle quali abbiamo progettato 4 diversi scenari, che prevedono l'anomalia mappata, rispettivamente, sui parametri di: ritardo **(Delay)**, durata **(Length)**, ripetizione **(Repetition)** e altezza **(Pitch)**.

Questi Scenari si sviluppano tutti a partire da un'unica idea di progettazione, per questo motivo condividono alcune caratteristiche, quali il raggruppamento dei dati secondo la distribuzione geografica delle componenti e la lunghezza totale della sonificazione che è stata fissata a dieci secondi.

La distribuzione geografica era già stata considerata nel primo prototipo, nel quale essa determinava l'ordine di lettura dei dati relativi alle singole componenti. Nella definizione della gerarchia delle informazioni da comunicare, la distribuzione geografica era stata menzionata inizialmente come caratteristica aggiuntiva che sarebbe stato utile poter ricavare. In seguito alla condivisione del primo prototipo invece, la sua rilevanza è cresciuta fino a divenire un elemento fondamentale. Ma mentre nel primo caso avevamo considerato l'ordine della disposizione geografica delle componenti (da precisare nel caso in cui il prototipo avesse funzionato), in

questo secondo caso la disposizione geografica ha fornito il principio di aggregazione dei dati. Questa suddivisione ci è stata suggerita da Galelli e Taormina e si basa su un'impostazione già in uso nell'ambiente lavorativo e potrebbe pertanto facilitare la comprensione delle informazioni da parte degli utenti.

La **MAPPA** mostra la suddivisione per distretti che ci è stata suggerita. Ad ogni distretto è assegnato un colore e un numero, che determina l'ordine di lettura con cui sono stati considerati nella gestione dei dati. L'ordine di lettura è segnato sulla mappa con la sigla "DMA n.", dove le lettere "DMA" stanno per "District Metered Area", mentre "n." è il numero corrispondente a tale distretto.

In ordine:

- DMA1 - Distretto 1 (area verde);
- DMA2 - Distretto 2 (area arancione);
- DMA3 - Distretto 3 (area rosa);
- DMA4 - Distretto 4 (area gialla);
- DMA5 - Distretto 5 (area viola).

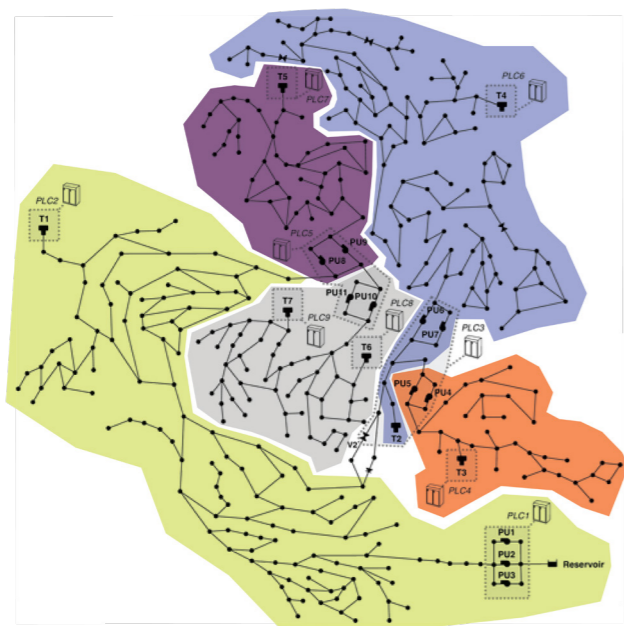


fig. 27 la mappa mostra la suddivisione geografica con cui sono state aggregate le componenti

Abbiamo proceduto raggruppando i dati relativi ad ogni distretto, indipendentemente dal numero e dalla tipologia di componenti che vi facessero parte. Pertanto, ogni gruppo di dati relativo ad uno specifico distretto contiene un numero di componenti e variabili differenti. Il livello di anomalia presente nei dati è stato considerato con lo stesso peso, indipendentemente dalla variabile e dalla componente interessata.

componenti	n.	distretto di appartenenza
TANKS	[7]	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
PUMPS	[11]	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
VALVE	[1]	■
JUNCTION	[12]	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■

All'interno di ogni distretto, è stato calcolato il valore massimo per ogni ora. Abbiamo quindi fissato una soglia sopra la quale considerare tale valore allarmante così da poter definire in quale momento, quale distretto contenesse una o più componenti i cui valori fossero anomali. Prima di decidere di basare la nostra valutazione sul valore massimo abbiamo provato altri modi per rilevare i valori anomali. Abbiamo provato a fare la media di tutti i valori delle componenti appartenenti ad un distretto in una determinata ora, ma il numero e la varietà di tali componenti appiattiva il risultato producendo valori simili che non permettevano di rilevare nessun tipo di malfunzionamento.

Rispetto al primo prototipo, che prevedeva la sonificazione di dati fittizi atta ad esemplificare le varie opzioni di suono previste, abbiamo voluto creare i suoni direttamente a partire dai dati, così che la progettazione fosse il più affine possibile al risultato finale. Per questo motivo abbiamo proceduto mappando i dati per ogni scenario descritto. Ogni scenario infatti prevede che i dati siano scalati su unità differenti, quali ritmo, durata e altezza. Abbiamo poi selezionato manualmente un numero limitato di ore, che fossero esemplificative dei vari livelli di anomalia. Quindi, abbiamo cercato suoni adatti per la comunicazione dei vari scenari, creando due alternative per ognuno, tra le quali io e Sara abbiamo scelto quella definitiva da sottoporre a Galelli e Taormina durante la presentazione. L'elenco degli Scenari proposto di seguito comprende la descrizione della loro struttura e del suono che è stato scelto per comunicarla. Abbiamo deciso di assegnare il nome degli Scenari in inglese, così da poterli mantenere anche in caso di citazioni esterne a questa tesi, senza creare confusione.

### 5.5.2.1. SCENARIO 1 - DELAY

Nel primo Scenario, ogni distretto è rappresentato da un suono la cui partenza, rispetto l'inizio della sonificazione, è ritardata proporzionalmente al livello di anomalia presente nei dati. Pertanto, una situazione i cui dati non prevedono anomalie produrrà una sonificazione in cui i suoni dei 5 distretti partono tutti contemporaneamente all'inizio (secondo zero). Qualora i dati di un distretto contenessero un'anomalia, il suono di quel determinato distretto partirebbe in ritardo rispetto gli altri. Ogni distretto è distinguibile dall'altezza, che è diversa per ognuno. In questo modo l'utente, ascoltando il ritardo con cui partono il suono e la nota, sarebbe in grado di definire prima, il livello di anomalia e poi, riconoscere il distretto in cui tale anomalia si sta verificando. Per la sonificazione di questa struttura abbiamo selezionato lo strumento del pianoforte ("Piano little one" dalla libreria di Ableton), in quanto la conformazione di ogni nota si presta particolarmente a scandire l'ingresso di ogni distretto nel periodo di tempo considerato.

ogni colore rappresenta il suono del distretto a cui fa riferimento

- suono 1/ DMA1
- suono 2/ DMA2
- suono 3/ DMA3
- suono 4/ DMA4
- suono 5/ DMA5

Le **VISUALIZZAZIONI** a seguire mostrano, per ogni Scenario, la struttura delle sonificazioni in caso di situazione a norma, situazione con un un livello di anomalia basso e alto.

fig. 28 SCENARIO 1 situazione a norma

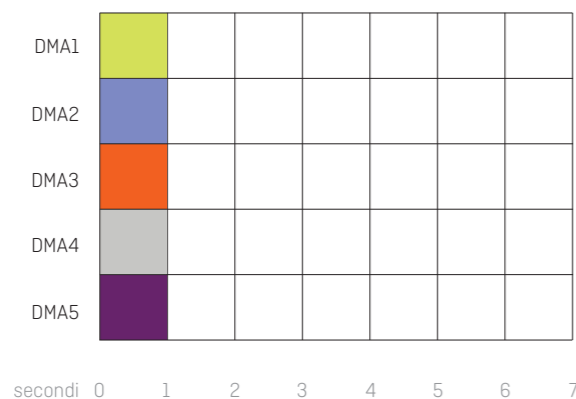


fig. 29 SCENARIO 1 livello basso di anomalia

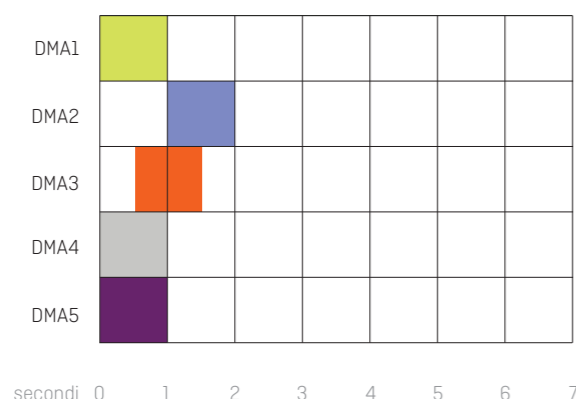
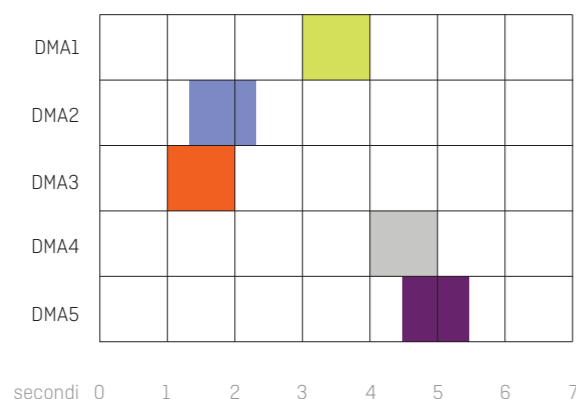


fig. 30 SCENARIO 1 livello alto di anomalia



### 5.5.2.2. SCENARIO 2 - LENGTH

In questo caso ogni distretto è rappresentato da un suono la cui durata è prolungata proporzionalmente al livello di anomalia presente nei dati. I suoni dunque, partono tutti nello stesso momento, all'inizio della sonificazione, per prolungarsi nel tempo fino ad un tempo massimo di 10 secondi.

Qualora i dati non contenessero anomalie, la sonificazione sarebbe composta da 5 suoni, quanti i distretti, che partono insieme e durano il tempo standard di un secondo per poi interrompersi contemporaneamente. Se invece i dati di un distretto sono anomali, il suono di quel distretto si protrae oltre gli altri, dando all'operatore la

possibilità di distinguerlo e valutarne il livello di anomalia.

Il suono che abbiamo scelto proviene dalla libreria di Ableton e si chiama "Chimes and Bow". Al contrario del pianoforte, questo strumento produce un suono la cui durata si protrae nel tempo rendendo distinguibile il livello di Anomalia di ogni distretto.

fig. 31 SCENARIO 2 situazione a norma

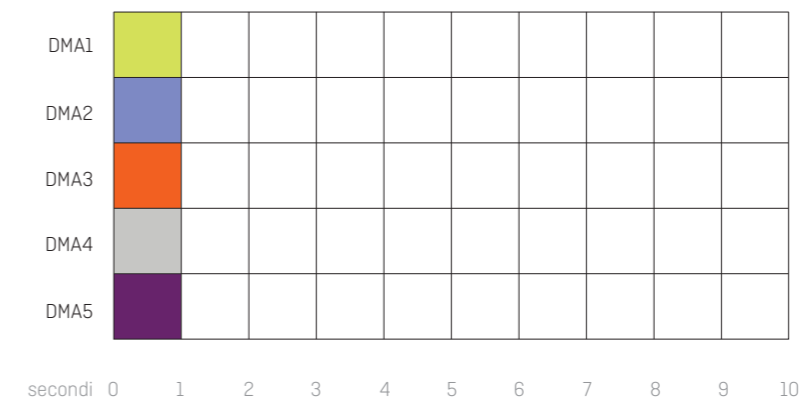


fig. 32 SCENARIO 2 livello basso di anomalia

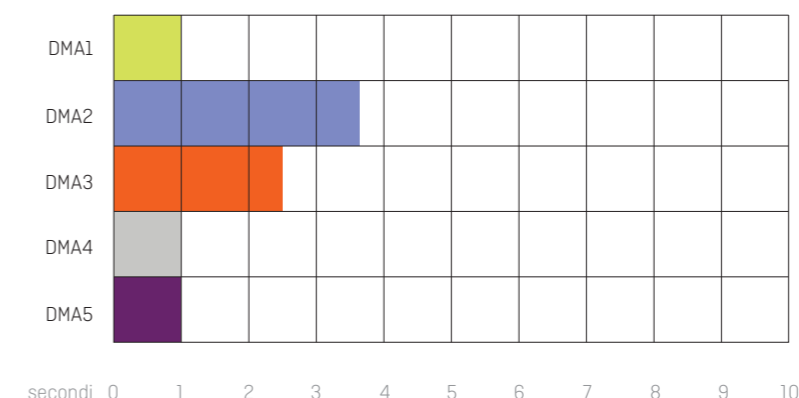
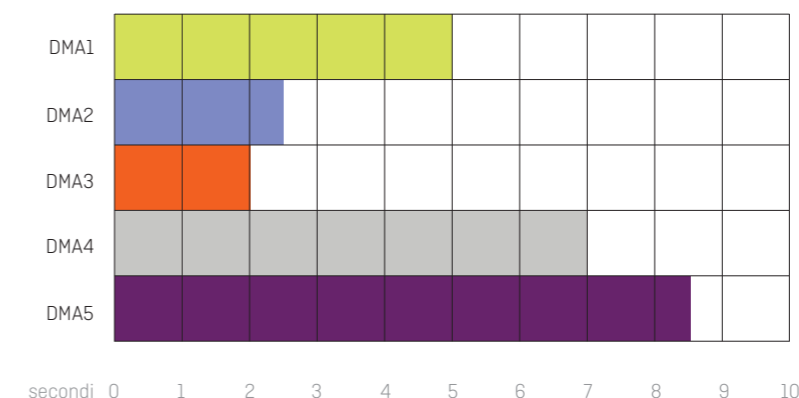


fig. 33 SCENARIO 2 livello alto di anomalia



### 5.5.2.3. SCENARIO 3 - REPETITION

Ogni distretto del terzo Scenario è rappresentato da un suono la cui ciclicità aumenta proporzionalmente al livello di anomalia presente nei dati. La frequenza con cui tali suoni si ripetono comunica all'operatore il livello di anomalia presente nel distretto. Nel caso di un distretto con dati anomali, il suono corrispondente a tale distretto si ripete durante tutto il tempo con intervalli regolari la cui frequenza è scandita dal livello di anomalia. Più il livello di anomalia è alto, più l'intervallo di tempo tra un segnale sonoro e il successivo è breve. Nel caso in cui invece, i dati contengano un livello di anomalia

ogni colore rappresenta il suono del distretto a cui fa riferimento

- suono 1/ DMA1
- suono 2/ DMA2
- suono 3/ DMA3
- suono 4/ DMA4
- suono 5/ DMA5

basso, il suono di quel determinato distretto si ripete con intervalli di tempo più lunghi. Nel caso di una situazione a norma infine, come per lo Scenario precedente, i suoni che rappresentano i distretti suonano una sola volta all'inizio della sonificazione. Questo Scenario prevede l'uso di 5 suoni diversi, uno per ogni quartiere. I 5 suoni sono tutti brevi e definiti e sono stati selezionati dalla libreria di Ableton Live.

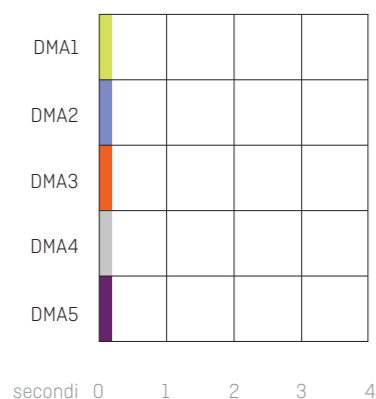


fig. 34 SCENARIO 3 situazione a norma

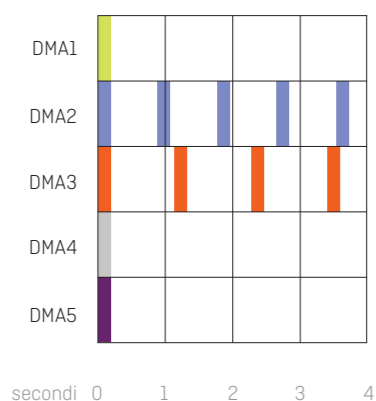


fig. 35 SCENARIO 3 livello basso di anomalia

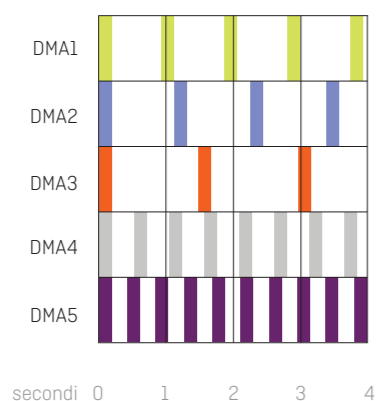


fig. 36 SCENARIO 3 livello alto di anomalia

Nei tre scenari appena descritti, la distinzione dei distretti si basa sulla differenza dei suoni: nel caso in cui non si registrino irregolarità, si compone un accordo di cui, un orecchio allenato potrebbe distinguere le componenti sonore. Se la situazione è regolare in realtà, il riconoscimento dei distretti è irrilevante, in quanto riportano tutti lo stesso stato e non c'è bisogno di distinguerli. L'ultima proposta presentata di seguito invece, imposta la struttura della sonificazione in maniera completamente differente.

#### 5.5.2.4. SCENARIO 4 - PITCH

In questo Scenario, ogni distretto è rappresentato da un suono la cui frequenza (**Pitch**), aumenta proporzionalmente al livello di Anomalia presente nei dati. I suoni dei distretti si susseguono in un ordine prestabilito e indipendente da altre variabili. L'altezza non è più impiegata per la diversificazione dei distretti, che in questo caso vengono distinti in base all'ordine con cui vengono riprodotti i suoni corrispondenti: il primo suono corrisponde al primo distretto (DMA-1), quello successivo al secondo (DMA-2) poi il terzo (DMA-3), il quarto (DMA-4) e infine l'ultimo (DMA-5). L'altezza del suono, che negli Scenari precedenti serviva a distinguere i distretti, in questo caso è stata utilizzata per comunicare il livello di anomalia presente nei dati. Più il suono è acuto, più i dati relativi al distretto che rappresenta contengono un livello alto di anomalia; al contrario un suono grave contraddistingue dati privi di irregolarità. Questi suoni, nominati "Steel Jazz Clean", appartengono alla libreria di Ableton.

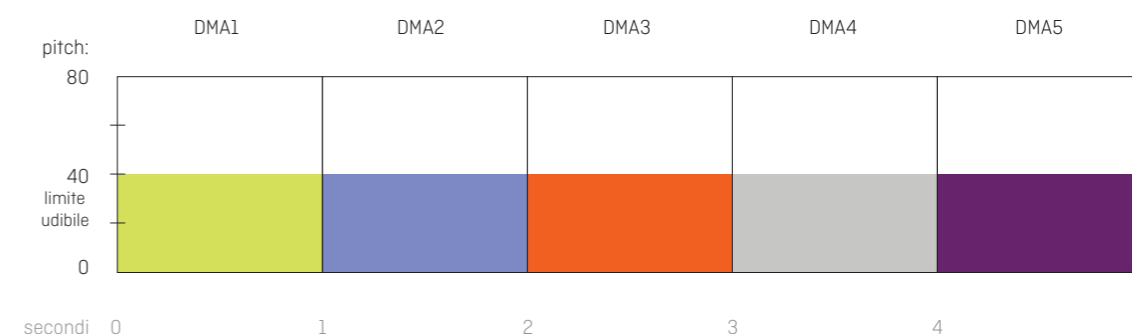


fig. 37 SCENARIO 4 situazione a norma

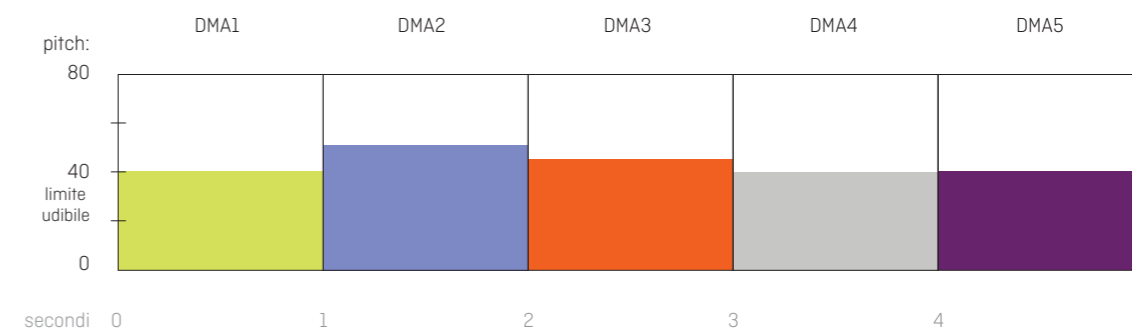


fig. 38 SCENARIO 4 livello basso di anomalia

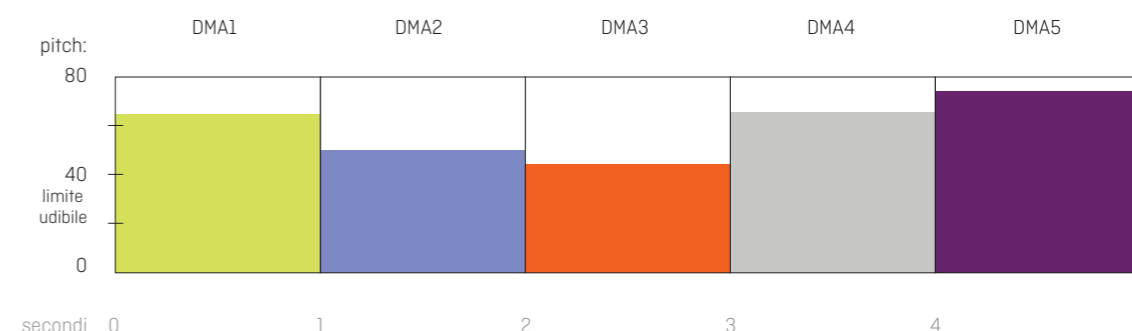


fig. 39 SCENARIO 4 livello alto di anomalia

La frequenza base che indica la situazione a norma è stata fissata a 40, in quanto sotto sarebbe stata difficilmente udibile. La crescita del valore corrisponde all'aumentare del livello di anomalia presente nel distretto.

#### 5.5.2.5. PERFEZIONAMENTO DELLE MODALITÀ DI CONDIVISIONE

Vista la difficoltà che abbiamo avuto nella condivisione della prima idea abbiamo ripensato alle modalità con cui consegnare la seconda. Abbiamo creato una cartella contenente quattro sottocartelle, una per ogni scenario. Abbiamo considerato, per ogni scenario, tre sonificazioni, ognuna rappresentante i dati di un'ora, in modo che, una contenesse dati privi di anomalia, una avesse dati con un livello di anomalia basso mentre l'ultima, contenesse dati con un livello di anomalia alto (nel tentativo di esemplificare il funzionamento dello scenario). Insieme a queste tracce abbiamo fornito una breve presentazione che contiene: una parte introduttiva, in cui abbiamo spiegato quali dati sono stati presi in considerazione e il procedimento che abbiamo seguito per trasformarli in variabili sonore; e una visualizzazione per ogni tipo di scenario che abbiamo creato. Le visualizzazioni hanno lo scopo di mostrare a livello visivo le stesse informazioni che vengono comunicate con il suono. L'esigenza di un supporto visivo in questa prima fase di condivisione nasce dalla difficoltà di spiegare all'utente la struttura del funzionamento del suono. Le visualizzazioni si rifanno al linguaggio visivo adottato da Ableton Live, in cui ogni suono è una barra che si posiziona in uno spazio che considera come asse X il tempo e come asse Y il valore della frequenza (pitch). Tutto questo materiale è stato condiviso con gli utenti un giorno in anticipo rispetto la data in cui era stata fissata la chiamata. Abbiamo chiesto loro di sentire/vedere il materiale inviato prima dell'appuntamento.

#### 5.5.2.6. FEEDBACK

La presentazione visiva è stata valutata positivamente. Galelli e Taormina l'hanno definita "molto utile" e "chiarissima" per capire il funzionamento degli scenari. Entrambi erano concordi nel dire che gli Scenari numero due (**Length**), e tre (**Repetition**), fossero più facilmente e intuitivamente comprensibili rispetto gli altri. È stato detto: "Per il secondo Scenario è più chiaro il significato del suono, così come per il terzo". È stata espressa la difficoltà nella percezione delle anomalie nel primo Scenario, non ostante tramite la visualizzazione ne sia stata confermata la comprensione. Lo Scenario meno apprezzato è il quarto (**Pitch**). La maggior difficoltà rilevata in questo caso, già riconosciuta da Sara durante l'ultima fase di progettazione, riguarda la mancanza di un suono standard con cui confrontare il valore di ogni distretto. Nel caso in cui tutti i valori siano anomali infatti, manca all'utente un riferimento in base al quale definire la gravità dell'anomalia. A questo proposito ci è stato suggerito di inserire un riferimento audio, che rappresenti un distretto privo di anomalie, al quale confrontare la frequenza del suono di ogni distretto. Riguardo al primo Scenario invece, è stato fornito un suggerimento che prevede l'inversione della struttura che avevamo immaginato. Se infatti, secondo la nostra idea, il livello dell'anomalia è direttamente proporzionale al ritardo con cui parte il suono relativo al distretto, ci è stato detto di provare a considerare i due valori in modo inversamente proporzionale; ovvero, più il suono parte in anticipo, più i dati sono anomali. In questo modo il suono dei distretti che richiedono assistenza suonerebbe prima, richiamando l'attenzione dell'analista. Un'altra critica che è stata mossa nei confronti del primo Scenario, a cui avevamo già pensato, riguarda l'inizio della sonificazione. Nel caso infatti, in cui tutti i distretti contengano anomalie, si perderebbe la percezione del punto di inizio, in quanto tutti i suoni partirebbero in ritardo. Il primo sembrerebbe suonare all'inizio, ri-scalando la gravità di tutti gli altri, oltre che la propria, in quanto verrebbe percepito come valore privo di anomalie.

Per ovviare a questo problema avevamo pensato a due possibili soluzioni che prevedono l'aggiunta di altri suoni. La prima idea è quella di comunicare l'inizio della sonificazione con un segnale acustico il più ridotto possibile, che fosse completamente diverso rispetto quelli successivi. Questo suono segnalerebbe l'inizio della traccia, permettendo all'utente di misurare il ritardo e quindi la gravità della situazione dei vari distretti. La seconda idea prevede un suono di sottofondo che duri l'intero tempo della sonificazione così che l'inizio possa funzionare da punto di riferimento per calcolare il ritardo dei suoni. In entrambi i casi però, si aggiungerebbe un livello in più da decifrare senza fornire informazioni aggiuntive riguardo la lettura dei dati.

In generale, è stata espressa perplessità riguardo l'uso della frequenza per differenziare i distretti. Gli utenti ci hanno suggerito di provare ad usare suoni con diverso timbro (con un riferimento specifico a "strumenti diversi"), invece della variazione di volume. A tal proposito è stata discussa la necessità di una fase di training, che dovrebbe precedere l'ascolto delle sonificazioni. Non possiamo sapere, senza testare, se un training sia sufficiente a rendere l'utente in grado di riconoscere la differenza di volume, oppure se sia più efficace usare suoni di natura completamente diversa da associare ad ogni distretto. Il training è stato comunque valutato necessario per testare questi prototipi. L'introduzione dell'elemento sonoro applicato ad un contesto reale in questo campo infatti è una novità e richiede pertanto una spiegazione accurata, che riesca a far comprendere all'utente non solo la funzione del progetto, ma anche il significato dei singoli suoni.

#### 5.5.2.7. SELEZIONE ED IMPLEMENTAZIONE

I feedback ricevuti riguardo la presentazione mostrano come il supporto visivo sia stato utile per la percezione del livello sonoro. Pertanto, i giudizi riguardo gli Scenari possono essere considerati attendibili perché si sviluppano a partire da una comprensione completa del progetto. I suggerimenti che ci sono stati fatti riguardano i due Scenari considerati meno comprensibili, a dimostrare il tentativo di migliorarli. Per quanto riguarda gli Scenari considerati validi non sono state consigliate modifiche.

Dopo aver condiviso il prototipo con gli utenti, abbiamo fatto ascoltare i suoni dei vari Scenari al Professor Paolo Ciuccarelli, supervisore del progetto. In questo caso la presentazione è avvenuta dal vivo nell'ufficio del Professore. Ho utilizzato il mio computer e ho fatto ascoltare le sonificazioni direttamente dal programma Ableton Live. Questa modalità di presentazione non è stata possibile durante la condivisione del prototipo con Galelli e Taormina, che è avvenuta durante una chiamata Skype, con una connessione che non avrebbe supportato la condivisione audio/video contemporanea in tempo reale. Potendo in questo caso invece utilizzare l'interfaccia di Ableton, è stato più facile mostrare e far capire il funzionamento di ogni Scenario senza l'ausilio della presentazione. Non siamo rimaste sorprese nel notare come il giudizio di qualcuno che conosce il progetto ma è esterno all'ambiente di lavoro non sia diverso da quello di chi lavora nel contesto di riferimento. La valutazione effettuata fino ad ora infatti, non riguarda il tipo di informazioni considerate ma il modo in cui esse vengono trasmesse. Le ragioni per cui, in questa prima fase di selezione, sono stati scartati gli Scenari che non funzionano, sono le stesse che anche persone completamente estranee al campo di riferimento avrebbero, e hanno fornito. Per questo motivo probabilmente, io e Sara avevamo già previsto i feedback che abbiamo ricevuto.

La verifica del prototipo pertanto dovrebbe essere strutturata su due livelli: il primo, per giudicare il funzionamento dell'idea di sonificazione nel contesto di riferimento, quindi

il tipo di dati e le informazioni che vengono considerate; e il secondo, per valutare l'efficacia dei suoni che sono stati scelti. Per il primo livello è necessario rivolgere il test a persone che svolgano un lavoro e abbiano conoscenze che si avvicinino il più possibile a quelle degli analisti del sistema, mentre nel secondo caso sarebbe più utile far testare le sonificazioni ad un maggior numero di persone possibile.

Questa tesi si concentra sul primo livello. In base alle considerazioni emerse da questa proposta abbiamo selezionato i due prototipi che sembrano funzionare meglio e li abbiamo sviluppati in maniera più approfondita per sottoporli ad un esperimento il cui scopo è testare il funzionamento dell'idea.

### 5.5.3. PROTOTIPO DEFINITIVO



QR Code che rimanda alla sezione del sito [48] da cui è possibile ascoltare i suoni del prototipo definitivo

La proposta definitiva prevede due scenari, che sono quelli emergenti dalla selezione precedente, per ognuno dei quali sono state considerate due diverse Versioni, come mostrato nello **SCHEMA** a destra. Le due Versioni si differenziano per il tipo di suono: intonato e non. Non avendo infatti trovato nella letteratura, in riferimento al campo della sonificazione, nessun tipo di riferimento alla distinzione tra l'uso dei suoni intonati rispetto a quelli non intonati (quelli rumorosi), abbiamo deciso di prendere in considerazione per ogni Scenario entrambe le tipologie di suoni.

Il modo con cui da qui in avanti queste sonificazioni saranno contrassegnate ne descrive le caratteristiche: il numero indica lo Scenario a cui fanno riferimento, ovvero la struttura sonora su cui si basano (riassegnata rispetto l'ordine con cui compaiono nella fase precedente), **1** nel caso della **Length** e **2** per la **Repetition**; mentre la lettera indica il tipo di suono che è stato scelto per la veicolazione del messaggio, **A** per i suoni intonati, **B** per i suoni non intonati.

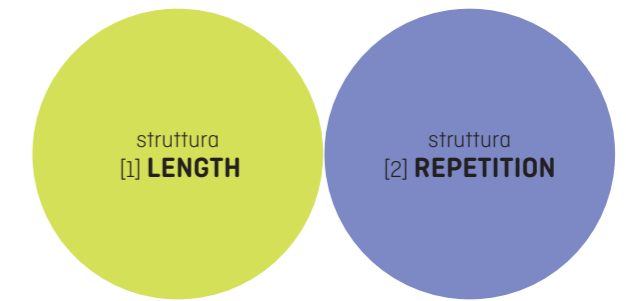
I dati sono stati selezionati in modo che ogni Scenario (**1 e 2**) contenga riferimenti ad una situazione regolare, una situazione con un livello basso, medio e alto di anomalia. Sebbene l'andamento sia molto simile, i dati sonificati differiscono tra uno Scenario e l'altro. Le Versioni (**A e B**) di ogni Scenario però sono state costruite con gli stessi dati, per permettere un confronto diretto tra la percezione dei suoni intonati e non.

#### 5.5.3.1. SCENARIO 1 - LENGTH

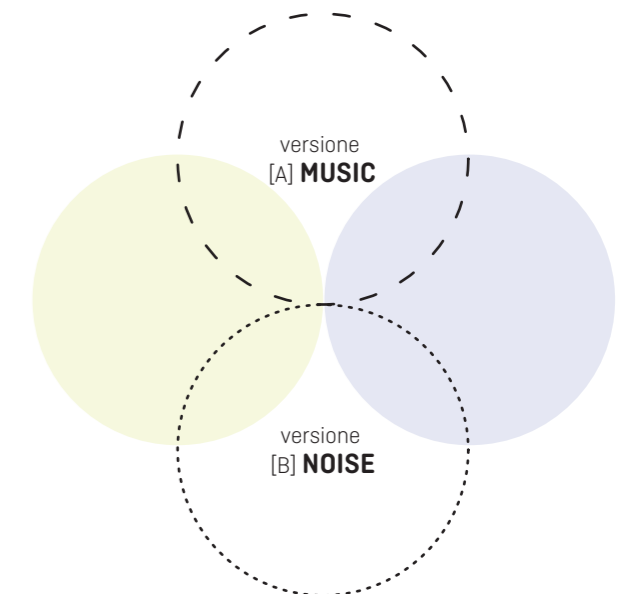
Il primo Scenario fa riferimento a quello precedentemente nominato **Length** (il numero 2 del secondo prototipo), che si basa sulla lunghezza dei suoni.

Ogni suono rappresenta un distretto.

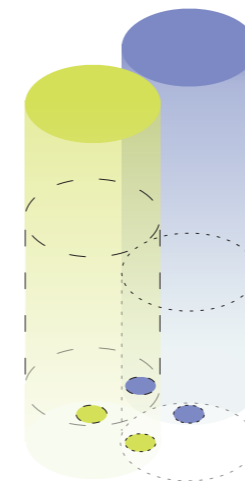
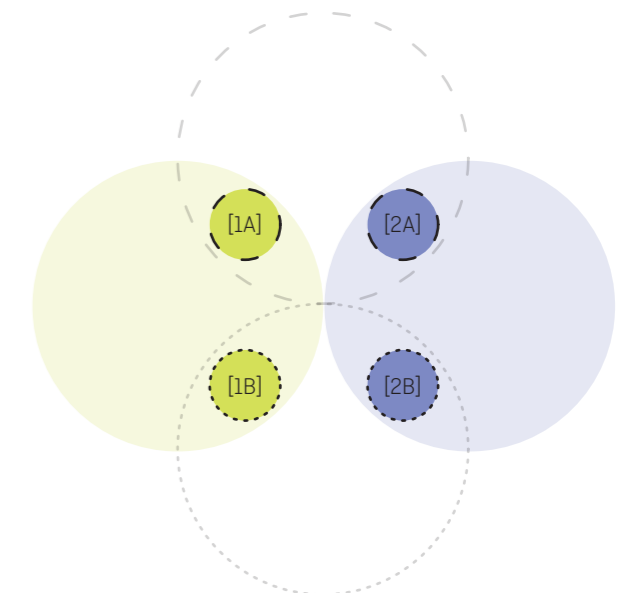
**I LIVELLO:**  
struttura del suono  
[1]LENGTH  
[2]REPETITION



**II LIVELLO:**  
versione: tipo di suono  
[A]MUSIC  
[B]NOISE



**SCENARI:**  
[1A] / [1B]  
[2A] / [2B]



figg. 40-41 schema che mostra le caratteristiche sulla base delle quali sono stati costruiti gli Scenari [2D e 3D]

#### Versione A [1A]

Nel caso dello Scenario **1A**, è stato usato il suono "chimes", tipico della musica cosiddetta ambient e molto diffuso nelle librerie sonore commerciali per le sue caratteristiche di suono rilassante, simile ad una campana melodiosa (selezionato dalla libreria di Ableton Live). È stato scelto questo tipo di suono perchè si introduce in maniera forte, per segnalare l'inizio della trasmissione del messaggio, ma nello stesso tempo il modo in cui si mantiene udibile permette alla sonificazione di prolungarsi il tempo necessario, coprendo la durata massima che abbiamo stabilito. Ogni distretto è comunicato con lo stesso suono, ma si distingue per la differenza di frequenza: il

primo distretto corrisponde al suono più acuto; aumentando il numero di riferimento dei distretti, l'intensità del suono diminuisce, fino a raggiungere, nel caso del quinto distretto, la nota più grave.

### Versione B [1B]

Lo Scenario **1B** è costruito nello stesso modo rispetto al precedente, differenziandosi solo per il suono di cui fa uso. In questo caso infatti, è stato utilizzato il suono "filtered Noize" e, per differenziare i distretti sono stati applicati effetti sonori basati sul riverbero "Glass Filtered Verb" (entrambi della libreria di Ableton).

Sono tutti suoni non armonici, che ricordano un sibilo, o uno sfregamento all'interno di uno spazio metallico ampio, che produce una specie di eco. Il metodo con cui vengono differenziati i distretti è lo stesso descritto nello Scenario **1A**; il primo suono è il più acuto e aumentando il numero del distretto di riferimento decresce la frequenza, così che il quinto distretto corrisponda al suono più grave.

### 5.5.3.2. SCENARIO 2 - REPETITION

Il secondo Scenario fa riferimento a quello precedentemente nominato **Repetition** (il numero 3 della seconda proposta). Anche in questo caso ogni suono rappresenta un distretto, mentre il livello di anomalia presente è determinato dalla frequenza con cui tale suono si ripete durante l'intera sonificazione. La durata totale è fissata a 10 secondi, abbiamo mantenuto apposta la stessa unità di tempo per entrambi gli Scenari **[1 e 2]**, sebbene siano strutturati in maniera differente, per poterli confrontare meglio durante la fase di test. Se un suono viene riprodotto solo una volta all'inizio, significa che il distretto che rappresenta è regolare; il ripetersi dello stesso suono indica la presenza di un'anomalia nel distretto di riferimento. Più spesso tale suono si ripete, più la situazione è grave.

### Versione A [2A]

Lo Scenario **2A** è stato costruito usando il suono del pianoforte, ("Piano Little One", dalla libreria di Ableton). Questo tipo di suono si presta particolarmente ad essere ripetuto frequentemente, in quanto è un suono definito, senza nessun tipo di riverbero (comunemente inteso come eco) che altererebbe la percezione delle note successive. Rispetto tutte le opzioni, questo Scenario è forse quello che fa uso del suono nella maniera più classica. La gravità della frequenza corrisponde all'ordine dei distretti, come negli altri prototipi. A questo proposito è utile segnalare che in fase di scelta dei suoni, Sara ha dovuto modificare quello corrispondente alla nota più grave, perché in seguito ad una prima esportazione risultava troppo grave per poter essere udito distintamente attraverso gli altoparlanti di un computer portatile.

### versione B [2B]

La Versione **B** dello Scenario **2**, come la corrispettiva del primo Scenario, fa uso di suoni completamente diversi tra loro; in questo caso però, più che nel precedente, l'unicità e la particolarità dei suoni sembra rimandare ad oggetti o ad azioni. Se lo stato del sistema è regolare, i suoni si riproducono tutti contemporaneamente all'inizio; in questo caso infatti non è importante distinguere i distretti perchè la situazione non richiede nessun tipo di intervento. L'altra occasione in cui i suoni potrebbero sovrapporsi si verifica qualora i distretti contengano esattamente lo

stesso livello di anomalia. Inizialmente pensavamo di creare delle categorie standard di anomalia, entro cui far rientrare i dati. Così facendo, livelli simili sarebbero stati considerati uguali e sonificati nello stesso modo. Ciò avrebbe aumentato la possibilità di sovrapposizione dei suoni, rendendo più difficile la distinzione dei distretti. Abbiamo quindi optato per comunicare tale valore in forma reale, senza nessun tipo di approssimazione: l'intervallo di tempo con cui si ripetono i suoni è dato direttamente dal valore dei dati.

La **VISUALIZZAZIONE** mostra i valori con cui sono state costruite le sonificazioni. I suoni derivano dai numeri precisi riscontrati nei dati. La decisione di categorizzarli in una scala che va da 0 (dove non c'è anomalia, il sistema è regolare) a 5 (livello massimo di anomalia) deriva dall'esigenza, in fase di analisi dei risultati dell'esperimento, di ottenere risposte che potessero essere misurate e confrontate tra di loro. I dati derivano da una simulazione reale di un caso di attacco. Sono stati selezionati due attacchi simili ma diversi per ognuna delle due strutture da testare. Ogni quadrato rappresenta una sonificazione; le ore (h) indicano l'ordine con cui si succedono. I valori riportati sotto sono alla base delle domande del test, i cui risultati sono riportati più avanti.

fig. 42 valori reali con cui sono state costruite le sonificazioni



### SCENARI 1A / 1B

### SCENARI 2A / 2B

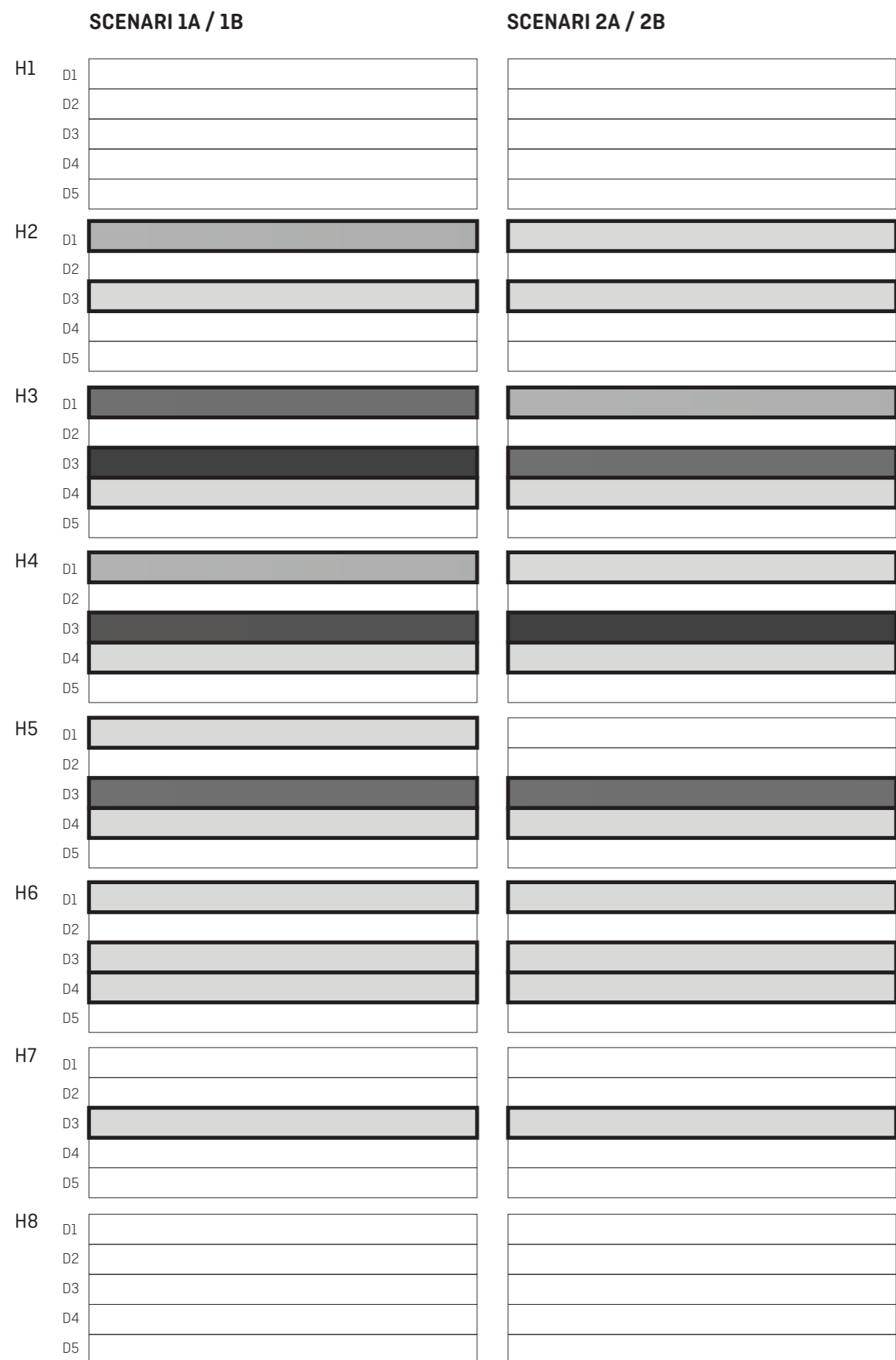
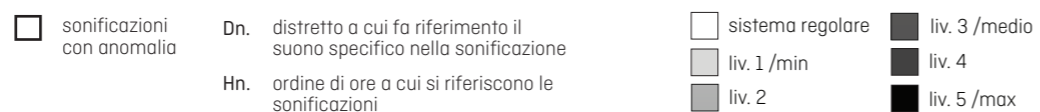
LIVELLO COMPLESSIVO DI ANOMALIA NEL SISTEMA [da 0 a 5]



NUMERO DI DISTRETTI CONTENENTI ANOMALIE [da 0 a 5]



**fig. 43** valore reale di anomalia per ogni distretto con cui sono state costruite le sonificazioni



## 6. ESPERIMENTO

Una parte importante di questo progetto è stata dedicata all'esperimento svolto sui prototipi delle sonificazioni.

Lo scopo di questa fase è triplice; primo, capire se il linguaggio sonoro possa essere utile per la rilevazione degli attacchi informatici; secondo, selezionare lo Scenario migliore; e terzo, selezionare il tipo di suono più adatto.

L'esperimento si basa sul confronto tra i quattro prototipi. Innanzitutto, vengono riportati i riferimenti teorici che abbiamo usato per la definizione del protocollo di valutazione poi, vengono descritti nel dettaglio i passaggi di questo protocollo e infine, vengono analizzati i risultati raccolti.

## 6.1. RIFERIMENTI TEORICI

Considerando l'elemento di novità che la sonificazione rappresenta nell'ambito di riferimento, lo scopo del progetto, prima di arrivare a suggerire il suono più adatto, è quello di capire il ruolo e le funzioni che tale suono potrebbe ricoprire in questo settore. In questa direzione, è utile lasciare agli utenti una certa libertà di pensiero, che non solo permetta loro di dispensare giudizi oltre le risposte previste, ma che favorisca anche il proliferare di suggerimenti, talvolta indiretti, che allarghino il confine progettuale fino a quel momento considerato.

In quest'ottica, Gaver fornisce agli utenti un pacchetto di strumenti (come macchine fotografiche e diari), con lo scopo di provocare una risposta, il cui esito possa suggerire spunti per la creazione di nuovi elementi, che facciano riflettere in maniera diversa sugli aspetti in analisi [49]. Il materiale fornito è intenzionalmente vario e la discussione che si vuole generare è aperta e libera proprio per lasciar lo spazio alle idee di emergere, senza che siano guidate, anche involontariamente, dai ricercatori. Invece che progettare soluzioni, questo approccio si occupa di scoprire nuove necessità o piaceri da colmare, che i designer cercano di riconoscere tra le risposte che vengono loro fornite anche in forma implicita.

Nella stessa direzione, la pubblicazione *Technology probes* [50] descrive un nuovo metodo che ha lo scopo di fornire spunti d'ispirazione per la progettazione di nuove tecnologie. L'approccio prevede, a partire da un'intervista, la progettazione di uno strumento, che viene poi testato per vedere cosa piace e cosa potrebbe essere migliorato. Gli utenti che prendono parte al test pertanto, influiscono direttamente sulla progettazione [51].

L'aspettativa degli autori di questo metodo prevede una fase di critica da parte dei tester, che tramite feedback possono indirizzare i cambiamenti e le modifiche da effettuare. Una *Probe* (tradotto in "esplorazione, indagine") infatti, viene descritta come uno strumento impiegato per far emergere gli aspetti sconosciuti, nella speranza che restituisca dati utili e interessanti (XII). Così come sono state pensate, queste indagini mirano a combinare aspetti differenti, appartenenti a varie aree disciplinari, tra cui: le scienze sociali, in quanto vengono raccolte informazioni riguardo le abitudini degli utenti nel contesto reale; l'ingegneria, perchè è compresa la verifica delle caratteristiche tecniche degli strumenti; e il design, che tramite l'approccio degli utenti cerca di ridefinire ogni volta i bisogni e i desideri di questi ultimi.

Nello specifico, la ricerca che ha sancito la nascita di questo metodo, si posiziona nel campo della comunicazione e cerca di indagare come il computer e Internet, possano svolgere un ruolo positivo nel mantenere le persone connesse tramite mail, messaggistica istantanea e siti web familiari.

A questo scopo sono stati progettati due Probes, denominati "messageProbe" e "videoProbe", per testare il tipo di interazione che la comunicazione può innescare tra i membri di famiglie che vivono in Paesi diversi.

Il risultato di questo approccio non è un prototipo; ma uno strumento. La differenza tra strumento e prototipo deriva primariamente dal tipo di funzione che queste Probes sono chiamate a svolgere: esse si posizionano all'inizio del processo di progettazione, per migliorare idee preesistenti e influenzare quelle future, a differenza del prototipo, che compare in una fase successiva, durante la quale il suo inserimento è atto a ri-indirizzare in maniera iterativa il fine progettuale. Lo scopo delle Probes inoltre è quello di raccogliere dati e informazioni rispetto gli utenti e i loro comportamenti, attività che viene comunque svolta anche dai prototipi, ma in maniera secondaria. Le Probes si inseriscono nel processo progettuale per aiutare i designer a definire il progetto stesso; la loro verifica presso gli utenti serve per indirizzare la definizione degli scopi e dei mezzi da impiegare.

Trevor Hogan e Eva Hornecker hanno, a partire da questa metodologia, introdotto le *Design Probes*: strumenti ovvero, che posseggono caratteristiche simili tra di loro ma che differiscono per un unico aspetto, che è quello che si vuole testare [11]. Rispetto le *Technology Probes*, questa nuova tipologia permette ai ricercatori di focalizzarsi sulla valutazione di un aspetto di design specifico. La ricerca mira a valutare l'efficacia di un dispositivo che, tramite tecniche comunicative differenti (udito, vista, tatto), riporta in tempo reale la qualità dell'aria dell'ambiente in cui è posizionato. Durante il test, l'esplorazione dei dati viene effettuata tramite metodi diversi di percezione sensoriale. Come nel nostro caso, anche questo esperimento ha richiesto l'inserimento delle Probes in un ambiente reale, escludendo la possibilità di restringere il test ad un momento e ad un luogo specifico in cui controllare le reazioni degli utenti.

Gli esempi citati sono stati utili per definire la struttura progettuale, che rifacendosi a queste teorie, ha cercato di essere il più dinamica possibile, nel tentativo di incentivare nuove possibilità. Questo dinamismo ha prodotto dati qualitativi, la cui natura introduce il problema legato al metodo di analisi. Considerando la pratica della visualizzazione, abbiamo preso spunto dal metodo di analisi di dati qualitativi [52] presentato da Sauerwein, Bakker e Balkenende, e ispirato alla pratica dell'*Annotated Portfolio*, per cercare di rendere visivamente comprensibile il materiale raccolto. Questo metodo prevede 5 step in base ai quali rendere la riorganizzazione delle risposte chiara e utile per estrarre più informazioni possibili. Nello specifico, la ricerca riguarda l'efficacia e la sostenibilità di alcuni oggetti prodotti tramite la stampante 3D. I primi passaggi proposti riguardano l'estrazione delle informazioni dal testo delle interviste. Innanzitutto, occorre definire il focus dell'analisi; le frasi interessanti vengono selezionate e trascritte in maniera più sintetica e concisa, in modo che possano essere definiti i temi emergenti. Ad ognuno di essi viene poi assegnato un colore, così che chi legge possa individuare velocemente i commenti che vanno nella stessa direzione. Quest'ultimo passaggio prevede l'uso delle immagini, intorno alle quali questi commenti sono stati riorganizzati in base all'oggetto rappresentato al quale si riferiscono. L'introduzione dell'elemento visivo ha lo scopo di facilitare, prima l'analisi e, dopo la lettura, rendendo più immediata la comprensione.

[XII] tradotto da: "A probe is an instrument that is deployed to find out about the unknown - to hopefully return with useful or interesting data."

## 6.2. PROTOCOLLO DI VALUTAZIONE

Considerando i metodi appena descritti, abbiamo delineato il protocollo in base al quale valutare i nostri quattro scenari. Lo scopo dell'esperimento è quello di ricavare il maggior numero di informazioni possibile circa l'inserimento delle sonificazioni nel contesto di riferimento, ottenendo sia giudizi riguardo quello che è già stato progettato che suggerimenti e indicazioni per possibili implementazioni future.

Affinché il risultato fosse attendibile abbiamo dovuto considerare due variabili: il tipo di utente a cui sottoporre l'esperimento e il contesto in cui si sarebbe dovuto svolgere. Abbiamo selezionato un numero ristretto di persone, esperte di sicurezza Informatica e/o gestione delle reti idriche e che in qualche modo conoscano il sistema di allarme attuale così che possano cogliere e collocare più facilmente e velocemente il ruolo della sonificazione. Per quanto riguarda il contesto invece, abbiamo valutato necessario inserire l'esperimento in una situazione reale, chiedendo ai tester di affiancare la valutazione dei prototipi alle attività lavorative di tutti i giorni, senza che ne venisse modificata la routine. In questo modo infatti, possiamo testare l'efficacia del suono durante il suo passaggio dalla posizione periferica al centro dell'attenzione. Questo esperimento pertanto non è avvenuto in un luogo fisico specifico, ma ognuno l'ha svolto presso la postazione in cui è solito lavorare. Questo ci ha permesso anche di raggiungere persone collocate geograficamente distanti da noi, considerando contesti culturali differenti.

L'esperimento si compone di tre fasi principali:

[FASE 1]

### /QUESTIONARIO PRELIMINARE

richiede la compilazione, da parte degli utenti, di un form relativo ai loro dati demografici, i loro studi e le loro conoscenze nelle aree in questione. Lo scopo di questa prima parte è una profilazione che ci permetta di interpretare più facilmente le risposte di ognuno.

[FASE 2]

### /TEST E DOMANDE SULLE SONIFICAZIONI

è la fase centrale, in quanto si chiede agli utenti di testare le sonificazioni e compilare una tabella indicando per ogni sessione sonora, lo stato del sistema, il livello di anomalia e i distretti interessati.

[FASE 3]

### /INTERVISTA FINALE

consiste in un'intervista orale semi-strutturata, nella quale oltre a capire meglio il contesto nel quale si è svolto il test, cerchiamo di cogliere i suggerimenti di ogni tester.

Lo scopo finale è quello di selezionare da ogni Scenario le caratteristiche che funzionano meglio, in previsione della realizzazione dello Scenario definitivo. Le tempistiche richieste per il completamento dell'esperimento comprendono 4 settimane circa: durante la prima abbiamo condiviso con i tester le informazioni riguardo al progetto e chiesto loro di compilare il primo questionario. La seconda e la terza sono state utili per testare le sonificazioni, in seguito alle quali è stata pianificata l'intervista finale.

La maggior parte dei dati provenienti da questo esperimento sono di tipo qualitativo, trattandosi di un campione ristretto di tester con i quali abbiamo interagito nel tentativo di ricavare suggerimenti utili alla definizione e ri-definizione del prototipo. La raccolta di questi dati è finalizzata principalmente a capire l'usabilità e il livello di comprensione di ogni Scenario. Le risposte ci servono per validare: innanzitutto, l'uso del suono nella comunicazione delle informazioni riguardo lo stato del sistema e poi, la capacità degli operatori di capire correttamente il significato delle informazioni veicolate dal suono. Nel caso in cui il suono risultasse utile a questi scopi, le risposte raccolte ci aiuterebbero a scegliere lo Scenario più efficiente. Lo scopo dell'esperimento non è quello di ottenere dati statisticamente rilevanti riguardo l'efficacia e l'efficienza delle sonificazioni. Questa parte dovrà essere coperta da un eventuale secondo test, indirizzato ad un maggior numero di persone possibile, le cui risposte possano fornire dati validi per confermare o meno l'uso della sonificazione.

### 6.2.1. QUESTIONARIO PRELIMINARE PER DEFINIRE I TESTER

Dopo aver preso coscienza del progetto, i tester sono stati invitati a seguire i passaggi per eseguire l'esperimento. La prima cosa che è stata loro richiesta consiste nella compilazione di un breve questionario. Lo scopo di questa parte è quello di raccogliere informazioni su ognuno di loro così che in fase di analisi la lettura delle risposte possa avvicinarsi il più possibile al significato reale.

Il questionario è stato realizzato con *Google form* e prevede una serie di domande divise in quattro sezioni [53]:

- Demographic;
- Cyber-Physical Security;
- Water Infrastructure and Engineer;
- Sound Competence;

Il tipo di risposta che può essere fornito comprende: Yes/No, risposte brevi e l'assegnazione di valori su una scala da 0 a 5. La scala Lickert, a cui facciamo riferimento con quest'ultima modalità, è una tecnica che abbiamo introdotto per uniformare le risposte in previsione di un confronto [49]. Essa prevede una scala di valori in base ai quali i tester sono chiamati ad esprimere un'auto-valutazione circa la conoscenza delle aree disciplinari toccate dal progetto.

A partire dalla sezione *Demographic*, vengono raccolte informazioni che riguardano l'età, il sesso, il percorso di studi, l'attuale lavoro e l'ente per cui quest'ultimo è svolto, sia esso azienda, università o attività da libero professionista.

Abbiamo creato due sezioni separate per approfondire le competenze di ognuno nell'area della *Cyber-physical security* e della *Water Infrastructure Engineering*. In tutti e due i casi infatti, abbiamo chiesto ai tester: se ed eventualmente in che modo il loro lavoro ha a che fare direttamente con quella disciplina e quanto, su una su una scala da 0 a 5 (scala Lickert [54]), valutino le loro competenze in quell'area.

L'ultima sezione cerca di indagare, nella prima parte il rapporto che i tester hanno con la musica, e nella seconda l'uso che essi fanno abitualmente del canale sonoro: viene chiesto loro se abbiano mai suonato o se suonino uno strumento musicale; se siano appassionati di musica ed eventualmente che tipo di musica. Il campo delle domande si allarga poi alla percezione dei suoni più in generale, chiedendo loro di valutare le proprie competenze audio e quanta attenzione viene prestata solitamente ai suoni circostanti. Infine i tester vengono interrogati a proposito di possibili disabilità uditive, che non sono state riscontrate nel nostro campione.

### 6.2.2. TEST SULLA COMPRESIONE DELLE SONIFICAZIONI

La valutazione delle sonificazioni è la parte centrale dell'intero esperimento intorno alla quale si sono sviluppati il questionario iniziale e l'intervista finale.

Questa parte occupa un totale di 4 giorni, distribuiti nel corso di due settimane. L'idea infatti è quella di chiedere ai tester di dedicare un giorno ad ogni Scenario. Per evitare che l'ordine e la memoria influenzino la percezione dei vari scenari, abbiamo pensato di distribuirli in ordine casuale nell'arco di due settimane, considerando dei giorni di pausa tra lo svolgimento di ognuno di essi. L'ordine di riproduzione non segue la loro struttura perchè se i tester avessero ascoltato consecutivamente lo stesso Scenario con le due varianti di suono, inevitabilmente quello riprodotto per secondo avrebbe beneficiato del training naturale offerto dal primo, rischiando di compromettere l'attendibilità delle risposte.

Abbiamo definito le settimane in cui si sarebbe dovuto svolgere il test, ma abbiamo lasciato i tester liberi di scegliere i giorni che fossero più comodi in base ai loro impegni.

Gli Scenari sono stati presentati in questo ordine:

[SETTIMANA 1] 14-18 Gennaio  
giorno 1: Scenario 1A;  
giorno 2: Scenario 2B;

[SETTIMANA 2] 21-25 Gennaio  
giorno 1: Scenario 1B;  
giorno 2: Scenario 2A;

Il test di un singolo Scenario occupa un'intera giornata lavorativa, durante la quale ad ogni ora, a partire dalle ore 10:00 (AM) di mattina fino alle 5:00 (PM) di pomeriggio, viene emessa una sonificazione della durata di 10 secondi che si ripete per tre volte, per un totale di 30 secondi. Il tester è invitato a prestare attenzione alla sonificazione, e a rispondere, subito dopo, ad alcune brevi domande, compilando una tabella Excel fornitagli in anticipo. Taormina ha sviluppato una pagina web per ogni Scenario [55, 56, 57, 58]. Sul sito usato per la condivisione del materiale del progetto, descritto in seguito,

è possibile trovare un link per ognuno dei quattro Scenari da testare. I link sono stati rilasciati settimanalmente, per evitare che i tester li eseguissero in un ordine o con un ritmo diversi da quelli che avevamo pensato. Durante la prima settimana sono stati resi accessibili i collegamenti ai primi due Scenari **(1A e 2B)** mentre gli altri due **(1B e 2A)** sono diventati disponibili con l'inizio della seconda settimana. Il sito a cui si accede per eseguire il test consiste in una pagina vuota, contenente solo il titolo che indica lo Scenario che vi è incluso. Per realizzare una simulazione di sonificazione in tempo reale, le sonificazioni esportate da Ableton sono state convertite in formato mp3 e inserite nel sito in modo che suonino ad orari prestabiliti. Lasciando il sito aperto i suoni si riproducono autonomamente secondo l'orario locale, anche se nel frattempo si lavora su altre pagine o con altri programmi. Perchè la situazione in cui si verificasse il test fosse il più possibile aderente a quella reale era fondamentale che i suoni partisero in automatico e la loro riproduzione non necessitasse nessun tipo di interazione da parte dell'utente. I suoni non possono essere fermati, né messi in pausa. La loro riproduzione si ferma solo qualora venga chiuso il sito o nel caso in cui il computer vada in standby attivando il risparmio energetico (questo potenziale problema è stato segnalato in anticipo ai tester). I tester sono invitati ad accedere ai link del test tramite il loro computer. Non abbiamo posto nessun limite riguardo lo strumento con cui ascoltare le sonificazioni; i tester possono usare gli altoparlanti del proprio computer oppure auricolari, siano essi con cavo o wireless.

In totale per ogni giorno di test, vengono riprodotte 8 sonificazioni. La regola con cui sono state selezionate è la stessa per entrambi gli scenari, sebbene si riferiscano a periodi di tempo diversi. Abbiamo selezionato i dati in un punto in cui riproducessero il possibile andamento di un attacco: il sistema parte in uno stato normale, poi iniziano a verificarsi delle anomalie in alcuni distretti, il cui livello cresce nelle ore centrali della giornata e poi diminuisce estinguendosi completamente entro la fine. Abbiamo invitato gli utenti ad aprire la pagina web del test prima di iniziare a lavorare per poi occuparsi delle loro mansioni abituali. In seguito ad ogni sonificazione è stato loro chiesto di rispondere a delle brevi domande, riguardo quello che avevano appena sentito, completando una tabella Excel. Questa tabella è stata loro fornita prima di iniziare il test e si compone di quattro fogli, uno per ogni Scenario da testare. La prima colonna scandisce la divisione temporale, indicando l'orario della sonificazione, mentre la seconda segnala il numero a cui corrisponde tale sonificazione. A partire dalla terza è richiesto ai tester di inserire le risposte alle seguenti domande:

- Hai sentito il suono?
- Se no, perchè?
- Come descriveresti lo stato del sistema?
- Come valuti il grado di anomalia su una scala da 1 a 5?
- Quanti distretti presentano anomalie?
- Quali distretti presentano anomalie?
- Riporta il livello di anomalia per ogni distretto
- Commenti liberi

La risposta alle prime due domande serve per validare quelle successive; affinché il test possa essere ritenuto valido l'utente deve aver partecipato a la maggior parte delle sonificazioni.

Queste domande sono state strutturate procedendo dal generale allo specifico; le prime si riferiscono allo stato del sistema, per poi passare alla percezione del livello di anomalia, fino all'identificazione dei distretti e al livello di anomalia presente in ognuno di essi. L'ordine è stato stabilito nel tentativo di evitare di creare in chi risponde il sentimento di demoralizzazione, dovuto alla difficoltà delle richieste. Riuscendo a rispondere alle prime domande che sono più semplici, l'utente non dovrebbe perdere lo stimolo per proseguire nell'esperimento.

Qui di nuovo, come nel caso del primo questionario, abbiamo fatto uso della scala Likert, chiedendo di giudicare il livello di anomalia usando una scala che va da 1 a 5; dove 1 rappresenta il livello più basso, mentre 5 quello più alto.

Le richieste delle domande 5 e 6, pur essendo una l'integrazione dell'altra, sono state separate per lo stesso motivo citato sopra; non volevamo infatti che una richiesta più complicata, quale il riconoscimento del livello di anomalia per ogni distretto, scoraggiasse gli utenti anche nell'identificazione del numero di distretti riconosciuti anomali.

Ed infine, abbiamo lasciato una colonna per i commenti liberi. La nostra aspettativa è che compilando il questionario immediatamente dopo ogni sonificazione, possano aggiungere percezioni e/o critiche che a noi risulteranno molto utili.

Questo procedimento appena descritto si riferisce alla valutazione di uno Scenario ed è stato ripetuto 4 volte, una per ogni Scenario.

Una volta eseguiti tutti i test, abbiamo chiesto alle persone coinvolte di mandarci le loro risposte, così che potessimo procedere con l'analisi dei risultati.

### 6.2.3. INTERVISTA FINALE

Abbiamo fissato un appuntamento con ognuno dei tester per svolgere l'intervista finale, il cui scopo è quello di raccogliere le opinioni e completare l'esperimento. Questi colloqui sono stati fissati durante la settimana seguente alla conclusione del test e sono avvenuti tramite Skype.

Nel momento in cui abbiamo fissato la data e l'orario di queste interviste, abbiamo anche condiviso con i tester una versione abbreviata delle domande dell'intervista, così che potessero prepararsi e iniziare a considerare delle possibili risposte. Questa versione comprende gli stessi punti, affrontati nello stesso ordine, rispetto l'intervista, ma sintetizzati e posti come argomenti invece che come domande.

Il colloquio finale si compone di un'intervista semi-strutturata il cui fine è quello di raccogliere suggerimenti riguardo l'uso e la scelta dei suoni e indagare la relazione che si è sviluppata tra l'utente e il prototipo durante il test.

Il colloquio copre varie aree. Le domande introduttive indagano il parere degli utenti riguardo il contesto in cui tali sonificazioni dovrebbero inserirsi e se il tipo di informazioni veicolate dal suono si presta ad essere comunicato tramite il canale audio. Viene chiesto loro un parere sull'utilità e la fattibilità del progetto. Abbiamo cercato di ricavare da queste risposte suggerimenti circa i possibili problemi che potrebbero emergere.

La seconda area di domande è indirizzata a capire il contesto e la situazione in cui l'esperimento è stato svolto. Viene chiesto se ci sono stati particolari problemi con il sito e la pagina del test, che tipo di strumento è stato utilizzato per riprodurre e ascoltare le sonificazioni e in che spazio fisico è stato svolto. A questo proposito, prima dell'intervista finale abbiamo chiesto ad ogni utente di condividere con noi una foto del luogo in cui hanno seguito il test. Lo scopo di queste domande è capire in che modo i loro canali visivo e uditivo siano occupati e che tipo di interazioni siano soliti avere durante una giornata lavorativa. Fin dall'inizio è emersa la possibilità che i tester fossero abituati ad ascoltare la musica mentre lavorano, quindi abbiamo chiesto loro come hanno gestito il rapporto tra i segnali acustici del test e quelli musicali. Durante la presentazione del test inoltre abbiamo specificato che potessero consultare la legenda sonora in qualunque momento; abbiamo domandato loro quindi in che ordine e in che modo la lettura di tale legenda si sia inserita nel percorso di valutazione delle sonificazioni.

Il terzo gruppo di domande si riferisce alla fase di training. Abbiamo domandato agli utenti se la condivisione delle informazioni sul progetto fosse stata esaustiva e se le tracce fornite come legenda fossero chiare e sufficienti per capire il significato di ogni suono. A partire da quest'ultimo punto abbiamo approfondito la questione dell'identificazione dei distretti, chiedendo ai tester quanto pensano di essere riusciti in questo compito e se hanno valutato la richiesta eccessivamente ambiziosa.

Riguardo i suoni nello specifico invece, volevamo sapere quale è risultato essere il loro Scenario e la loro Versione preferita e se ce ne fosse stata una particolarmente non apprezzata. Abbiamo cercato di far emergere da queste risposte alcune opinioni personali riguardo il design dei suoni, chiedendo se ci fossero suoni che avessero evocato particolari sensazioni e/o emozioni o che avessero stimolato reazioni fisiche. Abbiamo domandato loro se i suoni scelti siano adatti a rappresentare le informazioni che comunicano ed eventualmente se, durante l'ascolto delle sonificazioni, abbiano mai pensato all'uso di suoni differenti.

L'area di indagine successiva riguarda la struttura delle sonificazioni. In questo caso le domande sono state più definite. Abbiamo chiesto un parere sulla durata delle singole sonificazioni, sul numero di ripetizioni e sulla frequenza con cui tali sonificazioni descrivono lo stato del sistema. Il fatto che abbiamo considerato i dati per ogni ora non significa che questa frequenza non possa essere riadattata se giudicata insufficiente o eccessiva.

Le ultime domande sono basate sull'esperienza personale e cercano di approfondire le motivazioni fornite a supporto della scelta dello Scenario preferito. A tal proposito si chiede anche quale sia la Versione più efficace secondo la propria esperienza d'uso e in che modo preferenza ed efficacia si relazionino tra loro in questo giudizio.

### 6.3. SITO INTERNET PER LA CONDIVISIONE DEL MATERIALE

QR Code che rimanda al sito [59] di riferimento per i tester durante l'esperimento



Al fine di condividere meglio i contenuti con gli utenti, abbiamo pensato di inserire tutte le informazioni e i riferimenti per il test in un sito [44]. Questo sito si compone di tre sezioni principali: un'introduzione alla sonificazione, che spiega che cos'è e come funziona, facendo riferimento ad alcuni lavori esterni; la definizione del nostro progetto, con la descrizione del contesto e delle informazioni che il suono è chiamato a veicolare con una sezione specifica contenente la legenda dei suoni utilizzati; e una pagina che pianifica e spiega tutti i passaggi dell'esperimento.

Lo scopo della prima parte (riferimento alla sezione del sito **Sonification**) è quello di introdurre gli utenti alla sonificazione e fornire loro, oltre la descrizione di che cosa sia, le motivazioni che ci hanno spinto a provare ad usare questa tecnica nel contesto della sicurezza informatica applicata alla gestione delle reti idriche. Con questa idea sono citati tre casi di sonificazione, descritti anche nell'analisi della letteratura. Si tratta del progetto di *Wikipedia Edits* [rif], *Income Inequality on the NYC Subway* [rif] e *Iraq Body Counts* [rif]. Durante l'intervista finale, gli utenti hanno definito questa parte introduttiva molto utile.

La sezione del sito nominata **Project** si riferisce nello specifico al nostro progetto. In essa è descritto l'approccio visivo attualmente in uso, viene introdotta l'esigenza di un nuovo metodo comunicativo e vengono fornite le caratteristiche del contesto e del metodo di lavoro dell'analista. È qui inclusa la mappa che illustra la suddivisione per distretti sulla base dei quali sono state prodotte le sonificazioni. In questa parte vengono anche descritti i due scenari, per ognuno dei quali segue la legenda sonora (Sound-key) divisa tra la Versione **A** e **B** di ognuno dei due. Come descritto precedentemente, la Versione **A**, sia dello Scenario **1** che dello Scenario **2**, è stata composta utilizzando suoni intonati, mentre la Versione **B** fa riferimento a suoni non intonati. Questa distinzione però non è mai stata esplicitata all'interno del sito. L'informazione non è stata condivisa con i tester per evitare che fossero influenzati durante la fase di giudizio.

La legenda di ogni Scenario è suddivisa per distretti. Essendo l'identificazione dei distretti anomali il secondo scopo della sonificazione, l'utente in questa sezione può,

per ogni Scenario e Versione, ascoltare il suono dei singoli distretti. L'idea di avere una legenda sempre consultabile è il motivo principale per cui abbiamo deciso di organizzare i contenuti in un sito. In questo modo i suoni possono, non solo essere ascoltati tutti uno in fila all'altro, ma anche essere recuperati in qualsiasi momento per ricordarne il significato. Abbiamo scelto volontariamente di non inserire nessun tipo di file audio esemplificativo di una sonificazione completa per evitare di avvantaggiare alcuni Scenari piuttosto che altri in base all'ordine con cui vengono testati. I suoni della legenda infatti sono divisi per distretti ma durante le sonificazioni i distretti vengono suonati tutti insieme, motivo per cui dalla legenda l'utente può solo immaginare come sarà effettivamente il suono finale.

La terza pagina, denominata **Test**, presenta le fasi e le istruzioni a cui i tester sono chiamati ad attenersi. Nonostante ognuno fosse invitato a svolgere il test indipendentemente, abbiamo organizzato i tempi in modo che tutti potessero procedere contemporaneamente, facilitando anche la raccolta dei risultati. Le fasi descritte in questa pagina sono le stesse citate precedentemente nel protocollo. Qui, oltre a fornire le indicazioni e i tempi di svolgimento, abbiamo anche inserito i link che rimandano al questionario e alla pagina da cui è possibile svolgere il test. Nella nostra idea questo sito funziona come un riferimento che guida i tester durante l'intero percorso dell'esperimento fino all'intervista finale.

Un'ultima sezione è stata resa accessibile solo dopo che tutti gli utenti hanno finito il test, con lo scopo di collezionare tutte le sonificazioni riprodotte. In questa pagina infatti sono raccolte tutte le sonificazioni, divise per Scenario e per ora del giorno in cui sono state emesse. La pagina web che permette lo svolgimento del test infatti è programmata affinché i suoni vengano emessi ad orari definiti. Pertanto, in vista dell'intervista finale, abbiamo ritenuto utile rendere accessibili tutte le sonificazioni, così che i tester potessero ri-ascoltarle per ricordarsi i suoni e rispondere più facilmente alle nostre domande.

### 6.4. POSSIBILI BIAS

I rischi che abbiamo individuato durante la definizione di questo protocollo riguardano innanzitutto l'attendibilità delle risposte, trattandosi di un parere che può essere molto personale. Come infatti è emerso anche durante l'analisi della letteratura [33], nel caso in cui le domande cerchino di indagare delle percezioni, è difficile scindere i gusti personali da una valutazione obiettiva. Per la tipologia di argomento trattato, i dati emergenti da questo esperimento rischiano di essere soggettivi e perdere di validità scientifica.

Inoltre, il tipo di risposte e suggerimenti forniti dai tester dipendono molto dal loro coinvolgimento nell'argomento. Il livello di motivazione influisce infatti sullo sforzo che costoro sono disposti a dedicare per la comprensione prima, e la valutazione poi, di tutto il lavoro [47]. Un altro possibile rischio deriva dall'ordine con cui vengono valutati gli scenari. I tester infatti, potrebbero apprendere dallo Scenario precedente il metodo

di decodifica, registrando risultati migliori nello Scenario successivo. Abbiamo cercato di evitare questa inconvenienza proponendo gli Scenari in ordine randomico, come descritto sopra, ma non sappiamo effettivamente come l'ordine di esecuzione abbia influito sulla valutazione delle sonificazioni.

Anche la selezione del materiale da condividere con i tester per descrivere e introdurre il nostro progetto è un argomento di cui abbiamo discusso, in quanto non c'è una quantità di informazioni e un livello di profondità definito a cui attenersi. Gli utenti dovevano conoscere bene il contesto del progetto, per capirne l'utilità e il tipo di significato veicolato dal canale uditivo, allo stesso tempo però non volevamo fornire loro troppe informazioni, per evitare che si potessero confondere o che si focalizzassero sul metodo e la struttura usati piuttosto che su ciò che erano chiamati a valutare. Nel tentativo di esplicitare l'interpretazione dei risultati e arginare l'opinabilità di questo passaggio, le informazioni che abbiamo scelto di condividere sono disponibili ad essere consultate sul sito.

## 6.5. IPOTESI PRELIMINARE

Durante l'analisi precedente alla progettazione abbiamo notato che la maggior parte dei casi di Sonificazione esistenti è priva di contestualizzazione, si tratta infatti spesso di sperimentazioni o produzioni con fini artistici in cui l'uso del suono non è motivato. Nel caso del nostro progetto invece, l'uso del canale sonoro emerge dalle caratteristiche del contesto stesso. Nello specifico, rispetto i problemi individuati, il suono si propone di selezionare e produrre una sintesi delle informazioni necessarie per indicare lo stato del sistema, fornendo all'analista un primo livello di conoscenza utile per individuare possibili anomalie. La comunicazione avviene tramite un senso diverso da quello visivo, che è già occupato, così che il monitoraggio possa avvenire contemporaneamente allo svolgersi di altre azioni.

Il linguaggio sonoro inoltre, introduce la possibilità di comunicare il livello delle anomalie su una scala di valori, permettendo all'analista di distinguere la gravità della situazione. In questo modo la sonificazione sarebbe utile anche a combattere il problema dei falsi-allarmi.

Dopo l'analisi del contesto, la nostra ipotesi è che l'uso del suono possa davvero migliorare la comunicazione delle informazioni utili a monitorare lo stato del sistema in tempo reale.

La combinazione dell'elemento sonoro con la rappresentazione visiva delle anomalie infatti, aggiungerebbe valore al processo decisionale a cui è sottoposto l'analista. Nello specifico, le sonificazioni aiutano l'analista a distinguere in maniera efficace la gravità delle anomalie e di conseguenza, a prendere decisioni migliori e intervenire più velocemente per arginare i danni al sistema.

Inoltre, ci aspettiamo che le sonificazioni possano essere utili ad individuare la zona della rete i cui valori risultano irregolari. Nello specifico, riguardo gli scenari, la nostra previsione è che per il primo caso (**Length**) funzioni meglio la Versione **A** che comprende i suoni intonati; mentre per il secondo, costruito sulla **Repetition**, la Versione con i suoni non intonati (**B**) sia più efficace.

## 6.6. DESCRIZIONE DEI TESTER

Il primo questionario è stato utile per descrivere le persone a cui abbiamo rivolto l'esperimento. Come introdotto precedentemente, ci siamo focalizzate sulla reazione di un ristretto numero di persone, per un totale di 6, le cui competenze sono inerenti alle aree toccate in questo contesto. La possibilità di raggiungere queste persone ci è stata fornita da Galelli e Taormina in quanto, nella maggior parte dei casi si tratta di dottorandi e ricercatori presso l'Università di Singapore.

Il campione comprende 3 uomini e 3 donne, tutti compresi tra i 25 e i 32 anni, con background culturali differenti: Europa (Italia e Turchia), Sud-est asiatico (Singapore e Vietnam), e Area Pacifica (Nuova Zelanda). Uno solo di loro lavora presso un'azienda, mentre gli altri sono tutti interni all'Università; un ricercatore e quattro dottorandi, uno dei quali ha avuto esperienza professionale in un impianto di trattamento dell'acqua potabile prima di iniziare il dottorato.

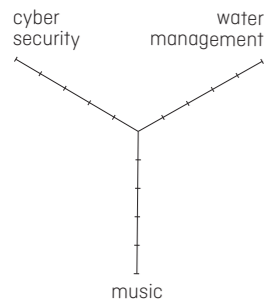
Le aree di studio si dividono tra Ingegneria Informatica e dei sistemi e Gestione delle risorse idriche, con un caso di Ingegneria Ambientale. Due persone su sei hanno dichiarato che il loro lavoro riguarda direttamente il campo della *Cyber-physical Security*, esprimendo un punteggio che denota una conoscenza piuttosto approfondita (3 e 4 della scala Likert). Uno di loro ha dichiarato di occuparsi anche di *Water infrastructure and Engineering*; oltre al quale altre tre persone si sono dette esperte in questo campo. Un tester, pur avendo espresso 3 come livello di competenza per entrambe le materie, ha descritto il suo lavoro come non direttamente pertinente a nessuna delle due aree, si tratta infatti di un ingegnere ambientale che però si occupa più in generale di Water Distribution.

Riguardo al loro rapporto con la musica, uno di loro ha dichiarato di essere appassionato e suonare uno strumento, uno dice di suonare o aver suonato uno strumento (ma non essere appassionato) ed un terzo si è dichiarato appassionato, indicando vari generi preferiti: jazz, electronic, hip-hop, rock e alcune forme trasversali sperimentali, come il jazz rock contemporaneo.

Coloro che suonano o hanno suonato uno strumento hanno anche indicato un punteggio più alto per quanto riguarda le competenze musicali, di cui un'altra persona ha dichiarato di essere completamente priva (inserendo un punteggio di 0 della scala Likert). Tre casi su sei infine, affermano di prestare attenzione ai suoni che li circondano con un punteggio più alto della media.

Autovalutazione riguardo le competenze principali:

Likert Scale  
0 Nessuna competenza  
5 Competenza massima



● competenza specifica  
○ passione

Settore lavorativo:

▽ universitario  
○ aziendale

Informazioni riguardo i tester:

TN numero identificativo

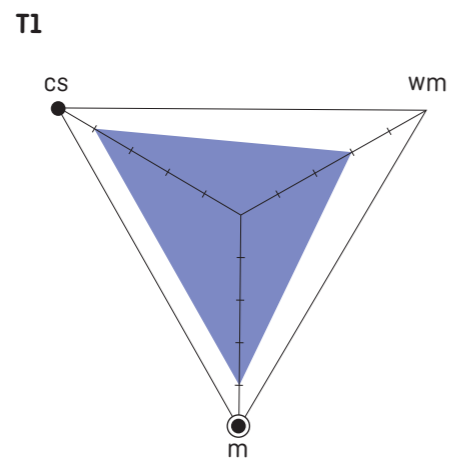
area di studio

età

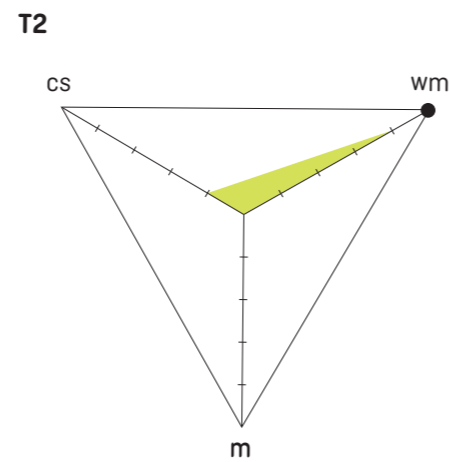
sesso:

▼ maschio

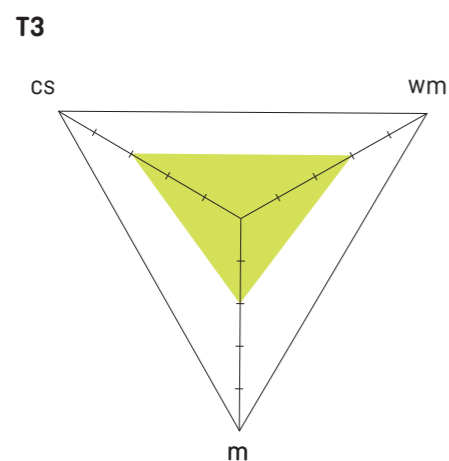
▼ femmina



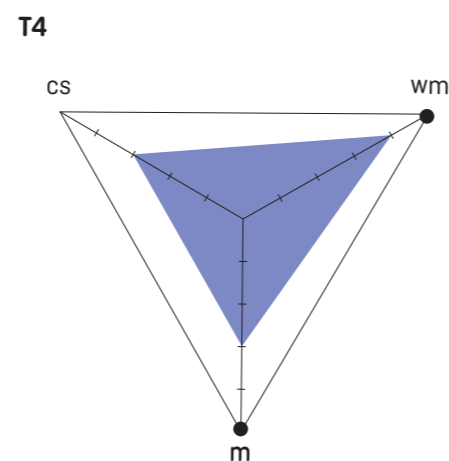
Computer Science and Engineering 24



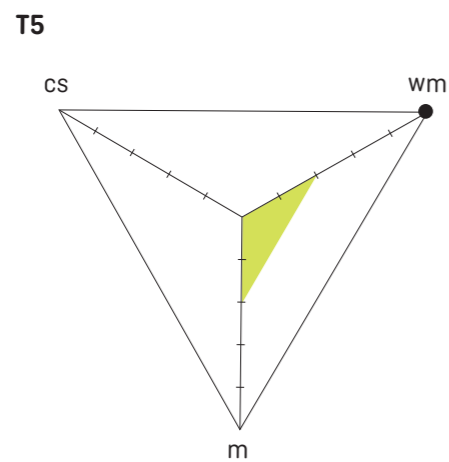
Engineering System and Design 26



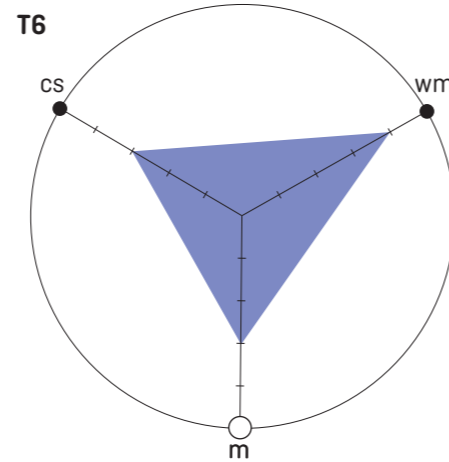
Engineering System and Design Cybersecurity 25



Water resources Management 32



Reservoir operator 29



Environmental Engineering 28

## 6.7. ANALISI DEI RISULTATI

[LUOGO]

Tutti i tester hanno eseguito la parte dell'esperimento che comprende l'ascolto delle sonificazioni dalla postazione di lavoro presso il proprio ufficio; solo in due casi, alcuni Scenari sono stati seguiti da casa. In cinque casi l'ufficio è collocato dentro l'ambito universitario, essendo loro ricercatori o studiosi di dottorato. Un unico tester lavora per un'azienda e ha eseguito l'esperimento durante le ore lavorative.

Le postazioni di lavoro si trovano nella maggior parte dei casi in uffici condivisi. Si tratta di una scrivania con il computer, posizionata in uno spazio aperto insieme ad altre scrivanie. I tester infatti, sono soliti lavorare indipendentemente nella stessa stanza insieme ad altre persone che eseguono compiti differenti. L'attività primaria di ognuno consiste nella programmazione, in alcuni casi è prevista la lettura di documenti cartacei, intrattenere relazioni con i colleghi, effettuare chiamate e partecipare a riunioni.

[CONDIZIONI DI ASCOLTO]

L'ascolto è avvenuto tramite cuffie o auricolari. Solo nei casi in cui l'esperimento è stato eseguito da casa, le sonificazioni sono state riprodotte tramite gli altoparlanti del computer.

Cinque tester su sei si sono detti abituati ad indossare le cuffie sul posto di lavoro, tra di loro, due hanno affermato di ascoltare spesso la musica. Un tester ha utilizzato delle cuffie wireless che durante il test gli hanno permesso di muoversi in un ristretto raggio d'azione. Durante l'intervista finale inoltre, è emerso che almeno un paio di persone abbia l'abitudine di indossare le cuffie senza riprodurre nessun tipo di audio, ma con lo scopo di isolarsi rispetto le altre persone presenti nella stanza.

[ORGANIZZAZIONE]

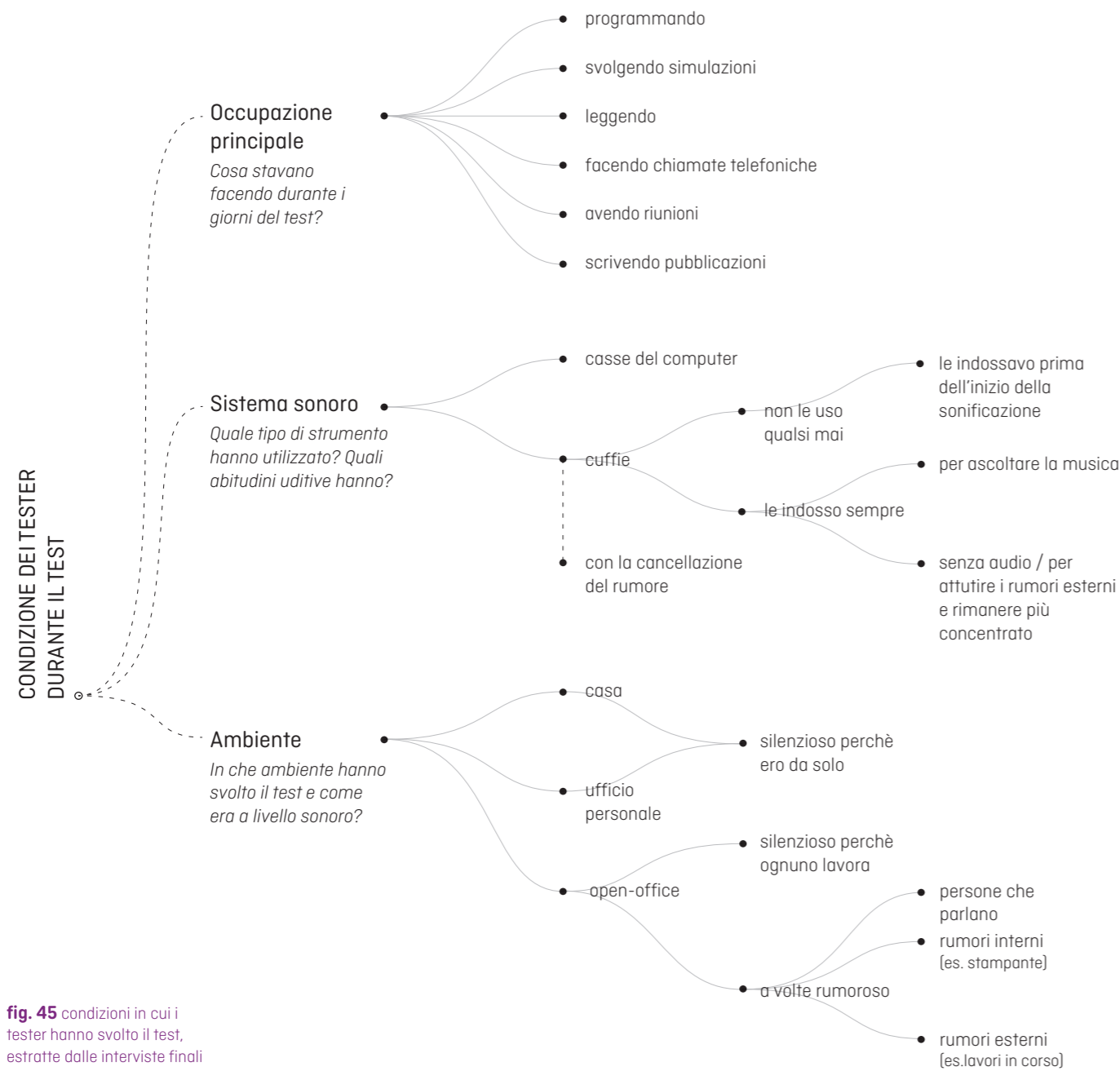
Il fatto che la maggior parte dei tester si sia detta solita usare questo strumento sul posto di lavoro apre la possibilità a future implementazioni che comprendono un metodo comunicativo che si fonda sulle potenzialità offerte da questo strumento. Abbiamo lasciato appositamente ad ognuno la possibilità di decidere, entro la settimana prestabilita, i giorni in cui eseguire il test. Ciò ha garantito ai tester di poter selezionare i giorni per loro più comodi e liberi da particolari impegni che li avrebbero portati lontani dal computer per un numero considerevole di ore. Ogni tester è riuscito quindi ad ascoltare quasi tutte le sonificazioni previste. Il tester che ne ha perse il più alto numero, non ha ascoltato 3 sonificazioni su un totale di 32 (8 ore x 4 giorni di test), per un massimo di due in uno Scenario. I motivi principali per cui alcuni hanno perso qualche sonificazione sono da imputare a fattori quali riunioni e bisogni fisiologici. Durante l'intervista finale, tutti i tester hanno affermato di aver chiaro lo scopo del progetto e il ruolo che la sonificazione è chiamata a svolgere in questo contesto. Il sito è infatti stato giudicato utile ed efficace da parte di tutti.

[PROBLEMI TECNICI]

Non sono stati rilevati particolari problemi tecnici, se non l'assenza del suono che si è verificata, soltanto per alcuni, all'inizio del test. L'orario a cui ogni sonificazione avrebbe dovuto suonare secondo la pagina web dell'esperimento non era riconosciuto

fig. 44 dati demografici e aree di competenza dei tester [dati provenienti dal questionario preliminare]

dell'orologio del computer. Una volta impostato quest'ultimo in maniera diversa, le sonificazioni hanno iniziato a funzionare. Questo problema ha comportato per un paio di utenti lo slittamento del giorno in cui eseguire il test a quello successivo, perché il tempo necessario per risolvere l'inconveniente ha fatto passare più di una sonificazione, che nel frattempo si era riprodotta. Un tester ha poi denunciato il fatto che la sonificazione delle ore 10 (la prima) del primo giorno abbia suonato solamente una volta senza nessuna ripetizione. Questo problema è emerso durante l'intervista eseguita una volta concluso il test, per cui non abbiamo avuto modo di intervenire né di indagare le cause di questa mancanza. Per il resto non si sono verificati altri problemi tecnici. Lo **SCHEMA** sintetizza le condizioni in cui è stato effettuato il test.



**fig. 45** condizioni in cui i tester hanno svolto il test, estratte dalle interviste finali

## 6.7.1. COMPrensione DEL SIGNIFICATO

Riguardo le sonificazioni, abbiamo considerato tre livelli di comprensibilità: al primo livello, più generale, è richiesto di descrivere lo stato del sistema, se normale oppure anomalo; al secondo livello viene chiesto di individuare il grado complessivo di anomalia e il numero di distretti coinvolti e infine, al terzo e più specifico livello, gli utenti sono invitati ad indicare, dove riconosciuto, il grado di anomalia per ogni singolo distretto.

Tutti i tester hanno definito "facile" il compito di primo livello. La distinzione tra lo stato normale oppure irregolare del sistema è stata individuata da tutti senza difficoltà e i risultati mostrano che, quando compresa la struttura della sonificazione, questa distinzione sia stata eseguita correttamente. Un tester ha dichiarato durante l'intervista finale di non aver colto la differenza tra le due strutture degli Scenari **1 e 2**, questa incomprensione sembra aver inficiato anche sulla comprensione più in generale delle sonificazioni, percepite come descrizione di un sistema sempre anomalo. Senza considerare quindi i risultati di questo tester, solo in due casi sul totale di 32 sonificazioni, lo stato del sistema è stato descritto in maniera errata. Entrambi gli errori però sono stati fatti durante la prima sonificazione del primo Scenario, quindi la prima esperienza in assoluto che i tester hanno avuto con i suoni di questo progetto. Durante l'intervista finale questi tester hanno dichiarato che la seconda sonificazione dello stesso giorno ha permesso loro di capire l'errore appena effettuato e ristabilire l'ordine di comprensione in base al quale procedere nella valutazione delle sonificazioni.

L'analisi quantitativa delle risposte riguardo il livello di anomalia presente in ogni sonificazione mostra come, in linea di massima, la gravità della situazione sia stata percepita più alta rispetto al valore reale. Nello specifico, negli Scenari **2**, e ancor di più nel **2B**, i tester hanno considerato più allarmante il significato del suono. La spiegazione ci è stata suggerita dagli stessi tester, uno dei quali ha rivelato che "il fatto di sentire il suono ripetuto più volte aumenta la percezione che quella cosa sia più grave". La struttura del suono pertanto, contribuirebbe anche a sollecitare emozioni: la ripetitività che genera il messaggio procura in questo caso una leggera ansia che causa l'incremento nel giudizio della gravità della situazione. Questa sopravvalutazione riporta margini di errore più alti soprattutto durante le ore centrali, quando il numero di distretti, e quindi di suoni diversi che riportano anomalie, è di più. La frequenza che si percepisce è infatti il risultato non solo della ripetitività dovuta al livello di anomalia presente in un distretto, ma anche del numero di distretti che riportano un'anomalia, i cui suoni interferiscono gli uni con gli altri.

Per quanto riguarda la comprensione del numero di distretti coinvolti, i risultati ribattono l'andamento individuato precedentemente sulla percezione della gravità delle anomalie; i tester infatti sembrano aver riconosciuto un numero inferiore di distretti coinvolti rispetto la realtà. Questo fenomeno è accentuato negli Scenari **1**, probabilmente a causa del fatto che in questo caso, se i distretti contengono un livello di anomalia simile, i suoni si riproducono per la maggior parte della loro durata sovrapposti, lasciando ai tester una breve frazione temporale, nel momento in cui uno continua rispetto gli altri, per coglierne la presenza differenziata.

[STATO DEL SISTEMA]

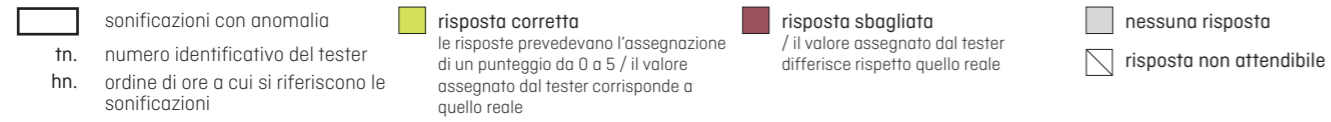
[GRADO COMPLESSIVO DI ANOMALIA]

[NUMERO DI DISTRETTI COINVOLTI]

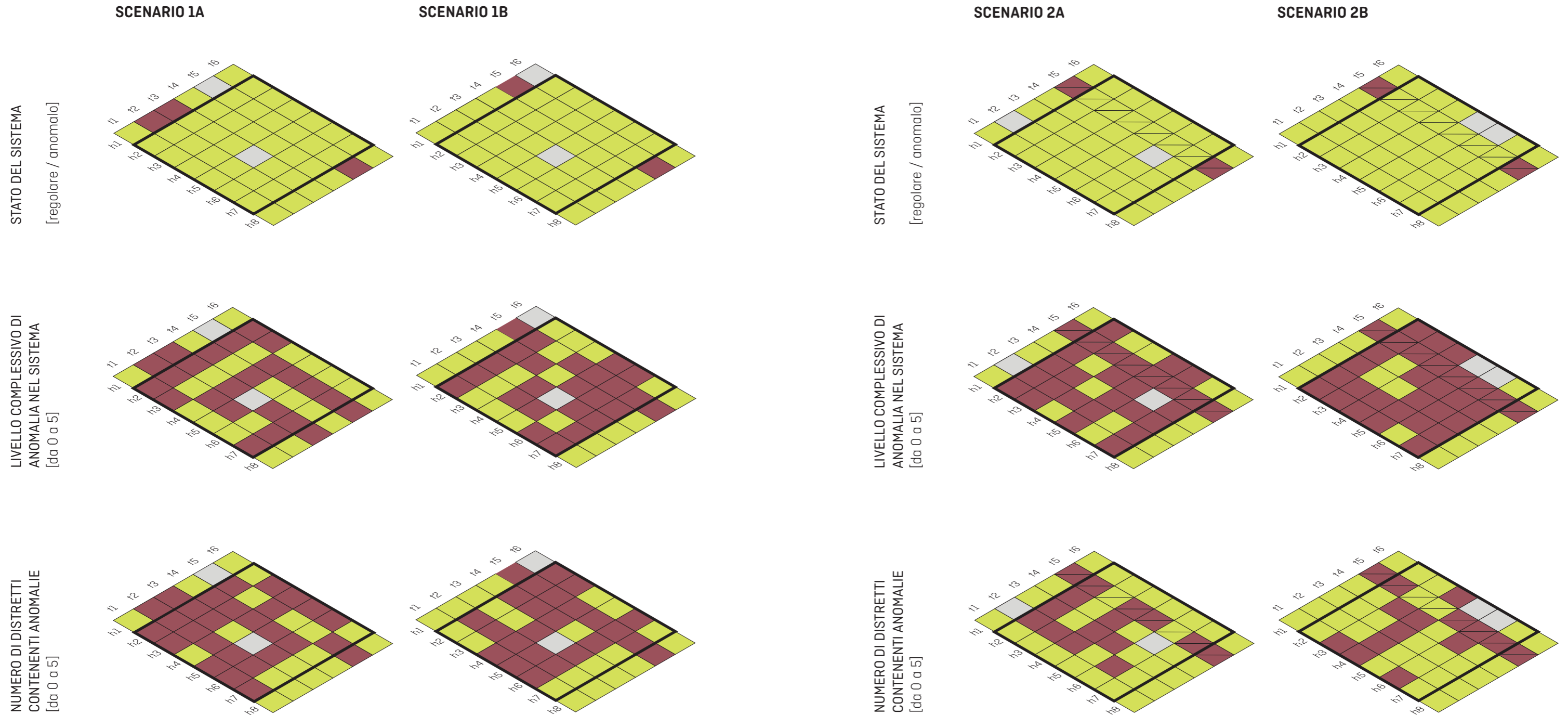
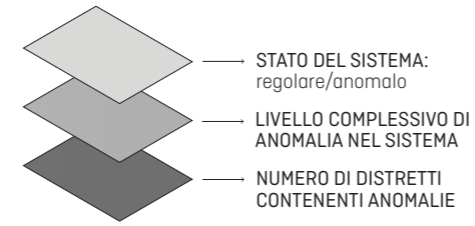
La **VISUALIZZAZIONE** mostra i risultati quantitativi raccolti durante la fase centrale dell'esperimento, distinguendo le risposte corrette da quelle sbagliate. In questa fase sono analizzate le prime tre risposte dei tester, che riguardano, in generale, lo stato del sistema.

Le colonne riportano i tester, le cui risposte si riferiscono alle sonificazioni di una giornata di test, che sono riportate sulle righe. Il riquadro nero racchiude le risposte che si riferiscono alle sonificazioni contenenti un'anomalia.

**fig. 46** analisi delle risposte corrette / sbagliate riguardo la situazione del sistema



Le domande si riferiscono allo stato del sistema:

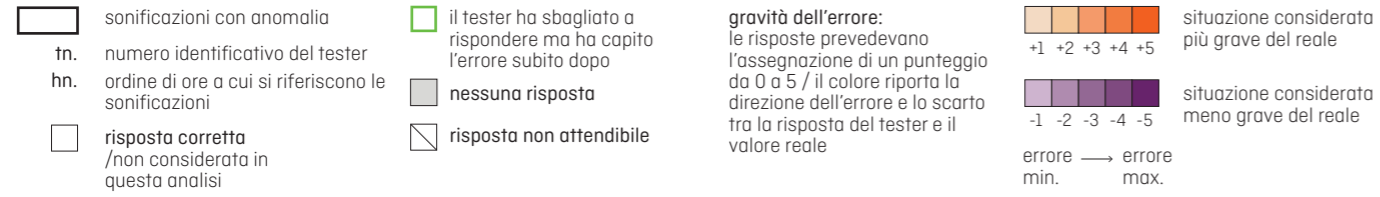


Questa **VISUALIZZAZIONE** evidenzia gli errori individuati precedentemente. Ci siamo invece, concentrate sull'analisi delle risposte sbagliate. Le domande del test prevedevano l'assegnazione di un punteggio da 0 a 5. Il colore dei quadrati indica lo scarto tra la risposta e il valore reale su cui tale sonificazione è costruita, segnalando la gravità dell'errore, che cresce con l'aumentare dell'intensità.

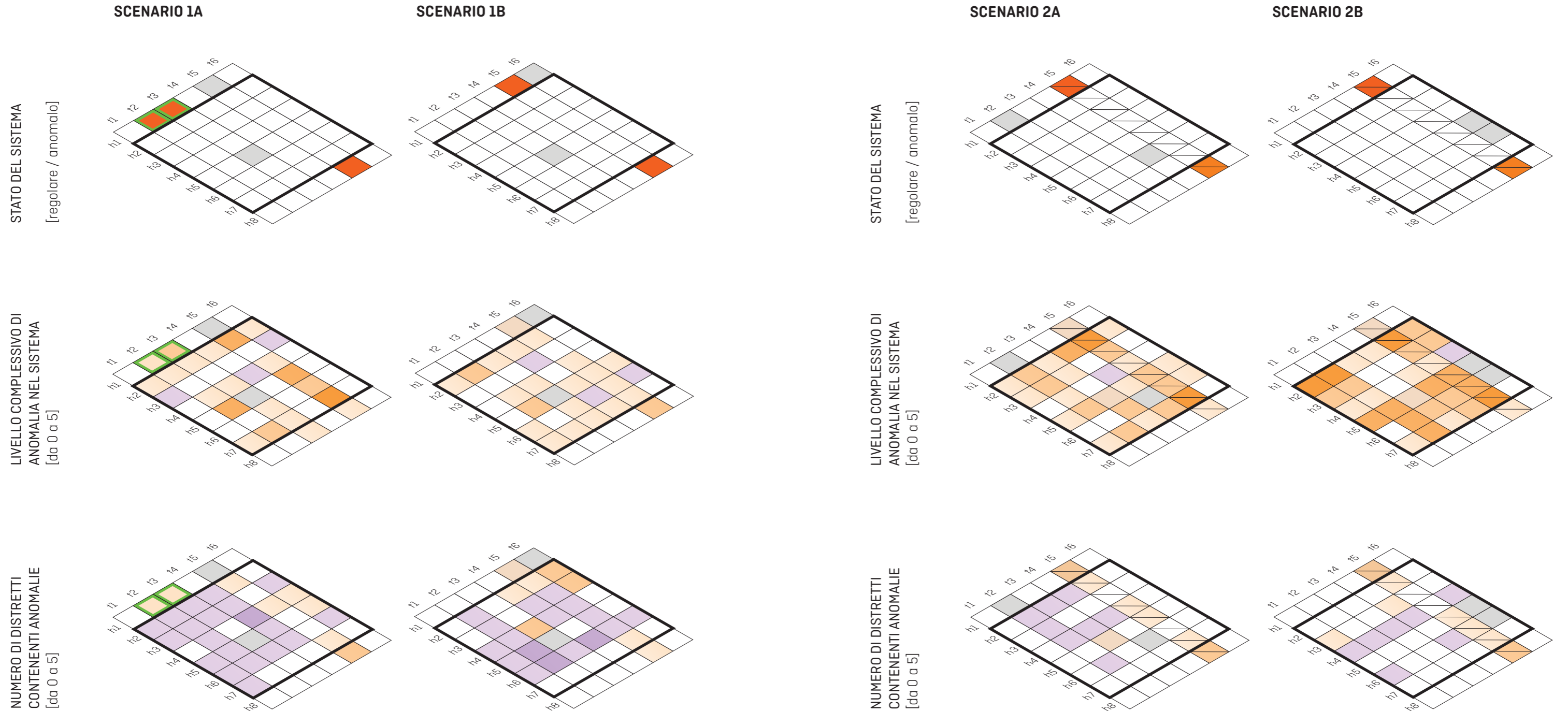
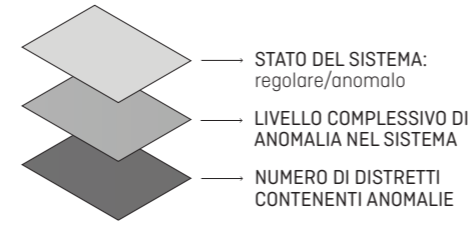
Sono stati scelti due colori differenti per indicare la tipologia di errore ovvero, quando

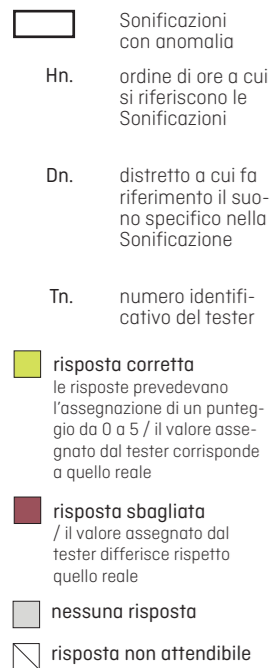
è stato assegnato un punteggio maggiore, piuttosto che minore, rispetto il valore reale. I quadrati sono viola nel caso in cui il tester abbia percepito un livello di anomalia inferiore rispetto quello della sonificazione, oppure nel caso in cui abbia segnalato un numero di distretti anomali inferiore rispetto quelli realmente coinvolti nell'attacco. Al contrario, i quadrati sono arancioni nel caso in cui queste risposte siano superiori rispetto il valore reale.

fig. 47 analisi della gravità e della tipologia degli errori



allo stato del sistema:





La **VISUALIZZAZIONE** mostra i risultati dei tester a proposito del riconoscimento del livello di anomalia per ogni distretto. I tester hanno segnalato il fatto che durante le prime ore della giornata non fosse facile riconoscere e ricordare i suoni corrispondenti ad ogni distretto. Un tester ha segnalato che per cercare di capire queste informazioni doveva interrompere gli altri compiti di cui si stava occupando per dedicare la sua completa attenzione al suono. Questa difficoltà però è andata diminuendo nel corso della giornata, alla fine della quale l'associazione dei suoni con i distretti risultava più intuitiva: "le prime ore non era facile ricordarsi tutti i significati e bisognava un attimo memorizzarli, però verso fine giornata era più facile []."

Riguardo agli Scenari **1**, il fatto che i suoni dei distretti anomali siano sovrapposti tra di loro ne aumenta la difficoltà di distinzione. Un tester ha segnalato che il suono deve essere scomposto per essere compreso, allungando il tempo di reazione nel caso in cui sia richiesto l'intervento. Secondo lui quindi, la struttura degli Scenari **2** funziona meglio per comunicare il livello di anomalia presente nei distretti, perchè non si basa direttamente sulla sovrapposizione dei suoni; i suoni dei distretti si sovrappongono nel caso in cui abbiano lo stesso identico livello di anomalia, altrimenti la diversa ciclicità con cui si ripetono, fa in modo che vengano riprodotti in momenti diversi così che siano più distinti e quindi più facilmente riconoscibili. Due tester hanno esplicitamente dichiarato che gli Scenari basati sulla lunghezza (**1**) fossero più chiari e intuitivi da comprendere. Altri due utenti invece, si sono espressi nella direzione opposta, giudicando più comprensibili gli Scenari basati sulla ripetizione (**2**). A favore di questa struttura, è stato detto che i suoni non si sovrappongono tra di loro, evitando che vadano scomposti prima di essere decifrati. Altri soggetti hanno però giudicato difficile valutare il livello di gravità in questo contesto, in assenza di una scala di riferimento. Se infatti, per rilevare il livello di anomalia negli Scenari basati sulla lunghezza è sufficiente contare i secondi di durata dei suoni dei singoli distretti, non è stato fornito nessun riferimento a cui confrontare il ritmo di ripetizione dei suoni per decifrare il livello di gravità negli Scenari **2** ("For the repetition Scenarios, there was not so much of a relative scale to compare"). Ad una prima esposizione, questo tipo di struttura sarebbe comunque meno intuitiva; contare la durata dei suoni sarebbe più facile, ma una volta assimilati i valori di riferimento, questo tipo di confronto potrebbe risultare più immediato e non necessiterebbe nessun tipo di conteggio.

I risultati emergenti mostrano come la maggior parte degli errori siano stati fatti durante le ore centrali, quando più di un distretto conteneva un'anomalia, il cui livello ha raggiunto il valore maggiore. Le risposte dei tester registrano uno scarto maggiore soprattutto durante la terza e la quarta ora, quando iniziano ad aumentare sia il numero di distretti coinvolti che il livello di gravità dell'anomalia in ogni distretto. Lo scarto degli errori sembra leggermente diminuire durante la quinta e la sesta ora, in riferimento anche al commento dei tester che dicono di aver migliorato la performance con il passare del giorno. I punteggi che si riferiscono ai distretti che contengono anomalie sono quasi sempre in difetto rispetto al valore utilizzato per costruire le sonificazioni; al contrario, nei distretti privi di anomalie sono state spesso registrate risposte che segnalano la percezione di un'anomalia in realtà assente. Una possibile interpretazione di questi risultati potrebbe essere che i tester abbiano scambiato i suoni dei distretti, associando l'anomalia al distretto sbagliato, come nel caso del D2 e del D5, che durante la terza e la quarta sonificazione riportano risposte che superano abbondantemente i valori reali. In entrambi gli scenari, il D1 è quello che riporta il maggior numero di risultati sbagliati. Raramente infatti è stato segnalato correttamente

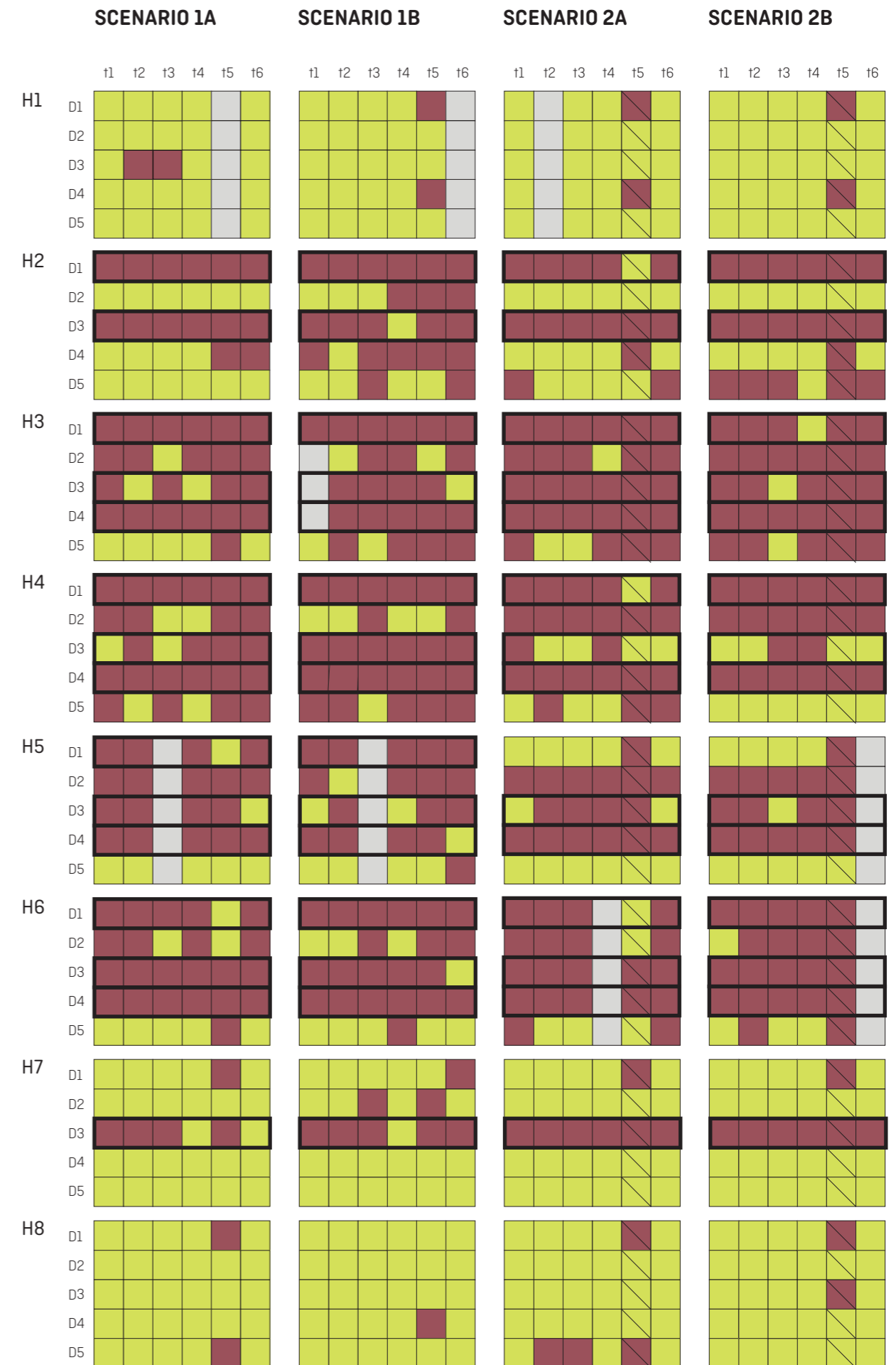
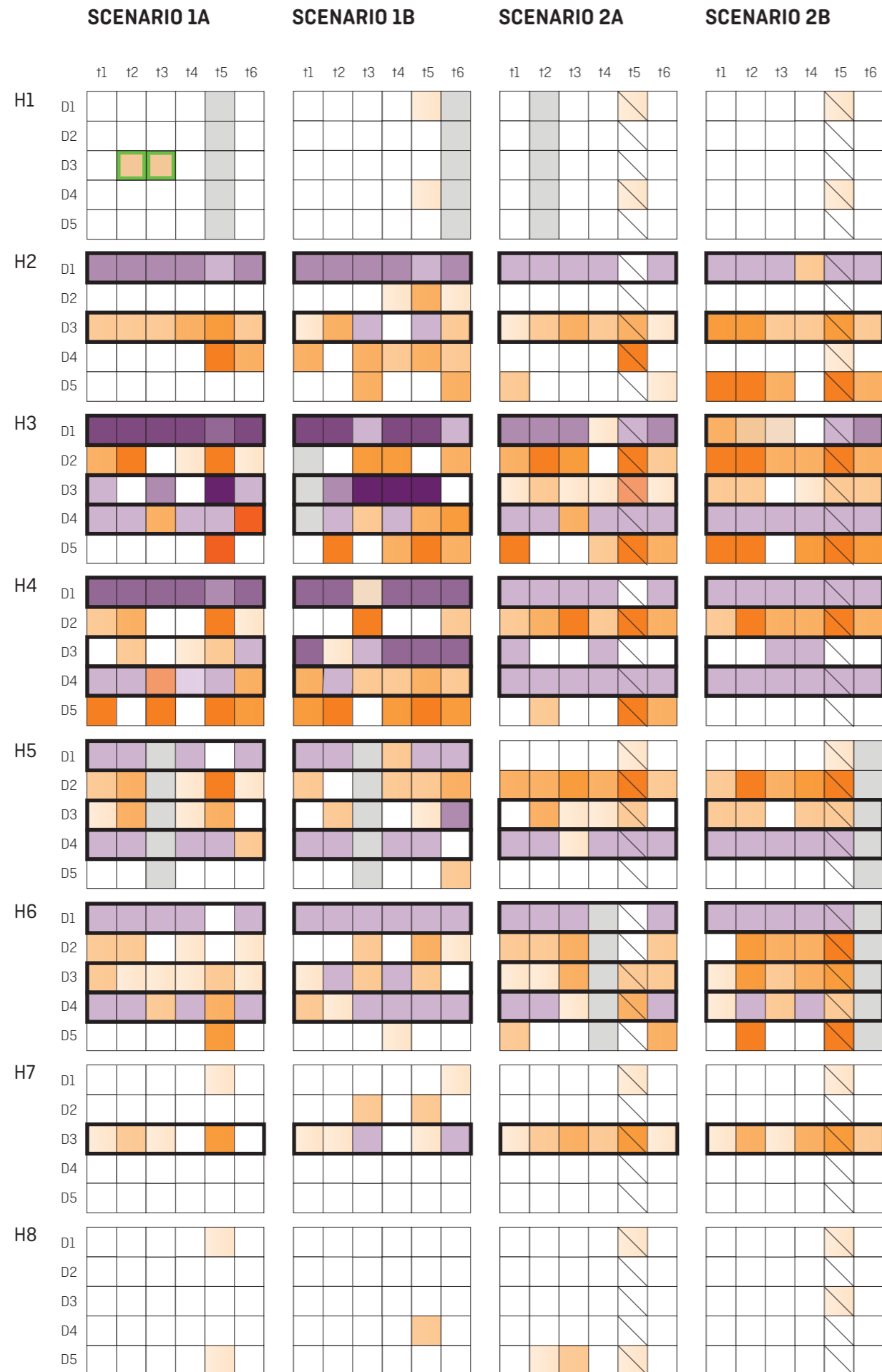
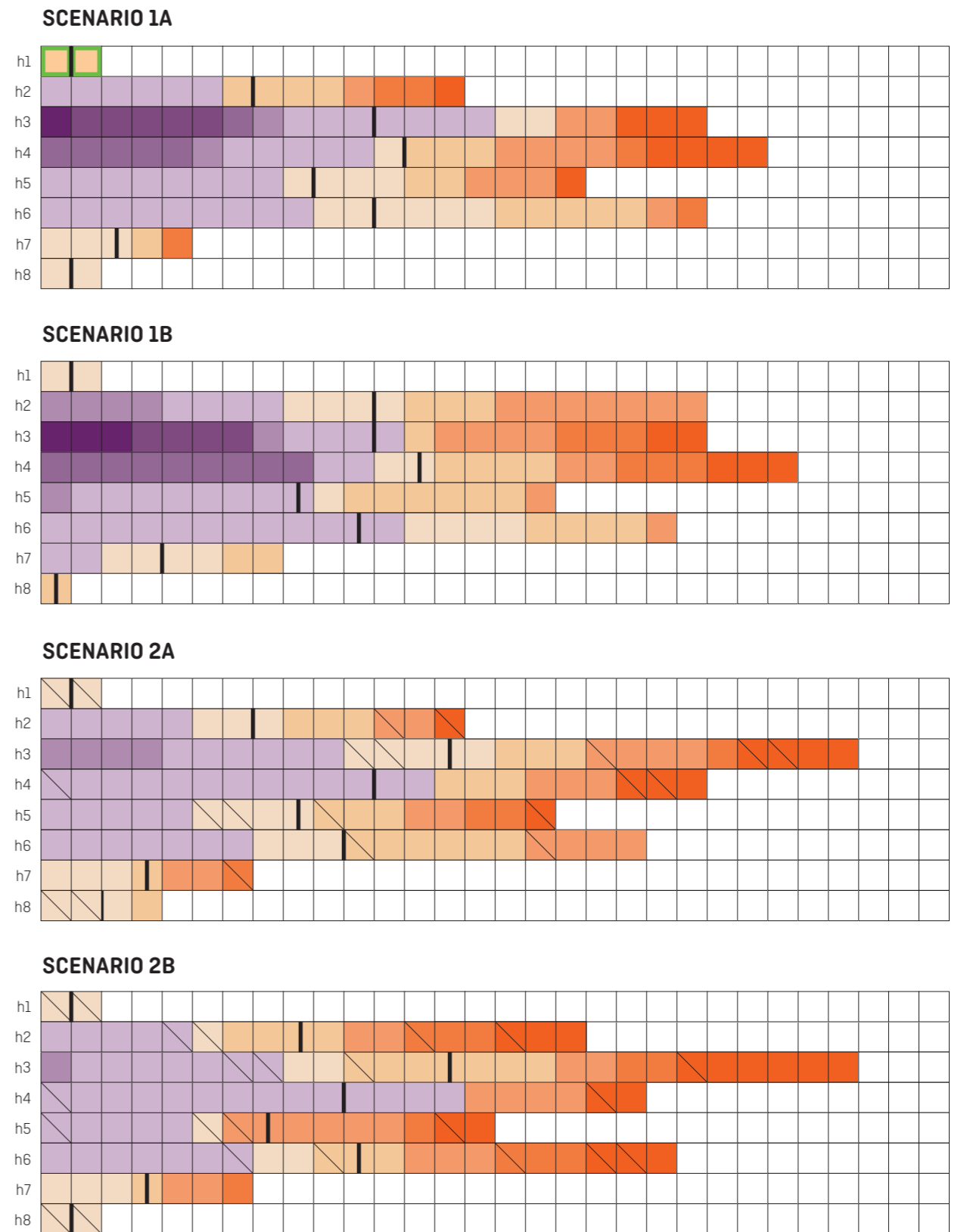
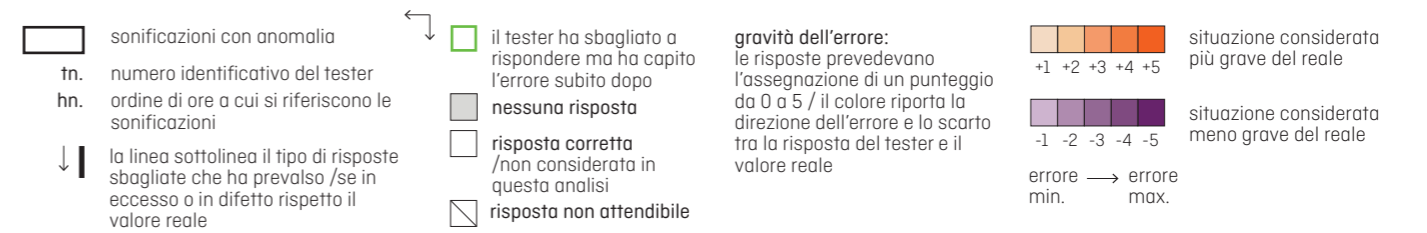


fig. 48 analisi delle risposte corrette / sbagliate riguardo l'identificazione del livello di anomalia per ogni distretto

**fig. 49** analisi della gravità e della tipologia degli errori riguardo l'identificazione del livello di anomalia per ogni distretto



**fig. 50** analisi degli errori per tipologia



dai tester come uno dei distretti contenenti anomalie. Gli altri casi di distretti anomali non riportano lo stesso numero di errori.

Il numero totale di risposte sbagliate fornite per ogni distretto non indica particolari informazioni, in quanto non è stato registrato uno scarto significativo. Sebbene questo esperimento non fornisca un numero sufficiente di risposte per considerare l'analisi valida quantitativamente, è possibile, tramite il conteggio delle risposte, rinforzare alcune considerazioni emerse durante l'intervista. Il fatto che gli Scenari **2**, rispetto agli Scenari **1**, riportino un maggior numero di risposte la cui valutazione supera con uno scarto considerevole il valore reale, supporta la tesi secondo la quale la struttura delle sonificazioni basata sulla ripetitività del suono contribuisca ad alzare il livello di percezione di gravità. Se infatti, la differenza tra le risposte inferiori e quelle superiori rispetto ai valori reali, non è particolarmente accentuata negli Scenari **1** (l'incremento delle risposte superiori ai valori reali è di circa il 20% rispetto quelle inferiori), negli Scenari basati sulla ripetitività del suono questo scarto è aumentato fino a circa il 75%. Negli Scenari **2**, non è stata registrata una differenza rilevante tra la Versione A e la Versione B; il tipo di suono non sembra aver particolarmente influito sugli errori effettuati dai tester. Una leggera, ma insignificante (con questi numeri) differenza, può essere letta tra la Versione armonica **(A)** e quella non armonica **(B)** dello Scenario **1**. Sembrerebbe infatti che i gusti dei tester, che si sono detti infastiditi dal suono dello Scenario **1B**, abbiano influenzato negativamente la comprensione di questa sonificazione.

[SOGETTIVITÀ DELLA PERCEZIONE]

Un tester ha esplicitato il rischio che il livello dell'anomalia venga giudicato in maniera soggettiva da ognuno, in base alle variabili personali che influiscono sulla percezione del suono ("The judgment of the severity of the anomaly is subjective."). Per costruire le sonificazioni abbiamo intenzionalmente considerato il grado preciso di anomalia risultante dall'algoritmo, evitando di raggruppare valori simili sotto un unico intervallo, per fare in modo che i suoni costruiti a partire da numeri vicini non si sovrapponevano. La necessità di assegnare un valore alle risposte e di confrontarle tra di loro, ha richiesto l'adozione di una scala di valutazione graduata sulla base della quale i tester potessero giudicare le sonificazioni. Abbiamo pertanto chiesto loro di valutare il livello di anomalia contenuto nei suoni con un numero che va da 0 a 5 (dove 0 indica la regolarità mentre 5 la presenza massima di irregolarità). Di conseguenza i tester hanno dovuto categorizzare valori pensati per essere specifici e indipendenti. Questo processo è all'origine del sentimento di percezione soggettiva, la cui menzione non ci ha sorpreso, in quanto inevitabile proprio per il metodo con cui i suoni e il test sono stati costruiti. Secondo noi, nel contesto reale, questo problema non sussisterebbe perché la visualizzazione delle stesse informazioni, che l'analista consulterebbe in seguito alla sonificazione nel caso in cui quest'ultima lo richiedesse, ristabilirebbe il valore delle irregolarità in modo assoluto. La componente soggettiva è presente, in linea di massima, in tutti i linguaggi espressivi appartenenti al mondo della comunicazione. Ed è anche probabilmente la causa per cui gli Scenari **2** sono stati percepiti in maniera più o meno grave dai diversi soggetti. Personalmente reputo che, la precisione del codice utilizzato per la trasmissione del messaggio possa limitare lo spazio lasciato a possibili interpretazioni che si discostano dall'intenzione comunicativa originaria. Le emozioni fanno parte del design e qualora il contesto di progettazione ne richieda una misura limitata, sia compito del progettista trovare il metodo più appropriato per assecondare questa volontà. Potrebbero invece, esistere situazioni in cui la funzione del design sia proprio quella di amplificare le emozioni suscitate dal messaggio comunicato

per creare una particolare predisposizione nell'utente. Durante la fase progettuale avevamo preso in considerazione il fatto che la ripetitività dei suoni degli Scenari **2** potesse provocare una certa agitazione, la quale ci è sembrato potesse essere utile, in relazione al contesto e allo scopo del messaggio veicolato dal suono. Questo effetto non è stato creato appositamente, ma è stato individuato, una volta già realizzato il prototipo, dal supervisore del progetto ed in seguito testato durante l'esperimento. Le domande dell'intervista finale riguardo le emozioni suscitate dai suoni cercano proprio di far emergere questa eventualità ("Did any of the sounds remind you of something, or suggest you anything? Did any of the sounds stimulate a physical reaction or emotion in you?"). Nessun tester ha coscientemente riconosciuto questa emozione, sebbene i risultati mostrino che la percezione degli Scenari **2** sia superiore rispetto alla gravità reale. Più in generale, nessuno, rispondendo a questa specifica domanda, ha collegato i suoni a possibili emozioni da essi suscitate. Alcuni riferimenti alle emozioni sono stati fatti in maniera autonoma dai tester, soprattutto quando hanno espresso le loro preferenze per gli scenari.

## 6.7.2. GIUDIZIO SULLA STRUTTURA DELLE SONIFICAZIONI

Il giudizio sulla struttura del suono si compone di tre parti: il numero delle ripetizioni dei suoni all'interno della stessa sonificazione, la durata di una singola ripetizione, la frequenza con cui vengono emesse le sonificazioni.

Una sonificazione si compone di tre ripetizioni dello stesso suono. Ogni singolo suono dura 10 secondi, per un totale di 30 secondi ogni ora.

[NUMERO DI RIPETIZIONI]

Riguardo l'idea di ripetere il suono per tre volte, tutti i tester si sono trovati d'accordo.

Più di uno infatti ha spiegato così il ruolo di ognuna delle tre ripetizioni:

La prima serve ad attirare l'attenzione sul suono; se la sonificazione non contiene anomalie è già possibile riconoscerlo e smettere di prestare attenzione alle ripetizioni successive, altrimenti il suono invita a rimanere concentrati;

La seconda ripetizione è utile per distinguere il livello di anomalia e i distretti;

Tramite la terza è infine possibile verificare quanto fino ad ora inteso; l'ultima ripetizione serve per confermare o correggere le informazioni precedentemente distinte.

È stato esplicitamente apprezzato il fatto che se i dati non contengono irregolarità, le sonificazioni prevedano un solo suono della durata di un secondo, sufficiente per capire che non ci sono anomalie. La sinteticità di questa comunicazione, che non richiede nessun tipo di intervento, rispecchia l'esigenza dell'utente di percepire questa informazione nella maniera più semplice e veloce possibile.

Per questo motivo un tester ha segnalato, nel caso in cui lo stato del sistema sia a norma, come l'intervallo di tempo tra una ripetizione e l'altra sia eccessivamente lungo. Il secondo suono utile è infatti preceduto da 9 secondi di silenzio che allungano una comunicazione il cui significato è veicolato in un secondo. In realtà, considerando il ruolo che ha la sonificazione nell'ambito lavorativo di riferimento, secondo l'idea progettuale, questa attesa potrebbe essere risolta smettendo di prestare attenzione, perché se come detto, il tester non ha riconosciuto l'esigenza di intervenire durante la prima ripetizione, è inutile che aspetti la seconda, in quanto il suono successivo non apporterebbe nessuna informazione in più.

Qualora invece il suono trasmetta la presenza di anomalie, le ripetizioni permettono una rilevazione delle informazioni più accurata. Un paio di tester avrebbero apprezzato, a questo proposito, una o due ripetizioni in più per garantire un risultato più preciso nell'identificazione delle informazioni secondarie (quali livello e distretti).

[FREQUENZA]

Ripetere il suono inoltre, aumenta la probabilità che le informazioni vengano recepite, anche se l'utente è impegnato in altre attività che magari prevedono il suo allontanamento. Con questo stesso scopo è stato suggerito da più di un tester di ripetere le sonificazioni più di una volta nel corso dell'ora a cui si riferiscono i dati, ad esempio ogni 15/20 minuti, per diminuire la possibilità che gli utenti perdano il momento di comunicazione dell'informazione.

In realtà, questo suggerimento, così come i pareri espressi riguardo la frequenza con cui vengono emesse le sonificazioni, dipende strettamente dal luogo di lavoro e dalla rete idrica di riferimento. Pertanto, alcune caratteristiche di questo progetto sono state definite in maniera fittizia per poter creare un prototipo da testare, ma la loro definizione è pensata per adattarsi ai sistemi specifici. Nel nostro caso infatti, le sonificazioni vengono emesse ogni ora, dipendentemente dai dati usati per costruirle; quasi tutti i tester hanno detto che questo intervallo di tempo dipende dalla velocità con cui il sistema può essere danneggiato e va quindi definito per ogni rete nello specifico. Qualcuno ha suggerito di sonificare solamente i dati qualora si stesse verificando un attacco. Ma dopo aver accennato a questa possibilità, i tester hanno autonomamente riconosciuto il problema di distinguere il silenzio dato da una situazione regolare rispetto quello dovuto ai problemi provenienti dal sistema audio, quale lo spegnimento o un guasto. Le motivazioni che hanno fornito per scartare questa opzione sono le stesse che abbiamo considerato anche noi in fase di progettazione.

Un'altro suggerimento nella stessa direzione prevede che i suoni non abbiano orari prestabiliti in cui suonare, ma il momento della loro comunicazione sia determinato dagli stessi dati. Appena il sistema registra un'anomalia, essa verrebbe immediatamente comunicata all'analista tramite la sonificazione. In questo modo non si avrebbero comunicazioni puntuali, ma la frequenza sarebbe scandita dallo stato del sistema. La critica mossa per l'idea precedente vale anche in questo caso: l'incontrollabilità del silenzio impedisce che gli si possa attribuire un significato così rilevante.

[DURATA]

Riguardo la durata di ogni singola ripetizione non sono state espresse particolari opinioni. La durata complessiva è stata giudicata sufficiente per esprimere i significati contenuti e non eccessivamente lunga tanto da interrompere il lavoro degli utenti: "I don't have to spend a lot and listening to this sonification since it is quite short and I can, I guess it conveys enough information during this time also."

### 6.7.3. DESIGN DEL SUONO

[UDIBILITÀ]

Il suono del distretto 5 dello Scenario **2A** è stato riconosciuto da due tester come troppo basso e per questo motivo difficile da distinguere.

Per il resto, i suoni sono stati definiti udibili, la loro natura e la loro esecuzione non hanno causato particolari problemi durante l'esperimento.

[SCELTA DEL SUONO]

Per la maggior parte dei suoni non sono state identificate associazioni con il mondo reale. In riferimento agli Scenari **1A, 1B, 2A** più di un tester ha correlato la difficoltà di associare i suoni con un significato, al fatto che essi siano difficili da differenziare ("2A, 1B, 1A, I found that it's harder to associate something with a sound. So it's seem to be hard for me differentiate them"). Secondo questa idea, il riconoscimento dei suoni sarebbe meno difficile se si potessero associare mentalmente ad un'immagine o ad una figura concreta, come è avvenuto nel caso dello Scenario **2B**, apprezzato proprio perché l'uso di suoni completamente differenti permette di riconoscere in maniera più definita i distretti, dando all'utente la sensazione di fornire risposte più esaurienti al test. Due tester hanno dichiarato esplicitamente di aver traslato i suoni di questo Scenario sul piano del mondo reale. In un caso, i suoni sono stati associati ad elementi specifici, quali i passi, lo squittio del topo, il rumore della macchina da scrivere, dello scoccare di una freccia e degli zoccoli del cavallo ("I labeled the five types roughly as foot stamping, mouse squeaking, typewriter, dart and horse hoof, in order to distinguish the five districts."). L'altro caso, invece, non prevede un riconoscimento dettagliato come avvenuto precedentemente. Il tester dichiara più in generale, di aver percepito questo Scenario come se fosse un gioco, nel quale il suono del D2 rimanda ad un uccellino volante mentre quello del D3 ai passi di un mostro ("[] that one sounds like it sounds like a game to me, because the district 2 sounds like some kind of bird flying past the district three sounds like it's the monster something like foot... Yeah. So it sounds like a game"). Rispetto l'analisi quantitativa di questo Scenario però, i tester appena citati non sembrano riportare risultati migliori degli altri. Questo potrebbe, a mio avviso, significare che in realtà, il riconoscimento dei suoni sia avvenuto in maniera più o meno pari da parte di tutti e che l'associazione con riferimenti immaginari sia un passaggio ulteriore la cui pratica cosciente non apporta nessun vantaggio diretto. Per testare questa ipotesi si potrebbe sottoporre il test alle stesse persone per un periodo di tempo maggiore, oppure considerare un maggior numero di tester.

Ciò che sicuramente emerge da questi commenti è il riconoscimento, da parte degli utenti, dell'esigenza di suoni chiaramente differenti, la cui diversità renda più facile la distinzione e il riconoscimento dei messaggi.

[SUGGERIMENTI]

La maggior parte dei suggerimenti forniti liberamente dai tester infatti, si muove nel tentativo di indicare un'alternativa, rispetto le proposte dell'esperimento, incentrata sulla maggior distintività dei suoni. A questo proposito molti tester hanno espresso il desiderio di provare uno Scenario nel quale la distinzione dei distretti sia basata sull'uso di strumenti musicali differenti.

Con lo stesso scopo è stato suggerito di provare a comunicare i valori in ordine rispetto al numero di distretto al quale si riferiscono, evitando che i suoni si sovrappongano così da facilitarne il riconoscimento. In realtà all'inizio, avevamo considerato questa opzione, che compare in questa ricerca con lo Scenario nominato **Pitch [Secondo Prototipo]**. Ma l'abbiamo poi scartata durante la selezione degli Scenari migliori da testare, perché suonando in successione, i suoni non avevano un riferimento in base al quale l'utente potesse decifrarne il valore, perdendo in intuitività e chiarezza.

Riguardo la differenziazione dei suoni da associare ad ogni distretto, durante la conversazione finale, è emerso il problema della scalabilità dei suoni. Il progetto è stato pensato in modo che la dimensione della rete non influisca sulla comprensibilità dei suoni che ne comunicano lo stato del sistema. Nonostante le componenti siano radunate per distretto e il loro numero, di conseguenza, non incide direttamente sulla struttura del suono, il numero dei distretti, se troppo alto, potrebbe generare una

varietà di suoni difficile, per l'analista, da memorizzare. La rete idrica usata per questo progetto corrisponde a quella di una città di medio-grandi dimensioni. Questo fa supporre che il numero di distretti non si allontanerebbe eccessivamente rispetto quello qui rappresentato. Ma come già detto riguardo altri fattori, queste caratteristiche vanno definite specificatamente sulla rete a cui si vuole applicare il prototipo definitivo. Più tester hanno suggerito la prototipazione di un nuovo Scenario che prenda spunto dalla struttura di entrambi quelli testati.

In un caso, è stato proposto di ripetere il suono, come avviene negli Scenari **2**, per un numero di volte determinato dal livello di anomalia presente nel distretto, così che sia la durata della sonificazione a decretarne la gravità, come nel caso degli Scenari **1**.

Un'altra idea prende in considerazione i suoni utilizzati nello Scenario **2B** (apprezzati per la loro diversità) e suggerisce di applicarli alla struttura basata sulla lunghezza (**1**), così da ottenere suoni più distinguibili, la cui durata è indice di anomalia.

L'ultimo invece, esprime l'esigenza di un suono che non sia né piacevole, come quelli armonici della Versione **2A**, né fastidioso come quello dello Scenario **1B**; creare un suono che si posizioni nella fascia mediana del piacere, secondo questo tester, servirebbe a far concentrare l'attenzione dell'analista ("Having a nice thing to hear may not be also good solution because then you can just keep it, keep listening it without caring what it says. it should be something between 1B and 2A").

#### 6.7.4. APPLICAZIONE NEL MONDO REALE

Lo svolgimento del test nel contesto molto simile a quello per cui è stato progettato ha fatto emergere alcune problematiche reali, che potrebbero guidare le modifiche successive. Due tester, che hanno l'abitudine di ascoltare la musica durante le ore di lavoro, hanno segnalato il fatto che prima che iniziassero le sonificazioni dovevano mettere in pausa la canzone. Anche nel caso in cui il tipo di musica non fosse invasiva (tipo ambient), il tester ha preferito fermarla per concentrarsi meglio sul significato dei suoni. Lo sviluppo, per una futura implementazione potrebbe comprendere una modalità secondo la quale, durante la riproduzione delle sonificazioni, l'audio emesso da altre applicazioni, venga interrotto e riprenda una volta terminata la trasmissione del messaggio. Un approccio simile è già in uso presso alcune piattaforme di musica, come nel caso di Spotify, che prevede l'abbassamento del volume della canzone per far sentire ad esempio, il suono che avvisa dell'arrivo di un messaggio.

Un'altra possibile implementazione riguarda la copertura delle sonificazioni, sia in senso temporale che in senso spaziale. Il numero totale di sonificazioni che i tester non sono riusciti ad ascoltare è molto basso, ma questo perché è stato chiesto loro di scegliere i giorni più appropriati per effettuare il test. In una situazione reale, le motivazioni che hanno impedito ai tester di trovarsi vicino al computer per ascoltare i suoni potrebbero essere di più e verificarsi più spesso. Per aumentare le probabilità che l'utente sia sottoposto al suono è stato suggerito di aumentare la frequenza con cui le sonificazioni si ripetono nell'arco dell'ora. Come citato precedentemente, l'idea sarebbe quella di ripetere le sonificazioni, nell'arco dell'ora a cui si riferiscono, più di una volta, come per esempio ogni 15/20 minuti.

Lo stesso scopo potrebbe essere raggiunto, allargando fisicamente il raggio di ricezione del suono. Più di un tester ha infatti segnalato come limite il fatto che dovesse trovarsi vicino al computer per poter ascoltare l'audio. Da qui l'idea di un sistema

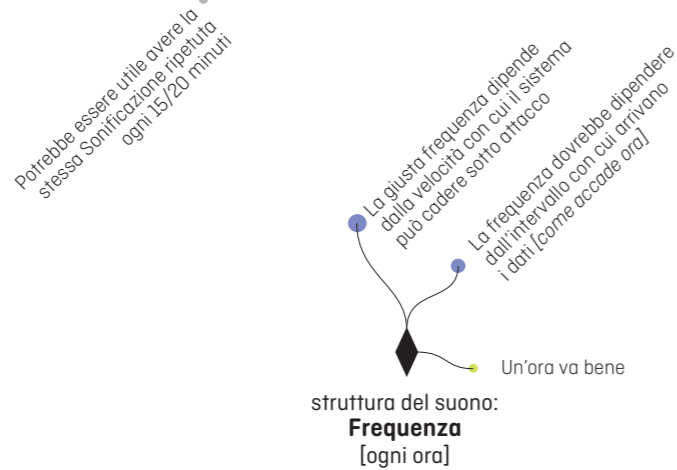
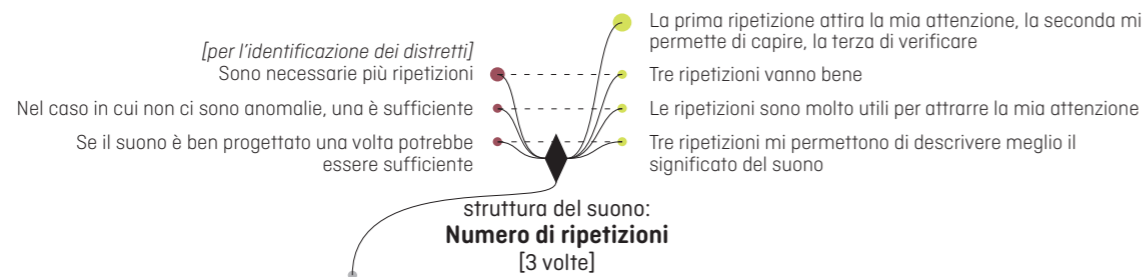
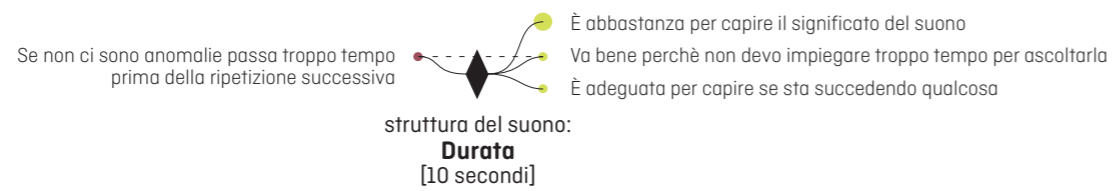
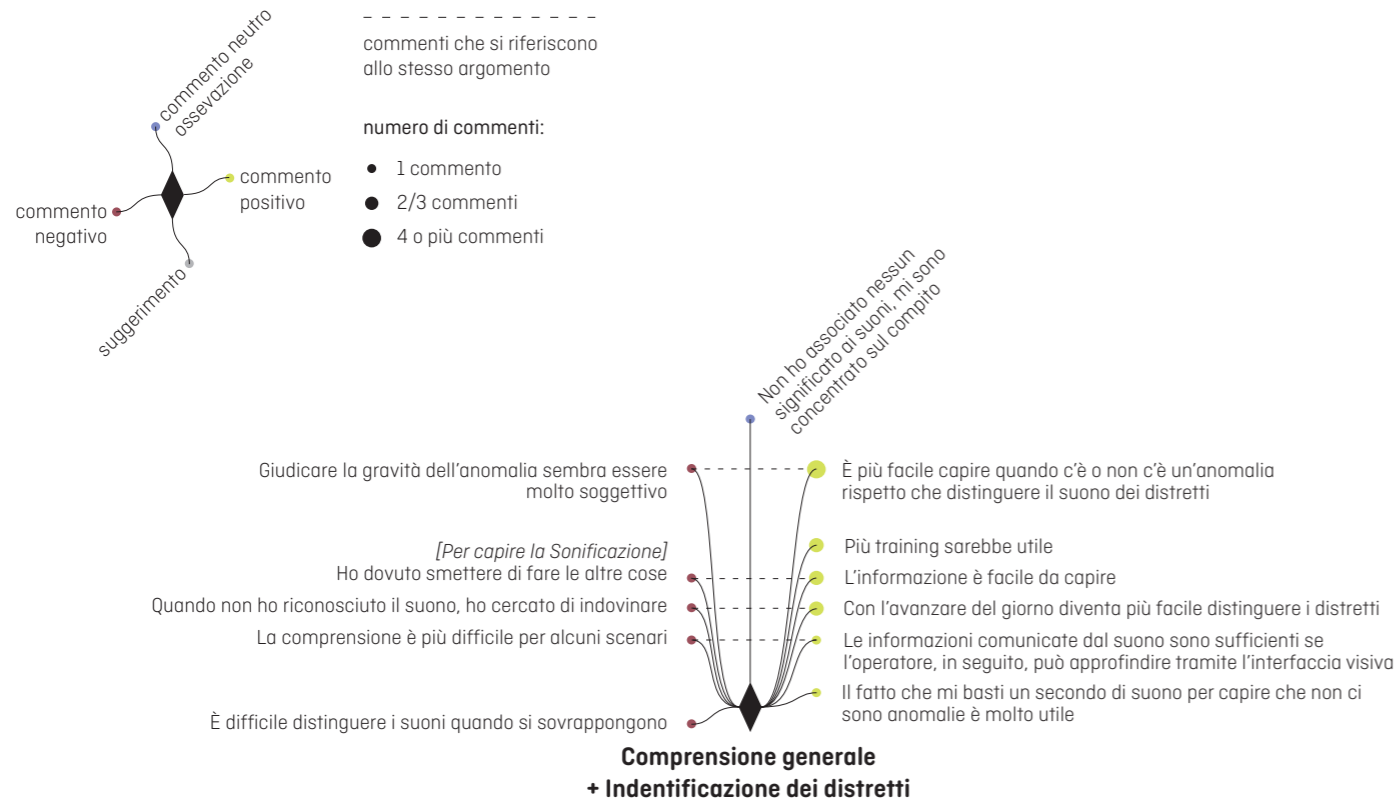
[DISPONIBILITÀ ALL'USO]

sonoro in grado di diffondere l'audio in tutta la sala di controllo e l'impianto operativo, per permettere agli analisti un discreto raggio d'azione in cui muoversi senza il rischio di perdere la trasmissione delle informazioni.

In generale, l'uso delle sonificazioni nel contesto di riferimento è stato giudicato molto utile. Nello specifico, è stato particolarmente apprezzato il fatto che la decodifica del messaggio richieda un livello basso di attenzione cognitiva ("I'd be willing to use it because it doesn't really think much cognitive power to listen to it"), rendendo possibile contemporaneamente lo svolgersi di un altro lavoro. I tester hanno apprezzato il ruolo del suono, le cui caratteristiche permettono di recepire velocemente l'informazione, utilizzando un'altra modalità sensoriale rispetto quella impegnata per i compiti che si stanno svolgendo ("I feel that using the sounds are useful because it engages another sensory organ, for visuals there's a lot of things to take you off on the Scada. When I look at the SCADA there is a lot of movement, a lot of values changing. Sometimes the values are changing a lot, a lot of colour changing, so it might be difficult to, to see the alerts that quickly yeah. I think that the sounds is useful.")

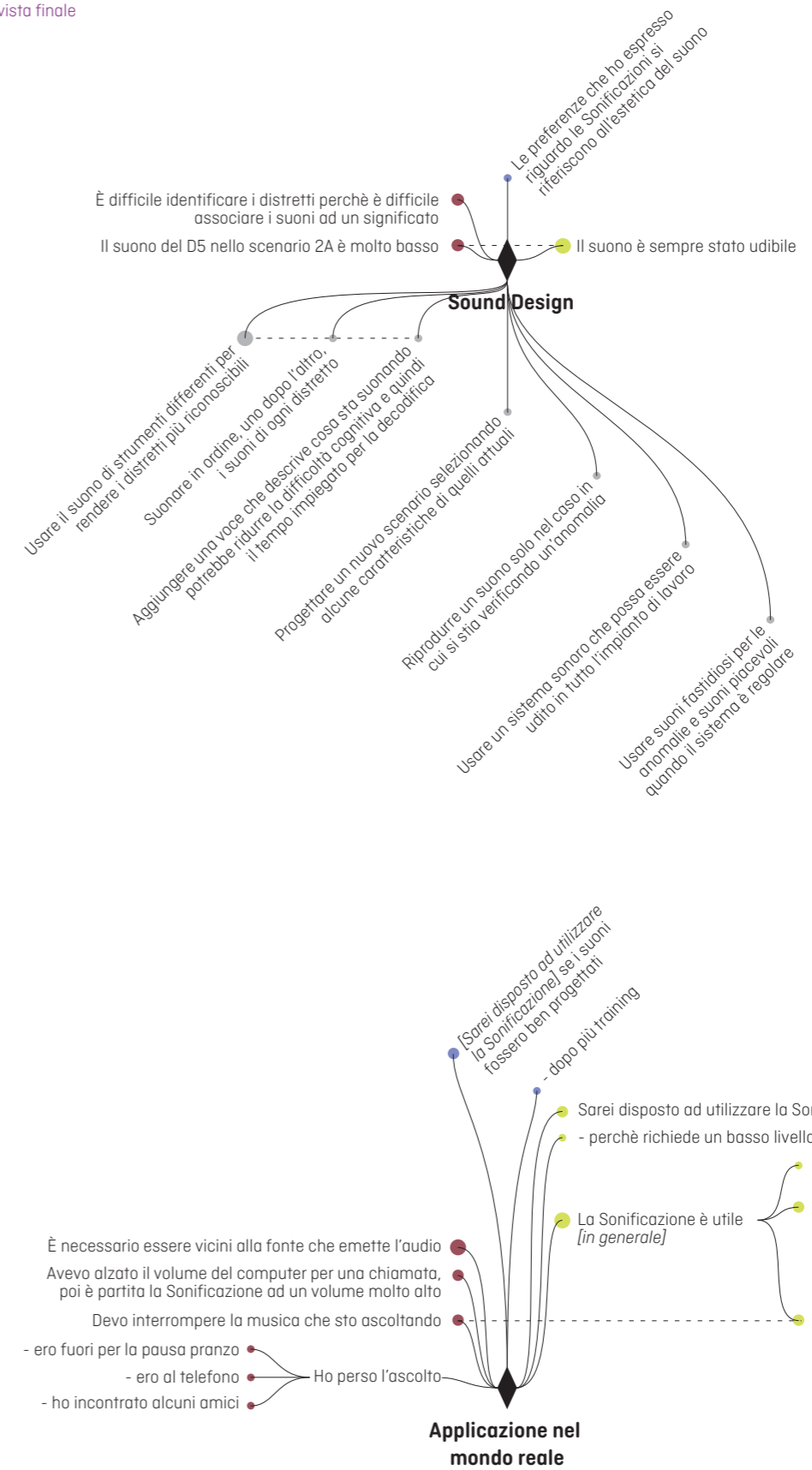
Va comunque tenuto in considerazione che il personale di riferimento ha esplicitamente dichiarato di avere scarsa fiducia nei confronti delle azioni compiute basandosi unicamente sulle deduzioni dei computer. Nella maggior parte dei casi, per avere la conferma di ciò che sta avvenendo, gli analisti chiedono ai tecnici di verificare sul posto i parametri irregolari. In questo contesto, la tecnologia non è ancora in grado di assumere completamente il controllo; il ruolo dell'esperienza umana non è sostituibile. Il sistema di sonificazione infatti, non subentra alla valutazione umana, quanto piuttosto cerca di fornire all'operatore il maggior numero di informazioni e una descrizione il più accurata possibile di ciò che sta avvenendo, così da facilitare la sua decisione di intervento.

Tutti i tester si sono dichiarati disposti ad utilizzare il prototipo, una volta accordati sul tipo di suono con cui costruirlo. L'importanza del ruolo ricoperto dal design del suono è emersa in più di un'occasione. Sinceramente, nonostante l'argomento dell'esperimento fosse dichiarato, non mi aspettavo che soggetti lontani dal mondo musicale, attribuissero coscientemente tanta rilevanza alla scelta del suono. Tutti i commenti dei tester in questa direzione però sono stati fatti in relazione all'invasività del prototipo rispetto la vita dell'analista a cui sarà sottoposto quotidianamente. Raramente è stato citato direttamente il design del suono in merito alla sua efficacia comunicativa. I tester quindi, non hanno, almeno apparentemente, correlato il gradimento estetico con la validità espressiva. In un paio di casi, quando, durante l'intervista finale, abbiamo mostrato la tabella riportante le risposte, i tester si sono rivelati sorpresi nel notare che le più precise fossero state registrate in riferimento allo Scenario **1B**, giudicato dalla maggior parte come fastidioso. Questo ad indicare come forse, essi dessero per scontato che i gusti abbiano influito nella percezione dell'informazione e che le risposte migliori non potessero essere state registrate in relazione al suono meno apprezzato.



**fig. 51** analisi qualitativa dei commenti dei tester, riguardo le sonificazioni, ricavati durante dall'intervista finale

La **VISUALIZZAZIONE**, costruita con i risultati qualitativi emersi durante l'intervista finale, ci ha permesso di trarre l'analisi appena descritta. I commenti emersi dalle interviste sono stati riscritti in forma sintetica, divisi per argomento a cui fanno riferimento e categorizzati in base alla loro posizione.



numero di commenti:

- 1 commento
- 2/3 commenti
- 4 o più commenti

posizione dei commenti:

- favorevole alle caratteristiche attuali
- critico nei confronti delle caratteristiche attuali

### I LIVELLO: commenti sulla struttura e il tipo di suono

Lo stesso approccio è stato usato per realizzare la **VISUALIZZAZIONE** dei commenti che si riferiscono alle sonificazioni. L'analisi si compone di due livelli: il primo, che prende in considerazione i commenti generici sulla struttura e il tipo di suono utilizzato (caratteristiche in comune ad ogni coppia di Scenari) e il secondo, che invece raggruppa tutti i commenti che sono stati fatti per ogni Scenario in particolare.

[EFFICIENZA VS GUSTO]

## 6.7.5. PREFERENZE

Come è tipico per i progetti di design, in cui si cerca di distinguere le valutazioni riguardo l'efficacia rispetto quelle espresse in relazione al gusto, anche in questo caso non è possibile effettuare una netta distinzione in merito. Sebbene alcuni tester abbiano autonomamente riconosciuto questo fatto, i commenti che hanno fornito non possono essere classificati in maniera assoluta in una direzione piuttosto che in un'altra, proprio perché entrambe le componenti, l'efficacia e il gusto, si influenzano vicendevolmente in maniera inconscia. Per cercare di indagare questo aspetto, durante l'intervista finale, abbiamo proposto tre domande con lo stesso scopo, ma posizionate in punti differenti, riguardo vari argomenti della conversazione. Questa conversazione è stata gestita in maniera semi-strutturata ma le domande che ci eravamo annotate con questo scopo sono le seguenti: nella prima parte, in relazione all'applicazione del prototipo nel contesto reale, "Was the information conveyed through sound easy to understand?"; nella parte centrale, quando si parlava di design del suono, "Do you think the sounds accurately represented the information they meant to convey?", ed infine, verso la fine a proposito delle preferenze "Which Scenario did you find more intuitively (or efficient) understandable?". Abbiamo poi cercato di svincolare la domanda sull'apprezzamento soggettivo da qualsiasi considerazione in merito all'efficacia, chiedendo: "Did you 'like' the sounds you heard, independently from any other considerations? Would you pick a particular Scenario with the sound you liked most?". Il fatto che alcuni tester non abbiano considerato coscientemente la differenza tra le possibili cause dell'apprezzamento è visibile dalle risposte che hanno fornito. In alcuni casi infatti, aggiungono commenti personali che derivano dal gusto, il cui senso non è distinguibile dall'opinione riguardo l'accessibilità delle sonificazioni ("This sounds that appealed more to your taste, were also the easiest signal to understand. Efficiency and, and a personal, positive positive feeling towards the sounds."). In altri casi invece, gli intervistati individuano la sovrapposizione ma non la riconoscono come potenziale problema: "The Scenario more intuitive to understand is the one you like more than others." o ancora, qualcuno dichiara apertamente che "Appreciations refer to the aesthetic of the sound".

Il problema della soggettività nella percezione dei suoni citato in precedenza emerge anche nel contesto delle preferenze: un soggetto infatti, ha suggerito un nuovo Scenario in cui le anomalie siano sonificate in modo "sgradevole", differenziandosi dalla comunicazione dello stato regolare del sistema che avverrebbe con un suono "piacevole" ("Maybe a solution could be then a sound is, is actually unpleasant when there is a danger and very pleasant when you don't have to worry about it."). Ma dopo aver introdotto gli aggettivi "sgradevole" e "piacevole" in riferimento alle caratteristiche del suono, si è accorto che la definizione rischia di non essere recepita da tutti nello stesso modo, condizionando la comprensibilità stessa della comunicazione: "[ ] I think it would be difficult to have a mapping, a mathematical mapping from the plant to this kind of subjective friendliness.". Un altro tester al contrario, ha espresso la preferenza per un suono che non sia particolarmente gradevole, perché dice: "Having a nice thing to hear may not be also good solution because then you can just keep it, keep listening it without caring what it says". Secondo questa posizione, un suono gradevole smetterebbe di attirare l'attenzione sul messaggio che veicola, lasciando che l'utente venga distratto dalla melodia. Probabilmente quest'ultimo commento si muove in sostegno dei suoni musicali piuttosto che di quelli non intonati. Riguardo la distinzione dei suoni infatti, è inoltre emerso che la maggior parte degli

### II LIVELLO: commenti specifici sugli scenari

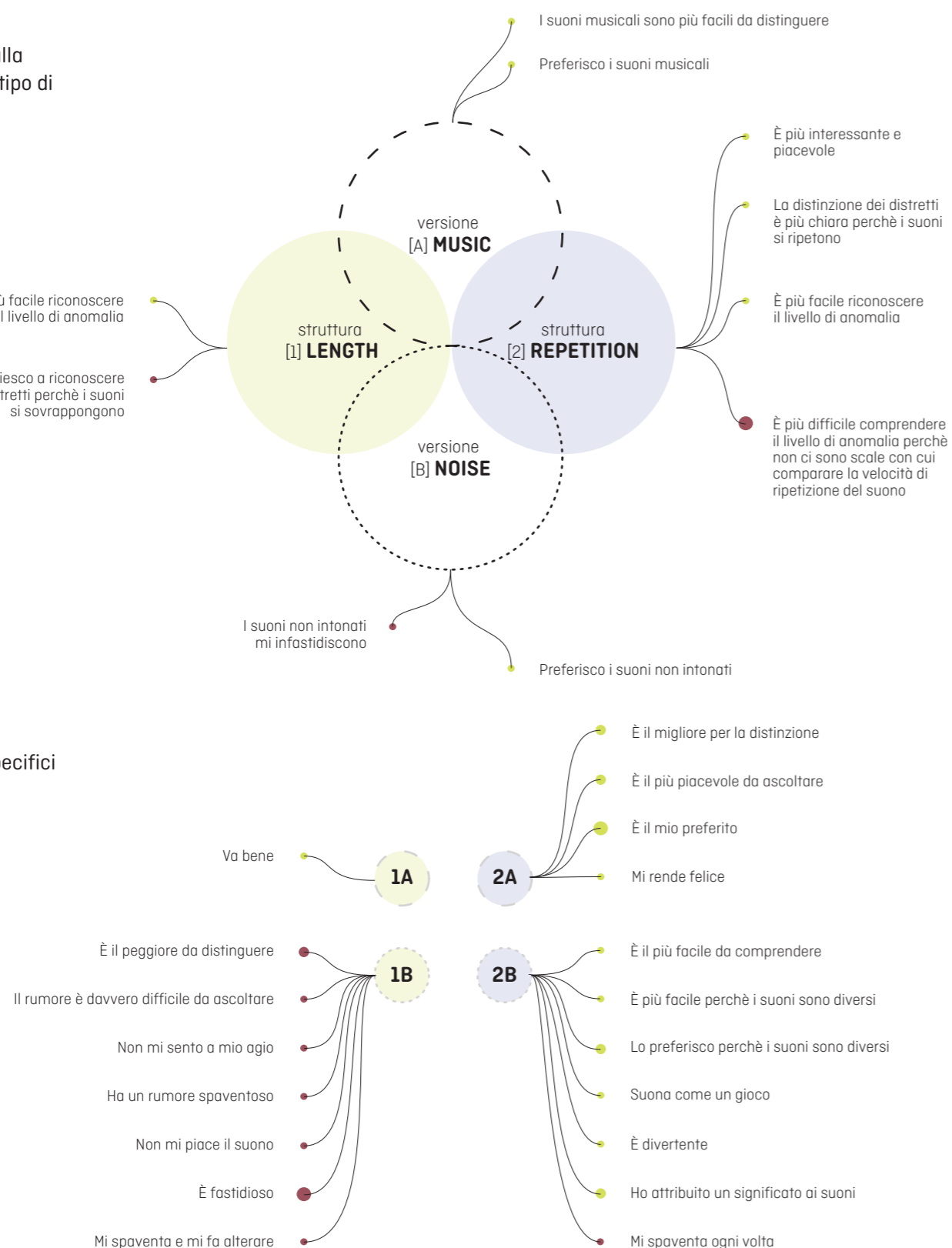


fig. 52 analisi dei commenti dei tester riguardo gli Scenari

utenti preferirebbe che fossero intonati (**Versione A**) e nello specifico, suoni di strumenti musicali differenti, come già sottolineato da alcuni suggerimenti precedentemente citati. I suoni degli strumenti musicali infatti, sono stati citati più volte come possibile soluzione per facilitare la distinzione dei distretti. In un solo caso è stata esplicitamente espressa la preferenza per i suoni non intonati (**Versione B**). Questo giudizio è stato fatto considerando i suoni alla base dello Scenario **2B**, giudicato dall'utente come un gioco. Potrebbe essere quindi che la preferenza per i rumori non sia assoluta ma indirizzata al tipo di suoni usati in questo contesto, che rimandano ad alcune realtà specifiche. La diversità dei suoni con cui è stato costruito lo Scenario **2B** è la motivazione principale per cui è stato apprezzato. Questo è stato l'unico Scenario a cui i tester hanno attribuito spontaneamente un significato particolare ai suoni, per riconoscerli. Questa associazione non è stata compiuta per nessun altro degli altri scenari.

Gli Scenari che hanno riscontrato maggior successo sono il **2A** e il **2B**. A causa dell'impossibilità ad individuare la motivazione che ha condotto i tester ad esprimere questo giudizio però, non è possibile costruire una vera e propria classifica. La maggior parte dei tester (4/6) è concorde nel giudicare il **2A** come lo Scenario più chiaro di tutti, che permette quindi una migliore identificazione del livello di anomalia presente in ogni distretto. Qualcuno ha dichiarato di preferire il **2A** perchè composto da note musicali, un tester addirittura lo paragona ad una canzone ("it's more like a song"), e un altro, sempre in questa direzione, lo lega ad un sentimento di felicità ("it made me feel happy"). Gli altri due tester hanno espresso la loro preferenza per lo Scenario **2B**. In un caso il giudizio deriva dalla varietà dei suoni usata per distinguere i distretti, mentre nell'altro, la preferenza proviene dal riferimento, individuato dal soggetto, ad un gioco. In linea di massima, le persone coinvolte nell'esperimento si sono espresse positivamente rispetto gli Scenari che hanno preferito. Gli unici commenti negativi sono stati fatti in relazione allo Scenario **1B**, il quale, è stato citato da tutti i tester con un'accezione negativa. L'aggettivo "fastidioso" è ricorso in più di una conversazione: "I think 1B is a little bit annoying.", e anche: "in your 1B really hard to listen that noise. So this annoying it makes me nervous". Qualcun'altro invece lo ha definito "spaventoso": "1B very jarring, scary sound", ma con un'accezione positiva, perché, continua il commento: "that actually means that everything is fine: that was an emotional response", che credo si riferisca all'efficacia del metodo con cui questo suono richiama l'attenzione. Lo stesso ruolo è stato riconosciuto da un altro tester, che però non sembra averne apprezzato il potenziale: "1B: I didn't like the sounds, it made me feel how do I describe, very alerted, almost frightened. lot That was the only Scenario I was not comfortable with.". Questo commento introduce un risvolto emotivo che non era emerso fino a questo momento. Il tester cita più volte l'esigenza di "sentirsi a proprio agio", facendo riferimento ad un differente livello di sentimento, forse a metà tra il piacere definito dal gusto personale e quello proveniente dalla soddisfazione per aver risposto adeguatamente. La maggior parte dei commenti giudica questo Scenario come il peggiore, in merito all'efficacia con cui permette la distinzione dei distretti: "And 2A is the best for me to distinguish and 1B is the least". Infine, non abbiamo raccolto particolari opinioni riguardo lo Scenario **1A**, l'unico commento che è stato fatto dice: "1A is ok". Questo Scenario infatti, è stato nella maggior parte, giudicato in relazione alla sua struttura (**Length**), come ad esempio: "The meaning was quite clear based on the different sound, the length, it's a very comprehensible way to understand it."

[APPREZZAMENTO]

## 6.7.6. STRATEGIA DI DECODIFICA

In base alle risposte provenienti dall'intervista finale, in parte fornite spontaneamente, in altri casi dietro specifica domanda, abbiamo provato a ricostruire il procedimento di decodifica delle sonificazioni effettuato dai tester.

Prima del test vero e proprio, le persone coinvolte hanno avuto modo di ascoltare sulla pagina web di presentazione del progetto, i suoni di ogni sonificazione, divisi per distretto. Durante la sonificazione, la maggior parte delle persone coinvolte ha cercato di focalizzare la propria attenzione sul grado di anomalia, sia a livello generale che quello presente in ogni distretto. Qualcuno ha raccontato di aver preso appunti durante la riproduzione dei suoni. Una volta terminata la sonificazione, i tester si sono recati sul sito per ascoltare dalla legenda, i suoni corrispondenti ad ogni distretto e identificare quelli appena sentiti, così da poter associare l'intensità dell'anomalia precedentemente riconosciuta al distretto corrispondente. Il sito si è rivelato fondamentale in questa fase, servendo in alcuni casi per l'identificazione dei distretti, in altri per la verifica dell'associazione effettuata direttamente durante la sonificazione.

I tester abituati ad ascoltare la musica durante il lavoro hanno dichiarato di fermare la musica poco prima che iniziasse la sonificazione. Qualora distratti, la prima sonificazione ha ricordato loro di mettere in pausa la musica. Più di un tester ha fatto riferimento all'ora per prepararsi alla sonificazione. In un caso, il tester ha raccontato di ascoltare i suoni della legenda dal sito anche prima delle sonificazioni, per richiamare alla memoria la corrispondenza tra suoni e numero dei distretti. In più di un caso il riferimento orario serviva per prepararsi fisicamente, in quanto, i tester che raccontano di non essere soliti usare le cuffie durante il lavoro, aspettavano qualche istante prima della sonificazione per inserire il cavo nel computer o indossare le cuffie.

I suoni che sono stati forniti sul sito come legenda non simulano in maniera completa nessun tipo di sonificazione. La legenda raccoglie i suoni di ogni distretto, che vengono appositamente tenuti separati; lo scopo di questa parte infatti è quello di fornire agli utenti una libreria dove possano consultare il significato dei singoli suoni così da distinguere i distretti durante le sonificazioni. Prima dell'inizio vero e proprio del test pertanto, i tester non hanno mai avuto modo di sentire questi suoni contemporaneamente, come invece avviene nelle sonificazioni: "Because the sample sound, it's only when it's regular. I had no idea how, how the different anomaly levels should sounds like." Questa scelta è stata compiuta per evitare di avvantaggiare i tester nella comprensione dei primi scenari. La mancanza di un suono-demo che riproducesse un esempio completo di sonificazione però è stata denunciata da almeno la metà dei tester, i quali ammettono che avere un'idea più concreta della sonificazione prima dell'inizio del test sarebbe stato utile per concentrarsi sugli scopi piuttosto che sulla comprensione della struttura del suono. Un tester ad esempio, ha dichiarato di non aver colto immediatamente il funzionamento degli Scenari **2**, inizialmente infatti, ha attribuito il numero delle ripetizioni all'identificazione dei distretti, invece che al livello dell'anomalia. Un altro tester invece, non ha recepito la differenza tra le due tipologie di Scenario fino all'intervista finale, quando a partire dai commenti che erano stati inseriti nella tabella delle risposte è risultato chiaro che ci fosse stata un'incomprensione. In linea di massima è stato richiesto più tempo per la pratica e una fase di training più lunga. In realtà questo esperimento non ha previsto una fase vera e propria di training, in quanto, come già citato, la libreria dei suoni sul sito, non comprendeva nessun tipo di suono completo che potesse preparare realmente gli utenti al test. I commenti a

posteriori hanno confermato la nostra ipotesi secondo cui le prime sonificazioni hanno svolto il ruolo di training per quelle successive, sia per quelle più tarde nel corso della stessa giornata, che ancor di più, per gli Scenari dei giorni seguenti. Alla base di quanto avvenuto perciò, immaginiamo che un training strutturato, portato avanti per un periodo di tempo maggiore, possa migliorare notevolmente i risultati ottenuti. Con lo stesso scopo, più di un tester ha suggerito la pratica dei feedback come metodo per far apprendere più velocemente il significato dei suoni nel contesto reale. Secondo questa idea, le risposte fornite in relazione alle prime sonificazioni, sarebbero seguite da una valutazione che renderebbe più facile e veloce la fase di apprendimento dell'analista.

Lo **SCHEMA** mostra l'approccio dei tester alle sonificazioni in fase di decodifica. Per realizzarlo abbiamo preso in considerazione le azioni di tutti i tester e le abbiamo riordinate considerando il tempo in cui si sono svolte.

fig. 53 ricostruzione di un comportamento esemplificativo per la decodifica delle sonificazioni

		AZIONI FISICHE	WEBSITE
PRIMA	dove quando	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controllo l'orario per essere pronto</li> <li>[non sono solito indossare le cuffie al lavoro] Inserisco le cuffie nel computer e le indosso</li> <li>[di solito ascolto la musica mentre lavoro] Metto in pausa la musica per concentrarmi sulla Sonificazione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ascolto la legenda dei suoni [Key-sound] per ricordarmi meglio la corrispondenza tra i suoni e i distretti</li> </ul>
DURANTE	II SONIFICAZIONE	<ul style="list-style-type: none"> <li>[se non mi sono accorto dell'orario e sto ascoltando la musica] Metto in pausa la musica</li> </ul>	
	II SONIFICAZIONE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prendo appunti [sull'sull'iPad]</li> </ul>	
	III SONIFICAZIONE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presto attenzione al livello dell'Anomalia</li> </ul>	
DOPO			<ul style="list-style-type: none"> <li>Ascolto la legenda [Key-sound]</li> <li>per identificare i distretti</li> <li>per verificare quello che ho sentito durante la sonificazione</li> </ul>

## 6.8. PERCEZIONE E PREFERENZA

L'uso della sonificazione in questo ambiente è stato definito utile: tutti i tester si sono dichiarati disposti ad utilizzare il prototipo.

Rispetto al ruolo del canale audio, sono state apprezzate le qualità che ne hanno suggerita l'adozione in fase progettuale, a sottolineare la soddisfazione delle esigenze che hanno avviato il progetto. I tester hanno apprezzato il fatto che la veicolazione del messaggio avvenga tramite un altro canale comunicativo, che non interferisca con quello visivo. Le abilità cognitive richieste per l'ascolto del suono sono state giudicate basse, prevedendo che gli analisti possano così continuare a svolgere la loro mansione primaria. A tal proposito è stato apprezzato il fatto che i dati privi di irregolarità producano un suono della durata di un secondo, il cui ascolto, anche se veloce e distratto, garantisce la supervisione sul sistema.

Sebbene il test non abbia valore quantitativo, i risultati dimostrano che la distinzione tra lo stato normale e quello irregolare del sistema è stata colta praticamente da tutti in maniera corretta. I giudizi emersi durante l'intervista confermano quest'idea: i tester, infatti, hanno affermato di aver riconosciuto senza problemi questo livello di informazione. La gravità dell'anomalia contenuta a livello generale è stata, nella maggior parte dei casi, percepita superiore rispetto al valore reale. Nel caso degli Scenari 2, questi casi di sopravvalutazione sono più numerosi, ad indicare come la ripetitività del suono sembri aver aumentato la percezione di preoccupazione nei tester.

Le risposte che riguardano il riconoscimento del numero di distretti anomali ribaltano l'andamento precedente: sembra, infatti, che i tester ne abbiano distinto una quantità inferiore rispetto a quella effettivamente coinvolta. Gli Scenari 1 subiscono in maniera più marcata questo comportamento, forse a causa del fatto che i suoni si riproducano sovrapposti per la maggior parte della loro durata, lasciando ai tester una breve frazione temporale per differenziarne la presenza.

La distinzione dei livelli di anomalia per ogni singolo distretto è il livello più approfondito di informazione che è possibile cogliere dalle sonificazioni. I soggetti coinvolti nell'esperimento hanno segnalato il fatto che non fosse facile riconoscere e ricordare i suoni corrispondenti ad ogni distretto, durante le prime ore della giornata. Questa difficoltà andava diminuendo con l'allenamento ottenuto dall'ascolto dei suoni delle prime ore.

A tal proposito, la metà dei tester (3 su 6) ha richiesto un training più lungo e specifico, comprendente anche suoni esemplificativi di una possibile sonificazione, che invece non erano compresi nel nostro sito di presentazione al progetto, per evitare di favorire la comprensione di alcuni Scenari piuttosto che di altri.

Oltre al training, più tester hanno segnalato l'esigenza di feedback immediati, per poter apprendere più precisamente e più velocemente il significato di ogni suono. Come emerge dalla lettura dei risultati, infatti, in varie occasioni i tester hanno scambiato i

suoni dei distretti, valutando più gravi situazioni prive di anomalie e, al contrario, non riconoscendo irregolarità dove presenti.

Per quanto riguarda il confronto tra le strutture delle sonificazioni, i tester hanno espresso un giudizio favorevole rispetto agli Scenari **2**, la cui ripetitività evita la prolungata sovrapposizione dei suoni, presente invece negli Scenari **1**. Questi ultimi, però, come è stato giustamente segnalato, per essere valutati in maniera precisa, avrebbero bisogno di una scala di riferimento che indichi il valore corrispondente al ritmo delle ripetizioni, aumentando, almeno in una prima fase, il tempo necessario alla decodifica, che invece avviene in maniera autonoma negli Scenari **1**, tramite il conteggio in secondi della durata dei suoni.

Le **Versioni A e B** non hanno registrato un particolare scarto nelle risposte: i suoni utilizzati non sembrano aver influito sugli errori effettuati dai tester. Lo scarto maggiore è stato registrato negli Scenari **1** (8 risposte), ma i numeri sono troppo bassi per trarre conclusioni rilevanti.

Il confronto delle risposte non permette di dedurre particolari informazioni circa lo Scenario nel quale sono stati riportati i risultati migliori: lo scarto, infatti, non è abbastanza significativo. Nemmeno i giudizi espressi in merito alle preferenze permettono di costruire una classifica definita, in quanto non è possibile effettuare una distinzione netta tra le valutazioni espresse in base all'efficacia e quelle in relazione al gusto.

Le valutazioni emerse però, sembrano raccogliere maggior consenso per le **Versioni A**, a sottolineare come gli utenti preferiscano i suoni intonati. Un solo tester ha esplicitamente espresso la preferenza per i suoni non intonati, in relazione a quelli utilizzati per lo Scenario **2B**; questo giudizio pertanto potrebbe essere stato espresso in riferimento alla distinguibilità derivante dalla tipologia di suoni, più che dalla loro natura rumorosa.

Gli Scenari che hanno raccolto il maggior numero di giudizi positivi sono il **2A** e il **2B**. Il primo è stato giudicato come lo Scenario più chiaro, la cui natura musicale ha avuto anche un'influenza positiva sulla percezione emotiva dei tester, mentre il secondo è stato apprezzato principalmente per il tipo più facilmente distinguibile di suoni di cui è composto.

Tutti i soggetti coinvolti hanno giudicato negativamente lo Scenario **1B**: "fastidioso" è il termine ricorrente che è stato usato per descriverne il suono. In riferimento a questo Scenario, molti dei tester avevano inconsciamente dato per scontato di aver registrato i risultati peggiori. Questa percezione si è verificata falsa, ma ci ha permesso di cogliere la tendenza diffusa che pone in un rapporto direttamente proporzionale il gusto personale con la percezione di comprensione.

## 7. POSIZIONAMENTO E CONTRIBUTO DEL PROGETTO

Questa tesi nasce dall'esigenza reale di trovare un metodo comunicativo efficace per esprimere determinate informazioni in un particolare contesto.

Le competenze del Design si integrano a quelle dell'Ingegneria Informatica e Ambientale: la comunicazione è chiamata a svolgere un ruolo primario, influenzando il processo decisionale alla base della gestione di un sistema di controllo.

Il progetto è stato sviluppato a partire dall'esigenza di un sistema in grado di rilevare la presenza di attacchi informatici alle reti di distribuzione idrica. Il contesto nel quale si trova ad operare l'analista, addetto a questo compito, ha suggerito l'elemento sonoro come canale comunicativo a cui affidare la trasmissione dei dati.

Gli ingegneri da cui è provenuta la richiesta di collaborazione sono gli stessi che si sono occupati dell'algoritmo che riconosce gli attacchi in questione e per questo motivo è stato possibile avere un confronto continuo rispetto ai significati e allo scopo del processo di cui abbiamo dovuto occuparci.

L'apporto che la sonificazione può fornire per la comunicazione di informazioni di questo tipo non è stato ancora sfruttato; durante la fase di ricerca, infatti, è emersa la mancanza di riferimenti bibliografici utili in questa direzione.

Allo stato attuale, la pratica della sonificazione è usata nella maggior parte dei casi con fini artistici o con scopo esplorativo. L'impiego della sonificazione per questo progetto, invece, è determinato dalle caratteristiche del contesto, nel quale le proprietà del suono sembrano particolarmente adatte ad assumere la comunicazione del messaggio.

La possibilità di testare gli effetti dei suoni ha inoltre permesso, da un lato, di verificare le nostre ipotesi e, dall'altro, di apportare un contributo nel settore della sonificazione in cui, vista la carenza di esperimenti, servono riferimenti specifici a cui affidarsi per la costruzione dei suoni.

L'importanza assegnata al test deriva proprio dal tentativo di raccogliere risposte attendibili e concrete rispetto all'efficacia del prototipo. Considerando una novità l'adozione della sonificazione in questo ambito, lo scopo dell'esperimento è stato innanzitutto quello di indagare la posizione degli utenti in relazione a questa possibile introduzione e stabilire una direzione progettuale utile per iniziare a definire il metodo con cui comunicare questo tipo di informazioni in questo ambito specifico. Nonostante la consapevolezza iniziale che un unico esperimento fosse insufficiente, durante le varie fasi, ci siamo accorte dell'elevato numero di passaggi ulteriori che andrebbero ancora effettuati per poter sviluppare al meglio l'idea.

In generale, la parte svolta fino ad ora ha rivelato una disposizione positiva degli utenti nei confronti dell'adozione del suono: tutte le persone con cui abbiamo parlato si sono

mostrate interessate all'introduzione di questo linguaggio comunicativo nel campo di riferimento.

Le sonificazioni oggetto dell'esperimento sono il risultato della selezione effettuata tra tutti i prototipi progettati. Per motivare le scelte che ci hanno condotto al risultato finale, ho deciso di includere nella tesi la descrizione di tutti i passaggi, così che ognuno possa interpretare liberamente le nostre scelte e avere la possibilità di sviluppare le stesse idee in direzioni diverse.

Allo stato attuale non è possibile indicare una soluzione vincente tra quelle proposte; è, infatti, emersa la necessità di definire un nuovo prototipo, basato sulla selezione delle caratteristiche che si sono rivelate vincenti da ogni Scenario, proprio come suggerito da alcuni tester.

Considerando la stessa aggregazione dei dati, per una possibile implementazione futura, si potrebbero proporre soluzioni per correggere i problemi strutturali e si potrebbero considerare suoni differenti da quelli attuali, che restituiscano la distinzione tra i distretti in modo efficace e facile da memorizzare.

Per correggere i problemi strutturali, sarebbe utile, programmare un test da sottoporre ad un elevato numero di persone per un periodo di tempo più prolungato, in modo che le risposte, con valore quantitativo, possano indicare effettivamente lo Scenario che si presta meglio a questo scopo.

Per la scelta dei suoni invece, ciò che è emerso durante le interviste con i tester indirizza verso un possibile confronto tra il suono di strumenti musicali e i suoni non armonici, il cui riferimento ad un ambiente sonoro (come nel caso della foresta di Hildebrandt [41]) possa essere facilmente colto da ognuno e ricoprire un ruolo chiave per l'identificazione e la memorizzazione dei distretti. Per ricreare questo ambiente sonoro, sarebbe interessante considerare la teoria dell'Embodied Approach, presa come riferimento per costruire l'audio del primo prototipo, così che i suoni rimandino al contesto reale a cui si riferiscono i dati e la loro percezione possa essere intuitiva.

## 8. Bibliografia e sitografia

Il progetto si basa su un caso di studio sviluppato per una competizione internazionale, descritto in: Taormina, R. and Galelli, S., *Deep-Learning Approach to the Detection and Localization of Cyber-Physical Attacks on Water Distribution Systems*. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 144(10), p.04018065 (2018)

AEED (AutoEncoders for Event Detection) Algoritmo di anomaly detection, descritto nel paper, da cui provengono i dati usati per realizzare le sonificazioni di questo progetto:

<https://github.com/rtaormina/aeed> (consultato il 26 marzo 2019)

[1] Masud L., Valsecchi F., Ciuccarelli P., Ricci D., Caviglia G., *From Data to Knowledge, Visualizations as transformation processes within the Data-Information-Knowledge continuum*, 14th International Conference Information Visualisation, 2010

[2] Hermann T., Hunt A., Neuhoff J.G., *The sonification Handbook*, Logos Publishing House, Berlin (2011)

[3] Casi di attacchi informatici alle reti idriche: a) [https://www.theregister.co.uk/2016/03/24/water\\_utility\\_hacked/](https://www.theregister.co.uk/2016/03/24/water_utility_hacked/) b) <https://www.bloomberg.com/news/articles/2015-10-20/new-york-and-jerusalem-partnership-plans-to-defend-water-supply> - c) <https://gizmodo.com/the-systems-that-control-water-and-power-plants-are-sho-1825740945> - d) <https://www.reuters.com/article/us-cyber-infrastructure-attack/hackers-halt-plant-operations-in-watershed-cyber-attack-idUSKBN1E8271> (consultati tra i mesi di settembre e novembre 2018)

[4] CISA U.S., Cyber Infrastructure: <https://ics-cert.us-cert.gov/> (consultato il 20 marzo 2019)

[5] Pagina di Wikipedia sul Contatore Geiger: [https://it.wikipedia.org/wiki/Contatore\\_Geiger](https://it.wikipedia.org/wiki/Contatore_Geiger) (consultato il 20 gennaio 2019)

[6] Bertin J., Berg W. J., "Semiology of graphics : diagrams networks maps" (Parigi, 1967), translated by Berg W. J., Esri press (2011)

[7] Bakker S., van den Hoven E., Eggen B., *Knowing by ear: leveraging human attention abilities in interaction design*, in the Journal on Multimodal User Interfaces, Volume 5, Issue 3-4, pp. 197-209 (2010)

[8] Roddy S., *Embodied Sonification*, PhD thesis, University of Dublin, Trinity College (2015)

[9] Pagina di Wikipedia sulla sonificazione: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sonification> (consultato da giugno 2018 a marzo 2019)

[10] Sito di Oxford Dictionaries: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/perceptualize> (consultato il 15 febbraio 2019)

[11] Hogan T., Horneckerb E., *Feel it! See it! Hear it! Probing Tangible Interaction and Data Representational Modality*, Design Research Society (2016)

[12] Jansen Y., Dragicevic P., Isenberg P., Alexander J., Karnik A., Kildal A., Subramanian S., Hornbæk K., *Opportunities and Challenges for Data Physicalization*, 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 3227-3236 (2015)

[13] Hogan T., *Data Sensification, Beyond Representation Modality, Toward Encoding Data in Experience Design* Research Society (2018)

[14] Seealsology: <http://tools.medialab.sciences-po.fr/seealsology/>

[15] Elenco dei software usati nel settore: <https://sites.google.com/site/waterdistributionsoftware/other-software>

[16] Epanet (software): <https://www.epa.gov/water-research/epanet>

[17] Manuale epanet: <https://hepis.epa.gov/Adobe/PDF/P1007WWU.pdf>

[18] Canary (software): <http://canarysystems.com/>

[19] Taormina R., Galelli S., Tippenhauer N.O., Salomons E., Ostfeld A., *Characterizing Cyber-Physical Attacks on Water Distribution Systems*, *Journal of Water Resources Planning and Management* 143(5) (2017)

[20] Taormina R., Galelli S. (e altri 34), *The battle of the attack detection algorithms: disclosing cyber attacks on water distribution network*, *Journal of Water Resources Planning and Management* 144(8) (2018) - sito di riferimento: <https://batadal.net/data.html>

[21] Roveta F., Di Mario L., Maggi F., Caviglia G., Zanero S., Ciuccarelli P., *BURN: Baring Unknown Rouge Networks*, Article No. 6, *VizSec Proceedings of the 8th International Symposium on Visualization for Cyber Security* (2011)

[22] Nesbitt K.V., Barrass S., *Evaluation of Multimodal Sonification and Visualisation of depth of Stock Data*, *Proceedings of the 2002 International Conference on Auditory Display (ICAD, 2002)*

[23] Brian Foo - Data-Driven Dj: <https://datadrivendj.com/> - consultato il 18 Marzo, 2019

[24] Pagina di Wikipedia sulla Generative Art: [https://en.wikipedia.org/wiki/Generative\\_art](https://en.wikipedia.org/wiki/Generative_art)

[25] Somatic Sound, Iraq Body Count: <https://soundcloud.com/somatic-sounds/iraq-body-count-guillaume-potard> - consultato il 18 Marzo, 2019

[26] Listen to Wikipedia <http://listen.hatnote.com/> - consultato il 18 Marzo, 2019

[27] Lily Asquith, *Listening to data from the Large Hadron Collider* (TEDxZurich): <https://www.youtube.com/watch?v=iQiPytKHEwY> - consultato il 18 Marzo, 2019

[28] Cern, Progetto Quantizer: <http://quantizer.media.mit.edu/> - consultato il 18 Marzo, 2019

[29] Cern, Jazz Festival: <http://mjf2015.web.cern.ch/mjf2015/> - consultato il 18 Marzo, 2019

[30] <https://home.cern/news/news/cern/cern-researchers-perform-montreux-jazz-festival>

[31] Alex Porter, <https://alexportercomposer.com/Html/sonification.php>

[32] Diaz Merced, Wanda L. (TED): [https://www.ted.com/talks/wanda\\_diaz\\_merced\\_how\\_a\\_blind\\_astronomer\\_found\\_a\\_way\\_to\\_hear\\_the\\_stars?language=en](https://www.ted.com/talks/wanda_diaz_merced_how_a_blind_astronomer_found_a_way_to_hear_the_stars?language=en) - consultato il 18 Marzo, 2019

[33] Diaz Merced, Wanda L., *Sound for the exploration of space physics data*. PhD thesis, University of Glasgow (2013)

[34] Ballatore A., Gordon D., Boone A., *Sonifying data uncertainty with sound dimensions*, in *Cartography and Geographic Information Science* (2018)

dataset in <https://github.com/andrea-ballatore/SonificationUncertainty> (consultato a novembre 2018)

[35] Roddy S., Furlong D., *Sonification Listening: an empirical embodied approach*, *The 21st International Conference on Auditory Display (ICAD, 2015)*

[36] Trimmel M., Poelzl G., *Impact of background noise on reaction time and brain DC potential changes of VDT-based spatial attention*, *Ergonomics*, Vol. 49, No. 2, 10, pp. 202-208 (2006)

[37] Dalton B. H., Behmn D.G., *Effects of noise and music on human and task performance: A systematic review*, *Occupational Ergonomics* 7, 143-152 143, IOS Press (2007)

[38] Deb S., Claudio D., *Alarm fatigue and its influence on staff performance*, *IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering*, 5:3, pp. 183-196 (2015)

[39] Sendelbach S., Funk M., *Alarm Fatigue. A Patient Safety Concern*, in *AACN Advanced Critical Care*, Volume 24, Number 4, pp. 378-386 (2013)

[40] Hermann T., Hildebrandt T., Langeslag P., Rinderle-Ma S., *Optimizing Aesthetics and precision in sonification for peripheral process-monitoring*, *The 21st International Conference on Auditory Display (ICAD, 2015)*

[41] Hildebrandt T., Hermann T., Rinderle-Ma S., *A sonification system for process monitoring as secondary task*, *5th IEEE Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom, 2015)*

[42] Libreria MIDI: <https://pypi.org/project/miditime/> (usata da ottobre 2018 a gennaio 2019)

[43] Ableton Live: <https://www.ableton.com/en/> - (versione 10)

[44] Filarmonica: [http://www.philharmonia.co.uk/explore/sound\\_samples/](http://www.philharmonia.co.uk/explore/sound_samples/) (consultato da settembre a novembre 2018)

[45] Freesound: <https://freesound.org> (consultato da settembre a novembre 2018)

Sezioni del sito di presentazione al progetto in cui è possibile ascoltare i suoni a cui ci si riferisce:

[46] <https://ginevraterenghi.github.io/thesis-sound-archive/p1.html>

[47] <https://ginevraterenghi.github.io/thesis-sound-archive/p2.html>

[48] <https://ginevraterenghi.github.io/thesis-sound-archive/p3.html>

(realizzato nel mese di marzo 2019)

[49] Gaver W., *Design: Cultural Probes*, Article in interactions, DOI: 10.1145/291224.291235 (1999)

[50] H. Hutchinson (e altri), *Technology Probes: Inspiring Design for and with Families*, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 17-24 (2003)

[51] Cultural Probes: [https://www.thedesignexchange.org/design\\_methods/162](https://www.thedesignexchange.org/design_methods/162) - (consultato il 18 marzo 2019)

[52] Sauerwein M., Bakker C., Balkenende R., *Annotated Portfolios as a Method to Analyse Interviews*, Design Research Society (2018)

[53] Questionario preliminare (in Esperimento): [https://docs.google.com/forms/d/1UCFh32xktSqmN9vC4sji2a1w4Q5-4IAfuD31hp80EDA/edit?usp=drive\\_web](https://docs.google.com/forms/d/1UCFh32xktSqmN9vC4sji2a1w4Q5-4IAfuD31hp80EDA/edit?usp=drive_web) - (realizzato nel mese di dicembre 2018)

[54] Scala Likert: <https://www.extension.iastate.edu/Documents/ANR/LikertScaleExamplesfor-Surveys.pdf> (consultato a dicembre 2018)

Siti per l'esecuzione del test (ogni link corrisponde ad uno Scenario):

[55] [https://rtaormina.github.io/sonification/week1\\_scenario1.html](https://rtaormina.github.io/sonification/week1_scenario1.html)

[56] [https://rtaormina.github.io/sonification/week1\\_scenario2.html](https://rtaormina.github.io/sonification/week1_scenario2.html)

[57] [https://rtaormina.github.io/sonification/week2\\_scenario1.html](https://rtaormina.github.io/sonification/week2_scenario1.html)

[58] [https://rtaormina.github.io/sonification/week2\\_scenario2.html](https://rtaormina.github.io/sonification/week2_scenario2.html)

(realizzati nel mese di gennaio 2019)

[59] Sito per la condivisione del materiale con i tester per l'Esperimento:

<https://github.com/ginevraterenghi/presentazione-prog> (realizzato da dicembre a gennaio 2018)

[60] Tool usato per la trascrizione delle interviste: <https://www.temi.com/> -(usato a febbraio 2019)

[61] Axon L., Creese S., Goldsmith M., R. C. Nurse J. R.C., *Reflecting on the Use of Sonification for Network Monitoring*, SECURWARE 2016 : The Tenth International Conference on Emerging Security Information, Systems and Technologies (2016)

[62] Muratovski G., *Research for Designers. A guide to methods and practice*, (capitolo 10), SAGE Publications Ltd, 2016

[63] Kobsa A., *User Experiments with Tree Visualization Systems*, Proceedings of InfoVis 2004, IEEE Symposium on Information Visualization, DOI: 10.1109/INFVIS.2004.70

[64] Basole R.C., Huhtamäki J., Still K., Russell M.G., *Visual decision support for business ecosystem analysis*, in Expert Systems with Applications, Volume 65, pp. 271-282 (2016)

[65] Baule, G., Caratti, E., *Design è traduzione. Il paradigma traduttivo per la cultura del progetto, «Design e traduzione»: un manifesto*, Franco Angeli Editore, Milano (2016)

**Qr Code** del sito internet attraverso cui abbiamo spiegato ai tester il progetto. Sul sito hanno potuto trovare un'introduzione alla sonificazione, i dettagli del progetto, con la legenda dei suoni, e le tempistiche dell'esperimento.



**Qr Code** del sito internet archivio dei suoni descritti in questa tesi (primo, secondo e prototipo definitivo)



Vorrei ringraziare il Professor Paolo Ciuccarelli per l'opportunità offertami, Sara Lenzi per aver condiviso con me questo progetto, il Laboratorio di DensityDesign per la passione e le conoscenze che mi ha trasmesso, Stefano Galelli e Riccardo Taormina per la disponibilità durante questi mesi di lavoro.

## 9. Allegati

Il materiale servito e raccolto durante l'esperimento è stato descritto durante la tesi.  
Di seguito sono riportati alcuni riferimenti più specifici.

### 9.1. DOMANDE DEL QUESTIONARIO PRELIMINARE [53]

Domande contenute nel Google form fatto compilare ai tester prima di iniziare l'esperimento, per raccogliere i dati demografici e capire le loro conoscenze nell'ambito di ricerca.

#### **Demographics/**

Age

Gender

What did you study/are you studying?

Where do you work (company, university, freelancing)?

#### **On Cyber physical security/**

Is your job directly related to cyber-physical security?

If yes, how?

How would you rate your competence on Cyber physical security on a scale 0 to 5 where 0=no competence and 5=excellent competence

[Knowledge level] -> self-assessment Lickert scale

#### **On Water Infrastructure and Engineering/**

How would you rate your competence in Water Infrastructure and Engineering? [0-5]

Is your job directly related to Water Infrastructure and Engineering? [y/n]

If yes, how?

#### **On Sound Competence/**

[about Music]

Do you play an instrument or are you into music production? Yes/No

Are you passionate about music? Yes/No

If yes, which kind of music?

[about Sound]

How would you rate your competence in audio/sound stuff? [0-5]

How much do you think you pay attention to sounds around you? [0-5]

Do you suffer of any hearing disabilities? [y/n]

If yes, can you tell us something about it?

Is this disability congenital?

## 9.2. TEST / commenti liberi

I dati quantitativi raccolti durante il test sono spiegati e mostrati nella sezione **Analisi dei risultati, nel capitolo Esperimento**. Questi sono i commenti liberi che i tester hanno inserito nella tabella Excel che dovevano compilare ogni ora dopo aver ascoltato la sonificazione. Gli stessi commenti sono stati ripresi durante l'intervista finale.

### SCENARIO 1A

#### H1

[T2] I think I only heard this once instead of thrice

[T5] I had Chrome related problems, so I started to use Microsof Edge

[T6] I couldn't tell for sure if it was one second or two, but it sounded as though all sounds played for the same length of time

#### H2

[T5] maybe more than 2 districts presenting anomalies

[T6] I heard a lower sound continue by itself for slightly longer, so I think D4 was slightly more anomalous than D3

#### H3

[T1] its hard to remember DMAs sound especially it is hard when they are playing simultaneously(after the first second)

[T2] I'm really not sure if sound for D2 and D3 overlap or if it's just my imagination maybe more than 2 districts presenting anomalies, longest one (I guess D5) lasts around 9 seconds

[T6] I was on a phone call at the time, so I couldn't concentrate fully. I can tell the relative pitch of the sounds while hearing the alert, but I find relating it back to the sound key (i.e. identifying the actual district) more difficult

#### H4

[T2] I only can tell that there is one sound that lasted longer, it's very difficult to tell how long the other sounds are because they just seem short comparatively

[T6] I've taken to writing notes when I hear the tones to better remember the anomalies

#### H5

[T2] I realized I can't hear D4 and D5, not sure if I really didn't catch it, or its too short since there's no anomaly for the two districts

[T6] The D1 sound tends to dominate for me. I didn't really hear D4 or D5 at all. When I hear the tones I pause my music to listen

#### H6

[T2] After listening, I realize I actually can't differentiate the districts, I've been guessing all this while

[T5] it was a very short one, the longest sound (I guess from D5 ) lasts around 4 seconds

[T6] I think D3 went for 2 seconds, so the minimum anomaly

#### H7

h7 / [T6] Now I'm thinking that the first one may have been 2 seconds!

#### H8

[T4] Regular, all sounds within 1 sec

### general

[T5] I always report the system status as "anomalous" assuming that if there is any sound from any district, it means an anomaly; however the severity is about the duration of the sound.

Accordingly, the anomaly levels 1 and 2 could have been thought as regular system, as well

### SCENARIO 1B

#### H1

[T5] 3 to 4 seconds, sound heard 4 (not) times , hard to distinguish which districts

#### H2

[T2] I really can't tell which district it is, and omg the sound was so distracting when I was having a google hangouts meeting

[T4] D2: 1.5 seconds, D3: 2 seconds, D4: 3 seconds

[T5] One sound is very short (I guess D1), one (I guess D4) is slightly (like 1 second) longer than the longest (I guess D2)

[T6] Very jarring

#### H3

[T2] one sound seems longer than another one

[T3] The sounds were uncomfortable for me

[T4] D2: about 8 seconds, D5: I can hear D5 in the background but its sound is masked by D2.

[T5] This was very long. There might be a 3rd district (maybeD1) with anomaly, but less severity

#### H4

[T2] but I wouldn't be surprised if there's some district with a 2 or 3 anomaly, because I thought I heard something with a different duration but I'm not sure

[T6] Definitely harder to tell apart districts than scenario 1-A

#### H5

[T4] D2, D3: 2-3 seconds, D2: 4 seconds

[T5] 4 times not 3, and not sure about what I heard

#### H6

[T4] 2 seconds

[T5] 5 times, too scary

#### H7

[T4] 2 seconds

#### H8

This is a scary sound to say that everything is fine!

### general

[T5] I wouldn't use this kind of sound as it is likely to make listener, at least me, quite nervous.

Besides, it was really hard to interpret what I heard. (I would say, in general I am highly unsure about my record, especially while specifying districts. However, this scenario was the hardest.)

### SCENARIO 2A

#### H1

[T5] very short, so not severe

[T6] A much more pleasant sound!

#### H2

[T2] I can count the number of repetition of that sound, seems easier than other scenarios to determine the level of anomaly. I think I counted 10 beats here

[T5] sounds that belong to 2 districts are very long, so severe

[T6] D5 is very quiet

#### H3

[T1] very hard to understand

[T2] I counted around 16 beats

[T4] It's like a beat:

D1 x x x

D3 x x x x

D5: x x

[T6] Going to three districts makes it much harder to distinguish the relative frequencies.

[T5] sounds that belong to 2 districts are very long, so severe

H4

[T2] one sounded for around 10 beats, but the other sound has same duration, but seems like more beats within that duration

[T4] It's like a beat

1 2 3 4 5 1 2 3 4 5

D2 x x

D3 x x x x x x x x x x

[T5] it was a bit harder to distinguish the districts, but at least 2 district is in severe anomaly. Also, I am not sure if I heard the sounds from both D2 and D3

H5

[T2] one sounded for 10, one sounded for 16

H6

[T2] 8 times for both

[T5] I couldn't pay enough attention and forgot the sound faster this time as I was a bit sleepy

[T6] It felt like the D2 sound frequency changed, or maybe cut out early

H7

[T2] 10 beats

## SCENARIO 2B

H1

[T4] All sounds are within 1 second

H2

[T2] I was listening to music when I suddenly heard the signal, so I paused my music

[T4] The beat for both districts are quite slow

[T6] It's hard to know how bad each district's anomaly is because there's (in theory) no upper limit on how high the frequency of repetitions can go. I have no reference except the previous events. I won't change my previous answers, but my idea of the most serious anomaly has changed between the events; I've recalibrated

H3

[T2] I prefer this to 1A, the sound for each district is more distinct

[T4] Beat combination makes a nice rock rhythm. The rhythm plays in my head and is somewhat "distracting". Quite hard to separate 3 and 5, maybe it's just one of them

[T6] I mistakenly interpreted the anomaly seriousness as being the length of repetitions, not the frequency, so my answers may be off

H4

[T4] D2: every two seconds, D3: every second

H5

[T4] D2: every second, D3: every half second

H6

[T4] At the beginning, D3 sound came before D2 sound. But in the middle, I think D3 sound skipped a beat and after that it came after D2 sound

H7

[T4] Every second

## 9.3. STRUTTURA DELL'INTERVISTA FINALE

Di seguito sono riportate le domande guida alla base dell'intervista semi-strutturata che abbiamo condotto alla fine dell'esperimento.

After participating in this experiment, can you give us some feedback on the use of sound in a real work context?

Was sound always audible?

Was information conveyed through sound easy to understand?

Could it be useful in a real context?

[remember: sonification doesn't stand in for the visual interface. This project wants to communicate to the user the first level of information while he is working on something else. The goal of sonification is to provide information to drive the visual analysis which will always be more specific]

Which kind of problems could emerge, in your opinion, in a real context?

How was the general user experience:

Any specific technical issue you encountered with the interface?

(web page did not load, too slow...etc)

Were you using:

Headphones /If yes, Wireless?

Speakers

Anything else?

Was the space noisy?

Has the training been sufficient?

Do the information on the website explain the project appropriately?

Are the sound-keys useful to understand better the sound meanings?

What do you think about the districts identification?

How much do you think that you understood the distinction between the districts?

Is the request too much ambitious? Do you think more training could be useful for this purpose?

[remember: the districts identification is not the first purpose of the sonification. Districts identification adds another level of information which is not essential to communicate to the analyst if any anomalies are occurring to the system]

Can you briefly describe your main occupation during the experiment's days?

For instance, were you reading documents? Were you writing a paper?

Being busy with colleagues? Checking out prototypes? Carrying out an experiment?

Do you usually listen to music at work? (If yes, how did you manage the test?)

Did you "like" the sounds you heard, independently from any other considerations?

Would you pick a particular Scenario with the sound you liked most?

More on the design of sounds:

Was any of the sounds you heard particularly meaningful to you, based on your personal experience? Did any of the sounds remind you of something, or suggest you anything?

Did any of the sounds stimulate a physical reaction or emotion in you?

For example, fear, peace, anxiety, happiness...

Do you think the sounds accurately represented the information they meant to convey?

Would you use different sounds?

If yes, which kind of sounds?

Is the sound structure efficient?

Do you think the duration of the single sonification (i.e., the first repetition of each Scenario you tried) was appropriate? If not, why?

Do you think the number of repetitions of each sonification is appropriate? (currently it repeats three times).

Is the rate of the alert/sonification during the work day too high (or too low)?

At the moment, it is every hour due to the frequency of data received by the algorithm.

Feel free to add any free comments.

Which Scenario do you prefer?

Which Scenario did you find more intuitively understandable (or "efficient")? (1 or 2)

Which version of that Scenario do your think is better? (a/b)

Why?

Comments

Would you personally be willing to use the sonification you just tested in your real world activity?

Other feedbacks: Free personal opinion // Possible future implementation to suggest

## 9.3.1. TRASCRIZIONI DELLE INTERVISTE

L'ordine delle trascrizioni rispetta la nominazione dei tester usata anche in fase di analisi. La prima intervista è stata svolta in italiano e trascritta a mano, le altre sono avvenute in inglese e per la loro trascrizione ci siamo servite di un servizio on line [60].

### T1

[...]

Sara: T1 tu hai avuto modo di leggere il documento, che copriva più o meno le aree di questo colloquio?

T1: Sì, sì sì

Sara: Vai perfetto, e poi Ginevra ha preparato un file con i tuoi risultati

T1: Ok

Ginevra: Adesso te lo mando

Sara: Così vediamo, lo possiamo guardare

Ginevra: Lo mando qua nella conversazione, dimmi se lo ricevi

T1: Eh, la chat è qua, sì...

Ginevra: Sì ok. Allora tieni presente che sono i quattro scenari. Sulla sinistra trovi quello che abbiamo definito noi come gravità della sonificazione mentre sulla destra ci sono le tue risposte, poi va bhè dovremo trovare un modo per analizzarle...

T1: Ah sì. Ok

Ginevra: ...era per avere un'idea di quello che è il corrispettivo, ecco

T1: Ok

Sara: Bene possiamo guardarlo mano a mano che arriviamo più nel dettaglio di questo tema. Possiamo partire con le domande direi. Noi abbiamo la nostra scaletta che è un pò più dettagliata rispetto quella che hai ricevuto tu. Se ti va bene iniziamo, che ne dici? Vuoi iniziare tu Ginevra?

T1: Sì, sì va bene va bene

Ginevra: Va bene, allora, in generale la prima parte era un pò più riguardo il contesto, quindi ci chiedevamo se sei sempre riuscito a sentire i suoni o se hai avuto particolari problemi con il fatto che ad ogni ora ci fosse questa sonificazione a cui far riferimento

T1: Sì li ho sentiti tutti, in realtà non ho avuto problemi tecnici. Sì magari mentre stavi lavorando ti dovevi ricordare, cioè appena sentivo il suono dovevo spegnere subito la musica per ascoltare e esser un attimo concentrato poi a volte finiti i suoni andavo indietro sulla pagina dove c'era la libreria dei suoni [legenda] per capire cosa avevo ascoltato. Perché cioè magari le prime ore non era facile ricordarsi tutti i significati e bisognava un attimo memorizzarli, però magari verso fine giornata era più facile andare all'orecchio.

Ginevra: Ok quindi, infatti noi ci ricordavamo che tu avessi menzionato la musica, perché tu ascolti la musica di solito quando lavori. Quindi tu praticamente sentivi la musica e quando sentivi il primo suono la spegnevi? È così che hai fatto?

T1: Sì esatto

Ginevra: E poi la facevi ripartire ok. Pensi che questi suoni potrebbero essere realmente utili in un contesto vero? Ti ricordo che comunque lo scopo della sonificazione non è quello di coprire tutte le informazioni che poi sono compito dell'analista ma di avere queste sonificazioni ogni ora che, nel caso in cui segnali un'anomalia, appunto inviti l'analista su un'interfaccia visiva ad indagare meglio tutte le parti. Però questa introduzione di suono pensi che possa essere utile nel contesto reale oppure no?

T1: Forse fatto mantenendo tutti i suoni separati. Secondo me, visto che ci sono 5 zone, avere le 5 zone separate, non sovrapposte come suono potrebbe risultare più immediato. In generale penso che è utile che ci possa essere un feedback uditivo però io lascerei ogni suono di ogni zona separata e non sovrapposta agli altri.

Ginevra: Quindi comunque la divisione in zone reputi che sia una cosa utile da mantenere, oppure lo vedi solo come un metodo per dividere il suono perché hai percepito come complicato il fatto che fossero 5 suoni a volte sovrapposti

T1: Avere il fatto dei suoni sovrapposti era un pò più difficile da capire, perché dovevi andare a capire l'accordo che si andava a creare quando i suoni andavano assieme e nella libreria [legenda] si sentivano da soli e poi dovevi capire qual'era la combinazione che stava uscendo

Ginevra: Qua ti riferisci ad entrambi i tipi di scenario, giusto?

T1: Sì, soprattutto allo scenario 1 in cui vanno tutti assieme. Mentre l'altro aveva il loop, l'intensità è fatto con il suono ripetuto più frequentemente, quello è un pò più facile

Ginevra: Ok. E quindi invece dal punto di vista tecnico, hai detto che non hai avuto particolari problemi anzi tra parentesi, grazie per aver risolto quella cosa che all'inizio non capivamo cosa fosse infatti poi non ci sono stati più problemi, tu usavi delle cuffie o qualcos'altro?

T1: Sì

Ginevra: Usavi delle cuffie ok, che tenevi su tutto il tempo... perché nel resto del tempo ascoltavvi la musica?

T1: Sì

Ginevra: Giusto?

T1: Esatto. Oppure magari se non stavo ascoltando la musica le tiravo su all'ora che c'era il suono

Ginevra: Ok. Quindi comunque avevi il riferimento dell'orologio, possiamo dire

T1: Sì

Ginevra: Lo spazio intorno a te è particolarmente rumoroso?

T1: Sì può dire che le cuffie che uso hanno la riduzione del rumore attiva quindi non venivo disturbato dal rumore attorno

Ginevra: Invece riguardo la...

Sara: Aspetta Ginevra volevo chiedere un paio di cose

Ginevra: Vai

Sara: Su questa prima parte. Magari parto dalle cuffie perché mi ricordo meglio. Quindi tu normalmente nel tuo contesto di lavoro, tu hai sempre su le cuffie, non ti danno fastidio, ascolti musica sempre?

T1: No perché...sì più o meno sì

Sara: Intorno a te ci sono altre persone? Cioè devi comunque parlare?

T1: Sì, siamo... io lavoro per i fatti miei però sì, ci sono altre 5 persone affianco a me e alcune sono dietro

Sara: E se vi dovete parlare ti togli le cuffie, ti fanno notare che ti devono parlare

T1: Esatto

Sara: Ti battono su una spalla

T1: Sì cioè si fanno vedere, ti passano di fianco e si fanno vedere

Sara: Ok ok è per capire meglio il contesto. Volevamo sapere...

avevamo messo il particolare se le cuffie

fossero wireless o con cavo

T1: Sì, sono wireless con la riduzione del rumore

Sara: Ah ok quindi in teoria ti puoi alzare e muoverti entro un certo raggio insomma

T1: Sì esatto, sì sì

Sara: Perfetto, grazie e invece riguardo la domanda 1 mi interessava un pò approfondire questo aspetto

del fatto che trovi difficile distinguere i distretti, cosa su cui sono d'accordo, nel senso, lo sarebbe per chiunque, però nel caso in cui tu non hai riscontrato anomalie, che poi tra l'altro vedremo dai tuoi risultati che i tuoi risultati sono ottimi devo dire, insomma sembra che tu abbia capito l'informazione che il suono mandava

T1: Sì, però dovevo prestare particolarmente attenzione, cioè dovevo smettere di fare tutto, cioè non è

come uno che ti parla e intanto stai facendo qualcos'altro e riesci comunque a capire cosa ti dice. Dovevo focalizzarmi attentamente su quello che stava succedendo nell'audio per capire cosa c'era

Sara: Quindi anche il caso in cui suonino tutti insieme... perché questo vedo che tu l'hai recepito, che

quando suonano tutti insieme non c'è nessuna anomalia

T1: Cioè in che senso? Che se suonano tutti insieme il primo

secondo e basta non c'è nessuna

anomalia

Sara: Sì

T1: Beh perché quello è abbastanza... Cioè ti aspetti, mi aspettavo

che il primo secondo tutti i suoni fossero assieme, poi alcuni continuavano altri no, se non sentivo più niente ok, ero tranquillo che non c'era niente. Cioè su quello sì, è comodo sapere che il primo secondo, se ci deve essere qualcosa oltre il primo secondo si sente ancora se non c'è niente non si sente più niente

Sara: Quindi tu nel caso, scusa, non ti voglio mettere in bocca le risposte, volevo capire un attimo la dimensione psicologica passami il termine, cioè tu presti attenzione, quando ti rendi conto che nessun suono continua ti puoi rilassare T1: Esatto e se invece continuano bisogna stare attentissimi a capire chi di quelli sta ancora suonando Sara: Ok. Va bene grazie, volevo solo saperne un pò di più. Possiamo proseguire

Ginevra: Sì, riguardo il training invece, ci chiedevamo se secondo te sia stato sufficiente. Hai accennato prima al fatto che dopo la sonificazione hai provato a tornare sulla pagina della libreria [legenda] per sentire la differenza tra i distretti T1: Esatto sì, cioè in generale era chiaro lo scopo, l'organizzazione, cioè sentendoli prima di fare gli

esperimenti dicevo, mano a mano che sento un suono più grave sta scendendo la scala, cioè si partiva dall'uno che era il più acuto, al 5 che era il più grave, cerco di far riferimento a questa cosa, se sento un suono molto grave, allora so che sarà la 4 o la 5, però poi sentendoli tutti assieme a volte era un attimo difficile distinguere tra, che ne so 3, 4, 2, 3, quelli vicini, quando magari suonavano assieme era difficile

Ginevra: Però hai anche accennato al fatto che magari a fine giornata questa cosa ti veniva un po più naturale. Pensi che magari andando avanti o utilizzando questa cosa per un periodo di tempo un pò più lungo questo sia un problema superabile o no?

T1: Sì può essere che dopo un pò di giorni che lo fai tutti i giorni magari anche un pò più frequentemente che per un ora al giorno diventi naturale e che lo riconosci come un input che comprendi senza bisogno di sforzo, cioè è possibile

Ginevra: Invece riguardo la presentazione di tutto il progetto, prima di iniziare il test avevi chiaro lo scopo del progetto, quale fosse lo scopo, l'idea della sonificazioni... ti era chiara questa parte?

T1: Sì, sì

Ginevra: Sara se hai qualcosa da aggiungere...

Sara: Sì, stavo pensando al training, che forse si potrebbero pensare anche ad altre modalità, tu ti sei trovato una tua strategia di fatto, cioè sentivi il suono e poi tornavi alla legenda per vedere se ti avrebbe aiutato a collegare quello che avevi sentito con quello... con il significato praticamente, giusto?

T1: Sì perchè magari c'erano due o tre suoni che andavano quando c'era un'anomalia e per essere

sicuro cercavo di memorizzare quali fossero i suoni che avevo appena sentito per fare un controllo e dire ok, questo suono si chiama zona 2, quest'altro suono si chiama zona 3, per essere sicuro

Sara: Sì certo se fossero più zone o meno zone potrebbero influire...

sto ragionando a voce alta

T1: Se fossero 10 zone diventa davvero complesso memorizzare tutti i suoni a meno che siano

particolarmente diversi, mi viene in mente, fossero suonati da strumenti diversi che hanno tonalità diverse forse sarebbe più facile non so, perchè questi mi sembravano di una scala tonale dello stesso strumento se non erro

Sara: Sì

T1: Se magari che ne so uno è pianoforte l'altro un oboe e l'altro un violino, si capisce più facilmente chi è cosa

Sara: ...eh sì anche questo sarebbe da provare. Una cosa su cui ci siamo interrogata a lungo con

Ginevra, abbiamo fatto varie prove, tu probabilmente hai una dimestichezza superiore alla media come competenza musicale però anche questo sarebbe da dimostrare... però sì interessante. Rispetto l'idea ovviamente tu ti sei basato, tu avevi accesso sulle informazioni sonore da cui l'esigenza di distinguere i distretti direttamente nel suono invece che le informazioni sonore accoppiate ad una mappa visiva in cui di fatto tu i distretti li vedi

T1: Sì io avevo pensato ad una cosa. Poteva essere che prima di

ogni suoni si sentisse una voce che

diceva 'Zona uno' e partiva il suono della sua anomalia, 'Zona due' e partiva il secondo suono, de l'anomalia relativa alla seconda zona.

Così diventa il linguaggio naturale, più un suono

Sara: Sì così diventa ultra chiaro, ...come tempistiche? Perchè tu hai detto che devi prestare attenzione

anche nel caso in cui il suono duri un secondo a quel punto

l'attenzione è sul dopo nel senso...

T1: Sì esatto sì, quelli di un secondo hai già la seconda ripetizione, sei sicuro che non c'è niente

Sara: Sì è fuso con il tuo processo di lavoro abbastanza bene o ti ha richiesto l'interruzione?

T1: Sicuramente c'era un suono che era secondo me, vediamo vado un attimo sul sito, era scenario...

uno dei quattro mi dava particolarmente fastidioso

Sara: Ah bene, cioè buono a sapersi

T1:...ah è occupato dalla chiamata mi sa che non mi fa sentire i suoni

Sara: Abbiamo poi una domanda specifica sui suoni fastidiosi o piacevoli

T1: Ah ok

Sara: Se vuoi magari mettiamo in pausa, insomma facciamo in modo che tu te li possa ascoltare

T1: Era tipo il suono del clash della batteria, qualcosa del genere

Sara: Ah sì, sì, quelli rumorosi

T1: Quello lì era fastidiosissimo soprattutto quando andavano insieme si sovrapponevano mi fischiavano le orecchie

Sara: Ah ok. Adesso stavo chiedendo soprattutto sulle tempistiche... perché ovviamente aggiungere una voce naturale che ti dice altre cose allunga i tempi poi, no?

T1: Però forse ci metti meno a comprendere cosa è successo, dopo non hai bisogno di tornare ai

suoni, almeno finchè non impari tutte le combinazioni sonore, ci metti un attimo a tornare indietro

ad ascoltare e dare un significato e sei comunque sempre un pò insicuro, mentre se senti un suono e sai che quel suono è per quella cosa e sei sicuro forse ci metti meno tempo ad analizzare la situazione

Sara: Bene grazie sì, scusa Ginevra riprendiamo pure

Ginevra: In realtà la parte dell'identificazione dei distretti l'abbiamo fatta, nel senso che sulla percezione, sulla comprensione, sul tipo di richiesta questa parte mi sembra abbiamo risposto

Sara: Unica cosa che noi magari qui dicevamo che la richiesta di identificare i distretti era quasi un bonus, nel senso che per noi non era necessario, era più necessario capire se c'erano o non

c'erano anomalie a livello globale dando poi per scontato che in una situazione reale ci deve essere una mappa visiva che poi ti da tutte le informazioni analitiche sul singolo distretto. Però mi pare che tu hai cercato di identificare i distretti in ogni caso

T1: Sì esatto, mi sembrava di fare una cosa più completa

Sara: Sì sì, era per capire che cosa il suono ti spingesse a fare

T1: È chiaro che se sai che c'è un significato e non riesci a coglierlo a me da fastidio, ero curioso di

capire al meglio delle mie capacità cosa stesse dicendo il suono

Sara: Sì volevo sapere questo, l'attitudine mentre ascoltavi i suoni

T1: Sì diciamo che in generale nella vita a me piace avere il controllo sulle cose che faccio, quindi...se

so che c'è un significato e non riesco a coglierlo mi da fastidio

Sara: Bene, grazie

Ginevra: ...e invece prima accennavi un pò alle cose che fai durante le tue giornate in cui hai eseguito i test. Ok a livello sonoro che hai già detto che sei occupato con la musica, a livello visivo, quel'è il tuo tipo di occupazione? Se guardi intorno a te, se lavori solo con il computer, se leggi delle cose, se ti sposti nella stanza

T1: Principalmente programmo e scrivo sul computer poi ogni tanto mi capita di leggere sulla carta e davvero raramente magari sono fuori a fare dei meeting a parlare con qualcuno

Ginevra: Ok quindi lavori principalmente con il pc e sei impegnato con il pc. E invece scendendo un pò di più rispetto quello che

accennavi prima sulla percezione dei suoni: quali ti sono piaciuti di più, proprio a livello di suono sia come scenario sia che all'interno

dello scenario, quali ti hanno dato più fastidio? Se vuoi proviamo a trovare una soluzione per vedere qual'era quello a cui ti riferivi prima

T1: Eh si non so perchè adesso non mi fa sentire la pagina

Ginevra: Sì fai pure, se mai ti richiamiamo

T1: Un attimo, no niente devo staccare un attimo e vi richiamo tra un minuto

[22.27]

T1: Ok, allora, quello fastidioso è l'1B

Ginevra: 1B, ok che è quello con la lunghezza del rumore, ed era il suono a cui ti riferivi prima?

T1: Sì quando andavano tutti insieme era fastidioso. Il mio preferito è stato il 2B

Ginevra: Quello dell'amplitude con il rumore

T1: Sì, che era molto esplicativo, che erano molto diversi quando si realizzavano, nel senso che c'era

anche il loop, era facile distinguere gli uni dagli altri

Ginevra: Ok, posso fare un riferimento nel frattempo ai risultati, visto che hai citato come preferito e quello

che ti ha dato più fastidio? Nel senso che tu hai dato come preferito il 2B però rispetto i risultati quello che hai percepito nell'1B mi

sembra di vedere sia più preciso

T1: Sì è vero, io...

Ginevra: Era una riflessione che stavo facendo in diretta

T1: Sì, l'1B era l'ultimo giorno mi sembra

Ginevra: Aspetta te lo dico subito

T1: L'1B era il penultimo giorno, era lunedì della settimana scorsa

Ginevra: Esatto, era il primo giorno della seconda settimana. Ok e invece ci sono dei suoni che ti hanno suscitato una particolare reazione? Oltre piacere/non piacere? Altri tipi di reazione, non so tipo ti hanno preoccupato, hanno attirato di più la tua attenzione, meno la tua attenzione, li hai confusi con qualcos'altro...ti ricordano qualcosa

T1: No mi ricordo solo che mi irritavo quando partiva l'1B

Ginevra: Ok, rispetto il loro significato, il fatto che fossero legati al significato che avevano ti sono sembrati

alcuni più pertinenti, efficienti? Anche considerando il contesto

T1: Secondo me la modalità 2 che era il suono con la frequenza, che il suono era ripetuto più

frequentemente in base all'anomalia, è più facile

Ginevra: Ok più facile percepire le informazioni che ti da

T1: Sì, più facile comprendere almeno mi sembrava, poi i risultati dicono qualcos'altro

Ginevra: È interessante

Sara: Dobbiamo vedere anche con gli altri, ma anche questa contraddizione è interessante se non altro

T1: Magari pensando che fosse più facile stavo meno attento

Sara: Può darsi. È interessante perché tu non è che non abbia percepito le anomalie ma la tendenza è stata nel valutarle più gravi rispetto quello che in realtà fossero

T1: Il fatto di sentire il suono ripetuto più volte aumentava la percezione che quella cosa fosse più grave

Sara: Può darsi

Ginevra: Ok, e invece idee o cose che hai pensato mentre ascoltavi rispetto un uso diverso del suono?

T1: Un uso diverso in che senso?

Ginevra: Nello stesso contesto, un'organizzazione diversa del suono,

come qua abbiamo usato due tipologie

che sono l'amplitude e la lunghezza, magari durante l'ascolto o durante il test più in generale hai

provato a pensare 'io organizzerei le cose diversamente', oppure

'sarebbe utile sentirle in maniera diversa'

T1: Forse appunto, organizzando come ho detto primT1:uno strumento completamente

diverso per ogni zona e poi forse se gli strumenti sono diversi farli andare insieme come nello scenario uno può essere più semplice

da ascoltare oppure anche nel caso 2 e avere strumenti diversi rende chiaro quale sta suonando e con che frequenza

Sara: Sì poi hai già citato anche l'idea di scalare i distretti, di dare un ordine, di non farli suonare tutti

insieme ma uno dopo l'altro

T1: In generale secondo me così è evidente all'ascoltatore cosa sta ascoltando, però va in uno spazio

di ascolto diverso nel senso che gli si sta dicendo questo suono è

questa cosa, non so se va nell'intenzione del vostro progetto poi andare a... perchè poi diventa come dire faccio uscire un'immagine

e per ogni immagine faccio una colonna che poi è lunga quanto è lunga l'anomalia in quella zona

Sara: Sai che in realtà questo è un approccio che avevamo provato in un primo prototipo, dico bene

Ginevra? Se ho capito bene cosa intende T1, nel senso rendere i distretti più riconoscibili, va beh in quel caso non erano neanche

distretti, beh l'inconveniente per cui prima ti chiedevo se si era integrato il flusso dei suoni bene nella tua routine di lavoro è che

poi duravano molto queste sonificazioni, duravano al punto che si sarebbe richiesto in un contesto reale all'analista di ascoltare per

tanto tempo, anche 2 minuti e non era sostenibile, almeno questo era la conclusione a cui siamo arrivati noi

T1: Perché con le immagini ci metti due secondi a capire cosa c'è, forse

Sara: Sì, o meglio sei libero di dedicarci il tempo che vuoi, però il suono se dura due min lo devi ascoltare

tutto se vuoi avere tutte le info, per questo anche nelle nostre intenzioni anche l'identificazione dei distretti è comunque in coppia

con la possibilità di andare sulla mappa visiva per vederli, se ti pare che ci sia un'anomalia, un pò come hai fatto tu nell'andare a ri-ascoltarti la legenda, però se tu avessi avuto la mappa visiva

forse, non lo sappiamo serve un altro test, saresti andato a risolvere i dubbi sulla mappa visiva invece che andare a riascoltare il suono

T1: Sì, oppure un'altra cosa, che non fosse la mappa visiva, che magari si illumina una cosa all'ora in

cui si deve, che ne so se sono le 3:00 ti si apre sul desktop la mappa visiva, intanto che va il suono, per ogni suono che continua

dopo il primo secondo vedi ogni zona che resta illuminata, avere come un led che ti dice questo suono è quello che sta andando

Sara: Sì, sì sì molto bene, tutti questi commenti sono molto preziosi per noi

T1: Così riesci ad ottenere la stessa durata delle suono però è anche una rappresentazione visiva

Sara: Sì, sì bene perfetto dove siamo arrivati, forse alla 8, in realtà da questo primo giro di esperimenti

quello che noi vorremmo ricavare è la possibilità di scegliere tra queste 4 opzioni il prototipo che portiamo avanti che poi

combiniamo con il visivo

T1: Ok

Sara: Quindi tutto questo ci è molto utile, per spiegarti i nostri obiettivi, tutte le domande su quanto il

suono sia piacevole, efficace, ecc. vanno in questa direzione perchè poi di questi quattro dovremo capiremo quale emerge

come più intuitivamente e comprensibile o che è piaciuto di più semplicemente ecco. Finito

Ginevra: Ok quindi riguardo un pò più nello specifico la struttura dei suoni, riguardo la lunghezza delle

single sonificazioni e il numero di volte che si ripetono, il caso di gravità più alta è stato mappato sui 10 secondi, nel primo scenario,

nel caso in cui lo scenario è basato sulla lunghezza, nel caso di allarme il suono dura 10 secondi, così anche quello dell'amplitude, i

suoni si ripetono 10 secondi e poi come avrai notato queste sessioni si ripetono per tre volte ogni ora. Credi che 10 secondi sia adeguato

come tempo? Richieda troppo tempo? Perché poi se ne sommano tre, quindi magari poi devi aspettare attenzione per un totale di 30 secondi

T1: In generale se non c'è niente, essendo che hai solo un secondo, a volte era troppo lungo aspettare

9 secondi di silenzio per risentire un secondo di informazione che è già molto esplicativo. Se per un secondo senti il suono e poi

per un altro secondo non senti niente sei già sicuro che non c'è un'anomalia. Nel caso in cui non ci sono anomalie si può ripetere

per tre volte però magari farei in 6 secondi piuttosto che 30 cioè un secondo col suono e un secondo senza e poi un secondo col

suono e uno senza. Però non so poi se verrebbe confuso con una situazione in cui c'è l'anomalia questo bisognerebbe provarlo.

Mentre quando c'è l'anomalia ci vuole tutto il tempo. A meno che si possa pensare che uno capisce che c'è l'anomalia poi nel momento

in cui c'è l'anomala va a vedersi la mappa e si toglie il dubbio. È utile per capire se c'è l'anomalia a quanto ho capito però poi è chiaro

che l'operatore deve andare a operare su l'anomalia è richiesta un'azione. Certo sentirlo tre volte aumenta le probabilità che tu lo

senta, se sei da un'altra parte e lo senti torni indietro per ascoltare bene se non hai le cuffie... in generale basta una volta per capire

che c'è l'anomalia se lo senti

Ginevra: Non so sara se hai dei commenti se no ti chiedo, riguardo il

fatto che i suoni arrivino ogni ora, noi ci siamo basate su questa cosa per cui usiamo i dati che si riferiscono ad ogni ora quindi abbiamo la sonificazione ogni ora, anche ho visto che in generale tu hai dato una risposta abbastanza alta rispetto la conoscenza di water plants oltre che di cyber security, pensi che il fatto che questi dati arrivano una volta ogni ora si sufficiente? Potrebbe essere più spesso meno spesso?

T1: In generale visto che il sistema ci mette un pò a reagire, un'ora va bene, nel senso che non si possono creare danni particolarmente gravi se senti l'anomalia ogni ora, però forse se riesci a generare un suono più semplice, che riguarda solo la cosa che ha generato l'anomalia, perchè sto pensando se non c'è l'anomalia uno può non far sentire niente tutto il giorno. Appena si accorge che c'è un'anomalia manda il suono per quel l'anomalia che è stata rilevata e magari in un'ora al posto che sentire, due suoni assieme ne senti uno nella prima mezz'ora perchè c'era la zona 2 che ha avuto un anomalia e la seconda mezz'ora nella stessa ora senti la zona 5 che ha avuto un'anomalia e non hai bisogno di avere l'informazione compressa in quel momento dell'ora così diminuisci il tempo di reazione

Sara: E se non c'è nessuna anomalia potrebbe semplicemente esserci silenzio dici tu

T1: Esatto se non c'è nessun suono, è come dire che dura un secondo con tutte le zone che vanno insieme

Ginevra: Ok

Sara: Bene, ok

Ginevra: L'ultima parte riguardava un pò la versione e lo scenario che hai trovato più intuitivo e più efficiente, non so se queste due cose tu le possa intendere insieme, nel senso riferite ad uno stesso scenario o magari anche rispetto due scenari?

T1: Intuitivo e?

Ginevra: Efficiente

T1: ...allora, la mia percezione era che fosse il 2B il più facile però il risultato mi contraddice quindi...

non saprei

Ginevra: Quindi il 2B, quella che ti è piaciuta di più si puo dire che è quella di cui hai avuto la percezione migliore, nel senso che ti è sembrata più intuitiva e che ti desse più...

T1: Sì mi sembrava più facile capire cosa stava succedendo, magari non avevo capito... però sembra

che non abbia capito cosa stesse succedendo

Ginevra: Non è che tu non abbia capito, rispetto agli altri

T1: Sì mi sembrava più facile

Ginevra: Ok quindi corrisponde. Sara non so se...

Sara: Scusa, su quest'ultima a parte lo scenario, l'abbiamo come dire, ce l'hai detto implicitamente, tra il suono intonato, le note diciamo e invece le opzioni con il rumore...

Ginevra: Ah sì è vero

Sara: Il 2B ha il rumore quindi insomma

T1: Secondo me idealmente sarebbe più bello avere suoni intonati però di strumenti diversi e ripetuti

con frequenza come si faceva con gli scenari B

Ginevra: Con i secondi scenari

T1: Eh sì, con i numeri 2. Avere più strumenti con diverse tonalità ripetute con frequenza

Sara: Il tuo prototipo ideale, diciamo

T1: Sì esatto, mi sembra che possa essere la via più chiara, senza andare a creare degli accordi che

poi è difficile andare a capire chi ha fatto quel rumore, perchè nell'1 poi si andavano a creare degli accordi che poi dovevi fare post processing per capire quali delle due note che c'era magari andando insieme creava quell'accordo

Sara: Sì li devi decostruire praticamente, risalire al singolo...

T1: Esatto

Sara: Al singolo suono

T1: Mentre se sono due strumenti diversi fanno tutti gli accordi che vogliamo però più o meno si

capiscono

Ginevra: Ok

Sara: Tu che ti occupi di cyber security, non so se forse hai un'idea più precisa di altri su come poi funzioni un control center anche, non solo di un sistema fisico che magari è un sistema particolare, anche di un centro dati

T1: Non lo so, penso che ci siano sistemi tipo questo che in qualche

modo ti debbano segnalare

abbastanza in fretta a secondo anche del sistema in cui si opera

che c'è qualcosa che non va

Sara: Sì perché la domanda appunto era se ti puoi immaginare

questo tipo di allerta in un contesto reale

o se ti è sembrata una cosa che può funzionare come un esperimento scientifico però che nel mondo reale sarebbe una totale assurdità

T1: Penso che potrebbe andare bene però allo stesso tempo penso

che se c'è un operatore che fa

quello tutto il giorno mi immagino uno che deve stare attento a vedere che non ci sia anomalia, sommare rispetto un ciclo di 24 ore magari ci sono tre turni, con 3 persone diverse se uno è attento più o meno se ne accorge, cioè fa quello e non fa altre cose mentre aspetta di vedere se c'è un'anomalia, in un sistema critico penso che ci sia una persona che fa quello come lavoro. Andrebbe verificato non lo so. Questo modo potrebbe aprire la possibilità a non avere una persona che fa solo quello, ma ad ogni ora fa il suo mestiere e poi il resto del tempo si occupa di altre cose... non so

Sara: Sì tu dici nel caso in cui uno faccia solo quello può anche stare tutto il giorno guardare lo schermo, cioè il suo lavoro è quello lì per quanto stancante o potenzialmente stancante

T1: Sì magari ha delle luci, che si illuminano, qua ho in mente che ci sono 3 led per ogni impianto, e

rosso giallo verde e se è tutto verde sta funzionando tutto bene nell'impianto

Sara: Ok bene mi sembra che poi sull'ultima domanda che era libera ci hai già dato tantissimi

suggerimenti in realtà, che dici Ginevra

Ginevra: Sì sì, anche secondo me nel senso che abbiamo risposto un pò strada facendo, dovremmo esserci

credo

Sara: Va bene, T1, noi siamo a posto se non ti senti di aggiungere altro, abbiamo un bel pò di

informazioni

T1: Ho detto tutto

[...]

## T2

[...]

Sara: If you are ok with that, we switch off the video we go to audio only we record so we can transcribe it later. I will have to leave at quarter to 10. Your quarter to six? Twenty to. Six. Better. If we didn't finish Ginevra will do the wrap up. Thank you.

Jia Yi: Okay, sure. Okay

Ginevra: We can start asking you about the context where you took the test and we ask you if the sound was always audible and if you hear each of the sonifications. You didn't hear the first one, right?

Jia Yi: I didn't hear the first one for the week 2 date 2. Yeah.

Although i am quite sure my headphone are plugged in so I'm not sure why because sometimes so the ten o'clock, the 10 am one, I only heard it only once without the repetitions. Yeah. So it's just with the ten o'clock and so I'm not sure why.

Ginevra: Okay. Okay. Don't worry but other sonifications you heard, you think the information that was covered were easy to understand?

Jia Yi: Uh, yes. So the other time I heard all the sonifications. So I think the, I will say that the repetitions were very useful because most, most of the time, when I'm doing something, the first time the sonification sounded, I really don't notice which district it is or how long it sounded. So then I pause what I'm doing and go and listen closely the second time. So I thought the repetition was very useful and for the audible fact, there's only one time which I find that it was too loud because there was once when I had a meeting with my advisor. So, so the sonification sounded during the meeting...so the meeting ended at 11 PM, Eleven AM. Sorry. So the sonification sounded at 11 and because of the meeting I had with my professor over a Google hangouts, I've had to turn up the volume so that the sound that it was extremely loud.

Sara: Yes. You put it it in your notes, right? Yeah, yeah, yes. Yeah.

Jia Yi: So there was one time when I found that the sonification was

very hard for me to listen to it and luckily during that time it was near the end of call, so I ended the call and turned up the volume to listen to it for the second of the time, it's quite funny you know. I guess its the purpose of the sonification that when you are engage in other tasks, you can still hear it.

Sara: Yeah. So it definitely should attract your attention because our goal here is to finalize a prototype. For example, your feedback will be used for, for example, to think that the sonification should be able to merge with your other activities. I don't know if you receive a, a skype or a google hangout call in the same was... so it was the same computer you were using for the call, right?

Jia Yi: Yes, correct. Yes.

Sara: So probably it could lower the volume or increase the volume if there's no other sound. So that's very interesting. Also, I think from your comments if I remember correctly from your file, this was the sonification with noise or with music. Do you remember that?

Jia Yi: You mean for which day was it?

Sara: I should open up your...

Jia Yi: Is this the one?

Ginevra: It was the first day of the first week?

Jia Yi: The first day. Let me check on. This was for the two day one. So that's 1B.

Ginevra: Yeah, we do day one. Yes. Was the 1B. It was the length with noise.

Sara: Noise. So particularly. Maybe also startling if you didn't expect it. But good to attract attention as you mentioned somehow. Okay.

Ginevra: Do you think the sonifications could be useful in the real context? Considering that, like we explained, the sonifications doesn't stand for the visual interface. Our idea is to use the sonifications to describe the system and then if this system, has some problem, the analysts can go to the visual interface to go deeper with the problem. So considering this background, do you think the sonification could be useful in the real context?

Jia Yi: Yeah, I think. I think it could be useful because most of the time when I'm engaged in a task. I will, I will try to describe my experience. So I tried to to take note of when it is going to be near, let's say, when the sonification is going to sound so our plug in my earphones during that time, but most of other time, I don't know, maybe I would try to plug in my earphones about a 10 minutes to the hour so, but then I will get engaged in my task so I don't, I won't purposely wait for the sonification to sound and then when I'm engaged my task, I will still be able to suddenly hear the sonifications, so it is really useful for giving information even when you are engaged in some other task although the downside would be you have to be somewhere near where the sonification sounded. You must be able to have your phoned plugged in. I think it's useful

for me to know whether there's an anomaly and to check the visual interface. I mean in a real world scenario. It is easy to distinguish between where is regular or where there is an anomaly, but I find a bit difficult to differentiate the anomaly level and also to differentiate the different districts. For some of the scenarios is easier for some it isi tougher for me, I would say that my favorite is scenario 2B. Yeah. Ginevra: We have a spreadsheet with your personal results. Sara: Maybe while Ginevra sends it to you. I just wanted to recap your, your technical experience so... if I got it correctly usually you don't use headphones and nor you listen to music or let's say your, your sound channel is free usually, right? But you put your headphones on just before the sonification because you knew you had to this task.

Jia Yi: Yes. Yes.

Sara: Okay. But still then you put it on and then sort of forgot about it until it sounds, is it correct?

Jia Yi: Yes. Great. And I'm also sometimes are maybe listening to music. So there was a few instances that I post my music to go back to the sonification to hear for the second time of the time day. Yeah. Sara: Okay, good. So the first time to, to alert to that it was time for the sonification and then second or third to pay more attention.

Ginevra: And what about the context where you took the test so, I mean the space was noisy or there was other people doing different stuff. I don't know...

Jia Yi: Oh, so most of the time I'm alone. If you go see from the picture. One time I was at home. The other time was in the office. So most of the time not I'm not ? distracted? but then again I purposely chose those days that I know that I can stay put in a single location, so to do the experiment. So most of the time nobody, nobody, distract me. So...

Ginevra: And about the training, do you think the information on the website explains the project appropriately? You understood from the website...

Jia Yi: I think the website was very helpful for gift the difference sounds for the different scenarios so that I can always check back also, but I said that I, I think I'm missing the one...one for "sssssh". So that are two issue that I had actually the one is because the sample sound, it's only when it's regular. So I actually had no idea how, how the different anomaly levels shoud sounds like.

So, if there is something that I can suggest, i'd rather like different anomaly level or the different scenarios. So I can go through one so I can gage how long, and what are the different anomaly levels. Yeah. So because the first time I did it, it is actually I think it is a big one, day one the first sound it's a regular sound but I thought it was anomalouse because it just seems different from the one I heard, because I did not know how long this anomalous sound is suppose to be. Then I may have adjusted the, adjusted that some of like what I feel as I go through. So maybe I thought Sunday at 1:00 PM which seems a bit longer than one I heard at 12 PM and then adjust that. So there wasn't like a benchmark of like how long its anomaly level should sound so I could really compare against that. But other than that I think the information on the website are very helpful. Oh yeah. An other thing that I'm pretty sure I did it a bit wrongly because when I first did scenario 2B, although I know that there are two different scenarios but actually I thought that I was still thinking that's scenario 2 was based on duration. I know that there will be changes in the number of the loops So I didn't know that it is, say it would be like three loops over the same 10 seconds, I was still thinking of it in a more duration form so I thought like, mmm, so this sounded like..mmm...so I think I confused the districts because I thought the sound has a same duration, but actually they have a different frequency. It was only for the scenario 2A and I realised that is the frequency rather than the duration that this may cause some problem for the 2B.

Sara: Yeah. I think this happened because from your comments in the excel file, we could see that you were probably... in fact we noted down whether you were, you were confusing the strategy of this scenario. One with the one of the scenario 2.

Jia Yi: Yes. Yes.

Sara: Nonetheless, it's very interesting that then you found your own strategy. I mean it was sort of... you were able to go back to the rule. Jia Yi: Yeah. So it was quite interesting because for 2B I didn't really realize that it was the frequency because I think the sound of 2B is more of of, there are like different noises rather than... I though 2A is more like a melody or a music. So different pitch. So it seems more obvious that I can count it as different on some sort of score but for 2B because the sounds are more like differnet noises are more like... you won't find them in a music. So I didn't realize that it was the frequency but for 2A I realised the frequency was different.

Sara: Okay. So as for the, for the training part, then probably you're saying that it would've been useful to have a demo, right? A demo of what you were going to expect. Not only the key to read the sound map so to speak, but like a ten seconds demo or with anomalies and no anomalies. Ok. Go. Thank you.

Ginevra: About the districts identification. You mentioned before, um, how much do you think that was... you understood the distinction between districts and then how much do you think was possible to distinguish the districts? I wanted to remember you that it was not the first purpose of the sonification. I mean the first idea of the sonification was to communicate if the system has anomalies or not and we tried to add also these information to help the analysts to go faster to the visual interface and to go deep in the analysis. So districts identification was not the first purpose but how do you think it was possible to do that and maybe you think the request was too much ambitious or maybe just more training was enough to, to, in next days, to understood better this information

Jia Yi: Distinguish the districts I think the sound in scenario 1 they are harder to differentiate. Especially because they are using duration So I find that when that's an anomaly for districts it goes longer but it's this for me that only the sound at a very initial second sound different and it just goes longer and It seems very similar or different districts. It's more obvious for scenario 2 because they keep repeating. So I guess you have more opportunity to identify the districts. Uh, as I said, i prefer 2B actually because I thought they sounded very different. Uh, the different noise. Uh, but, but actually I think that 2A could be very useful for someone who is pitch perfect

or who are more musically trained because I think 2A it's seems more something like a melody, or something musically trained I think that might be. For me I find quite difficult to differentiate as well. So I always had to go back.

Sara: Do you want to have a look at your results?

Jia Yi: Yeah, I'm looking at it. Let's see. So I suppose the correct answer is the one bold, isn't it?

Sara: To the left? Yes. Yes. I think there is a typo problem

Ginevra: I can, I'm sorry. I don't know what happened but 1B is this one, I can copy the results. Okay? Do you see now we have the number.s

Jia Yi: Okay. So

Sara: It's interesting and you are not, you are not alone in this... I was very surprise is interesting to note that, despite being to be your favourite and as I said, well the first time that it happens and you actually performed better in others

Jia Yi: Actually for 2B thought I heard the district 2 quite distinctly and not district one

Sara: We also have to go back, but anyway, your identification of the district is pretty good. It seems as district three. You always got.

We, we still have to go back and cross check ourselves because honestly, I will not remember which one is three. Which one is, is one. So I mean from the design of the sound point of view with our considerations, but you understood it pretty well in general. Is interesting that the result of the 2B uh, is um, you caught all the anomalous states but attributed a more serious level of anomaly. Correct. But the anomalies are correct are all marked five. So it seemed to you that the anomaly was strong.

Jia Yi: Yeah, because there was when I said I interpreted wrongly because they lasted for 10 seconds although the frequency was low, so I was still thinkinf of durations for high, high anomaly level. So that was the reason

Sara: Ah ok, it was in this particular case because then the 2A is better in this sense

Jia Yi: Yeah the 2A is better because but I started counting, rather than depending on. Yeah, because 2B I missed ti and I took the duration.

Sara: Because you took 2B first. Yeah. Okay. Okay.

Ginevra: Yes. Because 2B was in their first week,

Sara: You see... I still.... Yeah. Okay.

Ginevra: If you is okay, we can try, start talking about your main occupation during the test. If you can describe what you were doing during the test or if you were using computer or reading paper or, and also how your visual and the sound level were occupied by different kind of things to do.

Jia Yi: Okay. So when I was doing this experiment most of the time I'm on the computer, so let me check, so I'm writing code and writing papers and doing some simulation. So yeah, most of the time I'm looking at the computer. So visually I'm going on a computer, but as for listening, let's see sometimes, but sometimes I listen music, sometimes I do not. I don't think there's any other interferences with sound, other than the meetings meeting that I mentioned earlier. So that's the only point that Oh, I'm listening for something else, but for the other times I'm not listening to other things.

Ginevra: Great. And from your personal point of view, you were saying before the 2B is your, we can say your favourite scenario, but it's the one you prefer than others, but there were maybe some sounds that have a personal meaning for you or that reminds some particular experiences or maybe physic reactions or emotions for you.

Jia Yi: So for the one I like... 2B. Because that one sounds like it sounds like a game to me, because the district 2 sounds for 2B sounds like some kind of bird flying past the district three sounds like it's the monster something like foot... Yeah. So it sounds like a game

Sara: Ah ok, so you attributed meanings to the sound.

Jia Yi: Sort of. The scenario 2B has the most distinguished sounds for the district. Yeah. So 2A, 1B, 1A, I found that it's harder to associate something with a sound. So it's seem to be hard for me differentiate them.

Ginevra: Okay. So the one that is your favourite, you like more than others, it corresponds with the one you think is more efficient and more intuitive to understand. Right?

Jia Yi: Okay.

Ginevra: Okay. And during the test maybe you tried or thought about different uses of sounds in this context maybe? I don't know. We

proposed two different scenarios that are first and the second based on length and amplitude of a sound but I don't know, maybe you tried to or you had a different idea of use of sound to cover the same kind of information.

Jia Yi: Uh, I thought that the current way it's not bad to tell whether that's anomaly and not. If I want to suggest, actually I would rather have 2B but using duration that the sound of 2B for different districts that using duration rather than the frequency because for frequency is not really obvious for me it was like something can sound 10 times in 10 seconds and something can sound 15 times in 10 seconds, but it's been hard for me to count concurrently how many time a different sound sounds. But it is, for duration, it seems like, oh, this and that. This did not end. But then the problem that was for the scenario one, I couldn't differentiate between the districts. So something else, I can suggest it's um, they had different loops but it ends earlier or it ends later. So the sound repeats, but the duration changes. So let's say something. So is there, or having a one district sounding for 10, 10 beats in 10 seconds. Again, the other one for 20 beats in 10 seconds again. I rather have one district with lower anomaly, be 10 beats in 5 second and the other one has a 20, 20 beats in 10 seconds. So the frequency is the same, but the duration changes. Yeah.

Sara: Wow. Okay. That will be a sort of combination of the two.

Jia Yi: Yeah. Yeah. So I like the duration of a scenario one, but I liked the repetition part of the looping part of scenario 2.

Sara: Interesting.

Ginevra: Uh, I don't know Sara if you have more specific questions about sounds or we can go to the sound structure

Sara: Yes, I think so because... Yes. Thank you. You've given us a lot of information

Ginevra: About about the structure. Do you think the duration of single sonifications was appropriate? I mean, the duration. We based the sounds on 10 seconds each and then we repeated each part for three times in each sonification. So do you think the idea to base sound on ten second and then repeat the sound for three times was good? You got the information that was enough? Or maybe too much repetitions?

Jia Yi: Uh, I liked the repetition, so they were just right to have them for three times. The duration, I think ten seconds It's also fine. Just the one difficult part is I don't know how long ten seconds is So there were some times during the experiment, I'm like, this sounds will be longer than previously, but actually they ended up being about the same length or like if there's a hint? On that, how long that ten seconds is these, it will be easier for me to tell this just sounded for 5 seconds, but sometimes I'm like is it again 10 seconds? it sounded the same to me So yeah, it's just something that I can't really gage the anomaly level by duration for scenario 1 is just one continuous, but the duration is a, it's a nice amount of time. It doesn't I don't have to spend a lot and listening to this sonification since it is quite short and I can, I guess it conveys enough information during this time also. So yeah,

Ginevra: From your first questionnaire, you, we saw that you are a water infrastructure engineer. So you are specialised on water structure, water infrastructure and what do you think about the rate of each sonificartion because we use data that coming from the system every hour. So we use this timestamp that is one hour to communicate the information about the system. Do you think that one hour is a good timestamp to, to make the sonification or do you think you need more data more frequently or maybe less?

Jia Yi: Personally, every one hour for someone listening. I think that is that it's just right not too demanding and also a seems frequent enough for someone listening because, like the only problem is so when you need to go for lunch and it'll be more than one hour. So you may miss something. So I think that that's still reasonable. Wether from the perspective of say someone operating on the system, whether one hour is frequently enough. I think that depends on how fast that system could possibly fail within one hour. if the system fails very quickly then one hour maybe too long before the someone listening to it realised that it is anomaly. So I guess it depends on the system, it can either fail very quickly. Even it doesn't then I think one hour is reasonable.

Sara: Yes. At the moment is based from the data that they do come from the system. So in theory we should be assured that the one hour is fine for this particular system. In general, so yeah, I wanted to go quickly back to the district, but, identification even to me, it sounds like you, you had quite a smooth experience. I

mean it seems to me that you were quite confident in the districts identification as well and that didn't concern you too much or I don't want to give you the answer. I wanted to understand a little bit more because for us the identification of the district was a demanding task for, for ourselves. I mean if we had to do it we would have found it difficult. So I don't know. I just wanted, as I said to you are, you are giving us a lot of feedback so thank you very much. But just just to understand more if, if you were, if you thought you had enough information or if you let you concerned with the fact that in a real situation you wouldn't really know what's going on or you couldn't identify the districts. Thinking that in a real situation you would have also a visual feedback. So.

Jia Yi: So for the identification of the districts I think is smooth.

Sometimes I'm just guessing because I hear few sounds sound very similar. So I would just guess. So I wouldn't say I'm very confident which district it is. Actually that was, I think district five, district five of 2A. I couldn't really hear that sound compared to other ones because it's a very low base sound. So that seems softer to with me than the other sounds likes. What's anomalous district, I'd be caught that, but I guess that was a, it is easier to count and the number of districts, but it might be a bit harder to differentiate the districts. Sara: Yes. Yes. In a context where you have the visual map, that might be enough. But anyway we will do this consideration. Thank you. Good. Thank you.

Ginevra: Yeah. And about your profession we talked before. And do you think you would personally be willing to use the sonification in the real world activity? I mean you tried this for an experiment, but do you think could be possible and really useful to use this kind of sonification in the real context?

Jia Yi: It's possible, but I guess there will be some... it depend on how it is really implemented. Because when I was doing it I selected days that I can be near my computer for all the day, so, at my meetings ware through using skype or hangouts. I made sure that I'm not meeting people physically cose that might distract me. So yeah. So the limitations are to be near my computer. I may not be willing to do it like every day because my job, sometimes I need to move around. So yeah. So then that might not be. It might be difficult part of implementation because not everyone will be near the computer all the time unless it is implemented in a way such as Maybe it's in the operation plant there is a sound system that can allow everybody walkign to hear it. So you can hear it no matter where you are and you don't have to be near your computer. So yeah, it depends on how it's implemented. Yeah, I think it's, I'd be willing to use it because it doesn't really think much cognitive power to listen to it to read every one hour you know, yes.

Sara: So if you were, are you familiar with the setup of operating plants or not? Because we try to gather all the information we could on who does the operations control and how the daily routine is even if not, that is not information that you can access so easily, but we started from the assumption that they will be a group of people, maybe two or three people that their daily routine is to sit in the control rule and monitor the state or the status of the system basically

Jia Yi: Yeah, for those people who had to sit there to monitor the room. I think this is useful. It's a useful way to inform them of a anomaly. Yeah.

Sara: It was as to know if you ever saw a control room of this type, but you have you ever or no?

Jia Yi: No, no, not in this situation.

Sara: Just curious because your field is quite special.

Jia Yi: Storm water management, actually I do, I run some simulation, things like that. So I haven't had the opportunity to really work in the control plan.

Sara: I don't think it's so common. Okay. So any other thing you can add to the options? You talked a lot about your favorite option, but in general between noise and musical sounds. I got the feeling that you felt better with the noise.

Jia Yi: Yeah.

Ginevra: I don't remember if we asked her about the technical issue if she were using headphones or speakers if wireless or not. I don't remember. Maybe we already asked you which kind of device you uses to hear the sound

Jia Yi: Oh, so. All the time I used headphones. So my headphone is commonly plug in track in to the computer. If I see the headphone is not always I put the headphone on my self. To finished listening to the sound I were put the headphone and put them, for outside,

Sara: It was only for the sound and the technical problems. Yes. You couldn't hear the sound a AM and we have no idea why. Right. Or sometimes you had only one of the three repetitions.

Jia Yi: Yep. Yep, correct.

Sara: Something with a playback was... maybe there was a delay or. Ginevra: Okay. But I think other parts are fine.

Sara: Okay. So then. Yeah. Thank you very much for everything.

Jia Yi: All the best for this research.

[...]

## T3

Ginevra: Okay. Um, when, when you are ready we can, we can start and then we start talking about today the context and then we want to ask you if the sound was always the available during the test

T3: Always audible for me. Okay. no problems.

Ginevra: Okay. And do you think the information gathered by the sound was that were easy to understand.

T3: Yeah. Yeah, It was easy to understand.

Ginevra: And could in your opinion, this kind of sonification be useful in a real context and I wanted to remind you that in our project project the sonification doesn't stand for the visual interface, I mean the project wants to communicate to the, we, the sound different level of communication about today's state of the system and then if some anomalies are occurring, they analyst can go to the visual interface to go deeper with the, with the problem. So considering this background, do you think that the sound would be useful in the real context?

T3: Yes, I think it will be useful.

Sara: Good. Your background is, if I got it correctly, it is mixed right, um, physical digital systems and a bit of cybersecurity and water management.

T3: Yes.

Sara: So how would would it be your, your job contexts, let's say outside university, like in a water plant. Is it a realistic setting for you, for what you are studying or...?

T3: I actually didn't work in a real water distribution plant, but is more about test bed which is in SUTD in either case I feel that using the sounds are useful because it engages another sensory. Oh, organ Yeah. Because um, for visuals there's a lot of things to take you off on the Scada.

Sara: Yeah. So you're working with the SCADA Oh, okay, good. Good.

T3: So when I look at the SCADA there is a lo of movement, a lot of values changing, sometimes the values are changing a lot, a lot of colour changing, so it might be difficult to, to see the alerts that quickly yeah. I think that the sounds is useful. Thank you.

Ginevra: We can talk about the technical part. You said before that you didn't have a technical problems, right?

T3: Yeah.

Ginevra: And uh, which kind of, do you use the to to hear the sonification headphones, speaker,

T3: I used earphones.

Ginevra: Yeah. Okay. We a wireless or. not?

T3: Wired

Ginevra: Okay. And then the space around you was noisy or just quiet. You work with other people or alone in the room?

T3: It's mostly quiet because I work in an office environment everybody is doing their own work.

Sara: Do you use to have headphones on or did you put them on Only for the experiment.

T3: Oh, it's, um, I always use my earphones. Oh, okay. To Keep out additional noise if someone is talking. It helps me feel like in my zone, so it makes me feel like I can focus on my work. Yeah. Yeah. Sara: Many times I have the HP on with no music. People think I'm listening to music. I'm actually not it's just for sheltering myself. So you were not listening to music

T3: On some occasions I'm listening to music. Usually I listen to to pop songs or instrumentals. But um, for all of the sound [of the sonification] it was very distinct and loud enough.

Ginevra: OK. Sara if for you is ok we can start talking about the training and we want to ask you if information on the website, uh, explain the project appropriately.

T3: Yes, I think so.

Ginevra: Before this, before starting the test, you were, you, you know a little bit about the project and you understood why and how we wanted to use the sound, this kind of information?

T3: Yeah. It was too.

Ginevra: Okay. And uh, the, are the sound keys useful to understand better the unification meanings.

T3: Oh yeah. Okay.

Sara: The, yeah. The single sounds on the, on the web page

T3: The sound check, yes

T3: No, not the sound check, the Sounds keys that in the project page, the sound we provide you to, uh, distinguish district.

T3: Oh yes, yes. Yeah. Okay. On the website, right? Yeah. Yeah.

Sara: Did you, if I may add, did you, uh, do you do go back to these sounds, individual sounds during the testing? I don't know to check the district or to remember details or you just listened to them at the beginning and then that was it as a personal strategy, I will say

T3: I have to go back to them.

Sara: Oh, you did go back to them

T3: I think, every morning is always a bit difficult. Uh, when I first hear the sound checks at 10am, then I have to go back to the sounds and play again. Yeah, yeah, yeah, to check which district it is.

Sara: It's like starting from fresh. I mean fresh every morning then.

Yeah, assuming that you would, uh, of course the purpose of this experiment is also for us to choose the best option and we'll move on with that and do, you know, adjust, adjust the prototype and run other tests and so on and so forth. So at the end did, if the final product, so to speak, should be always with the same sound. So probably day after day you, you'll get acquainted with the sounds and, and finally you learn them. But uh, but we will have to test this too, but with different sounds, of course everyday is like starting starting a completely new thing.

T3: Between 10 and 11 I always had to go back and check.

Sara: Yeah. Okay.

Ginevra: Okay. And so, um, how about the district identification? Uh, you, uh, you already explain how you used them, the key sound, but uh, how much do you think the, uh, the districts were, um, were clear to define and understand the difference between these districts .

T3: Actually for some of the scenarios is quite difficult

Ginevra: you, you can, you remember the number of the order of the scenario you're talking about.

T3: I only know that one is very clear to me, I think is 2A.

Sara: We actually have a file with your results. Yes. That we can send over to you with a, with a recap of your results. So you can, we can have a look together now. I will say that you did pretty well.

Ginevra: I send it here in the conversation.

Sara: Um, maybe from looking at it you can by looking at it, you can, you can remember which was the scenario

Ginevra: They are not ordered by the order you followed in the test, but I divided A and B. okay. Yeah. But the sequence on the website where we're different to this one in the, in the file for the results because here we gathered together by scenario, so we have 1A, 1B that were the one with the length and the 2 A and 2B that were the, the, the amplitude scenarios.

T3: Oh let me check, So for Week 1 Day 1 is sound key 1A right?

Ginevra: Yeah, the first day was 1A,. And then the first week was also 2B.

T3: Yeah, that's correct.

Ginevra: Okay. Have you opened the results from the link share with you?

T3: Yes I opened

Ginevra: So on the left you can see the, the number, uh, that refer to the system, the number we used it to build the sonification So the true part and on the right you can see your answer. Yeah. And uh, we think that you detected most of the anomaly in, in the right way. I mean you can see from the results that you understood well both the scenarios, but you, um, which kind of scenario you were talking about before.

T3: Oh that was hard to distinguish that is?

Ginevra: Maybe use the website. The last page I created during the last week, where you can hear again the scenario to remember which sound go with which name

T3: Okay.

Sara: But yes. The one with the most difficult distinction between districts

T3: i think that 1B is very hard to distinguish .

Ginevra: 1B yeah. Okay. Oh,

Ginevra: okay. And do you think the request to distinguish these districts were too much ambitious? Maybe you need more training or you think it's not possible to do in the real context? I don't know.

T3: I think with more training I will improving it, but it's definitely a bit difficult. And I wonder whether people who are told deaf, they might find it difficult

Sara: Yeah, yeah, yeah, yeah. That depends also on the design of the sounds. That's why, for example, already choosing between tuned sounds like the piano sounds you have in the option A and noise is gonna be very important to us because there are, there are different theories here and different. Uh, the literature says is various things. Sometimes distinguishing instruments is easier even if you are tone deaf and some other times noise is better. It really depends on the context and how they sound. Um, behaves. So. But of course it was a doubt we had too. That's why basically we propose to both, uh, options. Um, and another thing that is very important to us that maybe you can elaborate on it, is that in principle the the ability to distinguish the districts is not totally necessary for us because the idea is that once you hear the alert, you go on a visual interface where there is a map. So a geographical representation of their districts and you will have some other cues to, to...That highlight the district with anomalies. Um, but what, what, what we are trying to see here, if that's useful to be pre alerted on the district.

T3: I see. Okay. Yeah, that makes sense.

Sara: So, so that was the spirit a little bit. So we wondered whether asking you to distinguish the district was too ambitious because we thought it would have been challenging for us to0, uh, but I must say that, uh, that you guys did pretty well much beyond the expectations, right? Yeah. So it looks at it's not so difficult after all. I mean even in that scenario 1B that you said, you say you had more difficulties, you actually did it really well. So Ginevra: just one question about the results in a scenario 1A because it, you start interpreting 1 like 0 probably, I mean you the one that the system was a without Anomalies or am I wrong? Because after that I saw that you used zero, but in the first one you, uh, either in the answers in the excel table you, um, say that a number of districts with anomalies with zero for the last sonification that you say that the system report anomaly level 1 But, uh, let me say you used 1 instead of 0?

T3: I think there might be some inconsistency...because for day2 I put not applicable and not 0.

Ginevra: Yeah. Okay. Okay.

Sara: Yeah, yeah, I saw it. We just wondered whether you thought that every time there is a sound that is an anomaly.

T3: Oh No, no.

Sara: Okay. Because that happened before. So that's why we are asking.

Ginevra: Okay. And then you can describe a little bit deeper, your main occupation during the experiments days uh, you talked already about your sound occupation. I mean sometimes you hear music or use headphones, but about the visual occupation, did you use use computer or maybe you read the paper or do some experiment? I don't know which kind of occupation did you.

T3: Yeah, sure. So I was coding, mainly coding so I had to troubleshoot also read articles online for my troubleshooting. I did read a paper as well. I think that's about it. So either I was reading a paper or I was coding

Sara: and then you left for a couple of meetings right now? No, no lunch break. Okay.

Ginevra: And um, you talked about to this scenario that was more difficult to understand in our opinion. And what about, uh, any particular scenarios that you prefer or you liked more than others?

T3: So I liked 2A the best.

Ginevra: Also because it was the easier to understand for you or is something different?

T3: I think it is easy to distinguish

Ginevra: and was any of the sounds you heard particularly meaningful based on your personal experience? If some of them stimulated some physical reaction or emotion in you? Like peace, anxiety, happiness. I don't know, other kinds of emotion.

T3: Oh, only scenario for scenario 2A I like the sounds, it made me me feel happy. Yeah. But for the one on, wait for week 2 day 1.

Yeah, the sounds..let me check

Ginevra: the first day of the week2 was 1B.

T3: I didn't like the sounds, it made me feel how do I describe, very

alerted, almost frightened. lot That was the only scenario I was not comfortable with.

Ginevra: Okay.

T3: Yeah.

Ginevra: Okay. And, and would you use different sound, I mean during the tests maybe you thought about some particular sounds you like or you prefer or would you like to hear instead of the others?

T3: Sorry, I don't quite understand your question.

Ginevra: If you, during the test maybe you thought about some sounds that based on your personal life or personal music you like, I don't know that you would like to hear instead of the sound we used or maybe you can suggest different kind of sound to use

T3: Nothing much came to my mind during the experiment.

Ginevra: Okay. Yeah.

T3: but maybe Instruments like guitar chords or something would be nice

T3: Yeah, it was about to say, because you said you, you listen to pop instrumental, right? So you, you, uh, you are skilled in that sense with different instruments. So I was wondering, but you already said it, good.

Ginevra: And we can talk about the sound structure Sara if you don't have...

Sara: Yep.

Ginevra: About to the duration of single sonification If they were appropriate for you or not, I mean each sonification, were based on 10 seconds repeated for three times for a total of 30 seconds. Do you think the duration was enough? Also, the number of repetition was enough or maybe you need some more or less time to understand better the sonification

T3: I think is enough for me to detect whether there's anomaly and go check on the Scada. Oh, but if I want to, one to distinguish about what districts Maybe more repetitions would be good, maybe four or five. Depending on the goal.

Ginevra: You are in your expert on water management.I read, So what do you think about the rate of this sonification? Because we use the data that comes from a sensor and a, uh, every hour. So we based a certification on these data. And because of that you have a sonification, uh, every hour. Do you think this kind of timestamp was appropriate or do you think that are required more frequently or maybe could be enough for one every two hour? I don't know.

T3: ACTually I'm not really an expert in water management, but I did have experience working with the test bed, so I would, the frequency should be tied to how, how important is to be alerted to the attack fast enough. So for example, um, what amount of time is needed for the tank to overflowand inflict damage on the plan? If it takes about 30 minutes then maybe the frequency should be 30 minutes so that you can find out before there is real damage to the plant.

Ginevra: Okay. So you already said the scenario you found more intuitively understandable and the one you prefer. Um, I don't know if you have any kind of comments or feedback that you want to share with us.

Sara: On the scenarios you mean or in general?

T3: Let me listen to the sounds again. If I were to combine the scenarios, I would say that 2B is to easier for me to distinguish than 1A, yeah. And a 2A is the best for me to distinguish and 1B is the least. Yeah. Other than that, I don't have anything to comment.

Ginevra: Okay. And would you personally be willing to use the sonification you tested it your the real world activity?

T3: Yeah. If the sounds are not like scenario 1B I would be.

Sara: So if I can, just a little thing. Uh, so you, you think that the, this sounds that appealed more to your taste to you were also the easiest signal to understand. Did I get it right? Yes. So the two things go together somehow. Efficiency and, and a personal, positive positive feeling towards the sounds. Okay, good. That will, just to clarify, good. Awesome, I don't know. Ginevra, do you have any other.

Ginevra: No, I think we have all the answers we planned so we can finish. Thank you for your answer and those for taking the test.

Sara: Keep you posted on what happens with this idea. Okay, thanks and good luck for everything.

T3: Thank you!

## T4

Sara: It's okay. I stopped it too. I couldn't just it. Okay. Okay. Let's go.

Ginevra: We started, we start talking about the real context. So the first question is if the sound was always audible when you did the test ...

T4: Yes, yes

Ginevra: Ok, and was the information covered through the sound, easy to understand in your opinion?

T4: Um, so I like the, I was able to understand the sound, but I prefer the one with a pitch with a high end low with a musical notes rather than the one with a noise and the frequency. So you have, four configurations right, uh, whether the anomalies is shown with a frequency or with the length. Um, I think the one with that length is easier to understand then with a frequency and when they use either diff... And you distinguish the districts by either the pitch of the sounds, so it's high and low or the different types of sound. Uh, so I prefer using the pitch than the type (frequency), so, so I remember you have a four different types, right? One is... let me open one is... Okay. So I labeled the five types roughly as foot stamping, mouse squeaking typewriter, dart and house hoof, in order to distinguish the five districts. But it's not easy using the pitch is easier.

Sara: This labelling was very interesting.

T4: I think some, some people may be tone deaf so they might be fun with noise rather than a pitch.

Sara: Okay. I Just wanted to comment that because we are nearly at the end of our interviews. So each of you used a slightly different strategy and, uh, when it comes to what worked best in our analyses of your results and what is the one that you preferred, it's not always consistent. So it's quite, um, quite interesting to see the difference. So it looks that something, one thing is something that you like and makes you feel good when you hear it during the real working day.

And another thing is how you actually understand it.

T4: Do you also see that myself or of my friends get better through time, as in they do in the fourth tasks and the first task

Sara: Eh, yes, yes, yes. We commented this of... the ideal of getting familiar with the system as well. Yeah.

T4: Yeah

Sara: Definitely. Yeah. And we have our question in fact on the length of training and how you feel, you, you would need more time if you feel you would need more time. Okay.

Ginevra: Okay. Maybe we... remembering that the sonification in our project doesn't want to stand for the visual interface. So the project wants to communicate the first level of information, while the analyst is working and then if some problems is occurring, he can focus on the visual interface to go deeper with the, with the anomalies on the problem... Considering that, do you think the idea of sound could be useful in the real context?

T4: Uh, so in general I think, guess, yeah. So using sound, it was quite obvious to detect anomalies versus regular, but to go to the second level, what kind of anomaly in, in this particular question, which district? It becomes tricky. Um, because, uh, it's not always clear to distinguish between the sound, for example, the type writer versus the other foot stamping for example. Um, and the judgment of the severity of the anomaly is also quite subjective. Uh, so if, if you use the length for example, then it can be a little bit more straightforward. I can say: "Okay. 10 seconds means a 9 to 10 seconds means a severity five and a six and a six to seven seconds is severity.. A seven to eight is four. One, two, two is one to two threes, two" for example. Uh, but, but to do that I had to do the counting, uh, which is not always correct, accurate and it's a lot harder with the frequency. Uh, so, so for the frequency it's, it's, it's a lot harder though to say, okay, this is a hundred beat per minute. This is 90 beet per minute. So it's so it's, so it's very hard to, it's harder to say which kind of severity it is in a, in a particular sound. Sara: Yes. Actually from the design perspective and the planning of the, of the mapping, let's say between data and sound, we did not use any predetermined level of severity. So this question was also to see whether they use their fears. There is a different level and how these different level is labeled.

T4: Yeah. So it's very subjective.

Sara: Yes, it has this definitely this... We would expect that it has this component because there is no real severity level embedded in the

design of the experience. We just take the data as they arrive. So it's a sort of post event judgment if you, if you will. Uh, what, what was interesting for us is to understand whether with time the, the operator that uses the system every day can develop their knowledge of the sound that tell them, oh, now I have to go and look at the visual map or no, that's fine because you know, previous time I heard this type of sound, nothing was really going on. So as you say, a subjective strategy, as long as it's clear if there is an anomaly or not. So how important it is to distinguish the districts and to distinguish the anomaly level for us, it's still a question mark too. So this... first round of experiments was really to gage some, some knowledge on whether it is relevant or not. In my, it might not be after all because you always will have the visual support for that. That probably has more value, right? Then the sound.

Ginevra: Yeah. The next question is about the problem in your opinion could emerge, but I don't know, maybe you already mentioned it with the, with this answer. I don't know if you have other problems that could emerge that you want to add to this...

T4: So for the first three tests, I did the tests at home, so I put on the speaker and I didn't have to worry about remembering the time. So when it comes to the hour, the sound would just play. But on the last test I did it in the office and I was using headphones, so there was one time slot when I forgot to put on the headphone. So this could be relevant to the actual users case, right. When they have to remember when to listen to the sound.

Sara: You don't use to wear headphones at work, you don't listen to your music or keep headphones on? Normally?

T4: No, I don't normally keep headphones on and even if I do it just for one or two hours, not the whole day.

New Speaker: [noise]

Ginevra: Any particular issue you encountered with the interface? or website didn't load or...?

T4: No, I use Firefox and everything was ok.

Ginevra: Other different problem, or technical problem?

T4: No, I didn't have any technical problems at all.

Ginevra: Okay. About the space around you when you did the test there was, it was noisy or, oh, how can you describe the space around you?

T4: Relatively quiet.

Ginevra: There are people around you usually when you work?

T4: So the first three, I did at home, so I was alone and then the last test it was in the office, so there are people around, but I used the headphones, for the test, so I didn't have any problem listening to the sound except the one time that I forgot to put it on. When, when I was supposed to

Ginevra: And about the training, do you think the training was sufficient? Do you think the information on the website explained the project appropriately?

T4: Um, well actually it would be better if, uh, I go through some supervised learning first, right? If I, if I was given a training set and say, okay, this is the sound and, and this is districts two and three that's abnormal. Because what, what, what I went through this, uh, that's completely untrained. Okay. I know this is the five sounds, but I've never heard the five of them together in the whole ten seconds. And I, I never, there was never any, there was, there wasn't a feedback in the training period period that's have made, okay, this is district two and this is this a three for example. So all I had was the five separate sounds, right? Yeah. So if this was to be deployed in an actual water system, the operators, we need much more thorough training. They need to listen to all the five sounds together. They need to receive feedback when their classification fits (?). Right. And then this could take a few days, I don't know, maybe a week, maybe two weeks. And then after that, can you trust them with the real life situation.

Ginevra: So you mean like a demo of the real sound? Not just this sound keys that you could hear from the website but the soundtrack that plays altogether the district sounds.

T4: The five south keys are definitely not sufficient

Ginevra: About these sound keys. Uh, how did you use them? I mean you heard them for the first time from the website and then you came back to the sound keys during the test or you just heard them one time?

T4: Every hour after listening to the test sound, I went back to the sound keys and played the sound keys to verify that. Okay. This is really district two, for example.

Ginevra: Remembering what Sara said before about the district

identification that is not the first purpose of the project. Do you think the district identification is too much... is a request too much ambitious, or do you think that maybe with more training and focusing on the sounds you suggest us, would be easier?

T4: Okay. Um, if the, if the purpose of the test is just to identify abnormally versus regular and then you have a visual verification after that, then this is sufficient. As an operator, I would just every hour listen to the sound. If I detect something irregular, I would come to the visual and, and can check.. for this purpose I think this is sufficient. Um, if, if we need to identify the district and the severity, then I definitely think that more training is needed and um, not just that I think, uh, you need to do certain experiments, this kind of experiments to show which kind of mapping is better. But I think you're already planning that. Yeah.

Sara: If I can comment, yes. We are planning also... where you have done Ginevra...

Ginevra: Are you talking about the district identification? We can say... I don't know if what you want to say, but this is out first... You can continue Sara...

Sara: I would just want it to, to say that yes we are planning also more... statistical relevant. Okay. That I mean with much more many more users. But these first round was really focused on identifying critical aspects of design prototypes. So we can also choose, I mean from this four alternatives should emerge one that we move forward. [inaudible] all your feedback through the final prototype, let's say.

T4: Yes, yes, yes.

Sara: Just if you give me a second, I will go back to the main um, network of the house because I managed to move from to the main room. So I'm not using my hotspot. If you don't mind, I will disconnect just for a second.

T4: Okay.

Ginevra: Okay. If for you is ok, we can talk about your main occupation during the experiments days. We are interested in your visual and the sound occupation. I mean how the visual and the sound channel were occupied and which kind of work you were doing or...

T4: So I was mostly doing programming.

Ginevra: Okay. So using computer, right?

T4: Yes. Most of the time during the test I was doing programming. And for the first three day I let the computer speaker play the sound. So I opened a Firefox as a separate window and just made it stay there and it would play through uh, the uh, computer sound. The computer speaker on the fourth day I use a laptop. So I used the headphones. I was mostly programming all the time.

Ginevra: About the sounds you like more... you already said the one you prefer and then maybe we can share with you the results. I mean...

T4: Yes I'm curios...

Ginevra: I think this is the right conversation. Let me know if you, if you receive the link on the chat

T4: Okay, got it. Okay. Taking the time to open it now. Yeah. Okay.

Ginevra: Okay. So on the column... there are four column for each of the districts and on the left there are... I say "true" column, that one with the number we used to make these sonifications. And on the right you have your own answer and just for make it clear, we, I have some problem with the number because I saw... Let me know if it's correct, but you didn't put the number of the anomaly level, right? You put the dimension for districts and other information but... I didn't know if you miss... or maybe you didn't.. just write the number T4: 2A, is it the second day?

Ginevra: 2A is the second one of the second week... It's the last one. Probably the one you did at work...

T4: Yes. Uh, yeah, I kind of give it the, yeah, I uh, I give it like a beat, but I didn't, that was for the sec. Let's see. Uh, for the 12 o'clock scenario. I didn't give it, uh, uh, anomaly level and, but the rest I did. Right?

Sara: We see only one in the, that would be the column g in my file of your results and it says, uh, 10:00 AM, zero, 11:00 AM four and then there's nothing else... Maybe I send you the file I'm talking about.

T4: Okay.

Sara: Can I Ginevra? I mean the fire that we received, right?

Ginevra: Yeah, just because I want to help you. No problem.

T4: I just put the file that I have on my computer into the Skype as well.

Ginevra: Okay. I'm opening your fire.

T4: Ah, okay. Okay. So week 2, day 2, the last, the last scenario.

Column G. Yeah. I didn't put, I was, I put it on column J. So I put this anomalies four separate districts. Yeah. But I didn't put a common one for all the districts.

Sara: Okay.

T4: Correct. Yeah. So on column J I put the, the anomaly level for individual districts

Ginevra: You mean with that... You mean the total... the Anomaly level of the whole system, right?

T4: Yes, yes. So on column j should be the whole system and column g should be the whole system. And J should be the individual district yet, but, but it didn't put for g... But this last one. Yeah, sorry.

Sara: No, it was more to understand your, your reasoning.

T4: Uh, I think I just missed it.

Sara: Yeah. Yeah. That's fine. Because otherwise you performed pretty well. Yeah. We feel even comparing the results it seems as scenario 1 that in fact you said it was easier to understand for you. Right. You said it at the, at the beginning, the 2B, um, and this has happened before actually, um, to other people seems could be interpreted in general as a higher level of anomaly. Like, like maybe the, the repeating noise, I don't know, generate some kind of reaction by which you, you think is more anomalous than what it actually is. Yeah.

T4: Yeah.

Sara: I would not say anything else because we have a question actually on that, but other than that, your, your yes, performance was quite... pretty well

Ginevra: Okay. We can speak about what's... Any of the sounds you heard are particularly meaningful for you based maybe on your personal experience or... They stimulate some physical reactions? Emotions?

T4: Yeah. So I, I, I labeled them, so 1A, is a musical note and, uh, 1B is kind of noise, but it's also by the pitch and 2A is definitely, definitely musical note. And 2B, is just noise, uh, with a deaf mute of five different labels, foot stamping and so on. Yeah.

Sara: And, and any of, did any of these sound annoyed you particularly or you thought, oh my God, now this is coming and I don't want to hear it or the other way round, like this is pleasant. I could use it as a background or any comment on this type of considerations? Oh, no, but no.

T4: So I quite like 2A

Sara: Okay.

T4: Like 2A right. And uh, yeah, I think 1B is a little bit annoying. Yeah, I think one B is a bit annoying. I'm replayed that now. 1B is a bit annoying. 1A is okay. I quite like, yeah, I quite like 2A because it is definitively musical notes 2B, it's kind of funny, but it's definitely not my most favorite. So I guess, uh, my favourite will be in, so the other will be first 2A and then... okay. So the, the most favorite will be 2A. The least favorite would be 1B and the other two are kind of similar in the middle.

Ginevra: Okay. And do you think sounds accurately represent the information they means to convey? Or maybe during the test you thought about different sounds that are maybe more appropriately to, to express this kind of related to the context?

T4: Well, not really. I just, I was just trying to associate the key to that district and, uh, I didn't really have any, uh, perception for the keys whether they are appropriate or no, not really. I would just try to associate the key to the district. That's all. Um, and when I say I like them or not, like it's just whether they are pleasant to the ear, not, not because they are appropriate to represent a water district.

Sara: Yeah. Yeah.

Ginevra: About this sound structure, do you think the duration of the single notification was fine, each scenario is about 10 seconds, that are repeated three times.

T4: I think 10 seconds. It's just fine. It's just nice. Uh, it's enough for me to realize that, Okay, there's something going on. So usually because I didn't time the, the timing of the alarm, I usually the first one you just to tell me, okay, I need to listen now. I was doing my code and writing code, and something happened. Okay, I need to listen now. And so then I started listening on a second and then I verified with the third. So I guess, yeah, three times, three repetitions is good. The first one is just telling me that, okay, I need to listen.

Second one, I listen and the third one I verify

Ginevra: And about the rate of the sonifications? Because we used data that comes from the system every hour. So each notification is, the frequency of the repetition is one hour, but do you think, related

with the system, that one hour is okay? Or maybe you need data, more frequently or maybe could enough less

T4: So it depends on the system. So I was actually, I actually worked in a wastewater treatment plant before and for the plant that we had a different kind of system for some systems we just look, we just look every twice a day for example, why must every shift and the more critical system where we look almost constantly and yeah, that, that and that our system where we look every two hours for example. Uh, so it depends on the system. Some system requires more monitoring and some requires less. So I, I, I don't know about distribution system, uh, that, that, that I think that would be a judgment call for people who are more familiar with this kind of system. Um, but if this is a wastewater treatment plant for example, uh, then, um, you, let's say you have a membrane, a filtration system and, and the membrane needs to go through a backwash cycle every half hour, every half an hour. So, um, every half an hour, you need to check that. Okay. The backwash did happen. If it doesn't, if it doesn't happen, then when something wrong, it's wrong with the control. Um, then, but then they are, oh, other system, uh, where it is monitored constantly by the computer. And if there is something out of range, the computer will pop out and an alarm. So, so, so we know that we don't have to look at the system all the time and we just go in every shift to record the value at the beginning of the shift. So this will, this will be a check twice a day.

Sara: Oh, okay.

T4: Yeah. So these are examples. So, so in an actual wastewater treatment plant, uh, operate those, we look at different subsystems at different frequencies,

Sara: but still their main task will be to monitor operations, right? I mean to come to make sure everything is working fine, but of course a different, uh, um, with different frequencies or of the control and different, let's say, I guess levels of possible of, of emergency or what can happen. But that would be one person dedicated to this.

T4: Okay. Uh, yeah, so actually in, in the plant that I worked, uh, we have three different, uh, so the whole plant is separate into three different main systems and we have one one operator for each system. So we have three operators each of them looking at one big part of the plan. And then in each part they look at different components at different frequencies.

Sara: Okay.

T4: Yeah. So, so, so this will depends on the actual system that, that you launch.

Sara: Yes. Yeah, yeah, sure. And because this is, is, is shown of as a, as, um, as an alert system specifically for cybersecurity and cyber attacks. And of course that will be also a matter of how fast can an attack evolve and become dangerous. Yeah, I'd ask them if there will be a dedicated operator. Of course, the assumption here is that a cyber security, uh, detection algorithm, I mean an anomaly detection dedicated to cyber security will be installed on top of the routine operations of, of control over the system. So I guess that would be also I metro of seeing how fast this can then they generate or escalate.

T4: Yeah.

Ginevra: Okay. And you mentioned the scenario you preferred, what, which would be the relation between the scenario you prefer with the one you considered more intuitive? I mean the... How do you think... the one you preferred could be the one that you consider more intuitive also looking at the results.

T4: Hmm. Well... intuitively something normal would be nice to hear something abnormal will be difficult to hear, but, uh, but I think it would be difficult to have a mapping, a mathematical mapping from the plant to this kind of subjective friendliness. So I think that all all four sound keys, um, uh, again, I didn't associate the keys to any meaning, whether they make sense. I know I just tried to associate the keys on the districts.

Sara: Hmm. So, so you're saying that maybe a solution could be then a sound is, is actually unpleasant when there is a danger and very pleasant when you don't have to worry about it. So it sounds worrying in a way.

T4: Yeah. Yeah. I mean, I do. Ideally, maybe that would be good, but I don't know whether it's doable, but I think the current... the currently order for different mappings, was fine, I think, as long as you can distinguish within the four within the five districts and you can have a greater distinguished the anomalies I think with, um, with training people would be able to do better.

Ginevra: I do not know if you have other thing to add... the other

thing or maybe you add other considerations...

T4: Yeah. Uh, so I noticed that in all four best, the first one and the last one is always regular. Uh, it's kind of, I mean maybe it is better if you randomize this

Sara: Yes.

T4: Oh, I mean, after, after the first test, I already know that. Okay. The first one, the regular, the last one here regularly and, and yeah, so I think, yeah, I think it's better to randomize, put the, put the regular one everywhere.

Ginevra: Okay. Just because when we selected data to make the sonification, we tried to, uh, represent, uh, a situation that could be real. I mean, on that we have a normal system, then it happened, some, some anomalies and the level became higher. And then came back to the normal situation. So we tried to do present them. But, uh, yes. Um, probably what you are saying about the first and the last one is real and correct.

Sara: Yeah. Basically we didn't want to mess around too much with data because we use real data or at least data from the work of Stefano and Riccardo and their algorithm and we said, because many of you have a competence in this field. If the data are really random, you will, you will find it inconsistent and these might distract from the main task, which was the sound because you you can think, oh, what, but the system cannot actually be behaving this way, right. Because we don't have the competence to judge what is, what is realistic or not. We basically stuck to the existing data.

T4: I understand. I see.

Sara: Yes. In terms of experimental design, yeah. This is certainly an interesting point for future tests. Okay. And one more quick question, maybe the 10.

Ginevra: Yes, if you are willing to use the sonification you tested in the real world activity

T4: Uh, so if, if it is only based to detect anomaly, then yes. If it is to, uh, detect district and the level, then yes with more training. Yeah.

Sara: Okay. Do you see it, um, realistic in a, in a real plan since you have this experience and expertise that not everybody has Of course.

T4: Well, in the real, in a real plant, we never trust just the computer. We will always go to the actual location and see what's happening.

Sara: Okay. Oh, okay.

T4: So even if we have the Scada system and, and we see something abnormal on Scada, we would, we would, we never just trust just Scada. We've always asked somebody on the site to go there and verify. So that's what we did. That's what we did in, in my plans previously. We always radio, hey, I see an abnormal level in this tank. Can you go and see?

Sara: Yeah. Okay. Okay. Um, well I guess it's an evolving situation, these on cybersecurity, because what we were discussing with, Stefano e Riccardo in the past weeks has also been that sometimes... where the computer can help is that may be the, the concrete result is the concrete, the visible problem is that there is something with a tank. But if the attack is not there, it's somewhere else and it is affecting the tank. Yes. So this cross check of information could be, could give additional information in this in the sense but of course...

T4: Yeah. And also my experience is with a wastewater treatment plants is a contained environment we have operators on the field all the time. But if you're talking about what the distribution district, uh, you may not have guys, you may not have people on the field on the time and it might take one hour or two for you to call your technician to go from one place to another. So, so, so in that kind of system, maybe you can't do what I did in my plant previously. So you may have to rely more on computers. So in this case the alarm, the accuracy of the alarm become more important.

Sara: Yes.

T4: But as operators, we are trained to always as far as possible, always see the physical location, before... doing anything critical. Yeah. We, we, we don't trust computers.

Sara: Yeah. Good, good. I think that's wise

T4: So sometimes, for critical locations we install cameras and so on, so we can send a guy there, we can, we can look at the CCTV and see what's happening. But again, cameras can be hacked.

Sara: Yes.

T4: So our preference is, or as operators, our preference is always to be physical.

Sara: Right. Interesting. Okay. Thanks.

T4: Oh, my pleasure.

Sara: Okay. Ginevra you...

Ginevra: We have finished our questions...

Sara: Thank you for your help.

T4: Oh, my pleasure. It's just fun. Thank you for sharing the results. I know how I did it. Okay. It's kind of Nice too. Then this is a kind of feedback there that I asked for. So when, when for the real life operators, they should do this. They, they, they, they, they, they do that detection listening and detection for one week and at the end of the week they, they get their feedback and then they repeat the next week and they get another feedback. You do that a few times and then I think they will be more confident.

Sara: Yes, yes, definitely. Definitely. Because these scenarios where all different, um, we didn't do that on purpose, not to give an advantage on the understanding of the next scenario. That new with this idea. So of course the first one is going to be the more difficult and then once you have the feedbacks, then the last one, even if the strategy is different, will be easier to understand. So we would have had the problems in comparing the results.

T4: Yeah, yeah, yeah. ...doing a lot of experiments in the real life, right. In Real, you want, you want the act that, that a person would be better. But in lab experience you want them to be equally not as good throughout the, throughout the all experiment. Yeah.

Sara: Okay. Thanks. Thanks a lot.

T4: You're welcome. Very welcome.

Sara: We'll keep you updated... updated on what happens with this project then.

T4: Yes, sure. If, if you have a paper, I would love to read.

Sara: Yeah. We aim at that. Great. So, Yep. We talk in the future.

Thank you.

Ginevra: Bye, thank you

T4: Bye bye

## T5

Sara: Okay, thanks. Shall we start? Maybe we go through our questions slightly more detailed to them the form I sent you and basically you replied to to everything but maybe we keep it as a truck so we have consistency with the other interviews and then we can go through your results. We have a file with a summary of your performance.

T5: Sure is about my performance because I also tried to tell you in my writing that, so I was, I never felt that I was confident with what I'm writing now taking in terms of my recourse after hearing the sounds right? Yeah.

Sara: Well certainly we, we were not confident either. We will, we would have understood. I mean we designed, the system but then there were moments we were listening to it and thinking well what do we understand? That's an interesting feedback. Okay. So I switched the camera off. Maybe...

Ginevra: Yeah, when, when you are ready we can start

T5: Sure. Okay.

Ginevra: And maybe like the form we shared with you, we can start talking about the real work context. I mean do you think the information covered by a sound were easy to understand?

T5: You mean the explanations in the right side for entire project and the test

Ginevra: That, that information later. I mean they kind of information we tried to sonified. Do you think that they are... it is possible to understand them from the sound? Could be a good idea to communicate them with the sound?

T5: Okay. I just got a, what I believe is that you sometimes it's really hard, but it is, it's easy to tell where there is an anomaly than its is severity, because um, the duration is different, right? So the longer the duration we can understand, I mean the longer, the more severe the anomaly, right? So, uh, I would say that, okay. It is sometimes easy to say whether there is not, there are some problems with the system, but it is hard to say which districts are and the level, I mean to distinguish the level for each, uh, each district. So it is sometimes hard. But I believe this also depends on the sounds for example...

Some songs are quite, I mean, relatively better than the others. For example, let me check. So yeah, 1A 2A and 2B, I believe these are relatively easy to hear and to judge compared to 2A Yeah.

Sara: Okay. Yeah. Actually the goal of this, at least one of the main goals. So this experiment was to choose the prototype to, to bring forward in terms of the design of sounds also. Yeah, yeah, yeah. We tried to give different options, so we could gage which sound why might work with better with these particular data and these particular strategy that we used to map data to information to sound. So Yep. Ginevra: From your previously answered, um, I just want to specify that, like you suggested this unification doesn't want to work instead of the visual interface. I mean, the goal of sonification is to give a first level of information to the analyst. In this way he can understand if this system has anomalies or is in normal state status. And then if he see that, if he heard that there are some anomalies or any problems, he can focus on these problems using the visual interface. So the, the idea include also the visual part. Maybe was not clear.

T5: Awesome. This part, right?

Ginevra: Yeah, yeah. This experiment was like, works like a first step. Just to understand which kind of sound works better. But then the sound, we would like to, um, add these sonification to the maps of the, of the system to make the analysts, um, to make possible for the analysts go deep with the analysis if he recognize some anomalies.

T5: Yeah I understood that, but, do I miss a questions or do you have a question related with?

Ginevra: No, no, we just want ask you if you would think there are some problems that could emerge in the real context using this kind of sonifications

Sara: Did you always, um, eh hear the sound or did you miss any because it was too...

T5: Yes

Sara: Ah okay, good.

T5: No, it's a, it's at beginning. You know, that I had some problems with chrome settings, right. So once it is solved... Alessandro helped me for this for this and then I didn't have any problems so I could hear all the sounds. So I think no problem with that.

Sara: Okay. Okay. So you, you think that... we will ask you more about your, the context in which you took the experiments, but do you, would you be able to image in this unification in, in a real contexts, like in a operating in a control room over a water plant, for example. So from the technical point of view or they intrusion or the sound in your routine, was it fine or you can foresee major problems there?

T5: Uh, actually I don't see any problems because I also believe that in any area they use, that's... I mean sounds to alarm people for emergency cases, right, I believe sound... I mean it's useful to have it, but sometimes I make, I would repeat this example, so in here people keep testing fire alarm. Okay. So we keep listening it be annoying to... it is a test right, after while you were... I mean, after a while you just don't interpret if it is a test or an emergency or whatever it is you just ignore it. So that's kind of situations might happen. This is one concern I'm seeing. These kind of things can get..you know. Um, maybe I'm, for example, you can put some rules saying that the sound can appear, once the emergency case is, I mean it in a high situation, let's say anomaly, is severe, right? So but, I don't know maybe such cases. So maybe not all the time hearing sounds but only emergency cases. But of course I have another concern with that because when you do this and then the controller doesn't hear anything, then he might think that everything is regular, but he may not understand whether the system is working properly or not. So I don't know. I mean these are the challenges that I can think of, but I don't have solutions of course for now, but I still, that sounds really hard to get. Um, I mean to let people know that there is itregular situation into system safe. Yeah, it's helpful.

Sara: Thanks. Great. Yes, all these considerations, I think that will be the answer to these points that you're raising will make the difference between a successful sonification and one that is not successful. So it's all these details that have to be refined through, through iterating the prototype. Basically. I believe we thought of values options. What we were trying to do here is precisely not to work with an alarm on off like the, the, the fire alarm triggers when the fire is already there. Right. And then it does the on off alarm. Either you hear it or your day's full alarm or no one arm. So the, the idea of differentiating levels of alert is to see whether we time the operator can understand where the is really something that he has to follow up or it is something that he or she can just ignore for now.

/: [alarm]

Sara: Yeah. Awesome. So we have it recorded in the interview what you meant.

T5: You should find a way to get it --

T5: Okay. So now back to your question. So I understand that it is a continuous monitoring of the system states, right? Yeah. And it's still, I believe I just don't get one point. So you said that it is not an on or off situation. So I can, I think that for example, in the morning, right, we set alarms to just make up. So it is sometimes very annoying and before it even starts to ring, so we just turn it off. Right. So I think I understand that in yours situations. Sound, I mean do operator, will not have control on whether the sound is there or not this is, what I understand. Yeah. Okay. So it means that, uh, for some certain periods of time the operator will hear sounds indicates the system status in that case what, I believe is that choosing right sound is very important, which you already consider actually. Right. So because some noises makes might make someone very nervous. For example, in your 2A (1B?) Scenario, right. It was really hard to listen that noise. So this annoying it makes me nervous. I just want it to end, and yeah, I didn't know. I mean, I just tried to say that I mean, choosing right noise might help you to make users to be a willing to use it. Yeah, yeah, yeah. Yes, yes, yes. It also depends on the user. So it's not a... it's personal sometimes I am. Maybe you might have some options or choices for difference. I mean, I don't know. Yeah. Sara: Yes. Okay. Thank you. One of these is very, very, relevant for us. So thanks. Yeah.

Ginevra: Yeah, we can go the technical part. And, did you have, uh, uh, some particular problem with the interface? Uh, yes. The one you mentioned before that...

Sara: Yeah. Yeah. Those with Alessandro.

Ginevra: Did you, you done the test? I mean, which kind of tools you used... The headphone with a wireless or maybe speakers or anything else?

T5: Okay. Um, so sometimes I'm really... I can be very unlucky, so I while I was doing I mean, my test, I only end up being that happened.... In the building I got some construction noises, so I just wanted to get rid of them, not just to hear, I, I use my hear phone all the time, not just to get rid off. I mean, sorry, not just to listen the sound, but also get it off outside, I mean the noises outside. So during this I kept my headphones on so it also helped me to get that a clear sounds right. So, yeah, I can, I just use my headphone.

Ginevra: Okay. And, you mentioned the training before and do you think the information on the website, were... Explaining the project appropriately?

T5: Yes, I believe so. I really like to read it, because before that, I mean I didn't have much detailed information about data sonification. I just know that people use sounds to just get alarm for something. Right. I just, I mean it's nice to know about it. I mean it's, I mean the information are very good and relevant and explanations about the test and also the key sound. Right? These are all have, I mean help me quite much I didn't need to the ask you further questions for example. Yeah

Ginevra: Got It. Okay. So, so the key, the sound-keys were useful to understand the sounds right?

T5: Yes, yes it did actually.

Sara: Did you go, did you listen to the sound keys during the experiment as well? I mean, did you go back to...

T5: Yeah, sometimes I just, since I forgot easily, I am, I mean consult these keys. I mean, it sounds key. So sometimes, okay, before, this sounds came and sometimes for example, after hearing sound, I made some decisions about the anomaly, but later after recording my, I mean judgments than I at listen to key sound again, to be sure about what I'm using right or not.

Ginevra: Okay. And um, how much do you think... About the district identification? How much do you think you can understand the district, the distinction between districts or were the request too much ambitious or maybe you think more training, uh, could enough to, to make it possible in the near future.

T5: Yeah, I believe that. I mean, first training is required but um, this training is actually, but I mean with this training is just using the system more so in a real application. Right. Um, the users need, for example, I believe the users need to hear the sound for longer time, not just one day, but maybe more. And after hearing this sound right, I just go back to a key. Sorry, I sounds key, right. It would be nice to know whether I mean right after hearing it and making your judgment or decision, whatever. So knowing what the decision is right or wrong might help us to learn faster. I just keep hearing but without any feedback.

Sara: Yes, yes. Of course, true. That's a very good point because,

in our final product, but this is an assumption that we knew before, but you didn't because we are imagining imagining it coupled with the visual feedback. Yeah. Then you know it, if you are really in a real situation after you, you would know if you skipped a, a real emergency in this case for a negative, I mean that there might be some more, some more serious development, uh, in time or you might validate that it was not so serious because you get alerted. You ever look at the, at the visual map, at the Scada, whatever it is, you realize that nothing serious is really going on. So this back and forth with a visual, for example, that of course you didn't hear it. T5: So for a real user there will be a feedback of this system real situation. Right? So in that case they might learn faster. And since they using it, they will be using it repetitively. So they will, get... Specialize on it. I mean, yeah.

Sara: Yeah. Okay. Thanks.

Ginevra: Thank you. Can you briefly describe your main occupation during the experiment days? I do not know, maybe you were reading documents, paper or coding or... there are other people around you just talked with them, how your visual and the sound channel were occupied by other, other stuff to do.

T5: Okay. So I planned my test days according to considering that I don't have meetings or something. So during the test, during testing I was always in front of the computer and reading, coding and this stuff. Nothing more. But one time I wanted to meet a friend and in that case I just hear the sound leave the room and come back in an hour. So listen to sound again. So did that. So I knew every hour there will be a sound. So I kept scheduling my routines as well sometimes, but not always. Other than these I, I kept being in front of computer and reading and yeah, and stuff. Does it explained enough?

Ginevra: Yeah, of course. Do you have the sonification that you like more than others and this sound you like more than others independently from any other consideration? I mean, you can say also that your favorite sound is the one that you understood less than others.

T5: Okay. I guess it is 2A, okay, so let me repeat this one. 1A, 2A and 2B. These are relatively easy because the sound sounds are bit more distinct from each other. So I believe these are relative easy to judge, but my favourite is 2A, because I think it's nice to hear that as well. Not just, I mean, not just to distinguish it, but it didn't make me uncomfortable or I, yeah.

Ginevra: Okay.

Sara: And the words 1B. No doubt.

T5: Yeah. I really did not like it, that happened one time that I wasn't really focused on my work than it was time to train, so I start shaking. I mean I'm, it was a severe one and so it doesn't stop for a severing. I couldn't listen and carefully and analyze what is going on there. So I just wanted to stop.

Sara: Good. Good. That is quite a clear reaction. Yeah.

Ginevra: Yeah. Maybe we can share the results with you. I send you a link in the skype conversation

T5: You sent, right?

Ginevra: Could you repeat please? Did you receive the...

T5: No I haven't seen it

Sara: I see there is something, uh, okay. Okay. No, I can access

Ginevra: Any problem?

Sara: I think you sent it, only to me Ginevra, in our previous call because I see it there...

Ginevra: Sorry. It's my fault. The conversation was open on the other one, so, okay. Now I think I've done it correctly.

T5: Okay. It's okay.

Ginevra: Okay, so you have on the column on the left to the right, the results, the number we used to make these sonifications and on your right you have your, the answer we calculate based on, on your, on your excel table.

T5: Okay. Yeah, it's incorrect, sometimes. Maybe...

Sara: It seems that the second week you did, you started to get more acquainted with, familiar with this system. Right. It seems to me because you distinguished the... Even the 1B that you said you are so annoying for you, but actually your answers are very good there. I'm so, so interesting. We are actually trying to do this matching even if we have very few testers. It needs first a serious. Hmm. Because there's been a few occasions where some of you said this is my favorite, but he's actually the one where the recognition was lower. Yeah. In your case, the other one you said, I really hated this, but the recognition was better so will be interesting to...

T5: I guess it was because my feelings was more strong for this... maybe, I do not know

Sara: Interesting. I was saying this about the first and the second week, it looks at the first week, which is if I'm not wrong, 1A and 2B... you tended to interpret all the alerts as very serious.

T5: Yeah, because for example if it is more than six or seven seconds and if I keep repeating it right after, I mean, sometimes the sound is... it is suppose to repeat at least three times. Right. So I observed that sometimes it did more than three. This is one thing and some cases in some cases there was no break between the repetitions. In that case it's, it's like for, for the first one it's going quite long than the second one is following it, right? So I mean, it means to me that it is severe one. So I just give it to five and one... I said 1, by the way I had to say zero? The reason is that, so I assume that, if I heard any sound, it means that the system is with anomaly?

Sara: Yeah, it was in your notes.

T5: Yeah. The sound is enough for me to hear that. It's not, I mean it is and then moving, but of course it's not severe. But, uh, so I, my numbers and I give number five. It means that I did hear the sound long, so that's why.

Sara: Okay. Because we have, in the scenario 2, we have two kind of two kinds of repetitions. I mean, Eh, the, the all process, let's say the all sonifications for the status of the system was repeated three times just for you in case, you know, in case you missed the first one, you missed the beginning, you miss the end for, for whatever reason, we played it three times identical. But then the scenario 2 the strategy was based on faster, repetition of the sound. I mean, on a let's say, if no sounds repeated in meant there was no anomaly, if one sound more than repeated looped looped. Like it had a cycle, a second cycle, then the speed of the cycle and the frequency of the sound would give you the, level of the anomaly.

T5: So yeah

Sara: So... You heard only... Like "tss" nothing else and then after 10 seconds, "tss" that meant no anomaly. If you heard "tss-tss-tss-tss-tss" the repeated the looped, the sound meant that that particular district was anomalous and the speed of these loops indicate the level of anomaly, maybe we can listen to it because I may be confused when you say repetitions... If you mean the all repetitions that we did just to make sure you and you heard it or, or the or the inside repetitions there was meant to be the level indicator.

T5: Okay. Let me try to tell you again.

Sara: Because from your notes is not clear. Sorry, just to give you a hint, why I'm I entered on this digression is because from, from your notes is not clear what you mean. Sometimes you say that sound should repeat three times but instead it repeats five times. So I, I, be confused here because...

T5: So at the beginning I was keeping, how many times did I listened to the sound my comments, but then I removed them I just thought either I'm wrong or the system didn't mean to work that way. I can say now is that for some cases I get the sound more than sometimes without any breaks. So I interpret this, maybe it is there the mistake or I commented for non-break sounds that it is long. So other sound was repeating right after the other one.

Sara: Oh, okay. Yeah. Okay. Okay. So when you say long you, you mean this, you just explained, okay

T5: This is what... I think this is itOkay. So in the explanations it says that that you will hear the sound three times, but each time, I mean it should be, have to say, so if it's a severe, one it should be around 10 seconds. Right? Then the second, I mean second interpretation will happen, right?

Sara: Yes. These were the scenario 1.

T5: Okay. Oh, but I assumed that this is for all cases, but

Sara: eh, the scenario B... sorry sorry the scenario 2 had a different strategy which was based on looping. I mean cycling or the sounds.

T5: Um, just let me ask you one question. So, okay, I got, I got that the strategy's different in some test, but is it intention, I mean is it written into explanations or is it, it is not mentioned intentionally to test their response of the tester

Sara: It is written, so we believe I'm finding the instructions. Maybe Ginevra you can help me...

Ginevra: In the project page on the website that I can share directly with you now here I hope is the right conversation. Let me know. We described the after the maps, after the only keys, we have scenario 1 and then the sounds, the keys to understand and distinguish the districts before the sound keys we have the title scenario 1 in red and then we tried here to describe the differences between scenario

1 and then scenario 2. The idea was not... just to describe them and not to go deeper in, in, in, in the details. Also to understand if you took the differences and understood how you understood the differences between two scenarios. But the main idea it was to describe them...

T5: I was checking and yeah, the difference is mentioned here, but I just, I didn't get it. I just assumed that it is the same. Sorry.

Sara: Oh, no, no. I mean we thought of it while reading your comments. We had the doubt, but then again, we didn't include any demo and this is something that emerged the with other testers for example, having not only the single sound, the single sounds are listed in the page as a key, but also 10 seconds demo or what you would expect

Ginevra: Yes, with all these districts played together.

Sara: Yes. With all the districts have some anomaly like the demo of, let's say, uh, hour one on day one this, we didn't include it on purpose. I mean, it emerge it would have been useful instead. So...

T5: Yeah. Yeah. Maybe some, maybe you should maybe, I mean to me emphasize the difference between two scenario is not just the sound but also the loops. I mean, I just, you know, this fact you say maybe I just read it without carrying... I mean carefully. Right. So I just, maybe I just assumed that the same thing but different because I, when I listened to key sounds they are different and, but I didn't think that, okay. Yeah.

Sara: Yeah. Well that's interesting. But despite that, you detected all the anomalies correctly, so on. That's interesting too.

T5: No, because I mean when it's repeating, right. So it means that it is no for scenario 2 I see that I'm not doing that well, right?

Sara: Yeah. Yeah. But probably that's why you use the highest level of anomaly always. We assume that all the uh, that because... Okay. Good to know for us because then the training would have to include a demo, which you will probably doing in a real context. Right. We would give time to try a few, a few cases like this is what you will hear if they are anomaly serious or this is what you will hear if the anomaly is not serious and in between. So we would do that in a real case, here we just described it in words. So...

T5: It is just a kind of related with getting a feedback from what you hear. Right. So I mean we already talked about this at the beginning so I said sometimes I didn't know what I am doings. I'm just saying things base on what just heard, but it's going in a second right. So yeah, maybe demo as you said would be really helpful.

Ginevra: About the Sounds. Maybe was any of the sounds you heard particularly meaningful for you based on your personal experience or maybe they simulate some, some physical reactions or emotions for example peace, anxiety, happiness or some sounds remind you...

T5: The strongest feelings that I had during this testing. Right? It is that 1B that makes me annoyed, 2A I think it's more like song. I guess 2A, I said that it is nice to hear that one, but of course maybe, I don't know. I mean having a nice thing to hear may not be also good solution because then you can just keep it, keep listening it without caring what it say. So that I... I don't know maybe some, it should be something between 2B, and... Sorry, 1B and 2A, which is one of my favourite. And the other one is my one that, I mean maybe something between the two. Yeah.

Ginevra: Okay. Maybe during the test you had an a different idea to use sound to cover the same information in a different way. Maybe just thought about a different kind of sound or a different way to use the sound to say the same information.

T5: I didn't know the technical terms for the sounds, but they are actually the same thing. But how to say, some of them. Um, no, I mean same sound, but the properties are changed. Right. But I would say, I mean I, I would suggest to test I don't know if ti can work or not, but maybe it can be tested that using the totally different sounds for districts. I guess one of the cases and scenarios like this, let me check which one it is.

Ginevra: Okay

T5: This one I think it's 2B, yeah, it is quite different.

Ginevra: Okay. So are you suggesting to use different sounds to cover the different districts? Right?

T5: Yeah. I'm just suggesting to test them.

Ginevra: Okay. Okay. Okay. And about the sound structure. Do you think... we talked before about the duration of the sonifications, but also the number of repetitions was appropriated to, uh, give the information you think or do you need more repetition or maybe less were enough to understand the meaning?

T5: For repetition I would say it also depends on the system I guess. I don't know. I mean, for example, it might be severe anomaly right, but since you keep repetitions less... if the sound choosen is good enough. I think few repetitions should be enough; otherwise if it is an annoying sound I don't want to hear it long time because I only got that the system is severe. I mean the system is not regular and I just need to be, to react. You need to do something to make system, get back to regular condition. But if the voice keeps, uh, I mean if the sound is there and makes me annoyed, then I might not react. Right. That's one thing that I can say

Ginevra: For these sonifications we used the data that's coming from the the sensors every hour. So do you think the rate of the sonification were too high or maybe too low, do you think based on the, on the system recive data every hour is enough or maybe you need more data more frequently or maybe less

T5: Ok, my comment for this is that: completely depends on the system and so for different systems, different rate should work. That's what I, I believe, it depends when the anomaly is critical and what level for a given system. So the system has changed, I mean system is actually defining the rate. in our case, mmm, I really don't know.

Sara: Yeah, this is actually the rate that comes currently from the anomaly detection algorithm. You mean it works with how hourly evaluations of the system. So we simply took that from, from the, from the algorithm that plugs into the, into the, the network of these water plant. So should be fine. I mean we are trusting that it should be fine for the current system. But of course it depends how fast the anomaly the accidents evolve and...

Ginevra: Do you think there is a range, I mean, you said that depends on the system but could be like 20 minutes, two hours or maybe something completely different and far away from these number.

T5: By now it's fine by me to having one in an hour, right. Again, it's really depend on the system having to, I mean depends how it works and really many other things that I cannot consider now, right?

Ginevra: Ok.

T5: And when I get the alarm so..the time that I need to make it regular or something. So this is important I guess

Sara: Yes, true. Okay.

Ginevra: And Sara, I think the number nine we have already answered to the scenario she preferred. So, would you personally be willing to use the sonification you tested during the experiment, in the real world activity?

T5: Yeah, I mean, I would consider it, Once we agree on the sound side.

Sara: Yeah, of course. Of course. Because it's very invasive. As you said in your, in your written comments, you cannot, you know, you can move your eyes away or something you don't want to see or you can close them. But this doesn't work with sound unless you do some voluntary, so it makes sense.

Ginevra: Okay. I think you gave us a lot of information. I don't know if you want to add some free comments or general comments...

T5: I did like your study, so I did my best to...

Ginevra: Yes! Thank you very much we are very grateful for your help because after projecting it is very useful and also, I mean, curious know how people that will work with... real, with the project, think about the idea and the prototype...

Sara: Yeah. Yes, yes. Thanks a lot. We will keep you updated when we all go.

T5: Thank you and good luck for everything you're doing.

## T6

Sara: Take the time for taking the time during your office hours. So, also. You were the only one working in this moment, so thanks.

Ginevra: Yeah. Thank you.

Sara: Yes, here we are... last step!

T6: Indeed. Yeah.

Sara: Yeah, we made it. So I was started a recording from, from here, from Skype

T6: Sure.

Ginevra: Okay. So, we can start talking about the real context and

we want to ask you if the sound was always audible during the test  
T6: Right. Um, I think, I'm trying to remember what it was almost.

[noise] - Any better?

Ginevra: Yeah. Thank you.

T6: Yeah. Okay. We'll just keep that then. Um, so it was a week two day two which... I think were sound profile 2A. Let me double check that. Uh, the, the sounds for D-5 was quite quiet. I can still hear it, but I don't know. It was the only one.

Sara: Yeah. Because the pitch is quiet, is slightly too low to be heard with, with computer speakers or headphones

T6: That wasn't easy I think.

Ginevra: And was the information covered through the sound easy to understand in your opinion?

T6: Was the information... Easy to understand?

Ginevra: Yeah, I mean in general, maybe after we go deeper with a more specific meaning covered by the sound. My I mean in general. Yeah.

T6: In general, it was very easy to tell whether the behavior was anomalous or regular. Uh, like that was very clear when there was this, um, comparing any kind of anomaly to um, uh, to the regular performance of the system. Um, and then determining how severe the anomaly was and which a district it was present in was more or less difficult depending on which sound scape was used

Ginevra: Considering that in this project. This edification doesn't stand for the visual interface and the idea is to use the sound to communicate the first level of, uh, of information, why the analyst is working, and then if he detected some anomalies or problem, he can go deeper with the visual interface. So, considering that you think the sound would be useful in the real context?

T6: I think in that context it could very useful. So yes. Um, if you were accustomed to one sound and then you're presented with a different one, uh, I think that's very noticeable.

Ginevra: Okay. And which kind of problem do you think could emerge, um, from, from this kind of project applied to the real scenarios,

T6: Problems using this approach in the real world, um, I guess if it's a noisy environment interference, I guess over reliance on, on this one method might be, might cause a problem there. If this was the primary way that people use to check, uh, the normal status of the system. And then if there's any kind of interference or quietness or, uh, something like that, then maybe problems could go undetected. Um, so I, I think it's probably, um, what would fit best as, as part of, uh, as a complement to other methods of identity like visual and um, uh, yeah, data reads out some things. Um, other problems... I guess if the system is compromised. Um, then is under an attack (?) then they could present the um, the normal operation sound even though the system's performing anomalously. Um, so they might allow people in to a false sense of security, but I don't think that's any less problematic than a visual alert because you could have the same problem there.

Sara: Yeah, yeah. We consider the the replay attack for example, but to our knowledge, which is, which is from a design perspective, but uh, as long as we, uh, as much as we understood for what we understood from Stefano actually, there's no real solution to that as well as our, we had I mean, if the system tells you everything is okay, than detection algorithm tells you everything is okay and it's a replay attack, you will basically discover it once, once it is done.

T6: Yes, that's very true. I think maybe if there is two different ways of measuring the state of the system, um, which are independent of one another. Um, and if one was, say for example, you were measuring the level in a tank, you could have, um, like a pressure meter in the tank. But you could also have a webcam, uh, showing live footage of the tank so you can see if the, uh, it was overflowing or something like that. That would be harder to, for an attacker to compromise I guess. But, um, yeah, having for the sound application, uh, sonification, um, you're still operating with the same data. So, uh, this day yet it presents the same issues. I guess  
Sara: Unless, the visual interface works with that type of data and, and sound from another source that could have a cross check...  
Sorto of - effect

T6: Exactly. Yeah. That could be one great way to use this application. This as a cross check as she's saying,  
Sara: Yeah thanks!

Ginevra: And about a technical point of view. Did you have any specific technical issues that you encountered in the interface? Maybe the, with the website or other, other system you used during

the test.

T6: No, technically I think it all worked fine. Okay. Um, my, uh, the only times I missed the alert where when I was away from my computer.

Ginevra: Okay. And uh, which kind of devices you used? Like the speakers or headphones...

T6: Headphones.

Ginevra: Okay. Always the headphones. Right?

T6: Yeah. Always headphones.

Ginevra: Okay. And was this place noisy or quiet? They were other people. You usually talk about... talk with them?

T6: Yes, it was at times noisy. It's an open office. I sit close to other people who are working or having meeting on the phone, and it's nearby a printer. Uh, so there's the noise of the printers. So it's a relatively noisy environment. It depending, um, it differs on at the time, I would say moderately noisy.

Ginevra: Okay. And about the training, do you think was sufficient and do you think the information on the website explain the project appropriately?

T6: It does, yes. It works. I, all the information was there and um, it, it set me up well to distinguish it. Just normal operations from an anomaly. I think it took a little bit of practice for me to, uh, get better at distinguishing the different districts and um, how serious each one was. Um, but understanding what the tests would involve quite clear. Um, I did make a, an incorrect assumption about, um, the ones where the sound is repeated and state of, um, uh, played for a different length of time. Um, the assumption I made was that, uh, the, the number of repetitions would be different for each district. So, um, instead of the frequency changing over the same sequence. Um, so I think that was that I realized my mistake after a while, it took me, I think two or three goes to work out the difference.

Sara: We didn't include any demo track, so to speak, but just they individual sound case. On propose, because the scenarios where, I mean every day you tested something different. So, um, giving, giving a demo, we felt we were getting ourselves into troubles because then to give a demo of each scenario, but then you get much of an advantage, right? from the first to the last.

T6: Yes. Yeah.

Sara: Cababilities would increase exponentially, I mean, with only four cases over two weeks. So we were afraid of getting a little bit lost in then analyzing the results.

T6: That makes sense to me. Yeah.

Sara: But these emerged, also in everybody's comments that in a real case, of course an operator would be presented with, uh, examples of different possibilities and...to familiarize, so... Definitely.

T6: Um, but I don't think it changed, my understanding of how the test could work.

Sara: So from this single sounds and listening to real events, then you are able to develop your own strategy to, to understand what's going on, right?

T6: Yes. Yeah. I found I would take little notes on a notepad as I heard the sounds. So the first, yeah, I found, should I describe my, my tick named. (?)

Sara: Good. And did you go back to the website for, to hear the single sounds?

T6: Yes, I did.

Ginevra: Okay. So about today, the district identification, do you think the request were maybe too much ambitious? Also with more training or maybe with more training could be easier to detect the number and... which districts have anomalies...

T6: Yeah, I think more practice would be helpful. And also I found the musical tones were easier to distinguish than the, the noisy tones. At least that's how I felt. But you can be the judge of that based on my results.

Sara: We will share them with you, we have them. We have a file for you too, to check your performance. We... we assume in a, in a, in a second prototype, let's say to have a visual interface as well. I mean so, so we, we are not trying to replace the, the visual maps. So of course that's for the districts having a visual feedback that will be um, almost necessary. I will say if you want to go deeper into, into check in what's going on so it makes sense. We asked to the questions about, we included questions about districts identification and anomaly level gravity level. Um, but we actually, we're not sure. We still are. I'm sure where that information is really relevant or not to, not to use the sound for, because we could because we don't know. That's why we asked about, we have no, um, no pretty

judgement on this point. Sometimes for example, I personally think that identifying the district is something that could come with time. So the operator that do it because with sound, we develop a quite high level. It is very sophisticated how we can understand sound. Because imagine in a forest, right, we are able to identify so many details in the sound or in a city, depending on the environment we are familiar with, a whole, we get so much information from the sound, but then how we use it and whether it's relevant or not to take action, that's, that's a matter of time mainly and circumstances and difficult to understand. So we tried I suppose for the level of anomaly, for example, we didn't use any anomaly level to design the sound. We simply to take the data as they are.

T6: Oh, I see. Okay.

Sara: We don't have an idea on how these five lever are... We thought we'd ask you so we could gather information...

T6: Yeah, no, that's, that's, that's a good way to do it. It's like a double blind. Well, so with, um, with sound, um, and so much of the understanding is, um, subconscious as well. In my experience. Like I've had an example pointed out to me before that you can hear the difference between hot water and cold water. And it sounds kind of crazy, but if you listen to the sound of cold water being poured into a cup and then again you listen to the sound of hot water be important, it sounds different and you know which one is which, even if you might not have been able to describe how they are different.

Sara: Yeah, yeah, definitely true. So where we, we are heading to hopefully with the next prototype and next round of tests will be exactly leveraging this competence that you can acquire with sound. It's just that this requires, I mean it requires time, but anyway, um, uh, reach this level of competence to demonstrate that it makes than searching for the correct information in the visual interface is more efficient. So using the sound as a sort of facilitator, that stays at their background of your, of your routine, then you develop these unconscious subconscious capability to perceive that something is quite not right. And you know where to go and look for information?  
T6: That's really interesting. Yeah. I like it.

Sara: That will be it. So we don't want to give the same information that you can have on your software with all the visualization and flow charts and maps and details and historical data... through sound... because we don't think that will be even necessary right. Then you just look at the screen.

T6: Yeah. Unless you are designing assistant for somebody who's, you know, cannot see someone who's blind. Yeah. That's a different design question altogether.

Sara: Okay, thanks.

Ginevra: And then about your main occupation during the experiment days uh, what you used to do? Like reading documents, paper using computer. We are interested in your visual and sound channel. How they are occupied also if you use to listen to music at the work?

T6: Yeah.

Ginevra: How did you manage the sound of the test and the music?  
Speaker 3: Right. So, um, in my role, um, I work as a consulting engineer and involves reading documents, um, browsing reports, uh, doing some data analysis, uh, email communications and phone calls with clients. Um, I also have some site visits, but I made sure that I was only doing the experiments on days where I didn't need to leave my desk. Um, occasionally I'll have meetings that I need to leave, uh, for. Um, so I tried to schedule those around, um, experiments. Um, a couple of times that I had phone calls at the time the, uh, the test was going. So, uh, I wasn't able to concentrate on the test. Um, I often listen to music while I'm working at my desk and I just usually have something quiet on in the background. Um, something instrumental. So No, uh, no lyrics, no words. Um, but even so when the test started, I always pause the music because I found it difficult to concentrate on just the test if there was also music playing. Um, so that may, that usually of the three repetitions, the first one, um, mostly just alerted me that the test was happening and maybe I could distinguish if it was normal or anomalous. And then it was the last two repetitions where, uh, I was able to pay close attention to, um, to try to distinguish the level of anomaly and the districts.

Ginevra: Ok, I do not know Sara if you have some specific point to...

Sara: Just a question that is not in our list. How would you, how would you see the option about continuing sonification? I mean just we use, we have a question on that where we use data did arrive once an hour. So at the moment we have this, hourly frequency

of receiving data from the algorithm, but there are other systems like internet networks in terms of cybersecurity that they manage a much bigger volume of data and it's real time basically. Right. So how would you see a real time sonification? I mean, that goes on in an office basically. Yeah. All the time. Like a music background of course, given the right sounds and let's see, all the design problems solved.

T6: Yeah. I think there's a lot of potential there. On the website there's the example of Wikipedia edits. And I found that actually quite soothing I had on in the background for maybe an hour on the first day. I was, um, uh, when you first presented the website information. Um, so I think, yeah, if, if the sound profile was right, I would quite enjoy that. Um, I don't know if it would work in my current office were receiving and making phone calls all the time, but in the right setting that could be, it could be interesting. Yeah. I would be open to that, working insuch an environment.

Sara: Okay, good. Thanks. Definitely the Wikipedia one is quite is a very good example. I sometimes open it and leave it there as background music. Okay. Thanks.

Ginevra: What about the scenario or the sound that you like more than, than others? Independently of the other consideration that could are... the one you performed better. But just to say the sounds you prefer and the the kind of structure you, you found more comfortable.

T6: I think I definitely preferred the musical notes. Um, and I um, preferred the, uh, the single turns repeated, um, as opposed to one tone stretched out. Um, so let me find the exact one. I'm just going back to the website. So I think... yeah, 2A is my favorite and the most pleasant to listen to.

Sara: Ginevra, maybe we can share the results...

Ginevra: Yeah, I'm copying the link in the conversation... let me know when you see the results

T6: Good. Excellent.

Ginevra: You have the right... I mean the number we used to to make this notification on the left and on the right you have your answers...

Sara: Not bad

Sara: Actually some... which was 1A is almost perfect even with the levels. So we reverse engineered the anomaly level. I mean as I told you, we didn't put an anomaly level into the design of the sounds. They just go with the, with the individual numerical data. Of course they are normalized and blah blah blah. But it's just a translation of the sound. But then we created a scale one to five of course to cross check your results. Otherwise we wouldn't have been able.

T6: Sure. Yeah, that makes sense. Um, and I think this reflects my preference for the musical of the noisy sounds. I was also better at identifying it looks like...

Sara: Which was not always the case though. I mean I'm the you you testers. Yeah. It seems that this thing, so this is something as to investigate on larger numbers of users. Because it happens that people that said I definitely prefer this. And then it was the one where they performed worse... so something to do investigate more.

Ginevra: About the sound, there was some particular sound that have special meaning or maybe remember some personal experience or physical reaction, emotion in you?

T6: Um, not especially no. Some, uh, first time I listened to, um, 2B, uh, the volume was up too high on my computer and it was so, it was quite an unpleasant sound and also quite loud. Uh, so that I like jumped in my seat. Um, so yeah, essentially 2B, it took me by surprise every time. Um, but yeah, I didn't find it really stirred any memories or a head of particularly emotion or reaction

Sara: In the spreadsheet you sent over for 1B, which is noise with length, you noted very jarring, scary sound, that actually means that everything is fine. So...

T6: Yeah, that was an emotional response

Ginevra: Maybe during the test you thought about some different sounds to use a, or maybe just, do you think that the sound represent the information in the, the way that could be useful? And, and real related with the sounds?

T6: Yes, I think the meaning was quite clear based on the different sound, the lienght, it's a very comprehensible way to understand it. Um, the, the frequency of repetition I found a little bit more difficult because, um, for the length I knew that if it was 10 seconds it was the worst and once they can was fine, but for the frequency this effectively no limit to how fast it could go. Like how, how high that frequency could go. Um, so that I've found it a little harder to, to distinguish how serious the anomaly was. Um, cause there was

not so much of a relative scale to compare to. Um, so one thing I thought could be interesting would be, um, if the sound's repeated like once for a regular performance and then more times for some anomaly, but the number of total number of repetitions change, not the frequency. So like one sound every second, for five seconds would represent, um, you know, like a, a medium anomaly. That was one idea that I don't know this would be Um, and, it's distinguishable as the others.

Sara: So that you have... I mean, you can build a relativity scale. Sort of? Because you already know what will be the maximum possible case.

T6: Yeah.

Sara: So, so your trouble was that yeah. You hear that maybe their repetitions are closer in time, but you actually don't know which is the the closest possible.

T6: Yes, exactly that.

Ginevra: Okay. Yeah. You also mentioned the duration. So, uh, you said, uh, that the first uh, um, sound was to keep your attention because we, you, we repeated repeat the... the sound for three times and each of that during, uh, 10 seconds for a total of 30 seconds. Um, do you think the idea of the repetition was fine? I mean useful too to cover the information?

T6: Yes, I found it very useful. I think my performance would have been worse than one third as good if I only heard it once, if that makes any sense. Um, yeah, most of the, because I would be concentrating on something else and this first sound would mostly served to bring my attention to the test. Um, so having it repeated allowed me to better characterize the information.

Ginevra: Okay. And also about the, the duration of a single sonification, do you think that that 10, so in total 30 seconds is too much or it could be a, a good solution?

T6: Um, it seemed like a reasonable amount. It's enough to, uh, make clear distinctions between different levels without dragging on for too long. Um, and three repetitions was enough to, um, get quite close to, um, knowing the system as well as she could based solely on the sounds I think.

Ginevra: Okay. Okay. Like Sara said before, we used data that comes from the system every hour. So then the repetition about the data... They are played for, for one hour by hour. Uh, do you think that this kind of a rate could be enough recite data or maybe you need the more frequency sonifications?

T6: Um, it depends a bit on the application. If, if, if the data, they come in once an hour, then I think it's fine to have that represented once an hour in the sonification. Um, if it was yeah, designed to be a rapid response to identifying an issue, then um, maybe, um, maybe more frequent would be useful. Um, if, say the 10 o'clock sound gets repeated at 10, 15 and 10 30 and 10 45 and then it'll live in a, can you get a new sound... Um, um, in my particular context, that would probably actually be a useful thing because, uh, they may be the chance that I'm on a phone call or an meeting, uh, at, at the top of the hour and three hours. So I think that would, uh, in my particular work context, I would have found that perhaps that more convenient

Ginevra: in this case we have once per hour you think would be useful also to repeat like a, I don't know, 20, every 20 minutes, the same data or maybe you mean that, uh, considering an algorithm that gather the data every 20 minutes, in this case

T6: In this case, I think it would be fine the repetition of the same data then it could serve as confirmation, um, previous alert or it could replace the previous alert if you missed it somehow

Ginevra: Okay. And so Sara if you do not have... any particular consideration in the sound structure...with the instructor, ok, you already mentioned the scenario you prefer and also the structure of the scenario you think, ah, is more easy to understand. My question is, how do you think that the one you prefer is related to the structure you consider more intuitively? I mean, do you think that how these, the one you prefer and the other are related?

T6: Um, I guess, uh, while I found the musical notes repeated, the most pleasant to listened to, it was probably the length that was easier to tell. Um, uh, uh, well the relative seriousness of the anomalies, um, clearer for length, whereas the repetition of the notes was probably more interesting and pleasant to listen to. For the, the noisy sounds Um, on the other hand, uh, I think that, um, if they were definitely less pleasant to listen to for me, but, um, I also appeared to have performed worse and I think I felt that at the time of testing as well. So I don't know if that's because, um, having had some training in music, I find it more comprehensible then the noises or whether

it's because it's less pleasant. I don't want to listen to it as closely.

Um, so yeah, I'm not sure what the direction there is.

Sara: Yeah. We are not sure even. That's not really relevant literature on the topic because every time. I mean, there are some studies where are music is an advantage or whether, what do you like most? Do you also understand better? But because all these are very interconnected with a specific design problems, right? I mean, at least seen from our field is very difficult to give, just, to do, to take a cognitive test and be assured that this is what it is. Because then in, in a real context and with the real sounds the new ones are so many, like with a product to you, do you like to use it because you like the color? I mean you develop on an emotional connection or just because he works fine is very debated in, in design. What is one of the biggest programs because topics, right. So, yeah, not easy.

T6: It sounds like you've got some conflicting results.

Sara: Yeah. But then again, the numbers are very low. So our primary goal with this first round, because it's six people, but at the same time you dedicated a bit of time. We have the interview. So say the quantitative part that we collect is certainly not the most relevant is like a first iteration. We have four different prototypes. So ideally from all your feedbacks, we would redesign a final prototype to test with larger numbers. So let's see what comes out. Okay.

Ginevra: The last question is if you would personally be willing to use the sonification you just tested in the real world activity.

T6: Yeah. I think if, if part of my job entails monitoring real time data, then yes, I would like to have sonification be part of that.

Ginevra: Okay. Okay. Sara I don't know if you have... or maybe also you T6, if you have some any personal opinion or something to, to add or suggest.

T6: No, I think I, um, most of the comments and made it on previous questions or, or in the spreadsheet. Probably cover it. Um, yeah, thank you for letting me be a part of the experiment. It was, it was really interesting, it was cool to be a part of that.

Ginevra: Thank you for helped us

Sara: Yeah, thanks very much. We will keep you updated.

T6: Okay. Yeah, of course. Um, but thank you for accommodating me and giving me extra time to complete the experiment. So, um, uh, did make it easier for me, so that was great.

Sara: Yeah. No, thanks. Thanks. No problem. Thanks for managing to get to the end of it. We had cut a buffer time, so we asked them in our schedule.

T6: Ginevra, Sara, nice to meet you both and if does anything else that can help you, let me know.

Sara: Good night. Good evening. Thanks.

### 9.3.2. TABELLE DEI COMMENTI

Dopo aver trascritto le interviste, le abbiamo analizzate nel tentativo di rendere un giudizio complessivo riguardo le sonificazioni finali. Per questo motivo, abbiamo raggruppato i commenti riguardo gli stessi argomenti, e li abbiamo sintetizzati. Le frasi riportate di seguito sono state organizzate nelle visualizzazioni (figg. 51-52) che mostrano anche la quantità di tester da cui sono state condivise e la loro posizione, se favorevole o contraria alle caratteristiche attuali del prototipo.

#### Sound Design

Le preferenze che ho espresso riguardo le Sonificazioni si riferiscono all'estetica del suono

È difficile identificare i distretti perchè è difficile associare i suoni ad un significato

Il suono è sempre stato udibile

Il suono del D5 nello scenario 2A è molto basso

Usare il suono di strumenti differenti per rendere i distretti più riconoscibili

Suonare in ordine, uno dopo l'altro, i suoni di ogni distretto

Aggiungere una voce che descrive cosa sta suonando potrebbe ridurre la difficoltà cognitiva e quindi il tempo impiegato per la decodifica

Progettare un nuovo scenario selezionando alcune caratteristiche di quelli attuali

Riprodurre un suono solo nel caso in cui si stia verificando un'anomalia

Usare un sistema sonoro che possa essere udito in tutto l'impianto di lavoro

Usare suoni fastidiosi per le anomalie e suoni piacevoli quando il sistema è regolare

La Sonificazione è utile *[in generale]*

La Sonificazione è utile perchè ti permette di ricevere le allerte in maniera veloce

La Sonificazione è utile quando sei impegnato in altri compiti

La Sonificazione è utile perchè richiede l'uso di un altro senso

Sarei disposto ad utilizzare la Sonificazione *[in generale]*

Sarei disposto ad utilizzare la Sonificazione perchè richiede un basso livello di attenzione cognitiva

*[Sarei disposto ad utilizzare la Sonificazione]* se i suoni fossero ben progettati

*[Sarei disposto ad utilizzare la Sonificazione]* dopo più training

È necessario essere vicini alla fonte che emette l'audio

Avevo alzato il volume del computer per una chiamata, poi è partita la Sonificazione ad un volume molto alto

Devo interrompere la musica che sto ascoltando

Ho perso l'ascolto perchè ero fuori per la pausa pranzo

Ho perso l'ascolto perchè ero al telefono

Ho perso l'ascolto perchè ho incontrato alcuni amici

**Comprensione generale  
+ Identificazione dei  
distretti**

Giudicare la gravità dell'anomalia sembra essere molto soggettivo  
*[Per capire la Sonificazione]* Ho dovuto smettere di fare le altre cose  
 Quando non ho riconosciuto il suono, ho cercato di indovinare  
 La comprensione è più difficile per alcuni scenari  
 È difficile distinguere i suoni quando si sovrappongono  
 Non ho associato nessun significato ai suoni, mi sono concentrato sul compito  
 È più facile capire quando c'è o non c'è un'anomalia rispetto che distinguere il suono dei distretti  
 Più training sarebbe utile  
 L'informazione è facile da capire  
 Con l'avanzare del giorno diventa più facile distinguere i distretti  
 Le informazioni comunicate dal suono sono sufficienti se l'operatore, in seguito, può approfondire tramite l'interfaccia visiva  
 Il fatto che mi basti un secondo di suono per capire che non ci sono anomalie è molto utile

**struttura del suono:  
Durata  
[10 secondi]**

È abbastanza per capire il significato del suono  
 Va bene perchè non devo impiegare troppo tempo per ascoltarla  
 È adeguata per capire se sta succedendo qualcosa  
 Se non ci sono anomalie passa troppo tempo prima della ripetizione successiva

**struttura del suono:  
Numero di ripetizioni  
[3 volte]**

La prima ripetizione attira la mia attenzione, la seconda mi permette di capire, la terza di verificare  
 Tre ripetizioni vanno bene  
 Le ripetizioni sono molto utili per attrarre la mia attenzione  
 Tre ripetizioni mi permettono di descrivere meglio il significato del suono  
*[per l'identificazione dei distretti]* Sono necessarie più ripetizioni  
 Nel caso in cui non ci sono anomalie, una è sufficiente  
 Se il suono è ben progettato una volta potrebbe essere sufficiente  
 Potrebbe essere utile avere la stessa Sonificazione ripetuta ogni 15/20 minuti

**struttura del suono:  
Frequenza  
[ogni ora]**

La frequenza dovrebbe dipendere dall'intervallo con cui arrivano i dati *[come accade ora]*  
 La giusta frequenza dipende dalla velocità con cui il sistema può cadere sotto attacco  
 Un'ora va bene



	versioni [A/B]	Scenari [1A/1B/2A/2B]
	I suoni musicali sono più facili da distinguere Preferisco i suoni musicali versione [A] <b>MUSIC</b>	I suoni non intonati mi infastidiscono Preferisco i suoni non intonati versione [B] <b>NOISE</b>
È più facile riconoscere il livello di anomalia Non riesco a riconoscere i distretti perchè i suoni si sovrappongono	struttura [1] <b>LENGTH</b> Va bene	È il peggiore da distinguere Il rumore è davvero difficile da ascoltare Non mi sento a mio agio Ha un rumore spaventoso Non mi piace il suono È fastidioso Mi spaventa e mi fa alterare
È più interessante e piacevole La distinzione dei distretti è più chiara perchè i suoni si ripetono È più facile riconoscere il livello di anomalia È più difficile comprendere il livello di anomalia perchè non ci sono scale con cui comparare la velocità di ripetizione del suono	struttura [2] <b>REPETITION</b> È il migliore per la distinzione È il più piacevole da ascoltare È il mio preferito Mi rende felice	È il più facile da comprendere È più facile perchè i suoni sono diversi Lo preferisco perchè i suoni sono diversi Suona come un gioco È divertente Ho attribuito un significato ai suoni Mi spaventa ogni volta

**fig. 54** commenti dei tester riguardo gli Scenari (rif. fig. 52)

## 10. Indice delle tavole

- fig. 1 relazione tra la pagina sulla sonificazione di Wikipedia e gli argomenti citati nella sezione Seealso
- fig. 2 fotografia di una postazione di lavoro - da presentazione Cyber-Security of Water Distribution Systems: Current Challenges and Future Research Directions, Taormina, Galelli
- fig. 3 interfaccia di Epanet con alcuni dei principali comandi [14]
- fig. 4 esempio di rete costruita con Epanet a partire dalla mappa
- fig. 5 mappa di contestualizzazione della rete rispetto l'intero sistema idrico [14]
- fig. 6 esempio di analisi dei risultati prodotto da Epanet [14]
- fig. 7 esempio di analisi dei risultati prodotto da Epanet - time series plot [14]
- fig. 8 esempio di analisi dei risultati prodotto da Epanet - profile plot [14]
- fig. 9 esempio di analisi dei risultati prodotto da Epanet - contour plot [14]
- fig. 10 esempio di analisi dei risultati prodotto da Epanet - frequency plot [14]
- fig. 11 esempio di analisi dei risultati prodotto da Epanet - system flow [14]
- fig. 12 funzionamento del sistema di visualizzazione attualmente in uso per il monitoraggio della rete
- fig. 13 tipologie di anomalie che possono occorrere al sistema
- fig. 14 rappresentazione grafica del modello degli attacchi [17]
- fig. 15 mappa dei principali riferimenti bibliografici
- fig. 16 rappresentazione grafica della rete di distribuzione idrica di C-Town [19]
- fig. 17 tipologia di dati da cui viene calcolato il valore dell'anomalia
- fig. 18 processo con cui viene calcolato il valore dell'anomalia
- fig. 19 screenshot che riporta le caratteristiche del suono definite nel file MIDI
- fig. 20 schemata Ableton 1 - interfaccia con sezione che permette la visualizzazione e la riproduzione delle singole tracce
- fig. 21 schemata Ableton 2 - interfaccia con sezione che permette la composizione dei vari suoni per la traccia definitiva
- fig. 22 schema delle fasi progettuali, a cui corrispondono i prototipi
- fig. 23 primo tentativo di definizione dei suoni, basato sulla tipologia delle componenti e sulla morfologia a cui fanno riferimento i dati
- fig. 24 il flusso indica l'ordine con cui sono state considerate le componenti durante la sonificazione
- fig. 25 rappresentazione grafica della sonificazione del primo prototipo - senza anomalie
- fig. 26 rappresentazione grafica della sonificazione del primo prototipo - con anomalie
- fig. 27 la mappa mostra la suddivisione geografica con cui sono state aggregate le componenti
- fig. 28 rappresentazione grafica della sonificazione dello SCENARIO 1 - situazione a norma
- fig. 29 rappresentazione grafica della sonificazione dello SCENARIO 1 - livello basso di anomalia
- fig. 30 rappresentazione grafica della sonificazione dello SCENARIO 1 - livello alto di anomalia
- fig. 31 rappresentazione grafica della sonificazione dello SCENARIO 2 - situazione a norma
- fig. 32 rappresentazione grafica della sonificazione dello SCENARIO 2 - livello basso di anomalia

- fig. 33 rappresentazione grafica della sonificazione dello SCENARIO 2 - livello alto di anomalia
- fig. 34 rappresentazione grafica della sonificazione dello SCENARIO 3 - situazione a norma
- fig. 35 rappresentazione grafica della sonificazione dello SCENARIO 3 - livello basso di anomalia
- fig. 36 rappresentazione grafica della sonificazione dello SCENARIO 3 - livello alto di anomalia
- fig. 37 rappresentazione grafica della sonificazione dello SCENARIO 4 - situazione a norma
- fig. 38 rappresentazione grafica della sonificazione dello SCENARIO 4 - livello basso di anomalia
- fig. 39 rappresentazione grafica della sonificazione dello SCENARIO 4 - livello alto di anomalia
- fig. 40 schema 2D che mostra le caratteristiche sulla base delle quali sono stati costruiti gli Scenari
- fig. 41 schema 3D che mostra le caratteristiche sulla base delle quali sono stati costruiti gli Scenari (per la *Construcción de isométricas en software bidimensional*, credits: Pancho Gálvez)
- fig. 42 valori reali con cui sono state costruite le sonificazioni
- fig. 43 valore reale di anomalia per ogni distretto con cui sono state costruite le sonificazioni
- fig. 44 dati demografici e aree di competenza dei tester (dati provenienti dal questionario preliminare)
- fig. 45 condizioni in cui i tester hanno svolto il test, estratte dalle interviste finali (per la *Construcción de isométricas en software bidimensional*, credits: Pancho Gálvez)
- fig. 46 analisi delle risposte corrette / sbagliate riguardo la situazione del sistema (per la *Construcción de isométricas en software bidimensional*, credits: Pancho Gálvez)
- fig. 47 analisi della gravità e della tipologia degli errori
- fig. 48 analisi delle risposte corrette / sbagliate riguardo l'identificazione del livello di anomalia per ogni distretto
- fig. 49 analisi della gravità e della tipologia degli errori riguardo l'identificazione del livello di anomalia per ogni distretto
- fig. 50 analisi degli errori per tipologia
- fig. 51 analisi qualitativa dei commenti dei tester riguardo le sonificazioni (provenienti dall'intervista finale)
- fig. 52 analisi dei commenti dei tester riguardo gli Scenari
- fig. 53 ricostruzione di un comportamento esemplificativo per la decodifica delle sonificazioni
- fig. 54 tabella dei commenti dei tester riguardo gli Scenari