

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITA' DI BOLOGNA

TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN ADVANCED DESIGN DEL PRODOTTO

Cambiamento comportamentale ed efficienza energetica:
progettazione di un kit IoT installabile autonomamente per
l'economia idrica domestica



Candidata: Eleonora Sonnati

Relatore: Prof. Michele Zannoni

Correlatore: Dott. Alberto Calleo

ANNO ACCADEMICO 2020/2021

Indice

Abstract	5
1 Spreco idrico a livello abitativo	8
2 Ricerca etnografica: water waste e abitudini degli utenti	15
3 Dispositivi i-tech per economia idrica	25
4 Cambiamento comportamentale ed efficienza energetica: feedback e piani d'azione	33
5 Teoria dei Nudge e Behavioural Design	49
6 IoT: network locali e protocolli di comunicazione	59
7 Protocollo di comunicazione wireless: ZigBee	69

08	Impianto idraulico domestico	77
09	Misuratori di portata e smart meter	85
10	Analisi di progetto	93
11	Tecnologie e funzionalità	110
12	Prototipazione	118
13	Progetto ed esperienza d'uso	126
14	Conslusioni	135
15	Bibliografia e sitografia	137

Abstract

L'acqua è un bene prezioso, fonte di vita per l'essere umano e per l'intero ecosistema. Nonostante risulti ben chiaro che la sua disponibilità non sia infinita, negli ultimi anni è stata registrata una tendenza allo spreco soprattutto in contesto abitativo. Infatti, secondo quanto riportato da Ansa riguardo il rapporto delle Nazioni Unite sulla gestione delle risorse idriche nel mondo, se il consumo di acqua rimane al livello attuale, nel 2025 due terzi dell'umanità vivranno nelle aree del cosiddetto stress idrico. (Ansa, 2021)

Dopo aver raccolto questi dati è stato svolto uno studio sul cambiamento comportamentale e il rapporto con l'efficienza energetica, fondamentale per comprendere le abitudini degli utenti a livello dei consumi e fare in modo di mutarle attraverso una "spinta gentile".

Grazie alle ricerche effettuate e ad un questionario relativo alle abitudini degli utenti riguardo l'utilizzo dell'acqua con possibili soluzioni sul risparmio, il concept è stato così definito: la progettazione di un kit IoT installabile in modo autonomo dall'utente per coinvolgerlo nell'economia idrica domestica. Attraverso l'applicazione "Water Trace", installabile su smartphone, è possibile tenere sotto controllo in tempo reale il consumo giornaliero e confrontare i trend per notare la presenza di miglioramenti o viceversa.

Il kit è composto da un misuratore di portata ad ultrasuoni, posizionato nella zona del contatore, e da una serie di mini-sensori di suono installabili sui vari prodotti della casa che forniscono acqua (es. lavandino, doccia, lavastoviglie ecc..).

Dato che il misuratore di portata (o flussimetro) rileva il consumo generale di acqua, il ruolo dei singoli sensori è quello di individuare in quale area della casa è avvenuto il consumo, in modo da suddividere la portata totale per ogni elemento specifico. L'intelligenza artificiale con il tempo è in grado di apprendere l'intensità del rumore e di abbinarla al prodotto.

I dispositivi comunicano tra loro attraverso l'hub ZigBee e quest'ultima invia i dati su smartphone tramite wi-fi.

1

Spreco idrico a
livello abitativo

L'acqua è risorsa di origine e mantenimento di tutte le forme di vita, non è un bene infinito, questa consapevolezza deve guidare cittadini e imprese ad adottare nuovi comportamenti e nuove abitudini di consumo finalizzate alla tutela e al mantenimento dell'acqua.

Il nostro clima sta cambiando e sta cambiando anche il clima dell'intero pianeta. Lo riconosciamo dalla siccità di lunga durata e dalle piogge sempre più irregolari e discontinue degli ultimi anni. In particolare, la mancanza di precipitazioni nell'autunno e nell'inverno dello scorso anno ha determinato una significativa riduzione della quantità di acqua negli invasi a servizio delle città e dei comuni costieri. Il problema degli sprechi idrici nel mondo deve essere risolto con urgenza. Si tratta, infatti, di risorse fondamentali per la sopravvivenza del nostro pianeta.

Secondo il rapporto delle Nazioni Unite sulla gestione delle risorse idriche nel mondo, se il consumo di acqua rimane al livello attuale, nel 2025 due terzi dell'umanità vivranno nelle aree del cosiddetto **stress idrico** (problema causato dalla scarsità d'acqua). La crescente domanda di acqua combinata con gli effetti dei cambiamenti climatici significa che esiste un reale pericolo di penuria d'acqua. (Ansa, 2021)

“Solo nel nostro Paese, negli ultimi mesi stiamo assistendo a una vera e propria crisi idrica: il fiume Po è sceso del 65% e le amministrazioni locali sono costrette a ridurre i consumi d'acqua in Italia. Inoltre, secondo il World Resources Institute entro il 2040 lo stress idrico dell'Italia - cioè il rapporto tra l'uso dell'acqua e l'approvvigionamento idrico - rientrerà nella fascia critica “alta” (la quarta su 5) ed entro il 2050 assisteremo a un ulteriore aumento della siccità e a una riduzione delle piogge del 20%.” (Green Network Energy, 2020, p.1)

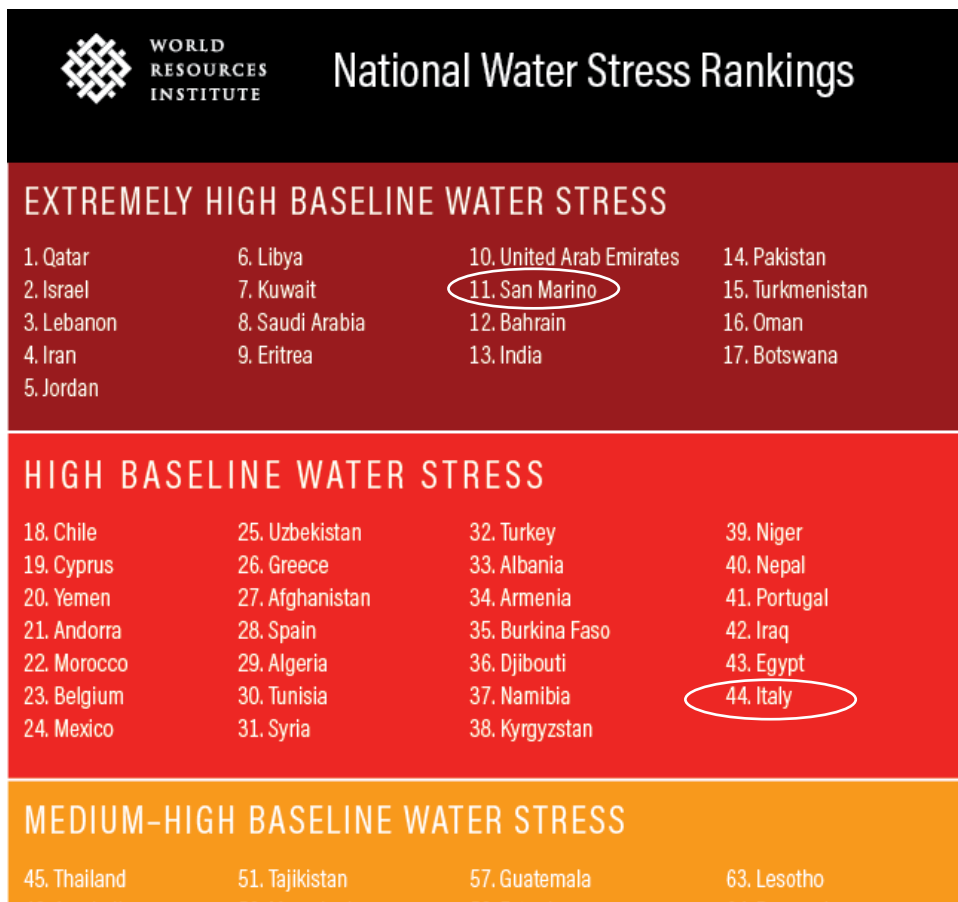
Come riportato da “Ansa”, attualmente **2,6 miliardi** di persone non hanno accesso all'acqua potabile. A questo vanno aggiunti anche i cambiamenti climatici, la crescita demografica e gli stili di vita moderni.

I cambiamenti nei modelli di consumo e nelle attività umane hanno portato ad un aumento complessivo della domanda di acqua. Ciò ha intensificato la competizione per le risorse idriche tra l'agricoltura, l'industria e le famiglie.

Il **“World Resources Institute”** ha stilato una classifica riguardo i paesi che saranno soggetti ad una *grave crisi idrica* (se si continua a sprecare questo bene prezioso) e l'Italia si posiziona al *quarantatreesimo posto* nella tabella con **“alto rischio”**; da notare che San Marino si posiziona all'*undicesima posizione* nella zona ad **“altissimo rischio”**.

Le regioni più colpite, sono il **Nord Africa** e il **Medio Oriente**. Tale classificazione è guidata dal Qatar, seguita da Israele, Libano, Iran, Giordania, Libia e Kuwait.

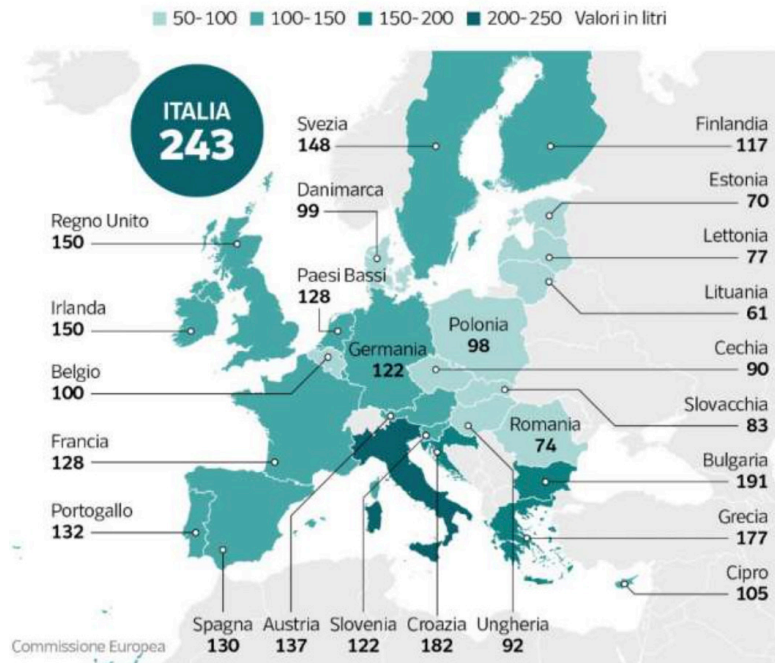
Secondo il rapporto WRI, la zona più colpita è l'**India**, dove la sesta città per numero di abitanti, Chennai, solo poche settimane fa è rimasta senza acqua. Con 1,3 miliardi di abitanti, si posiziona *tredecimesima* nella classifica dello stress idrico ed è anche a rischio estremamente elevato. (World Resources Institute, 2019)



L'Italia è attualmente in ritardo rispetto agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile 2030 delle Nazioni Unite in termini di spreco idrico: risulta identificata come "maglia nera" in termini di spreco di acqua potabile, poiché è stato registrato un consumo pro capite più elevato rispetto agli altri 28 paesi dell'UE, 156 metri cubi pro capite nel 2015 (ISTAT). (Ansa, 2020)

Per avere un chiaro riscontro riguardo il sistema Italia, Ipsos ha realizzato con Ipsos una ricerca su un campione rappresentativo di 1.000 individui dalla quale risulta che la scarsa preoccupazione degli italiani per l'acqua nasce anche dalla percezione sbagliata dei reali consumi di una famiglia.

*"Infatti si ritiene che in media una famiglia consumi poco più di 100 litri al giorno, mentre in realtà il consumo per uso civile di acqua in Italia è di **220 litri pro capite al giorno**, spesso superando la soglia limite del 20% di indice di sfruttamento idrico: è il rapporto tra la quantità di acqua estratta ogni anno e il totale delle riserve di acqua dolce rinnovabili a lungo termine. Vuol dire che, soprattutto d'estate, le riserve vengono stressate."* (Ansa, 2020, p.1)



*“Una famiglia di 2 persone consuma dunque circa **440 litri d’acqua giornalmente** e circa **120 metri cubi all’anno di media**: il 60% è destinato all’igiene personale e circa la metà viene consumata tirando lo sciacquone. A questo dato si aggiunge che, nonostante una sempre più diffusa consapevolezza di nuove e migliori pratiche utili a ridurre il consumo di acqua, i comportamenti dei cittadini italiani nei confronti della sua scarsità continuano a non essere correttamente indirizzati.” (Qui Finanza, 2021, p.1)*

Tra le cause principali di questo fenomeno emerge il fatto che tra le tematiche ambientali la scarsità d’acqua viene legata alla stagionalità in specifiche zone del nostro paese e viene posta in secondo piano rispetto ad altri elementi come la gestione dei rifiuti, l’inquinamento della plastica nei mari e l’inquinamento dell’aria.

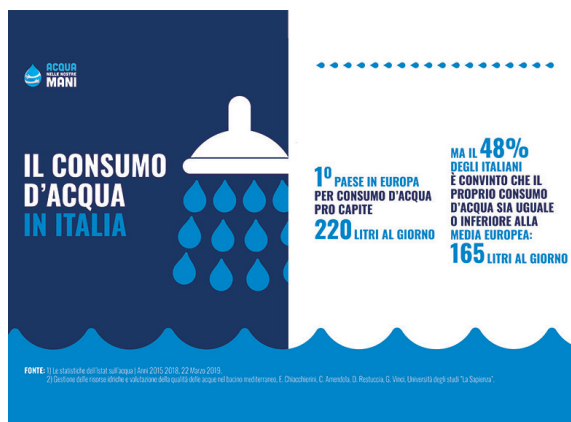
Inoltre, dalla ricerca emergono alcuni dati rispetto al comportamento degli italiani con il bene acqua:

“- oggi, solo 2 italiani su 10 pensano che la scarsità d’acqua sia già un problema;

- nel 39% delle case italiane non è presente la lavastoviglie e dove c’è (61%) l’abitudine a lavare i piatti a mano è ancora molto diffusa;

- la maggior parte degli italiani sa che si consuma meno acqua quando la lavatrice viene utilizzata a pieno carico, ma solo il 50% degli utilizzatori adotta questa modalità di lavaggio;

- 8 italiani su 10 si occupano di giardini o di piante da innaffiare. Il 62% se ne occupa la sera quando in realtà il momento migliore è la mattina, così da evitare il ristagno dell’acqua.” (Ansa, 2020, p.1)



Secondo l'articolo pubblicato dal Corriere della Sera: "Per fare una media dei possibili consumi, vediamo quanta acqua buttiamo solo per lavarci i denti secondo le indicazioni del dentista, cioè 2-3 minuti di spazzolata, filo, e risciacquo. Se durante questa operazione lasciamo il rubinetto aperto, se ne vanno dai 12 ai 18 litri. Se lo teniamo chiuso, per riaprirlo solo quando è necessario, basta mezzo litro. Per una doccia di 5 minuti consumiamo in media 90 litri d'acqua. Se invece utilizziamo un soffione a risparmio idrico, ne bastano 40. Rispetto al getto tradizionale possiamo risparmiare fino al 55% (8 litri contro 18 al minuto). La vasca da bagno è molto dispendiosa: richiede dai 100 ai 160 litri." (Gabanelli & Ravizza, 2019, p.1)

Ad ogni pressione del pulsante, il serbatoio del WC a due tasti consuma 3 litri di acqua. Tradizionalmente ne vengono utilizzati 9 per ogni scarico. Ciò significa che ogni giorno, in media, 36 litri possono non essere sprecati. Una famiglia di quattro persone usa una lavastoviglie ogni giorno e consuma 10 litri di acqua per lavaggio. L'importante è avviarlo solo quando è veramente pieno. Stesso discorso per le lavatrici Classe A, che consumano 60 litri per lavaggio e 130 litri per quelle più vecchie. Occorre maggiore attenzione anche quando si cucina. Ad esempio lavare la frutta mettendola a mollo e poi sciacquarla, anziché lasciarla sotto al rubinetto aperto, dove se ne vanno 6 litri al minuto. In conclusione, con un po' di attenzione, **bastano circa 130 litri al giorno**, invece dei 220 litri che la media nazionale ci assegna. (Gabanelli & Ravizza, 2019)

L'uso domestico in litri

Valori in litri



“L’arrivo della pandemia ha giocato un ruolo cruciale nel ridurre l’attenzione delle persone sulla tematica acqua. Solo 1 italiano su 4 ha infatti dichiarato di aver prestato attenzione ai consumi d’acqua nel corso dell’ultimo anno, trascorso prevalentemente dentro casa e in misura maggiore rispetto al passato.

Ciò è confermato dal fatto che l’attenzione ai consumi d’acqua è aumentata solamente del 2% in un anno (2020: 73%, 2021: 75%), mentre discorso completamente diverso vale per l’attenzione ai consumi di elettricità passati dal 77% del 2020 all’86% del 2021, e gas, aumentati addirittura del 10% (dal 79% del 2020 all’89% del 2021), con la forbice che è oggi notevolmente ampliata.” (Technoacque, 2020, p.1)

A questo proposito, lo studio Ipsos per Finish ha concluso che ognuno deve dare il proprio contributo. Infatti il 68% degli intervistati ritiene che i cittadini debbano svolgere un ruolo importante nel ridurre o migliorare i propri consumi.

Il 58% affida un ruolo importante ad enti pubblici che si occupano della manutenzione delle tubature, il 54% ai governi, che dovrebbero punire coloro che non adottano comportamenti corretti, mentre infine, il 50%, alle aziende, che devono impegnarsi a migliorare i processi produttivi.

Sono quindi i singoli individui che devono provare, per primi, ad intervenire e cambiare la situazione. *“In questa direzione, nell’ultimo anno, gli italiani hanno scelto di adottare alcuni specifici comportamenti come chiudere il rubinetto quando non serve (73%), fare docce più brevi (39%) ed essere sicuri nell’usare lavatrice e lavastoviglie a pieno carico (rispettivamente 65% e 44%, più 3% rispetto al 2020). In riferimento a quest’ultimo punto, però, le idee non sono ancora così chiare: la maggior parte delle persone, 66%, è cosciente del fatto che si consuma più acqua lavando i piatti a mano rispetto all’utilizzare la lavastoviglie (riducendo il consumo da 122L a 12L per lavaggio, con una differenza di 110L), ma nonostante ciò il 70% tra i possessori della macchina continua a non attuare questo tipo di comportamento per tutelare la risorsa.”*

(Cagnazzi, 2021, p.1)

02

Ricerca etnografica:
water waste e abitudini
degli utenti

Prima di entrare nel vivo del progetto di tesi e definire un chiaro indirizzo riguardo la tematica da seguire, è stato creato un questionario anonimo di ricerca etnografica ad personam rivolto ad un determinato campione di famiglie/utenti singoli. Il sondaggio proposto è stato effettuato tramite la piattaforma "Moduli Google".

La ricerca etnografica *"è un metodo scientifico che le scienze sociali quali antropologia e sociologia utilizzano per approcciare e descrivere il loro oggetto di studio."* (Wikipedia, p.1).

Inoltre *"si parla propriamente di ricerca etnografica quando si ricorre all'uso dell'osservazione partecipante quale tecnica privilegiata di rilevazione delle informazioni per accedere allo studio di culture e subculture in contesti spazialmente determinati e si integra l'osservazione partecipante con l'utilizzo di altre tecniche di rilevazione (ad es., interviste non standardizzate, racconti di vita) e di altre fonti documentarie (dati secondari, resoconti storici, articoli di giornale, ecc.)."* (Uniroma1, 2015, p.3)

Il questionario è risultato fondamentale per ottenere alcune informazioni circa le abitudini delle famiglie sul consumo e sul valore dell'acqua, in modo da poter tracciare un quadro di quanto la comunità sia attenta e sensibile su questo argomento, così da poter impostare il mio progetto di tesi su cambiamento comportamentale e risparmio idrico, creando un prodotto-servizio che coinvolga l'utente in questa missione nell'ambito domestico.

Dopo aver ottenuto i risultati dal sondaggio, è stata effettuata un'intervista campione di alcuni degli stessi utenti, in modo da poter approfondire la scelta di determinate risposte e le loro preferenze riguardo temi come domotica e gamification.

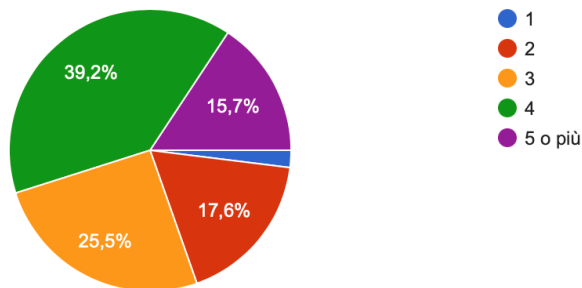
E' possibile definire la gamification come *"un insieme di regole mutate dal mondo dei videogiochi, che hanno l'obiettivo di applicare meccaniche ludiche ad attività che non hanno direttamente a che fare con il gioco; in questo modo è possibile influenzare e modificare il comportamento delle persone, favorendo la nascita ed il consolidamento di interesse attivo da parte degli utenti coinvolti verso il messaggio che si è scelto di comunicare, sia questo relativo all'incremento di performance personali o più in generale alle performance d'impresa."* (The Gamification Research Lab, 2010, p.1)

E' stato preso in considerazione un campione di 51 persone dove la maggioranza risulta composta da 4 componenti del nucleo familiare/conviventi (39,2 %) con una fascia d'età compresa tra i 18 e i 30 anni.

Al secondo posto abbiamo 3 componenti del nucleo familiare/conviventi (25,5%) per un'età compresa tra i 50-60 anni; questi risultati fanno intendere immediatamente che il target da prendere in considerazione riguarda quello della famiglia base e di conviventi più giovani, che fanno riferimento alla fascia di studenti universitari/lavoratori.

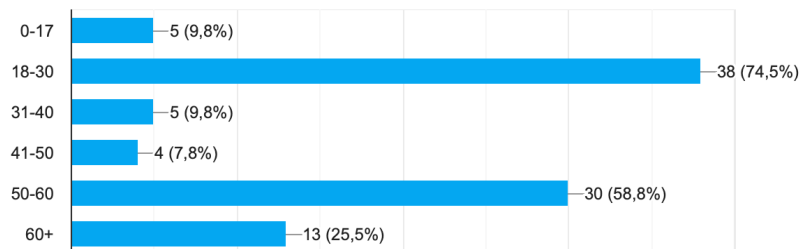
Numero dei componenti del nucleo familiare/conviventi

51 risposte



Fascia d'età per ciascun componente

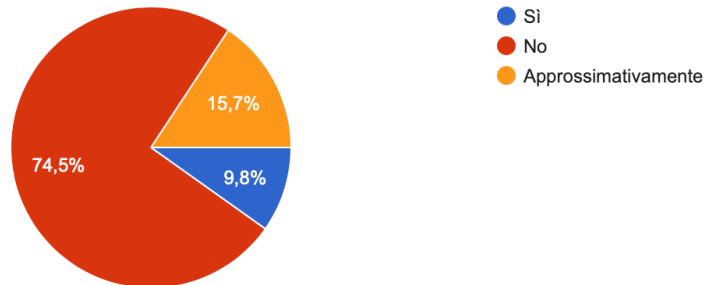
51 risposte



In seguito sono state poste domande relative alla consapevolezza dell'utilizzo dell'acqua, per riuscire a comprendere se gli intervistati fossero a conoscenza della quantità consumata giornalmente.

Sei a conoscenza di quanti litri di acqua usi giornalmente?

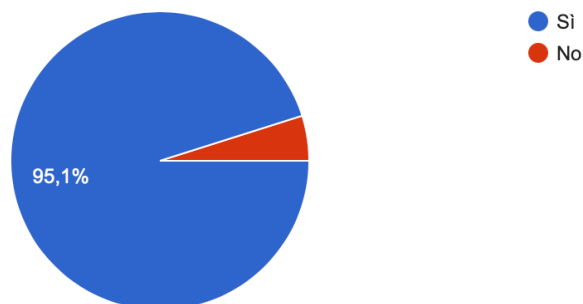
51 risposte



Il 74,5 % non ne è a conoscenza e ben il 95% amette che sarebbe interessato a conoscere il consumo medio perchè sensibile alla tematica del water waste, per risparmiare in bolletta e poiché desidera essere più consapevole in modo da evitare un inutile spreco di questa preziosa risorsa.

Se hai risposto No saresti interessato/a a saperlo?

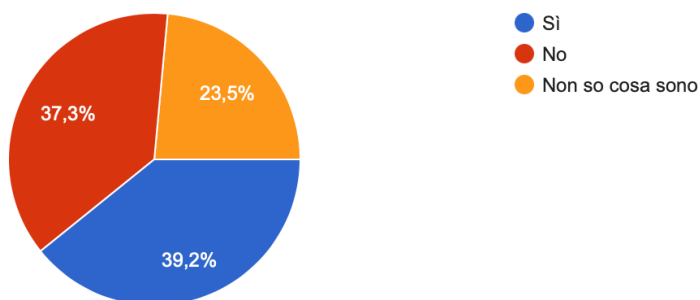
41 risposte



Nella parte successiva del questionario seguono domande relative alle abitudini degli utenti sull'utilizzo della doccia, lavastoviglie ecc. ed altri quesiti relativi alla conoscenza di alcuni semplici metodi per risparmiare acqua (come applicare frangigetto ai rubinetti o utilizzare il lavaggio Eco).

Hai applicato dei frangigetto ai rubinetti?

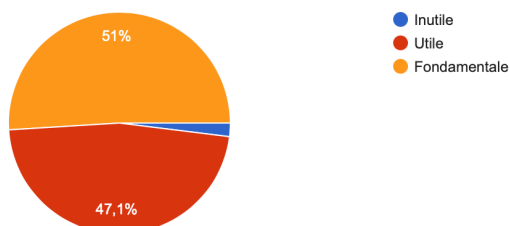
51 risposte



È interessante notare come il 23,5% degli intervistati non è neanche a conoscenza di cosa siano i frangigetto, un dispositivo meccanico da applicare alla bocca di erogazione di un rubinetto per regolare il getto d'acqua e con finalità di risparmio idrico.

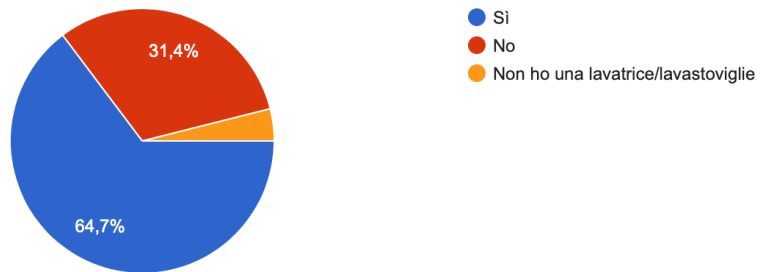
Se mentre ti lavi i denti chiudi il rubinetto, puoi risparmiare almeno 10 litri d'acqua. Reputi avere questa informazione:

51 risposte



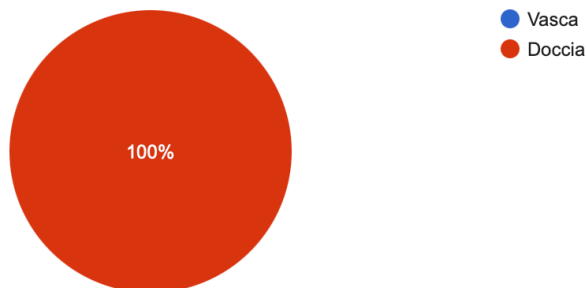
Utilizzi il programma ECO per lavatrice/lavastoviglie?

51 risposte



In famiglia per lavarvi usate maggiormente

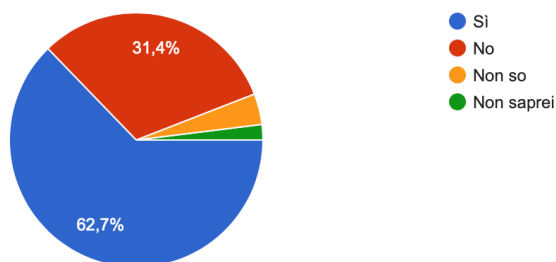
51 risposte



Nella parte successiva del questionario seguono domande relative alle opinioni e al gradimento degli intervistati riguardo la domotica ed alcuni prodotti innovativi i-tech che hanno a che fare con il risparmio idrico.

E' presente anche una domanda relativa al meccanismo della gamification e relativa applicazione in questo ambito.

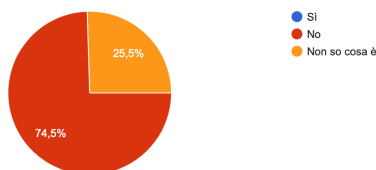
“Oasys si serve di un sensore applicato all'esterno di una delle tubature principali per monitorare costantemente i consumi e fornire informazioni ai padroni di casa. Il sensore e la console comunicano via wifi e producono report dettagliati sulle possibili cause a monte degli sprechi, sulla media dei consumi e sui trend confrontati con quelli dei vicini di casa. Un anello di neopixels crea un alone colorato intorno al disco bianco che invia avvisi immediati comprensibili immediatamente. Compreresti questo dispositivo?”



Anche se il 63,7% ha risposto di sì, la parte rimanente ha dato delle giustificazioni interessanti riguardo al non voler acquistare il dispositivo, ritenendolo o troppo invasivo, così da trasmettere un certo livello di ansia, o soffermandosi sul suo probabile costo elevato.

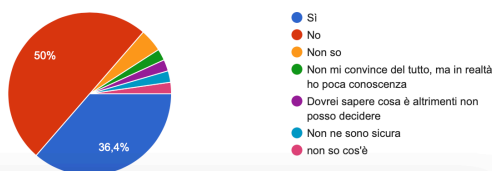
Possiedi un impianto domotico nella tua abitazione?

51 risposte



Saresti interessato/a ad installarlo?

44 risposte



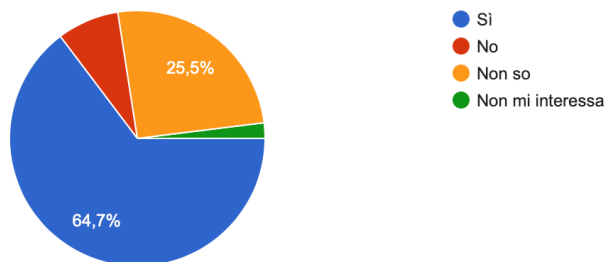
Per quanto riguarda l'impianto domotico, il 74,9 % degli intervistati afferma di non possederlo e il 25,5 % non è a conoscenza di cosa sia. È interessante notare che, alla richiesta di una probabile installazione di quest'ultimo, più del 50 % delle persone ha affermato di non volerlo o di non esserne totalmente certi, in quanto viene visto come un sistema troppo complicato da utilizzare e che porta ad un ulteriore impigritimento degli utenti, i quali preferiscono rimanere (per il momento) nella semplicità della proprie abitudini.

“Waterpebble è un dispositivo mobile intelligente da tenere sul fondo della doccia per monitorare l'acqua in uso e venire avvertiti quando si sta esagerando. Al primo utilizzo, userà il livello di acqua di cui abbiamo usufruito come marker su cui basarsi le volte successive. Nel caso la quantità di acqua sia maggiore rispetto alla prima doccia una luce rossa intermittente avvertirà del pericolo “spreco imminente”. Cosa ne pensi di quest'oggetto? Lo acquistaresti? Motiva la risposta.”

La maggioranza degli intervistati ha affermato che non sarebbe così interessata ad acquistarlo poiché ritiene che la doccia sia un momento di relax e il fatto di avere un dispositivo che segnala quando si sta superando un certo limite di litri può provocare un determinato livello di ansia che scoraggerebbe l'utente ad acquistare il dispositivo.

Saresti disposto/a ad acquistare un dispositivo che segnala quanta acqua consumi attraverso un feedback immediato?

51 risposte



Diversamente, alla domanda *“Saresti disposto/a ad acquistare un dispositivo che segnala quanta acqua consumi attraverso un feedback immediato?”*, più della metà degli intervistati (64,7%) ha risposto di sì. In questo modo è in grado di tenere sotto controllo l'effettivo consumo così da evitare sprechi non indispensabili.

La parte finale del questionario riguarda la modalità di economia idrica attraverso l'uso del sistema della gamification:

“Social Power è una App che utilizza dinamiche sociali come incentivo per il risparmio energetico in un contesto domestico. Si accumulano punti completando semplici sfide settimanali per vincere con il proprio vicinato. I dati di consumo della singola abitazione vengono comparati settimanalmente con le medie storiche fornendo all'utente un feedback (tramite emoticon) sull'effettivo cambio di comportamento. Ritieni questa tipologia di gioco volto al risparmio interessante?”



Il 54,9 % ha risposto di sì e la restante metà afferma di non volerlo installare perchè troppo impegnativo (occorre tempo e dedizione per seguire questa tipologia di gioco educativo), oppure sarebbe disposta ad installarlo se i premi fossero concreti (es. sconti sulla bolletta).

Dopo aver raccolto tutti i dati dell'indagine, è stato effettuato un recap riguardo i risultati ottenuti:

La maggior parte degli intervistati ha riferito che dopo la compilazione del questionario il loro livello di attenzione contro lo spreco dell'acqua è **aumentato**.



Preferibile **feedback con notifica settimanale** con consumo di acqua rilevato (il gioco dopo tot tempo annoia e non sempre l'utente ha tempo per stare dietro).



Premi sono maggiormente apprezzati se hanno a che fare con **sconti in bolletta**.



Altri dispositivi esterni risultano troppo invasivi e complicati (stile domotica). Utente vuole **semplicità e praticità**.



Alcuni utenti hanno inserito il topic dell'**idratazione giornaliera**:
" Vorrei sapere quanto mi idrato... quanta acqua bevo.."



)3

Dispositivi i-tech per
economia idrica

Durante il percorso di ricerca che ha portato al progetto finale, è stata posta particolare attenzione nei confronti dei prodotti esistenti attualmente in commercio o in fase di sperimentazione che si occupano di stimolare ed educare l'utente all'economia idrica.

Ovviamente questo è un dovere che tutti noi dobbiamo rispettare e un contributo per minimizzare gli sprechi a livello domestico viene proprio dalla tecnologia: dai semplici riduttori da applicare ai rubinetti per diminuirne il flusso fino ad arrivare ai rubinetti smart che si attivano vocalmente a distanza e regolano l'erogazione per garantire un risparmio massimo.

È stata effettuata una selezione dei casi studio più rilevanti e in riferimento a diversi campi di applicazione, in modo da comprendere la loro effettiva funzionalità e il livello di facilità di utilizzo da parte dell'utente. Tutte le informazioni dei seguenti prodotti sono state riprese dall'articolo *"Giornata dell'acqua: 10 prodotti tech per non sprecaarla"* della rivista *"Wired"*.

Waterpebble

Semplici regole possono aiutare a ridurre lo spreco d'acqua: preferire la doccia alla vasca, chiudere il rubinetto quando ci insaponiamo o ci laviamo i denti, inserire dei dispositivi che rallentano il getto ecc. Ma questa è solo una piccola parte. Per risolvere questo problema, il designer Paul Priestman ha creato Waterpebble. Questo piccolo oggetto è un dispositivo mobile intelligente che può essere posizionato nella parte inferiore della doccia per monitorare la quantità



Il dispositivo elettronico intelligente deve essere posizionato sul piatto doccia, vicino al foro di scarico, da lì terrà traccia della quantità di acqua utilizzata.

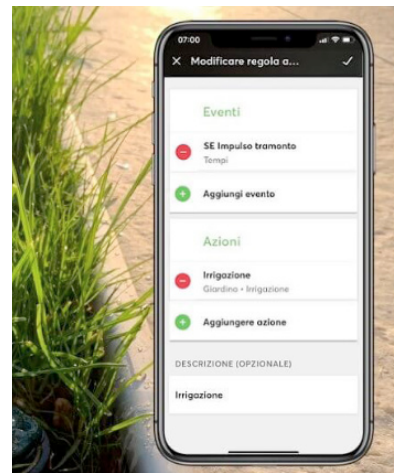
Quando viene utilizzato per la prima volta, utilizzerà il livello dell'acqua che abbiamo utilizzato come punto di riferimento per l'uso successivo. Se la quantità d'acqua è superiore al primo set doccia con Waterpebble, la luce rossa lampeggiante avviserà del pericolo di spreco. Al contrario, una doccia più corta e rispettosa dell'ambiente sarà accompagnata da una luce verde soft. Il dispositivo è realizzato con materiali completamente riciclabili. (Wired, 2019)

Loxone

Loxone è un sistema interconnesso intelligente per la raccolta dell'acqua piovana.

Questo sistema non fa evaporare l'acqua né la fa penetrare nel terreno, ma la raccoglie in un apposito contenitore, la filtra per purificarla, e la rende adatta a vari scopi, come riempire wc, autolavaggi, ecc. Può essere usato per l'irrigazione, per pulire gli spazi esterni della casa (terrazza, balcone) e per lavastoviglie o lavatrice.

Il sensore collegato al piccolo server monitora il livello dell'acqua raccolta e avvisa l'utente tramite l'app quando il contenitore è troppo pieno. (Wired, 2019)



Nebia Spa Shower

Nebia è una doccia innovativa che fa ridurre il consumo di acqua del 65% attraverso sistemi intelligenti di getti nebulizzati.

Il suo soffione emette getti non totalmente in forma liquida ma sotto forma di emissione di nebulizzazione spray, una tipologia di erogazione che alcuni test dermatologici hanno dimostrato faccia di gran lunga meglio alla pelle rispetto a quella dei tradizionali rosoni da doccia. L'acqua nebulizzata sotto forma di nuvola di vapore composta da milioni di microgoccioline può effettivamente lavare e idratare in profondità senza intaccare il film idrolipidico della pelle. Il vantaggio di questo prodotto è che può risparmiare più acqua di una doccia standard, il che non fa solo bene alla salute, ma fa anche bene alla terra. Poiché vengono forniti diversi adattatori, è un sistema intelligente di risparmio idrico che può essere installato su qualsiasi rubinetto. (Wired, 2019)



Xiaomi rubinetto smart

Si presenta come un sistema di risparmio idrico smart che è possibile montare su qualsiasi rubinetto, grazie ai diversi adattatori disponibili. Dopo averlo inserito basta aprire il rubinetto e lasciarlo aperto: a chiudere ed aprire l'acqua ci penseranno i due sensori che si attivano senza contatto diretto.

"E' presente un sensore inferiore per esigenze d'acqua a breve termine: quando il sensore entra nell'area di rilevamento inferiore (entro una distanza limitata di 10 cm), l'acqua inizia a fluire. Quando il sensore esce, l'acqua smette di fuoriuscire.

Il sensore laterale soddisfa i requisiti di conservazione dell'acqua: quando quest'ultimo entra nell'area di rilevamento laterale (entro una distanza limitata di 5 cm), l'acqua inizia a fluire verso l'esterno. La corrente dura 3 minuti e l'acqua continua a fluire, anche se l'oggetto sensoriale esce. Se il sensore entra nuovamente nell'area di rilevamento laterale durante il processo di flusso dell'acqua, l'acqua può essere fermata in qualsiasi momento." (Wired, 2019, p.1)

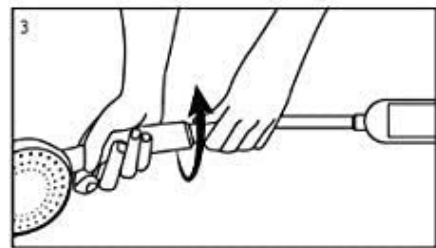
E' presente una batteria integrata, che dura un totale di 6 mesi. Quando il dispositivo è scarico basterà ricaricarlo attraverso il cavetto microUSB in dotazione.



Amphiro b1

Questo dispositivo è un contatore intelligente per la doccia che informa sul consumo attuale di acqua ed energia, fornisce un feedback in tempo reale e consente all'utente di agire secondo i propri standard.

La particolarità di quest'oggetto è quella di non contenere batterie e di funzionare senza alimentazione esterna. L'energia necessaria è generata dal flusso d'acqua che aziona una piccola turbina all'interno del dispositivo Amphiro. Si accende ad ogni doccia non appena si apre l'acqua, caricando un piccolo condensatore, che mantiene acceso il display anche per alcuni minuti dopo la fine della doccia. Non appena questa energia viene consumata, il display si spegne e tutti i dati vengono inviati nell'applicazione installabile dall'utente su smartphone. (Kickstarter, 2015)



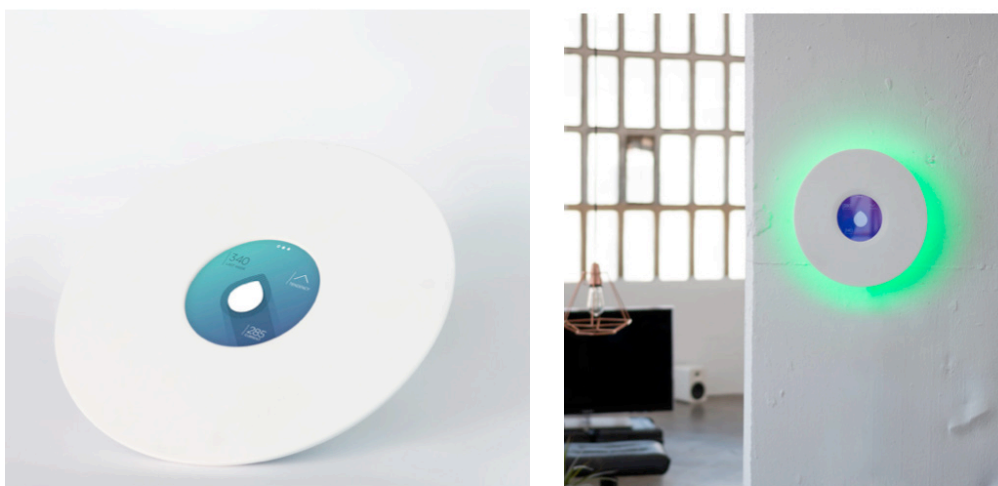
Procediamo con l'analisi dei casi studio soffermandoci su prodotti della domotica. Come riportato su "Vimar", quest'ultima è una tecnologia di ricerca volta a migliorare la qualità della vita di una famiglia e, più in generale, la qualità della vita di un edificio.

Inoltre permette di migliorare sensibilmente le prestazioni e le possibilità offerte dai vari sistemi della casa, ottimizzare i consumi e consentire l'integrazione di diverse funzioni come controllo, comfort, sicurezza, risparmio energetico e comunicazione.

Le funzioni degli impianti tradizionali sono attivate da normali comandi (interruttori, regolatori, ecc.) e non possono interagire tra loro, quindi non possono essere gestite da un unico punto di supervisione e programmazione. Il sistema domotico si distingue proprio per questo motivo poichè permette di creare, nel residenziale e nel terziario, tutte le gestioni coordinate delle apparecchiature. (Vimar, 2019)

Oasys

Questo prodotto è stato pubblicato sui siti Kickstarter e Behance ma non ha raggiunto i finanziamenti necessari per essere messo in commercio. La particolare sfera Oasys utilizza sensori applicati all'esterno di una delle condutture principali per monitorare continuamente i consumi e fornire preziose informazioni all'ospite. Sensori e console comunicano via wifi e generano report dettagliati su possibili cause a monte degli sprechi, consumi medi e trend rispetto ai vicini.



Un cerchio di pixel crea un alone colorato attorno ad un disco bianco, inviando un avviso che possa essere compreso immediatamente. Un aspetto interessante è la possibilità di porsi delle sfide, fissare degli obiettivi che tutti i membri della famiglia si impegneranno a raggiungere per aumentare collettivamente il livello di sostenibilità e risparmiare in bolletta. Inoltre, ottenere un feedback tangibile sul successo aumenterà la motivazione e aiuterà a mantenere elevati standard di efficienza. (Behance, 2018)

Flo Water Monitor

Flo di Moen si definisce come un sistema idraulico intelligente. Questo sistema di casa è il primo a monitorare e proteggere la sicurezza dell'impianto idraulico.

Questo dispositivo è progettato da professionisti nel campo dell'idraulica e della tecnologia e viene installato sulla condotta principale di approvvigionamento idrico della casa. Tramite l'app mobile Flo di Moen o il browser Web, è possibile visualizzare l'utilizzo dell'acqua in tempo reale, incluso la portata, la pressione e anche la temperatura dell'acqua. Se la valvola intelligente rileva un problema (come alta pressione, ghiaccio o una piccola perdita), ti avviserà tramite l'app in modo che sia possibile risolvere il problema prima che causi danni. (Tecnobabele, 2019)



)4

Cambiamento comportamentale
ed efficienza energetica:
feedback e piani d'azione

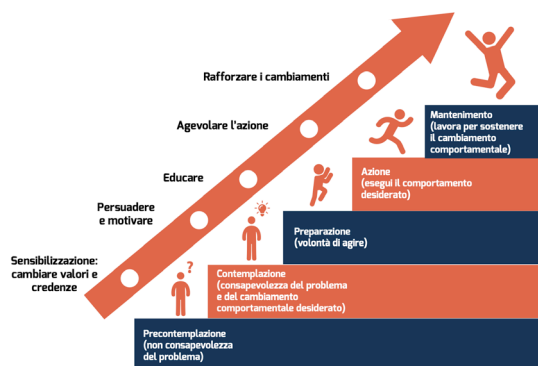
Negli ultimi anni, per il settore dell'efficienza energetica, è sempre più sentita l'esigenza di coniugare al meglio tecnologia e leve comportamentali in modo da poter realizzare progressi sulla base di uno sviluppo realmente sostenibile. Per questo motivo risulta fondamentale l'approfondimento della tematica **"Behavioural Change"**.

In questo capitolo verranno riportati i dati e le informazioni più importanti del report *"Stati Generali Efficienza Energetica 2017"*, un progetto di ENEA in collaborazione con EfficiencyKnow.

Si tratta di prestare maggiore attenzione al problema degli effetti benefici e della promozione dell'efficienza energetica, che può essere assicurata dal comportamento personale o sociale e dal suo fondamento culturale e organizzativo.

"Secondo l'UE e l'Agenzia Internazionale per l'Energia, i cambiamenti comportamentali che danno luogo alla crescita della domanda di efficienza energetica (quelli direttamente collegati all'uso ottimale delle tecnologie correnti o quelli più strettamente legati a un vero e proprio cambiamento culturale) potrebbero consentire un risparmio energetico dal 5 al 20%." (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017, p.4)

Si tratta di piani d'azione basati su ricerche e teorie riguardo il tema del cambiamento comportamentale nelle scienze sociali, escludendo di conseguenza metodi che si concentrano specificamente su diversi tipi di strategie, come la riduzione delle bollette, gli incentivi o la stesura di nuove leggi e/o regolamenti. L'obiettivo rimane l'importanza di misurare sistematicamente l'impatto dei programmi di cambiamento comportamentale che ora sono resi possibili in modo conveniente attraverso le nuove tecnologie.



Infatti l'architettura delle scelte influenzerà profondamente la nostra decisione: le caratteristiche apparentemente insignificanti di una situazione sociale hanno un impatto importante sul comportamento individuale. È per questo motivo che devono essere progettate soluzioni creative che portino a cambiamenti nei comportamenti per migliorare la qualità complessiva della vita umana. (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017)

Richard H. Thaler e Cass Sunstein parlano nel libro **“Nudge”** di una **“spinta gentile”**, ovvero *“ogni aspetto nell'architettura delle scelte che altera il comportamento delle persone in modo prevedibile senza proibire la scelta di altre opzioni e senza cambiare in maniera significativa i loro incentivi economici. Per contare come un mero pungolo, l'intervento dovrebbe essere facile da attuare. I pungoli non sono ordini. Ad esempio, mettere della frutta davanti agli occhi conta come una “spinta gentile”. L'imposizione di un obbligo, come ad esempio non mangiare cibo spazzatura non porta a nessun risultato”*. (Thaler & Sunstein, 2014, p.40)

Risulta quindi importante investire in un percorso sul cambiamento comportamentale in modo da avere un impatto significativo sui consumi energetici.

Tutte queste modalità possono essere implementate rapidamente, con un'adozione su larga scala nel giro di poche settimane o mesi dato che non richiedono acquisti programmati, la consegna o l'installazione di apparecchiature.

Nel dibattito pubblico italiano sulla nuova strategia energetica nazionale, l'Agenzia Nazionale per l'Efficienza Energetica si pone l'obiettivo di inserire nella strategia di sistema l'importanza dell'investimento informativo e della formazione comportamentale personale: è chiaro che ognuno di noi impara, osservando il comportamento degli altri, il proprio comportamento.

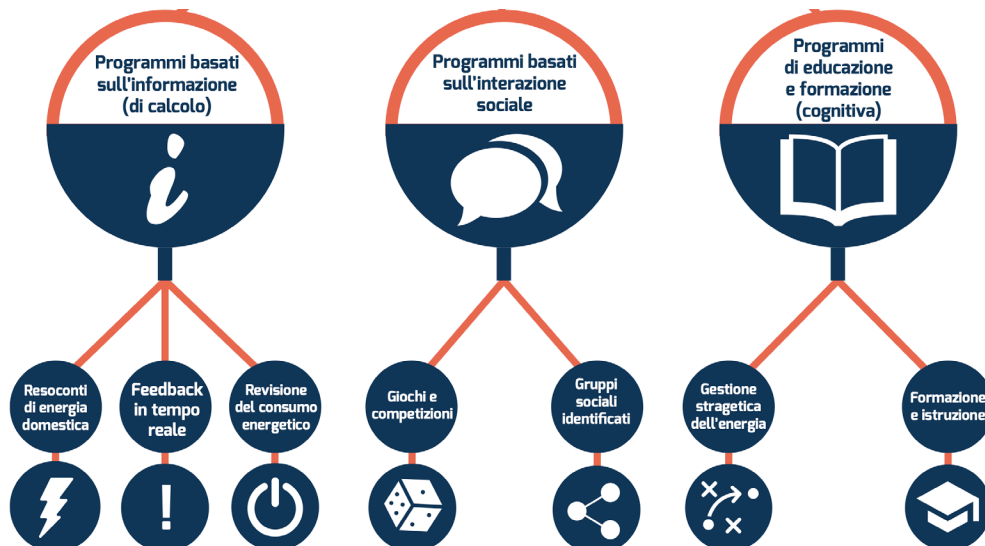
Come scritto sul report “Stati Generali Efficienza Energetica” del 2017, la maggior parte delle classificazioni relative alle attività finalizzate al cambiamento comportamentale si distinguono tra **strategie e programmi**.

“Le strategie possono essere concepite come i “pilastri” concettuali su cui sono costruiti i programmi. Si basano su concetti e fondamenti mutuati dalle scienze sociali riguardo il comportamento umano che potremmo definire la base teorica; ad esempio l’idea che la gente s’impegni con più probabilità in azioni di cambiamento comportamentale dopo essersi esposta pubblicamente in tal senso, oppure il semplice fatto che ognuno di noi cambi il proprio comportamento osservando quello degli altri.” (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017, p.10)

La classificazione che viene proposta si basa su quella elaborata negli Stati Uniti dall’ACEE nel 2016. E’ composta da tre categorie principali, all’interno delle quali sono incluse altre sottocategorie.

Troviamo i **programmi basati sull’informazione di calcolo** che si sviluppano in *resoconti di energia domestica, feedback in tempo reale e revisione del consumo energetico*, i **programmi basati sull’interazione sociale**, divisi in *giochi e competizioni e gruppi sociali identificati*.

Concludiamo con **programmi di educazione e formazione cognitiva** ramificati in *gestione strategica dell’energia, formazione ed istruzione*.



“Quasi tutti i programmi utilizzano strategie di cambiamento comportamentale attraverso la diffusione delle informazioni. Questa tipologia di programma, definita di calcolo, prevede tre diverse strutture, con strategie specifiche di costruzione dei messaggi: resoconti di energia domestica (RED), feedback in tempo reale e revisioni del consumo energetico.” (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017, p.15)

Il RED è di gran lunga considerato il programma più comune nella politica di cambiamento del comportamento di efficienza energetica della gestione dei servizi pubblici. Secondo l'esperienza internazionale, nel 2013 hanno partecipato più di 8,9 milioni di famiglie. Dall'inizio del piano, il risparmio energetico totale è stimato in circa 11 terawattora (TWh).

Il principio di funzionamento di questi programmi è confrontare **feedback e norme sociali**.

“Gli utenti finali che ricevono resoconti periodici, attraverso i quali confrontano il loro utilizzo di energia (elettricità, gas, o entrambi) con quello di 100 abitazioni simili nella stessa zona di residenza, tendono a ridurre il proprio consumo di energia per allinearsi con quello dei propri vicini. Inizialmente, oltre all'utilizzo delle norme sociali, le informazioni comparative includevano anche “emoticon” con faccina sorridente o triste.” (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017, p.15)

Oggi, alcuni operatori hanno cambiato modalità di comunicazione e indirizzano le famiglie al confronto con dei “vicini medi”, cioè di pari consumi, o con dei “vicini ad alta efficienza”, ovvero con consumi più bassi, usando solo emoticon felici. Il confronto con “vicini ad alta efficienza” può funzionare meglio, perché dimostra ai residenti che anche famiglie già sufficientemente efficienti possono migliorare ulteriormente e quindi è possibile eliminare il potenziale “effetto rimbalzo”. I programmi RED sono gli unici programmi che possono modificare il comportamento perché sono facilmente applicabili ai progetti opt-in e opt-out. Questi tipi di progetti possono stimolare l'interesse dei consumatori a partecipare (opt-in) e tenersi informati della situazione per fare delle scelte, oppure possono permettergli di non partecipare liberamente (opt-out).

Inoltre, è necessario un numero elevato di campioni per rilevare i risparmi derivanti da interventi che hanno un impatto relativamente limitato sui singoli utenti (ad esempio, risparmio dell'1-2% di energia elettrica).

Gli schemi RED sono generalmente redditizi e in genere consentono ai clienti residenziali di risparmiare dall'1,2% al 2,2% di elettricità all'anno. Il comportamento di risparmio energetico delle famiglie soggette al piano RED segue lo schema di azione e/o contrattacco, perché chi riceve la segnalazione agirà in base all'arrivo della segnalazione successiva.

“Ciò suggerisce il fatto che il miglioramento e l'efficacia dei programmi di risparmio debba focalizzarsi su nuove abitudini comportamentali che tendano a ridurre i consumi, piuttosto che sull'installazione di dispositivi di risparmio energetico.” (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017, p.18)

Queste conclusioni sono coerenti con il ruolo chiave del **feedback**: più la comunicazione risulta prossima in linea temporale all'opportunità di azione conseguente, maggiori saranno i risultati in termini di cambiamento comportamentale.

Complessivamente i feedback rappresentano uno strumento valido per cambiare il comportamento e si rivelano efficaci per ridurre il consumo di energia se vengono ricevuti frequentemente.

Il modo migliore per valorizzare l'efficacia di quest'ultimo è trasmetterlo attraverso un modo coinvolgente di interazione social digitale, combinato con strategie aggiuntive (come gli incentivi).



“È interessante notare che i messaggi di feedback che confrontavano l'effettivo utilizzo di energia dei partecipanti con i loro obiettivi iniziali, sono più efficaci del confronto con l'utilizzo di energia da parte di altre persone, come avviene nella maggior parte dei programmi RED. Inoltre, le durate brevi o lunghe per i programmi di feedback sembrano essere ideali; infatti, programmi di durata da 3 a 12 mesi risultano meno incisivi di quelli che durano meno di 3 o più di 12.” (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017, p.20)

Dei feedback tempestivi e mirati possono aiutare a modificare il comportamento di una persona. Basti pensare alle macchine fotografiche digitali: questi dispositivi hanno aumentato moltissimo la qualità media delle foto grazie alla possibilità di vedere immediatamente lo scatto effettuato sul loro schermo.

Ma per avere una prova tangibile di quanto è stato esposto fino ad ora, è possibile riportare il seguente esempio che viene esposto nel libro “Nudge” di Sunstein e Thaler. Gli autori raccontano che una società di approvvigionamento elettrico della California ha assegnato alle proprie utenze domestiche uno speciale dispositivo luminoso che emette una luce rossa quando la casa sta usando molta energia; la luce è invece verde quando l'utilizzo energetico è modesto. Questo semplice dispositivo ha permesso di ridurre il consumo energetico nei periodi di picco di oltre il 40%, e tutto questo grazie ad un feedback in tempo reale. (Thaler & Sunstein, 2009)

Il feedback relativo agli obiettivi del consumatore è una forma lieve di “ricompensa” o “punizione” e consente modifiche al comportamento di uno scopo specifico. Pertanto, i dispositivi di retroazione, ovvero i feedback, che soddisfano questo requisito (ad esempio fornendo informazioni frequenti di confronto tra risultati e obiettivi) sono i più efficaci.

Nel Report Stati Generali Efficienza Energetica sono riportate due categorie di sistemi di gestione energetica domestica:

- Dispositivi basati sull'informazione

Forniscono feedback e le persone devono compiere un'azione per rispondere in modo da realizzare efficienza energetica.

Risparmiano energia riducendo (ripetitivamente) i consumi e i comportamenti di efficienza (basta un'azione).

- Apparecchiature basate sul controllo

Agiscono automaticamente sulle informazioni raccolte (come per le prese elettriche multiple che verificano quando i dispositivi sono spenti e li scollegano in modo che non utilizzino alimentazione phantom, una tecnica che consiste nel far passare l'alimentazione elettrica lungo gli stessi cavi audio in cui passa il segnale). (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017)

La differenza tra i nuovi termostati intelligenti e i vecchi dispositivi è che hanno un'interfaccia più chiara e facile da usare e consentono agli utenti di utilizzare dispositivi abilitati a Internet (come smartphone o computer) per regolare le impostazioni. Alcuni termostati intelligenti possono apprendere le abitudini personali dei residenti o rilevare automaticamente quando sono in casa per attivare vari programmi di regolazione dell'impianto domestico.

Nello studio pilota, il risparmio energetico di questi termostati è stato quasi il doppio di quello dei cronotermostati tradizionali.

Per i dispositivi basati sulle informazioni e i dispositivi basati sul controllo, i potenziali risparmi per l'intera famiglia sono relativamente simili. *"I dispositivi basati sulle informazioni dimostrano un risparmio di circa l'1%, con un potenziale massimo teorico fino al 15% e dispositivi basati sul controllo consentono un risparmio dell'1% con un potenziale massimo teorico fino al 17%. Per i sistemi HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) in modo specifico, i dispositivi basati sulle informazioni raggiungono risparmi rispettivamente del 2-22% e i dispositivi basati sul controllo consentono un risparmio del 2-16%."* (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017, p.22)

Per lo stesso campo di gestione, le apparecchiature basate sul controllo sono chiaramente superiori alle apparecchiature basate sull'informazione: risparmiano energia durante i picchi di consumo di elettricità. Le azioni umane possono minare il potenziale di risparmio energetico dei termostati intelligenti. Sul report viene riferito che, in uno studio su 89 famiglie che utilizzano termostati intelligenti, dopo aver valutato il risparmio energetico nei quattro mesi estivi, è emerso che il consumo di elettricità degli utenti è stato ridotto del 6%.

(Stati Generali Efficienza Energetica, 2017)

Per un sistema di gestione dell'energia domestica basato sul control-

-lo, i fattori comportamentali chiave sono la decisione di installare apparecchiature e l'utilizzo dell'attrezzatura in modo efficace (ma non spesso).

Gli audit del consumo energetico nelle abitazioni o nelle aziende -prosegue il report- incoraggiano il risparmio energetico perché forniscono informazioni e indicazioni su come risparmiare energia e installare strumenti efficaci per il risparmio energetico (come lampadine a LED o ad alta efficienza, ecc.).

Gli audit energetici domestici di solito beneficiano dell'interazione personale e fisica tra revisori e residenti, ma alcune utilità di diverse utenze forniscono anche procedure di audit online o telefoniche di grande successo. Una volta soddisfatte queste condizioni, entreranno in gioco fattori psicosociali.

I potenziali fattori che influenzano l'efficacia degli audit energetici sono l'interazione personale, la modalità del "piede nella porta" e l'uso di report personalizzati su misura.

Ad esempio: "Un cliente che si impegna a ristrutturare un tetto (la prima parte della tecnica "piede nella porta") probabilmente sarà anche propenso ad impegnarsi ad investire in un isolamento del soffitto. Di conseguenza, i contraenti possono essere particolarmente efficaci, nell'incoraggiare programmi di efficienza energetica in occasione di ristrutturazione di case." (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017, p.23)

La partecipazione attiva dei partecipanti all'audit energetico è fondamentale per il successo del programma.

Se i partecipanti li contattano più frequentemente e ricevono servizi che si adattano meglio alle loro esigenze, è più probabile che partecipino al programma o seguano le raccomandazioni. Una revisione su larga scala di progetti di consulenza energetica ha determinato che il contatto personale con il proprietario della casa è un fattore chiave di successo nel trasformare un audit domestico in un aggiornamento per il risparmio energetico.

Il report fornisce un altro esempio di uno studio giapponese condotto da economisti, dove i ricercatori hanno aumentato il prezzo dell'elettricità fornita durante i periodi di punta di freddo e caldo e hanno inviato informazioni sull'aumento dei prezzi dell'elettricità con le fatture. Hanno scoperto che questo intervento ha risparmiato il

15,4% di energia. Al contrario, senza alcuna variazione di prezzo, inviare ai clienti un messaggio con argomenti etici per ridurre il consumo di energia può far risparmiare il 3,1% di energia. (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017)

Rispetto ai benefici ottenuti attraverso la persuasione morale, la soppressione dei prezzi dopo l'interruzione dell'intervento innesca anche una maggiore persistenza del risparmio. Considerando che gli argomenti morali dovrebbero portare a una motivazione intrinseca e che la manipolazione dei prezzi dovrebbe essere strettamente motivata da cause esterne, questo risultato è particolarmente sorprendente.

“Studi americani hanno mostrato che le fluttuazioni dei prezzi non influenzano fortemente il comportamento sul consumo energetico e che gli appelli per vantaggi economici hanno portato alla minore intenzione di iscriversi ad un programma di efficienza energetica rispetto a quello che richiama ad interessi di salvaguardia ambientale. Partecipanti che hanno ricevuto i loro consumi da un calcolatore di energia domestica in termini di emissioni di CO2 mostravano più probabilità di affermare di avere l'intenzione di impegnarsi in comportamenti votati all'efficienza energetica come in altri pro-ambientali.” (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017, p.24)

Il dibattito su quale sia il modo migliore per costruire un appello utile per cambiare il comportamento non ha un vincitore chiaro.

Sia le strategie economiche che quelle non economiche possono essere efficaci.

Ogni informazione persuasiva è valida solo se si considerano la sua fonte, i suoi destinatari e il suo contenuto. Nel report vengono elencate alcune “tips” per indurre l'utente al risparmio:

“Finché i consumatori comprendono la situazione e possono agire, le strategie di prezzo possono ridurre efficacemente il consumo di energia [...] I messaggi che fanno leva sulla salute e quelli ambientali potrebbero essere più efficaci degli appelli economici se i costi fossero percepiti come relativamente insignificanti e gli equivalenti costi per la salute o per l'ambiente fossero invece percepiti come più significativi.” (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017, p.24)



Comfort

Gli appelli per la protezione dell'ambiente, la salute o la valuta economica possono essere utilizzati per risparmiare o ridurre il consumo di energia, ma quando si vendono soluzioni energetiche domestiche, **enfaticizzare il comfort** può essere il modo migliore per motivare i clienti ad iscriversi. Questi progetti hanno scoperto che, sebbene ci siano vantaggi in termini di efficienza energetica, uno dei motivi principali per cui i consumatori acquistano tecnologie efficienti è migliorare il comfort termico delle loro case. (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017)



Eccesso di scelte

Il fenomeno del sovraccarico di scelte (*choice overload*) si verifica a causa delle troppe alternative disponibili che possono ridurre la volontà delle persone ad agire. Sebbene i clienti dicano che amano avere una varietà di opzioni, molti studi hanno scoperto che di fronte a troppe scelte a volte non scelgono nulla. (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017)

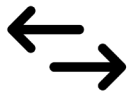


Incoraggiamento

Incoraggiare o sollecitare l'azione è una strategia che fornisce direttamente informazioni rilevanti quando si verifica un'azione. Tra le più importanti strategie di cambiamento comportamentale, l'incoraggiamento è l'unico metodo di successo basato sullo "spingere" (to push) le informazioni.

"Cartelli nei bagni pubblici che ricordano agli utenti di spegnere le luci, fecero risparmiare circa 10,6 kWh al giorno su 17 bagni presi in esame, a seconda del tipo di luci e della dimensione della stanza, rispetto ai controlli. Quando i ricercatori hanno usato segnalazioni in edifici adibiti ad uffici che chiedevano ai dipendenti di aprire o chiudere le finestre, il tasso di conformità fu del 10-30%. Ma le segnalazioni funzionano solo quando i partecipanti sono già motivati

a impegnarsi nel comportamento e ci sono poche barriere all'azione."
(Stati Generali Efficienza Energetica, 2017, p.25)



Cambiare le scelte prestabilite

La modifica della scelta predefinita è un modo semplice per visualizzare le informazioni che possono influire sulla frequenza delle partecipazioni ai programmi.

Sforzi cognitivi o motivazionali ridotti, per evitare potenziali perdite, possono spiegare perché la maggior parte delle persone si attiene alle scelte predefinite presentate loro. La tendenza a scelte predefinite è la ragione del più alto tasso di iscrizione ai programmi in cui i partecipanti devono attivamente rinunciare piuttosto che semplicemente partecipare (opt-in).

È quasi paradossale che in casa, dopo aver acquistato un elettrodomestico, ci si dimentica di impostare le impostazioni da quella di default a quella di risparmio energetico, perdendo così la possibilità di risparmio energetico. Le console dei videogiochi come Xbox sono impostate per spegnersi automaticamente dopo un'ora, risparmiando in media dai 25 ai 90 euro di consumo di elettricità all'anno. (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017)

L'impatto sociale dell'interazione fisica tra due o più persone può incoraggiare efficacemente comportamenti che riducono il consumo di energia. Queste interazioni consentono modelli di comunicazione che non possono essere facilmente replicati in altre modalità: mantenere il contatto visivo, sorridere ecc., sono espedienti che possono aiutare a stabilire un contatto tra due interlocutori.

Rispetto ad altre forme di interazione, la comunicazione diretta rimane la più persuasiva grazie al senso di accordo e di connessione che si genera tra gli individui.

(Stati Generali Efficienza Energetica, 2017)

Per sfruttare al meglio i vantaggi offerti da queste forme di comunicazione, occorre progettare una serie di strategie basate sull'influenza sociale che lavorino in sinergia.

È possibile considerare due tipi di programmi che si basano sulle interazioni sociali: i giochi e le competizioni e i programmi basati su

gruppi sociali identificati.



Giochi e competizioni

“Giochi e competizioni possono essere utilizzati per cambiare efficacemente il comportamento e ridurre il consumo di energia, motivano il cambiamento del comportamento, non solo per lo scopo di guadagnare una ricompensa, ma perché il processo stesso è divertente e gratificante, stimolante. Semplicemente essere in competizione, senza la prospettiva di una ricompensa, può rendere un’attività più divertente e coinvolgente e può motivare i partecipanti perché non vogliono perdere. Questo potrebbe essere parte del motivo per cui i concorsi di efficienza energetica negli uffici sono efficaci; i dipendenti più felici hanno maggiori probabilità di impegnarsi in comportamenti a favore dell’ambiente sul posto di lavoro.” (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017, p.24)

Tutti i partecipanti verranno riconosciuti e premiati, quindi anche chi non dovesse vincere potrà provare ad apportare alcune modifiche. In genere, le competizioni per il risparmio energetico si svolgono tra o all’interno di edifici residenziali, gruppi di uffici, comunità o città, ma possono anche svolgersi tra individui connessi on-line. Nei bambini, collaborare con gli altri per competere per un obiettivo comune può aumentare la motivazione, promuovere il gioco e aumentare il comportamento prosociale. Pertanto, in alcuni casi, i giochi che richiedono il lavoro di squadra possono migliorare i risultati rispetto ai giochi tra i singoli partecipanti.

*“Questa classe di **programmi basati sul gioco (gamification)**, come molti programmi di interazione sociale, funziona implementando diverse strategie di cambiamento comportamentale. In questo caso, assieme a vantaggi estrinseci (ad esempio i premi) vengono solitamente offerte ricompense intrinseche (ad esempio, rinforzo dei legami sociali, elogi e senso di realizzazione, gratificazione e coerenza). Obiettivi fissati, impegni assunti e stimoli all’azione sono altri aspetti di questo*

tipo d'iniziativa che contribuiscono a portare a termine un dato comportamento. Sebbene i giochi e le competizioni siano tra i più diffusi programmi di cambiamento comportamentale, sono pure raramente valutati per la persistenza dei risparmi.” (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017, p.27)

A differenza di altri programmi, le competizioni e i giochi di solito non possono durare a tempo indeterminato, alla fine qualcuno deve vincere o perdere per motivare i partecipanti. La questione di sapere se i risparmi energetici da giochi o concorsi persistano oltre la fine del programma risulta un elemento importante. Precedenti studi hanno dimostrato che il comportamento può essere riportato al suo stato originale dopo la fine degli incentivi per i premi esterni. Come altrove, il punto chiave è comprendere come e quanto il programma è motivato e fino a che punto può modificare il comportamento abituale della persona. Se i partecipanti sono motivati esclusivamente dalle ricompense specifiche che ricevono per aver vinto il gioco, e se tali ricompense non portano a un cambiamento duraturo delle abitudini, allora la motivazione esterna distruggerà il divertimento intrinseco del gioco.

“Quando l’incentivo di tale ricompensa non c’è più, il comportamento può tornare al punto di partenza.

Se i giochi possono servire all’importante funzione di motivare internamente i partecipanti ad abolire le abitudini in modo da formarne nuove, allora possono teoricamente portare a un cambiamento duraturo del comportamento.” (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017, p.28)

I programmi di efficienza energetica basati sull’identificazione del gruppo comportano interazioni dinamiche e sono progettati per raggiungere gruppi specifici. Pertanto, ogni programma ha una struttura diversa e contiene componenti differenti a seconda del target e del comportamento. Alcuni gruppi possono rispondere meglio alle informazioni ambientali, mentre altri gruppi possono rispondere meglio alla logica economica: nel report vengono illustrate queste dinamiche. Questi programmi sono molto efficaci perché utilizzano una serie di strategie e programmi di cambiamento del comportamento per facilitarne l’attuazione dopo aver considerato i loro obiettivi e comportamenti specifici.

I gruppi sociali e i programmi basati sulla comunità spesso includono

eventi, sessioni di formazione, marketing e varie strategie per incoraggiare la partecipazione del pubblico.

Vengono inclusi display visivi pubblici che mostrano il consumo energetico complessivo di una comunità e sono spesso combinati con la ludicizzazione per ridurre i consumi. Si possono anche inserire interazioni personali (faccia a faccia), audit energetici, gare, messaggi di confronto sociale e feedback energetici. Il fatto che l'intervento avvenga all'interno della comunità può anche avere il vantaggio di una rete di supporto che aiuta i partecipanti a realizzare le loro intenzioni. (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017)

Queste strategie si basano sulla ricerca accademica che si concentra su come utilizzare le informazioni riguardo il comportamento individuale per modificare i comportamenti legati al consumo di energia e sono utili quando si progetta qualsiasi programma che implichi l'interazione personale.

In uno studio eseguito in Francia, alcuni passanti sono stati fermati e gli è stato chiesto se fossero disposti a impegnarsi per risparmiare energia in casa il più possibile nell'arco di due settimane. Il loro compito era quello di registrare ogni giorno le loro attività di risparmio e poi di spedirle al laboratorio. Nonostante la richiesta bizzarra, la persona contattata ha accettato il 60% delle volte. In questo studio non è stato misurato alcun effetto significativo sul risparmio energetico e il registro è stato compilato sotto forma di autovalutazione.

Un'altra strategia che capitalizza le interazioni personali è l'**impegno pubblico**. *“Quando gli individui dichiarano pubblicamente l'intenzione di impegnarsi in un comportamento, essi sono di solito più propensi a portarlo a termine di quando lo fanno solo in privato. Quindi incoraggiare le persone a dichiarare pubblicamente la loro intenzione di impegnarsi in comportamenti di efficienza energetica può essere un metodo efficace per incoraggiare l'azione e le persone hanno più probabilità di “fare bene” se le loro azioni sono pubblicamente osservabili.”* (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017, p.31)

Quando si chiede un impegno pubblico, si raccomanda che i partecipanti siano incoraggiati a fissare **obiettivi realistici**. In uno studio, i partecipanti che hanno fissato obiettivi di risparmio energetico

hanno ridotto i consumi residenziali di circa l'11%.

Rivolgersi a gruppi parlando loro d'efficienza energetica, guidandoli a giungere da soli alle proprie conclusioni sul perché impegnarsi nelle azioni desiderate, promuove un cambiamento di comportamento diverso da quello che spiega loro direttamente le ragioni.

Il **potere delle reti sociali** può essere sfruttato per aumentare la partecipazione ai programmi di efficienza energetica:

“Nel caso di efficientamento degli HVAC, ad esempio, era più probabile che le famiglie acquistassero nuove tecnologie se abitavano in quartieri in cui altre famiglie già lo avevano fatto. A Chicago, tra il 1992 e il 2004, l'adozione di risparmi energetici da parte dei proprietari di abitazioni si diffuse ampiamente attraverso reti geografiche e sociali. I proprietari di abitazione all'interno di uno stesso quartiere hanno progressivamente installato pannelli solari sul tetto osservando i vicini.” (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017, p.32)

Infine il report si conclude con la seguente affermazione: *“Ingaggiare opinion leader per agire come leader energetici o, se possibile, formarli in tal senso (insegnando loro principi di influenza sociale) consentirebbe effettivamente di sfruttare il potere delle reti sociali per incoraggiare l'adozione di tecnologie ad alta efficienza energetica e dei comportamenti utili in tal senso.”* (Stati Generali Efficienza Energetica, 2017, p.32)

15

Teoria dei Nudge e
Behavioural Design

Il design comportamentale, chiamato anche Behavioural Design, è spesso indicato come il concetto di nudge, che “propone rinforzi positivi e suggerimenti indiretti come un modo per influenzare il comportamento e il processo decisionale di un gruppo o individuale” (Wikipedia, p.1).

Il termine è stato coniato da Richard Thaler sulla base della teoria “Fast and Slow Thinking” del premio Nobel Daniel Kahneman.

L'analisi che segue prende in esame l'articolo di “Antreem” sul “Behavioural Design” e vengono riportati una serie di estratti.

Il dott. BJ Fogg, fondatore del Behavioral Design Lab della Stanford University, ha costruito un modello che può supportare e aiutare ricercatori e designer a comprendere meglio il comportamento umano. Il modello di Fogg fornisce idee interessanti che possono essere utilizzate per incoraggiare abitudini positive o per prevenire abitudini negative: le persone devono essere motivate e stimolate a produrre qualcosa. Inoltre, deve essere presente un fattore che li motiva ad agire al momento giusto. (Antreem, 2019)

*“Il modello in questione, il **“Fogg Behavior Model (FBM)”**, costruisce e definisce tutto ciò che deve accadere affinché una persona assuma un determinato comportamento. È il prodotto di tre fattori: motivazione, abilità e trigger.*

Perché il modello possa funzionare è necessario che tutti e tre gli elementi occorranò nello stesso identico momento.” (Antreem, 2019, p.1)

B=MAT

B=Behavior T=Trigger

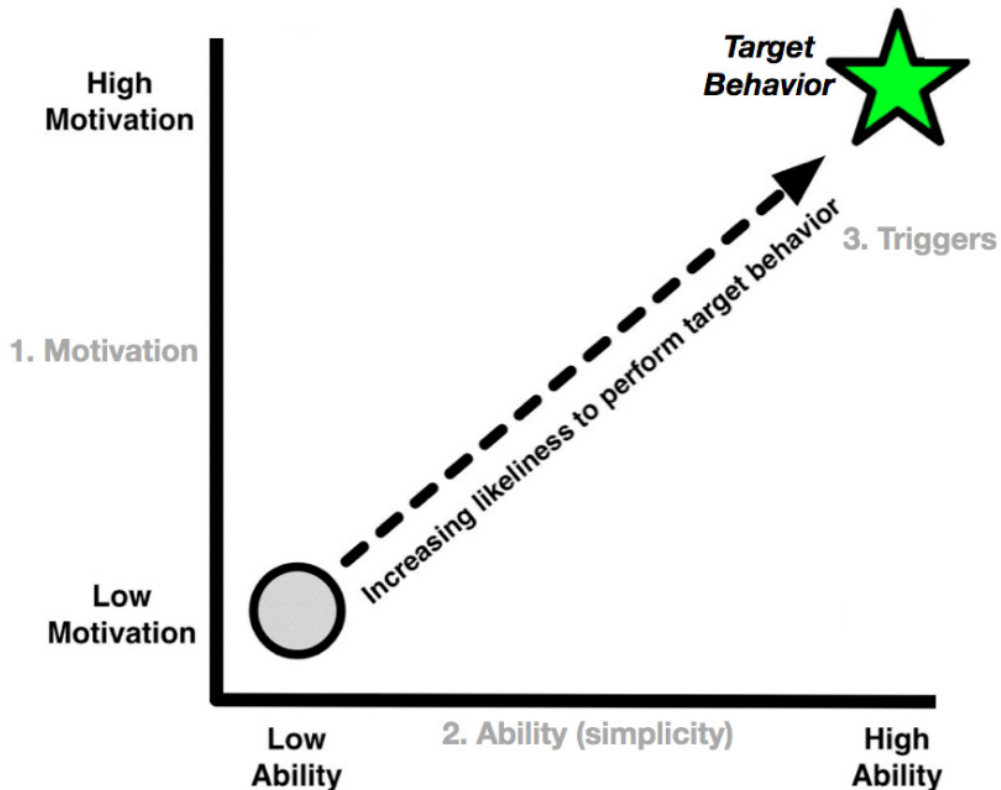
A=Ability M=Motivation

Il Fogg Behavior Model è spesso utilizzato nell'analisi e nel design di tutte quelle che vengono identificate come tecnologie persuasive. *"Parliamo di tutti quei prodotti e servizi che fanno leva, ed hanno successo, solo ed esclusivamente se il cambiamento del comportamento dell'utente riesce ad essere completamente automatizzato.*

Per realizzare esperienze persuasive in grado di cambiare le abitudini delle singole persone, è necessario tenere sempre ben presente quanto sia importante il ruolo della psicologia cognitiva ai fini della buona riuscita del lavoro." (De Sciscio, 2017, p.1)

Fogg inquadra il suo modello all'interno di un piano cartesiano dove l'asse verticale definisce la motivazione, mentre quello orizzontale il livello di abilità. In alto a destra invece troviamo una stella che rappresenta il comportamento da innescare nel nostro target.

L'autore De Sciscio nel suo articolo per "Medium.com" spiega i vari casi del modello di Fogg come segue.



Analizziamo il primo caso, dove si presenta **grande abilità**, ma **bas-sissima motivazione**.

Quello che viene presentato è un esempio classico.

Il proprietario di un sito web cerca di convincere un utente ad iscriversi alla propria newsletter. Inserire la mail all'interno di un form risulta apparentemente un compito banale ma, nel momento in cui subentra la componente motivazionale, la storia cambia radicalmente.

Molte persone potrebbero non essere così motivate ad inserire la propria mail perché non intravedono alcun vantaggio nel farlo.

Potremmo semplicemente dire che non sono motivati.

Il secondo caso, invece, è l'opposto del primo: **poca abilità**, ma **grande motivazione**.

L'esempio che fa BJ Fogg riesce a definire perfettamente lo scenario che si presenta: un utente risulta poco abile nell'eseguire un compito, ma si dimostra estremamente motivato nel portarlo a compimento. L'utente è estremamente motivato ad inserire la propria mail all'interno di un form (il proprietario ha promesso in regalo un libro o dei soldi). Per farlo, però, è costretto a risolvere un problema complesso e non risulta in grado. Nonostante la presenza di una grande motivazione, questa non basterà all'utente per concludere l'azione.

Due scenari semplici in grado di chiarire come, la presenza di una sola delle due variabili, non sia sufficiente affinché l'utente possa compiere un'azione.

Ci troviamo però all'interno di due casi limite: *“Nella maggior parte del tempo lo scenario che ci troviamo a dover affrontare ci pone di fronte a persone con un modesto livello di motivazione e abilità.*

Il modello di Fogg ha un obiettivo ben definito: motivare un utente già abbastanza abile a compiere un'azione. Ma la motivazione è un concetto ampio e proprio per questo BJ Fogg ha creato una struttura in cui poter identificare tre “motivatori” principali, ognuno con due sfaccettature.” (De Sciscio, 2017, p.1)

La **motivazione** è l'unico elemento interno ed è il più difficile da progettare. Può differire da persona a persona e se non c'è nessuna motivazione anche il miglior design comportamentale fallirà.

*“Valutando e comprendendo il livello di motivazione delle persone, è possibile progettare soluzioni che ottimizzino le loro capacità creando dei trigger che possano incoraggiare il comportamento voluto. Rispetto alla motivazione il modello di comportamento evidenzia tre motivatori principali: **Sensazione, Anticipazione e Appartenenza.**”*
(De Sciscio, 2017, p.1)

Ognuno di questi definito in maniera duale, come analizzato nell'articolo di “Antreem”.

Troviamo un *livello fisico* (**Sensazione: piacere / dolore**), dove l'economia comportamentale mostra che tendiamo a pensare che il valore delle risorse sprecate (come denaro e tempo) sia circa il doppio del valore dello stesso beneficio. Questo è il bias cognitivo dell'avversione alle perdite (loss-aversion bias).

Come secondo componente abbiamo un *livello emotivo* (**Anticipazione: speranza / paura**) dove quest'ultima viene identificata come un fattore comportamentale creato in anticipo con possibili risultati negativi. Ad esempio, possiamo fare il vaccino antinfluenzale perché c'è il timore di ammalarsi.

Come ultimo un *livello sociale*: (**Appartenenza: accettazione / rifiuto**): Instagram è un classico esempio che utilizza l'identificazione sociale come motivazione. Ci motiva a pubblicare continuamente contenuti, seguire gli altri e, di conseguenza, ad ottenere followers. Rappresenta il nostro desiderio di essere accettati socialmente.
(Antreem,2017)

Per quanto riguarda l'**abilità**, altro tema essenziale, Fogg ha identificato “Sei elementi di semplicità” (o Abilità): il **tempo, il denaro, lo sforzo fisico/mentale, la devianza sociale e il fuori routine.**

Nell'ambito di un progetto digitale, semplificare è la massima sofisticazione ed è, probabilmente, la sfida più complessa per progettisti e designer.

“Parlando di design e tecnologie persuasive, incrementare l'abilità significa riuscire a semplificare tutti quei processi che portano l'utente a compiere un'azione. Il tasto “Acquista tutti gli articoli con 1-Click” su Amazon rende chiaro come la semplicità di un gesto possa portare le persone ad acquistare di più.”

(De Sciscio, 2017, p.1)

De Sciscio prosegue con l'elenco di BJ Fogg riguardo i sei fattori di semplicità strettamente connessi tra loro.

- **Tempo**: se all'utente viene chiesto di investire troppo tempo in un compito rispetto a quello che è disposto a dare, lo stiamo ponendo di fronte ad una situazione complessa.

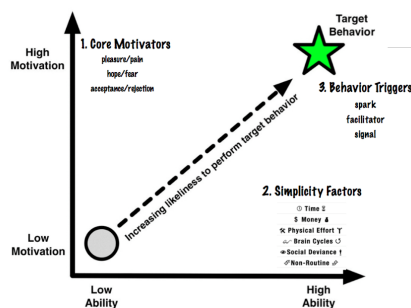
- **Soldi**: chiedere denaro a chi ha un potere di spesa ridotto è estremamente difficile e rappresenta uno dei fattori di semplicità più delicati da affrontare. In questo caso il contesto varia in base al potere d'acquisto del singolo utente.

- **Sforzo fisico ("Physical Effort")**: E' rappresentato dallo sforzo fisico al quale potrebbe essere sottoposto un utente.

- **Sforzo mentale ("Brain Cycles")**: la richiesta ad una persona di un grande sforzo mentale risulta spesso molto difficile, dato che pensare uscendo fuori dagli schemi non è banale.

- **Devianza Sociale ("Social Deviance")**: questo fattore viene definito da Fogg "Social Deviance" e comprende tutte quelle azioni che costringono l'utente ad adottare comportamenti socialmente devianti.

- **Fuori Routine ("Non-Routine")**: le persone tendono ad adottare comportamenti che rientrano all'interno di uno schema di routine quotidiana. La maggior parte degli individui trova difficile cambiarla, anche se si dovessero presentare dei risvolti positivi.
(De Sciscio, 2017)



Secondo la redazione di Antreem, l'obiettivo principale è ridurre al minimo ciascuno di questi "elementi di semplicità" progettando comportamenti rapidi, mentalmente e fisicamente semplici che non costino troppo denaro o violino le norme sociali. Il fattore chiave è la "scarsità": infatti il compito fondamentale del progettista deve essere quello di identificare quali risorse scarseggiano e colmare le lacune all'interno del proprio range. Nella progettazione persuasiva, il successo significa essere in grado di concentrarsi immediatamente sulla riduzione della complessità piuttosto che sull'aggiunta di nuove motivazioni. (Antreem, 2019)

L'articolo prosegue spiegando il terzo fattore del modello di Fogg: il **Trigger**.

"Un Trigger è qualcosa che dice alle persone di eseguire un comportamento ora, è un'azione che stimola una risposta immediata. Spesso trascurati (o dati per scontati), i Trigger sono un aspetto vitale della progettazione di prodotti persuasivi. Non tutti i Trigger funzionano allo stesso modo. Fogg evidenzia tre tipi di Trigger: scintille, facilitatori e segnali." (Antreem, 2019, p.1)

Antreem conclude l'articolo esponendo le tre tipologie di Trigger:

Lo **Spark Trigger (scintilla)** può aiutare coloro che potrebbero riuscire nel comportamento desiderato ma non sono motivati a completarlo. Un esempio è la pubblicità: messaggi di marketing spesso vogliono motivare a comprare, anche se al momento non sono presenti incentivi sufficienti per acquistare.

Il **Facilitating Trigger (facilitatore)** aiuta qualcuno che è motivato ma non ha le capacità per realizzare il comportamento.

Un tipico esempio sono le istruzioni fornite durante la configurazione di un nuovo telefono o computer. I facilitatori non solo attivano le nostre azioni, ma facilitano anche il comportamento previsto.

Infine abbiamo il **Signal Trigger (segnale)** che aiuta le persone motivate e in grado di portare a termine un comportamento.

Lo scopo principale dei trigger di segnale è renderci consapevoli o ricordarci le cose che possiamo e vogliamo fare. (Antreem, 2019)

Come destinatari, siamo più tolleranti verso i Trigger quando sono segnali o facilitatori. *“Mentre le scintille possono infastidirci perché cercheranno di motivarci a fare qualcosa che non intendevamo fare. La diffusione capillare di tecnologie e design persuasivi, insieme a quella dei dispositivi mobile ha reso i trigger elementi sempre più presenti all'interno delle nostre vite. In particolare va sottolineato come gli smartphone, veri e propri “contenitori di trigger”, siano stati al centro di questa rivoluzione diventando lo strumento che più di qualsiasi altro ha contribuito alla crescita di business che fanno dell’abitudine il loro vero punto di forza.”* (Antreem, 2019, p.1)



Passiamo adesso all'introduzione del concetto di **"spinta gentile"** o **"nudge"**, definita anche "paternalismo libertario": da un lato si presume di sapere che cosa sia meglio per un individuo o per la società, dall'altro lo si lascia libero di prendere anche scelte diverse. In un articolo di Elisabetta Intini su **"Focus"** è stato riportato uno studio dell'Università di Cambridge riguardante l'impatto ambientale del cibo proposto nelle caffetterie di un'ateneo. Gli studiosi si sono chiesti quale delle seguenti strategie è in grado più delle altre di influenzare una scelta: un divieto esplicito, un'esortazione diretta o una "spinta gentile" nella direzione desiderata. Quello che hanno scoperto è che per invogliare gli studenti a ridurre il loro consumo di carne basta raddoppiare le opzioni vegetariane nel menu. Con questo semplice intervento, la vendita di piatti a base vegetale nelle mense dell'Università è cresciuta dal 41 al 79%. (Intini, 2019)

*"La ricerca pubblicata su PNAS è uno dei numerosi esempi riusciti di **nudging**, un incoraggiamento dolce e non esplicito ("nudge" significa pungolo) verso una determinata opzione, ottenuto attraverso un intervento nell'architettura della scelta, ossia cambiando la modalità in cui viene posta la domanda. Ogni nostra decisione avviene in un contesto che influisce sui nostri impulsi più di quanto si creda attraverso condizionamenti impliciti: basti pensare alla disposizione delle merci in un supermercato - frutta e verdura all'inizio del percorso, quando siamo ancora saldi nei propositi di un consumo salutare, e le caramelle vicino alle casse, per gli ultimi acquisti di gola." (Intini, 2019, p.1)*

Gli individui sono attratti dalle scelte che comportano meno rischi, preferite dalla maggior parte delle persone e che facciano affrontare il minor numero di cambiamenti possibile.

*"In base alla **teoria dei nudge**, usata in economia e nella psicologia comportamentale, è possibile alterare il comportamento delle persone in modo prevedibile e indirizzarle verso la scelta desiderata sfruttando queste distorsioni sistematiche che influiscono sulle nostre decisioni e impediscono una valutazione imparziale delle opzioni disponibili. In questo modo si spinge gentilmente un individuo verso l'opzione considerata "migliore" (per quella persona o per la società) senza che le altre strade vengano esplicitamente escluse, e senza che quella persona si senta limitata nella sua libertà." (Intini, 2019, p.1)*

A spiegare ed a portare avanti questa teoria furono, nel 2008, l'economista Richard H. Thaler e il Professore Cass R. Sunstein.

L'articolo di Focus riporta uno dei più noti esempi di nudging: l'applicazione di un adesivo a forma di mosca sugli orinatoi maschili dell'Amsterdam's Schiphol Airport, negli anni '90. La mosca economica e poco impegnativa, garantì che gli utenti non sporcassero, con notevoli risparmi sulle pulizie.

Un altro classico esempio è l'opzione, nei software di prelievo ATM, di inserire un pulsante sul lato sinistro dello schermo per richiedere una ricevuta: per la maggior parte degli utenti destri, premere "stampa" è più scomodo. Il risultato è un notevole risparmio nell'utilizzo di inchiostro e carta.

La teoria del nudge può avere un impatto anche in ambiti più importanti, come la donazione di organi: nei paesi che hanno introdotto regole tacite, come Paesi Bassi, Austria, Belgio, Portogallo, Svezia, Francia e Spagna, la fornitura di organi per i trapianti ha raggiunto il picco. I cittadini sono automaticamente considerati donatori a meno che non esprimano una volontà contraria (il metodo è chiamato opt-out). (Intini, 2019)

Invece negli stati in cui per dimostrare la disponibilità a donare occorre compilare un apposito modulo o iscriversi ad appositi registri, il tasso di donatori è ancora molto basso, per pigrizia e resistenza ai cambiamenti, e non perché i cittadini siano contrari: *"Il 63% dei tedeschi e il 75% degli inglesi sarebbe disposto a donare gli organi, se fosse automaticamente inserito nel registro donatori fin dalla nascita."* (Intini, 2019, p.1)

In Italia, dove la donazione di organi richiede il consenso esplicito (opt-in), le dichiarazioni di volontà a donare organi sono quasi raddoppiate nel 2018, grazie alla possibilità di registrare le scelte personali in fase di rinnovo della tessera d'identità elettronica: in questo caso il "nudge" ha agito sulla semplificazione della procedura.

Tutti questi dati dimostrano che una piccola "spinta" può indurre l'utente a fare una serie di azioni che inizialmente potevano non sembrare possibili.

16

IoT: network locali e
protocolli di comunicazione

Per comprendere quali sono i collegamenti che devono instaurarsi tra i vari dispositivi, è stata posta particolare attenzione al mondo dell' IoT, in specifico ai network locali e ai vari protocolli di comunicazione.

Con il termine Internet of Things (IoT o Internet delle Cose) si intende: *“L'insieme di connessioni internet operate da oggetti e da luoghi, senza l'intervento di operatori umani. In questo contesto gli oggetti possono collegarsi alla rete, comunicare il proprio status e dati sul proprio operato, come statistiche ed altro, ed accedere ad informazioni utili per il proprio funzionamento, in modo del tutto automatico.”* (Intelligenza Artificiale, 2019, p.1) Oggetti che si connettono ad internet in modo indipendente possono essere sfruttati per sviluppare i settori della domotica, dei trasporti, della logistica, della medicina e di altri ambiti.

Come riportato su Red Hat: *“L'acronimo IoT indica qualsiasi sistema di dispositivi fisici che ricevono e trasferiscono i dati su reti wireless, con un intervento manuale limitato. Ciò si ottiene integrando negli oggetti dispositivi di elaborazione. [...] Un tipico sistema IoT funziona grazie all'invio, alla ricezione e all'analisi dei dati in un ciclo continuo di feedback. A seconda del tipo di sistema IoT, l'analisi può essere eseguita tramite intervento manuale o da tecnologie di intelligenza artificiale e machine learning (AI/ML), in tempo reale o nel lungo periodo.”* (RedHat, 2019, p.1)

Uno degli elementi base dell'architettura dell'Internet of Things è la rete, che è il componente che gestisce la trasmissione dei dati dai sensori al database centrale. Infatti, il primo passo per costruire una rete IoT efficace è capire e decidere come i vari elementi comunicano tra loro e con il resto del mondo.

“Ingenio Web” afferma che la rete può essere generalmente suddivisa in tre macro categorie: **wired** (cablaggi), **wireless** (comunicazione senza fili) oppure può avvenire la formazione di **sistemi ibridi** (componenti collegate sia wired sia wireless).

(Naspi, 2019)

In effetti i dispositivi IoT hanno caratteristiche e funzioni così diverse che non esiste un approccio unificato.

La decisione dipende anche in larga misura da quello che desiderano gli utenti e dalle dimensioni della rete.

Ad esempio: *“Nel contesto di una rete domestica intelligente (BAN), le reti personali (PAN) e le reti locali (LAN) sono quelle più comunemente utilizzate perché le loro dimensioni ridotte sono sufficienti per soddisfare i requisiti di comunicazioni relativi a un’area relativamente ristretta, come quella di un’abitazione. Differenti sono le necessità per le grandi entità, come le industrie, le quali hanno bisogno che molti sensori e attuatori siano connessi contemporaneamente in un’area di ampie dimensioni. In questo caso, la tecnologia wireless si prospetta probabilmente come la soluzione più adatta.”* (Naspi, 2019, p.1)

La caratteristica della via cablata è quella di trasmettere informazioni attraverso il cavo. I vantaggi delle reti wired possono essere sintetizzati come riporta *“Ingenio Web”*, mettendo in evidenza le caratteristiche principali che le contraddistinguono:

- **La sicurezza.** Dato che i dispositivi sono collegati fisicamente tramite cavi, la manomissione e le interferenze dall’esterno sono estremamente difficili e rare.

- **La distanza.** Rispetto ai protocolli wireless più comuni (come il Wi-Fi), la distanza di trasmissione è molto più lunga. Inoltre i collegamenti non risulteranno mai influenzati da interferenze e ostacoli.

- **L’affidabilità.** Nel tempo, la trasmissione attraverso il cavo è stabile e costante. Non risulta assolutamente possibile sentire l’influenza di un’interferenza esterna.

- **La velocità.** Il tempo di trasmissione teorico di Ethernet può raggiungere i 100 Gbps, mentre il Wi-Fi è di 1,3 Gbps. (Naspi, 2019)

Quando si opta per la scelta di una modalità wired per la costruzione di un network IoT deve essere analizzata anche in relazione ai punti di debolezza:

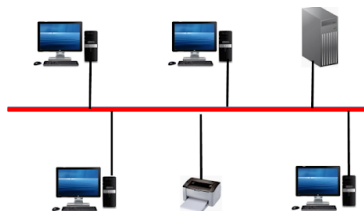
punti di debolezza:

- **La mobilità.** L'attrezzatura non può essere spostata facilmente. Il cambio di location comporta l'estensione dei cavi o la definizione di nuovi cablaggi.
- **L'espansione.** L'ampliamento della copertura di rete non è immediata e potrebbe essere necessario includere connessioni fisiche aggiuntive.
- **Il costo.** La connessione tramite cavi è generalmente più costosa delle reti wireless, perché il costo di un singolo dispositivo deve essere aggiunto a quello dei cavi e della manodopera. Inoltre, se si verifica un danno, la sostituzione risulta complicata e potrebbe richiedere tempo.
- **La complessità.** L'installazione richiede un intervento professionale.
- **La potenza.** Nella maggior parte dei casi, le reti cablate devono essere collegate a una fonte di alimentazione per funzionare e, in caso di perdita di tensione, rispetto alle reti wireless, la rete potrebbe non essere in grado di funzionare con il supporto della batteria.
(Naspi, 2019)

Esistono diversi protocolli di comunicazione che possono essere utilizzati per collegare gli elementi di una rete cablata tramite cavi. Il più famoso e più comunemente usato è l' **Ethernet**.

Questa tecnologia è molto affidabile, è stata ampiamente testata e risale al periodo degli anni '70.

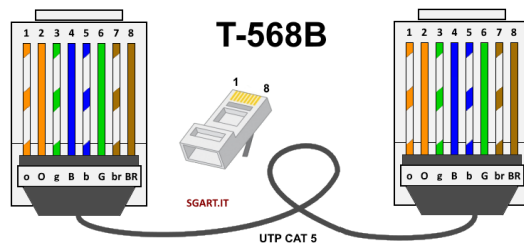
Ogni scheda di rete Ethernet ha un codice identificativo univoco (indirizzo MAC), che consiste di 48 numeri binari.



“Lo standard X10 è un protocollo industriale aperto e internazionale che viene ampiamente adottato in ambito domotico. È molto popolare perché è ben consolidato (risale al 1975), economico e presente in moltissime componenti (anche nuove).

Basato sullo standard X10, nel 1999 viene rilasciato l'Universal Powerline Bus (UPB). Questo protocollo, migliorato nell'affidabilità e nella velocità di trasmissione, si propone per applicazioni nelle smart homes. Un protocollo molto diffuso nei settori dell'automazione degli edifici e delle reti di controllo è il BACnet.” (Naspi Federica, 2019, p.1)

Esso è stato sviluppato dalla società ASHRAE (l'American Society of Heating) per favorire l'interoperabilità fra gli elementi dei sistemi per il Building Management System (BMS) prodotti da fabbricanti diversi. Infatti, il BACnet è un protocollo di interscambio aperto, neutrale, non proprietario e senza diritti di utilizzo.



Il network WIRELESS ha la caratteristica di trasmettere i dati e le informazioni senza l'ausilio di connessioni fisiche ma sfruttando, solitamente, onde radio a bassa frequenza.

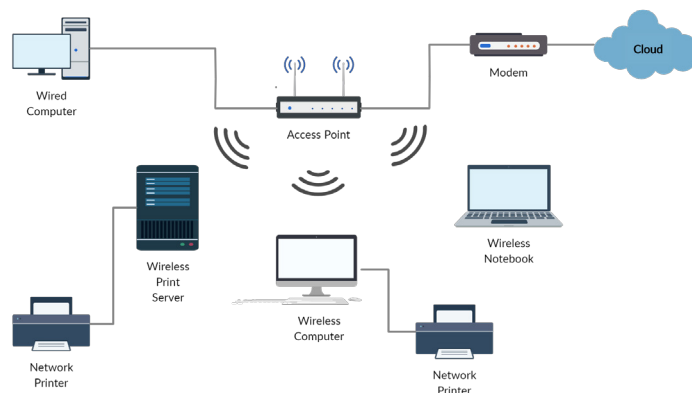
La tecnologia wireless ha avuto una diffusione ampia e veloce perché i vantaggi che offre sono considerevoli. I principali punti di forza sono elencati di seguito, come riportato sull'articolo di *"Ingenio Web"*:

- **La mobilità.** È la caratteristica principale che ha permesso la diffusione del wireless. Infatti, l'assenza dei cavi permette sia di modificare la posizione fisica dei dispositivi senza perdere la connessione sia di muoverli tra reti differenti senza troppi problemi.

- **La flessibilità.** Creare una rete wireless risulta semplice ed intuitivo per l'utente finale. Questa funzione consente di collegare nuovi sensori in modo relativamente istantaneo.

- **La scalabilità.** Le reti wireless possono essere ampliate o ridotte in modo semplice e con un costo molto basso. Infatti, l'inserimento di nuovi sensori in un momento posteriore alla creazione del network, è molto intuitivo.

- **I costi ridotti.** La realizzazione di una rete wireless è banale e nella maggior parte dei casi non è richiesto alcun intervento professionale.
(Naspi, 2019)



Di conseguenza, sono più soggette ad intercettazioni e ad eventuali decrittazioni. Queste problematiche sono rare e insorgono soprattutto quando la rete non è protetta e configurata in modo adeguato.

A causa di ostacoli (come pareti o mobili) o di un'errata posizione delle apparecchiature, l'area pertinente della rete wireless potrebbe essere ridotta.

Questa restrizione può causare la perdita di informazioni o comandi tra il dispositivo e il gateway. Rispetto alle reti cablate (come Ethernet), la velocità di trasmissione dei dati è inferiore, ma di solito è sufficiente per soddisfare le esigenze di applicazioni su piccola scala (come in un ambiente smart home).

In vista del crescente utilizzo delle reti wireless, gli sviluppatori stanno adottando misure per limitare (o rimediare completamente) a queste debolezze. In particolare, l'ottimizzazione di alcuni protocolli di comunicazione mira a migliorare la sicurezza e la velocità delle reti wireless.



Per quanto riguarda i protocolli di comunicazione, esistono numerose possibilità.

“Uno dei protocolli più conosciuti e utilizzati è quello Wi-Fi. In ambiente residenziale, la maggior parte delle abitazioni provvista di connessione a Internet ha un router Wi-Fi. Lo standard Wi-Fi più frequente (IEEE 802.11n) è adeguato per la trasmissione di file ma richiede molta potenza e quindi non si propone come soluzione ideale per molte applicazioni IoT (come i dispositivi a batteria).” (Naspi, 2019, p.1)

Infine troviamo la tecnologia **Bluetooth**: *“E’ un protocollo di comunicazione a corto raggio e si adatta molto bene al collegamento di sensori IoT. Inizialmente, il Bluetooth era stato sviluppato per applicazioni con scambi di dati continui nel tempo ma questo richiedeva un notevole uso di batteria. Per sopperire a questo limite, nel 2011 è stato introdotto il protocollo Bluetooth Low Energy (BLE), noto anche come Bluetooth Smart, che riduce sensibilmente i consumi dei dispositivi.”* (Naspi, 2019, p.1)

Attivando la connessione solo quando necessaria e mantenendo la modalità dormiente nel tempo restante, una batteria può funzionare anche per 4 o 5 anni.

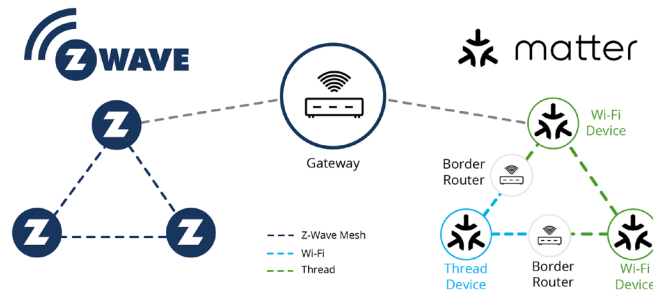
Negli ultimi anni molti altri protocolli stanno proponendo soluzioni a basso consumo. Si tratta di soluzioni a basso consumo energetico e a basso costo in grado di supportare la creazione di reti molto grandi di dispositivi intelligenti.

Uno degli esempi più noti è la tecnologia fornita dalla tecnologia EnOcean, che consente trasmissioni fino a 30 metri negli edifici e 300 metri all’aperto.

*“In questo ambito, lo **ZigBee** è un protocollo aperto che viene ampiamente utilizzato in ambito di controllo e automazione degli edifici (come i termostati smart).*

Le applicazioni IoT traggono vantaggio dalle caratteristiche di questo protocollo; come i bassi consumi (quindi una buona durata della batteria), l’elevata sicurezza e l’ottima scalabilità. Tuttavia, la velocità di trasmissione dati è piuttosto ridotta, come anche il raggio d’azione.” (Naspi, 2019, p.1)

Affine al protocollo Zigbee, vi è lo **Z-Wave**. A corto raggio e a bassa potenza, è spesso utilizzato nell'ambito della domotica e delle applicazioni smart.



Un protocollo adeguato ai dispositivi low-power si trova nella tecnologia **6LoWPAN** (IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks).

“Questo protocollo configura una rete a bassa potenza, nella quale ogni dispositivo IoT ha il suo indirizzo IPv6 e può collegarsi a Internet mediante standard aperti. Il 6LoWPAN è molto adatto a dispositivi con consumi molto bassi e con prestazioni di calcolo limitate, come i dispositivi domotici. Questo protocollo di comunicazione è ancora relativamente poco diffuso ma le sue caratteristiche fanno pensare che potrà essere una valida alternativa nell'ambito di applicazioni a basso consumo e con bassi volumi di dati.” (Naspi, 2019, p.1)

Per quanto riguarda le soluzioni a basso consumo ma a lungo raggio, una recente soluzione è il protocollo **LoRa**:

“Il punto di forza di questa tecnologia, a parte i ridotti consumi di energia, è la distanza di trasmissione dei dati, che può raggiungere i 30 km in ambiente rurale e i 2 km nei contesti urbani.

Date queste caratteristiche, il protocollo LoRa è molto utilizzato per applicazioni che richiedono la copertura di grandi distanze, quali le smart manufacturing e le smart cities.

L'idea che sta prendendo maggiormente piede è quella di creare network ibridi, che integrino porzioni di rete wired e wireless.”

(Naspi, 2019, p.1)

Tabella 1. Principali caratteristiche dei protocolli di comunicazione wireless.

Protocolli	Standard	Frequenze	Distanza	Trasmissione dati
Wi-Fi	Gli standard più usati sono: -802.11n (2009) -802.11ac (2014)	-2,4 GHz -5 GHz	Circa 50 m (applicazioni indoor) Circa 100 m (applicazioni outdoor)	-il 802.11n trasmette attorno ai 150-200 Mbps (max: 300 Mbps); -il 802.11ac trasmette fino a 450 Mbps sui 2,4GHz e fino a 1300 Mbps sui 5GHz
Bluetooth	Bluetooth 4.2	2,4 GHz	Da 0,5 a 100 m (in funzione della potenza)	1Mbps (velocità massima)
EnOcean	ISO/IEC 14543-3-10	868,3 MHz (per l'Europa)	30 m (applicazioni indoor) 300 m (applicazioni outdoor)	125 kbps
Zigbee	Zigbee 3.0 (basato su IEEE802.15.4)	2,4 GHz	10-100 m	250 kbps
Z-Wave	Z-Wave Alliance ZAD12837	900 MHz	Circa 10 m (applicazioni indoor) circa 100 m (applicazioni outdoor)	9.6/40/100kbit
6LoWPAN	RFC6282	Offre più supporti fisici (PHY) che danno libertà di frequenza e possono essere utilizzati su più piattaforme di comunicazione (Ethernet, Wi-Fi, 802.15.4)	Circa 20 m	250/40/20 kbps
LoRa	LoraWan	Varie, sub GHz	2-5 km (contesti urbani) 15 km (contesti suburbani) Circa 30 km (contesti rurali)	Da 0,3 a 50 kbps

17

Protocollo di comunicazione
wireless: ZigBee

In questo capitolo andiamo a studiare nel dettaglio la tecnologia **ZigBee**, poiché questo protocollo di comunicazione verrà utilizzato per collegare i dispositivi del progetto.

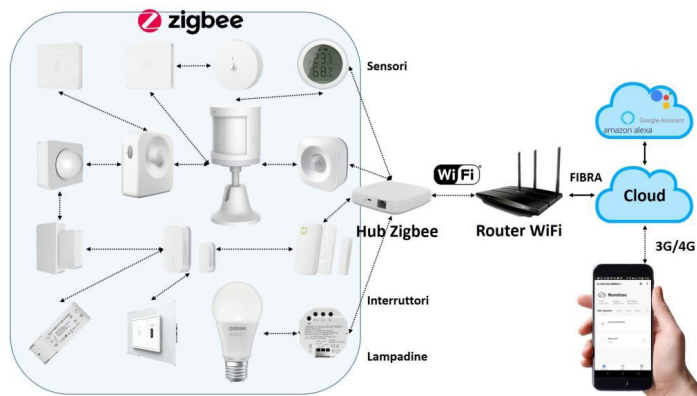
Come riportato nell'articolo scientifico di "Edalab": "Zigbee è un protocollo di rete wireless mesh curato dalla ZigBee Alliance e rappresenta uno dei principali standard di comunicazione in ambito Internet of Things.

ZigBee si differisce da altri protocolli per la sua capacità di combinare una buona autonomia (basso consumo energetico) e un discreto livello di sicurezza (crittografia integrata a 128 bit). Viene principalmente applicato per comunicazioni a corto raggio e grazie allo standard IEEE 802.15.4 offre un elevato grado di interoperabilità.

Attraverso piccole antenne a bassa potenza e basso consumo per WPAN (Wireless Personal Area Networks), questo standard esplicita una moltitudine di profili applicativi che permettono di sviluppare una comunicazione specifica per diversi profili nel campo dell'energia (Smart Energy) e della domotica (ZigbeeLightLink). Il rapporto tra ZigBee e IEEE 802.15.4-2003 può essere paragonato a quello esistente tra Wi-Fi Alliance e IEEE 802.11." (Mazzi, 2021, p.1)

Il protocollo ZigBee è progettato per applicazioni embedded con basse velocità di trasmissione e basso consumo energetico.

L'obiettivo della Zigbee Alliance è definire una rete mesh wireless economica e autogestita utilizzata per controllare una rete di sensori e attuatori per creare scenari di automazione e domotica. Il risultato è una rete intelligente che può funzionare per molti anni, grazie alle batterie integrate in ogni nodo.



“Il nome ZigBee deriva dal modello di comportamento di un alveare di api. In un alveare infatti la comunità è guidata da un'unica regina (Coordinator), poche api maschio (Router) e migliaia di api lavoratrici (End Device). Esse comunicano con un modello a “zig-zag” dove le informazioni vengono condivise nel network in modo da arrivare al destinatario nel modo più efficiente possibile, superando talvolta barriere e ostacoli.” (Mazzi, 2021, p.1)

Come esposto sull'articolo di **Edalab** a cura di Gianluca Mazzi, i dispositivi ZigBee imitano questo modello di scambio e condivisione continua di informazioni, che è alla base della progettazione del sistema Internet of Things.

Il protocollo ZigBee supporta reti “beacon-enabled” e “non-beacon-enabled”, e si basa su un'attenta ricerca nel campo degli algoritmi di routing e mira a costruire reti di nodi specifici a bassa velocità. (Mazzi, 2021)

“Nelle reti che non abilitano i beacon, viene utilizzato il meccanismo di accesso al canale di tipo CSMA/CA. Queste reti sono miste poiché alcuni dispositivi sono costantemente pronti a ricevere, mentre gli altri si limitano a trasmettere in presenza di un attivatore (stimolo) ricevuto dall'esterno. Tutto ciò fa risparmiare alla rete molta energia.” (Mazzi, 2021, p.1)

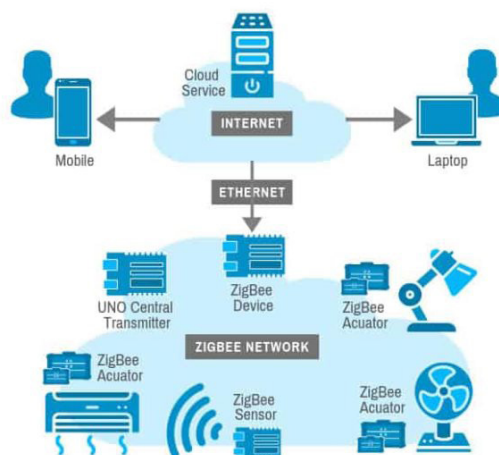
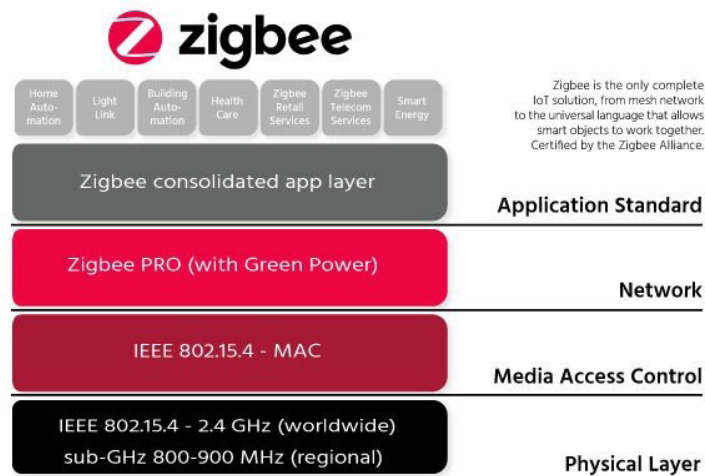
Un esempio è un tipico interruttore wireless: a causa della connessione associata alla rete, il nodo ZigBee della luce può ricevere continuamente, mentre il comando di accensione/spengimento può rimanere inattivo fino all'invio di un segnale. In quel momento si attiva, invia un comando, riceve un segnale di conferma, quindi torna allo stato inattivo. Pertanto, l'interruttore rappresenta ZED e la luce rappresenta ZR o ZC.

In una rete abilitata ai beacon, i nodi chiamati router ZigBee sono responsabili della trasmissione dei beacon a intervalli predefiniti per confermare la loro esistenza ad altri nodi.

Questo intervallo di tempo viene quindi gestito in modo da agire su un preciso meccanismo di temporizzazione per ridurre il ciclo di lavoro, così da risparmiare energia.

Pertanto, il risparmio energetico garantito da questo accordo è dovuto al fatto che il tempo di attività del trasmettitore radio viene minimizzato in modo efficace ed intelligente.

“I dispositivi ZigBee devono rispettare le norme definite dello standard IEEE 802.15.4-2003 Low-Rate Wireless Personal Area Network (WPAN). Questo standard specifica sia il protocollo di livello fisico (definito PHY) che la parte del livello data link del Medium Access Control (MAC). La peculiarità di questo standard è la sua operabilità nelle bande 2,4 GHz, 915 MHz e 868 MHz.”
 (Mazzi, 2021, p.1)



Prosegue “Edalab”: “Il range di applicabilità varia tra i 10 e i 75 metri in base ad ostacoli e barriere architettoniche, questi ostacoli possono essere superati grazie alla configurazione di una rete Mesh intelligente capace di prevedere questi ostacoli e comunicare i dati di conseguenza. Il data rate over the air è di 250 kb/s per la banda 2.4 GHz, 40 kb/s nella banda 915 MHz e 20 kb/s in quella 868 MHz. La potenza massima di trasmissione è di circa 1 mW.” (Mazzi, 2021, p.1)

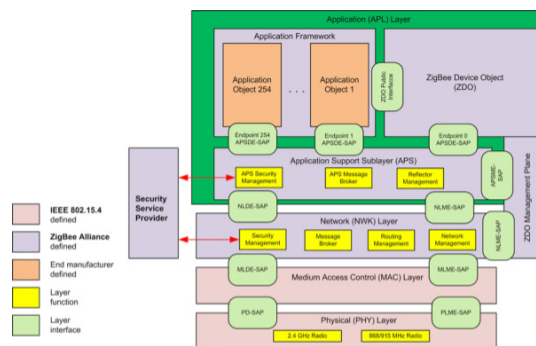
La tecnologia Zigbee mira ad essere semplice, economica e performante, soprattutto riguardo le nuove applicazioni nel campo dell’Internet of Things.

La principale differenza rispetto al Wi-Fi è la velocità di trasmissione: “Nettamente inferiore per Zigbee ma che gli consente di ottenere consumi altrettanto limitati. Questo punto è cruciale in quanto sensori e attuatori funzionano a batterie e un parametro critico è proprio la gestione di questi consumi.” (Mazzi, 2021, p. 1)

Zigbee può garantire la flessibilità necessaria per creare reti intelligenti di sensori e attuatori nel campo dell’automazione domestica e degli edifici.

La rete può essere configurata con dispositivi di diversi produttori purché certificati Zigbee. Un esempio è il nuovo ecosistema Amazon (Echo Plus), che può gestire i dispositivi Zigbee nell’ambiente e interagire con l’assistente virtuale Alexa.

“Lo stack ZigBee è costituito da un insieme di blocchi chiamati layers. Ogni layer esegue uno specifico insieme di servizi per il layer soprastante. Tra due layer contigui è esposta un’interfaccia di comunicazione, chiamata SAP (service access point). Ogni SAP supporta un certo numero di servizi.” (Mazzi, 2021, p.1)



ZigBee Stack Architecture [Std-ZIG-15]

Procedendo, "Edalab" effettua una classificazione dei **dipositivi** e dei **nodi** ZigBee. Lo standard Zigbee IEEE 802.15.4 definisce due distinte tipologie di dispositivi:

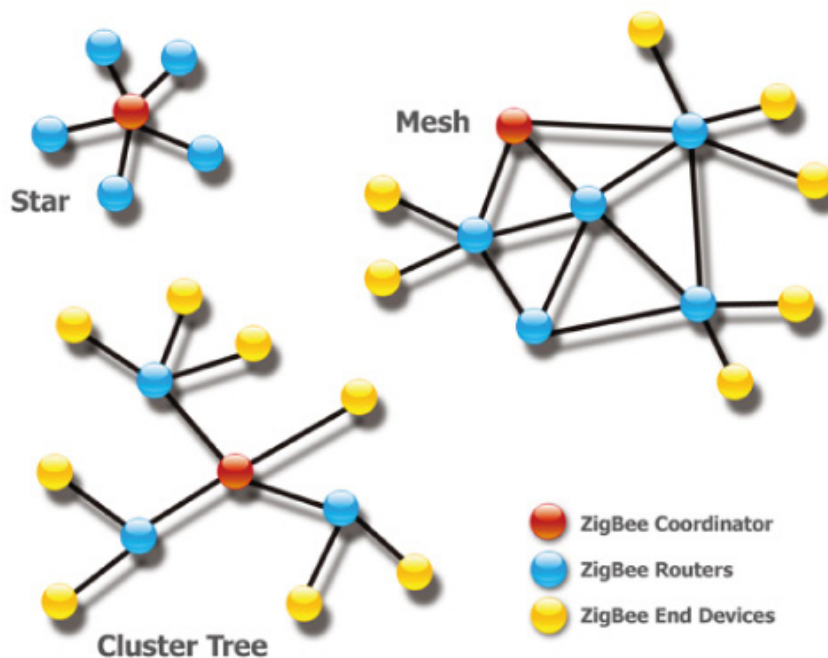
- **FFD (Full Function Device)**: sono nodi che possono eseguire tutte le funzionalità base dettate dallo standard e soprattutto sono nodi che possono fungere da relay per altri nodi.
- **RFD (Reduced Function Device)**: Nodi che possono svolgere solo un numero limitato di funzioni, in particolare, non possono inoltrare traffico ad altri nodi, ma possono agire solo come sorgente o destinatario finale del traffico.

Nella rete ZigBee i **nodi** si distinguono in:

- **ZigBee Coordinatore**: In una rete ZigBee un solo nodo può fungere da coordinatore ed è il primo nodo ad essere attivato. Lo ZigBee funge da coordinatore PAN (Personal Area Network) IEEE 802.15.4. Il coordinatore PAN IEEE 802.15.4 è responsabile della formazione della rete. Il coordinatore ZigBee seleziona il canale da utilizzare nella rete, che è l'ID della rete personale (PAN). Infine assegna indirizzi ad altri nodi e consente a questi ultimi di entrare o uscire dalla rete ed è responsabile della trasmissione dei pacchetti applicativi e del mantenimento di un elenco di nodi e router vicini.
- **ZigBee Routers**: I nodi di tipo router vengono utilizzati solo per alcuni tipi di reti ZigBee (reti ad albero e mesh) e consentono una copertura di rete estesa. Il router è responsabile dell'inoltro dei pacchetti di dati dell'applicazione ad altri nodi, trovando il percorso migliore. Oltre a costituire una rete, può svolgere tutte le funzioni di coordinatore.
- **ZigBee End Device**: è un dispositivo di tipo RFD. I nodi end device sono dispositivi semplici che inviano e ricevono i pacchetti applicativi ma non possono eseguire altre funzioni nella rete. Un end device può essere connesso a un router o a un coordinatore. (Mazzi, 2021)

Lo strato Network (NWK) supporta tre differenti topologie di **rete**:

- **ZigBee Star:** *“In una rete a stella oltre allo ZigBee coordinator vi sono solo dispositivi di tipo end device che comunicano quindi direttamente con il coordinatore.”* (Mazzi, 2021, p.1)
- **ZigBee Tree:** *“A differenza della rete a stella, questa rete può essere estesa attraverso l’uso di ZigBee Routers. Gli end device possono quindi essere connessi sia allo ZigBee Coordinator che agli ZigBee Routers. Nella rete tree viene utilizzata una strategia di routing gerarchica. Inoltre può anche essere usata una comunicazione beacon oriented.”* (Mazzi, 2021, p.1)
- **ZigBee Mesh:** *“Anche le reti mesh, come quelle tree, possono essere estese attraverso l’uso di ZigBee Routers. In questo caso non vengono però utilizzate strategie di routing gerarchico, ma permettono una piena comunicazione peer-to-peer. Inoltre i ZigBee Routers nelle reti mesh attualmente non emettono normali beacon IEEE 802.15.4.”* (Mazzi, 2021, p.1)



L'articolo si conclude con l'illustrazione dei principali profili ZigBee, che sono:

- **ZigBee Home Automation (HA)**, uno standard globale definito dalla Zigbee Alliance e utilizzato per creare sistemi domestici intelligenti per il controllo delle apparecchiature nei settori della gestione dell'energia, dell'illuminazione e dell'automazione degli edifici.

L'ultima versione risulta completamente compatibile con la versione precedente, aggiungendo nuove funzionalità per prolungare la durata della batteria, rendendo più semplice per installatori e utenti finali l'installazione del sistema.

- **ZigBee Light Link (ZLL)**, si tratta di un profilo ZigBee appositamente studiato per il settore dell'illuminazione, che consente di collegare luci (monocromatiche e RGB), interruttori, dimmer e telecomandi. Con riferimento allo standard ISO-OSI, il livello di rete su cui si basa è la domotica.

(Mazzi, 2021)

Market Name	Wi-Fi™	Bluetooth™	ZigBee™
Underlying Standard	802.11b	802.15.1	802.15.4
Application Focus	Web, Email, Video	Cable Replacement	Monitoring & Control
Battery Life	Hours	Days	Years
Enumeration Latency	Up to 3 sec	Up to 10 sec	30ms
Network Size	32	7	Up to 65536
Bandwidth (K bits/s)	11,000+	720	250
Range (meters)*	1 - 100	1 - 10+	1 - 100+
Network Architecture	Star	Star	Star, Tree, Mesh
Optimized For	Speed	Low cost, Convenience	Reliability, Low power, Low cost, Scalability



Impianto idraulico
domestico

Al fine di progettare al meglio il prodotto per il risparmio idrico è risultato fondamentale studiare nel dettaglio l'impianto idraulico, in modo da comprendere il percorso dell'acqua nelle tubature e le dimensioni standard di quest'ultime.

Secondo "Studio Mea" l'impianto idraulico della casa è costituito da tutti gli elementi che svolgono le funzioni di adduzione e scarico dell'acqua, quindi in generale coinvolge lavelli da cucina e servizi, doccia e rubinetti vasca, wc, lavatrici e lavastoviglie ecc..

Inoltre si aggiungono tutte le tubazioni necessarie per trasportare l'acqua prima alla casa e poi al collettore fognario finale.

Andiamo ad analizzare i componenti principali dell'impianto idraulico elencati nell'articolo di "Studio Mea".

In primis troviamo il **contatore** che: *"È il punto di divisione fra l'impianto idraulico privato dell'abitazione e la rete di distribuzione comunale. Può trovarsi all'interno della casa se questa è di vecchia costruzione oppure in cabine ad accesso pubblico negli appartamenti moderni. La sua funzione è misurare e certificare il consumo idrico e l'accesso pubblico renderebbe più agevoli gli interventi di manutenzione e gestione del dispositivo."* (StudioMea, 2019, p.1)

Il **riduttore di pressione** è un rubinetto con manometro, solitamente presente nelle unità abitative ai piani inferiori, dove l'acqua può avere una pressione superiore alla media per consentire un flusso regolare agli appartamenti ai piani superiori.

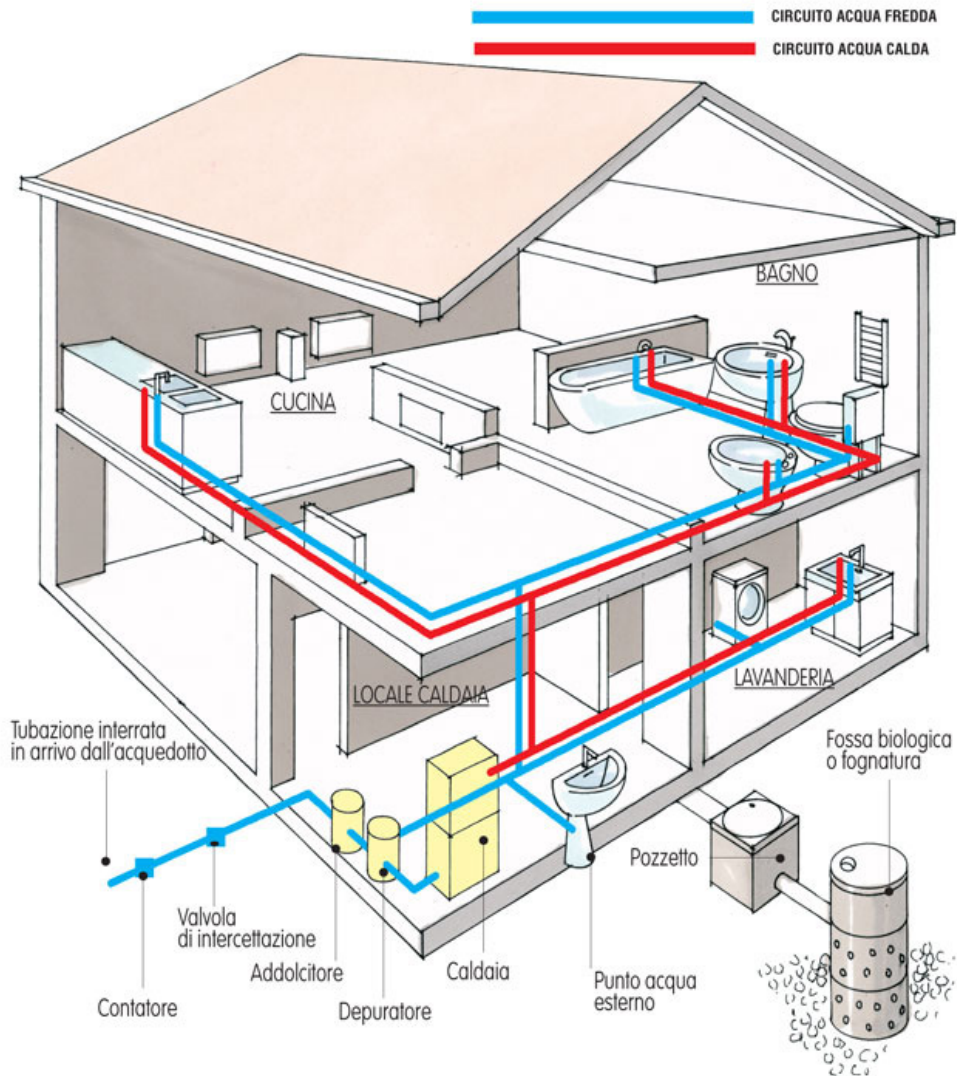
La **manopola di arresto** aziona il rubinetto universale e permette di disattivare completamente il flusso d'acqua nell'appartamento in caso di malfunzionamento e/o lavori di manutenzione.

Il tubo di alimentazione dell'impianto di riscaldamento trasporta l'acqua fredda alla caldaia, dove riceve energia e viene riscaldata.

La **tubazione di adduzione** trasporta acqua fredda verso ogni attrezzatura o elettrodomestico (lavello, lavatrice, lavastoviglie, anaffiatoio...), e costituisce il vero e proprio pilastro idraulico dell'appartamento.

La valvola o il rubinetto regolano il flusso d'acqua ideale in base alle esigenze attuali.

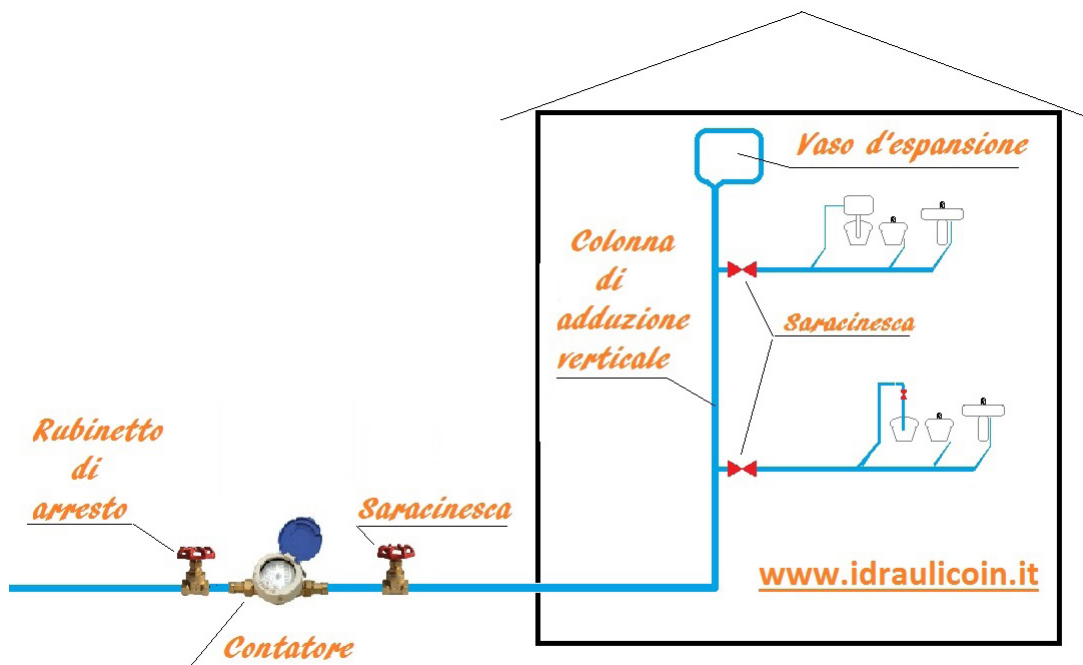
Il tubo di scarico scarica le acque sporche dopo l'uso.
Le cosiddette acque nere provengono dagli scarichi dei wc e devono essere trattate attraverso le fognature, mentre tutte le altre acque reflue, dette acque grigie, possono essere opzionalmente riciclate attraverso un apposito sistema di depurazione. (StudioMea, 2019)



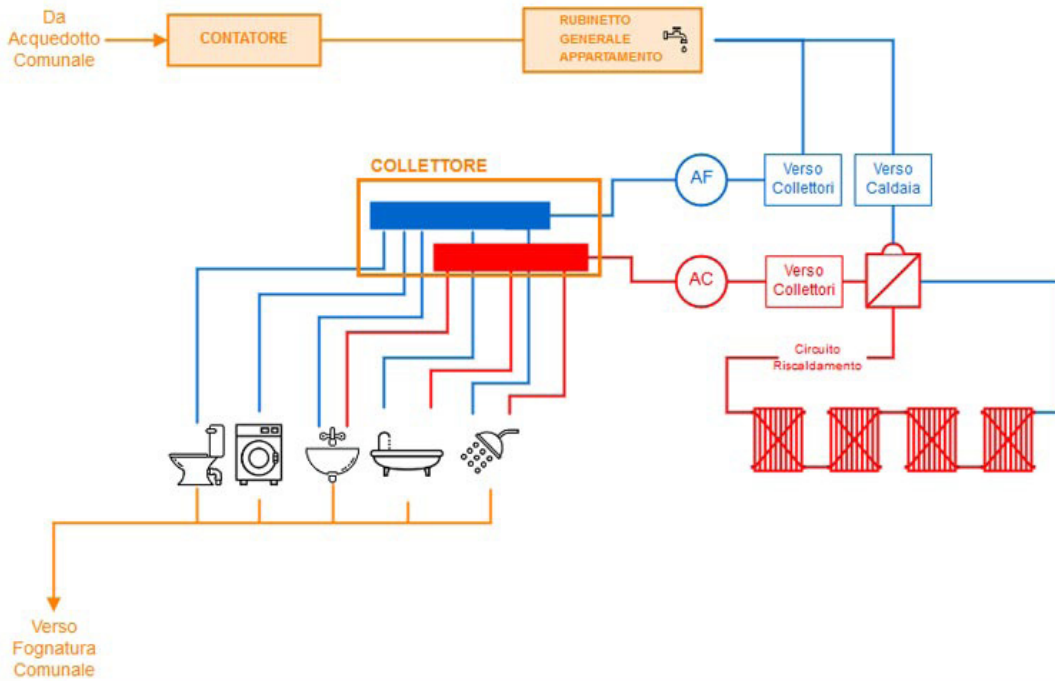
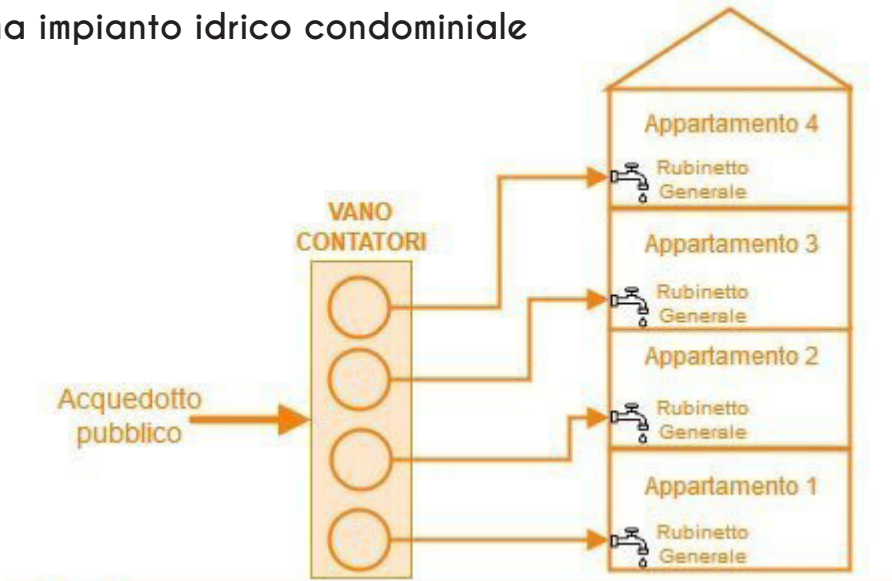
Il punto da cui parte l'impianto idraulico è il contatore e su **"Ristrutturazione Pratica"** viene fornito un excursus. "Nei condomini, fino a qualche anno fa, i contatori delle varie utenze venivano installati all'interno dei singoli appartamenti: nelle case era possibile trovare una o più nicchie con il contatore dell'Enel, il contatore del gas e il contatore dell'acqua. Attualmente invece i fornitori dei servizi richiedono che tutti i contatori vengano raggruppati in appositi "vani contatore" che affacciano direttamente in strada: questo serve per facilitare la manutenzione e il monitoraggio dei consumi." (Ristrutturazione Pratica, 2017, p.1)

Quindi il contatore dell'acqua può essere collocato in casa o direttamente sulla strada con tutti gli altri contatori dell'acqua, a seconda della storia dell'immobile o se è cambiato nel tempo. Tutto ciò che è a monte del contatore è di proprietà del gestore dei servizi idrici del Comune, tutto ciò che è a valle è di competenza dell'utente.

All'interno dell'appartamento, l'impianto idraulico è composto da una serie di elementi ben precisi. (Ristrutturazione Pratica, 2017)



Schema impianto idrico condominiale



*“Solitamente nella rete pubblica l’acqua è a una pressione di circa **5-6 bar**, mentre all’interno degli appartamenti la pressione risulta essere tra i 3-3,5 bar per evitare scoppi di tubature e rumori. Nonostante questa pressione di partenza superiore a quella ideale, agli ultimi piani di condomini abbastanza alti l’acqua potrebbe arrivare con potenza inferiore. In questo caso, come impianti condominiali, vengono installate delle autoclavi (una o più a seconda del numero di piani), che hanno lo scopo di garantire la stessa pressione a tutti i piani.”* (Ristrutturazione Pratica, 2017, p.1)

In egual maniera non è raro, soprattutto nei piani bassi, che la pressione sia eccessiva. In questi casi viene installato, dopo il contatore o il rubinetto generale, un riduttore di pressione che serve a riportare la pressione dell’acqua ai valori ideali.

“La velocità dell’acqua all’interno dei tubi, strettamente legata alla pressione, rientra in un range tra 0,7 e 2,0 metri al secondo. In ogni caso, per non avere rumori spiacevoli, è consigliato non superare mai gli 1,5 metri al secondo.

*I diametri dei tubi che compongono le reti idrauliche sono misurati in pollici: **1 pollice equivale a 2,54cm.***

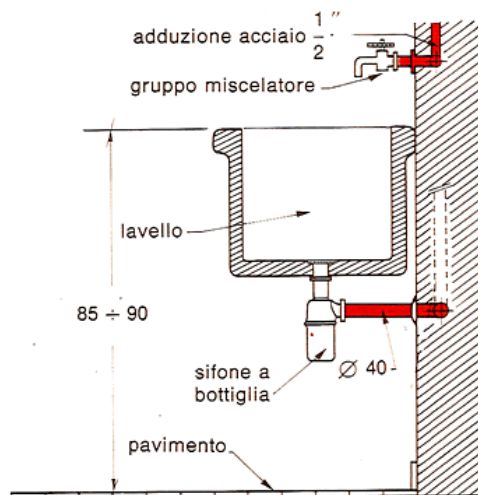
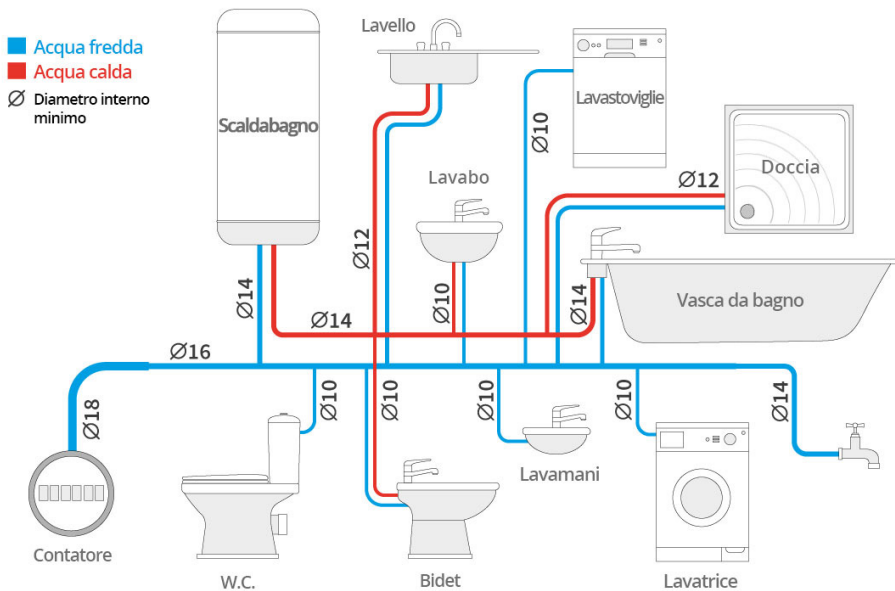
*I diametri maggiormente utilizzati sono **1/2 pollice, 1 pollice, 2 pollici.**”* (Ristrutturazione Pratica, 2017, p.1)

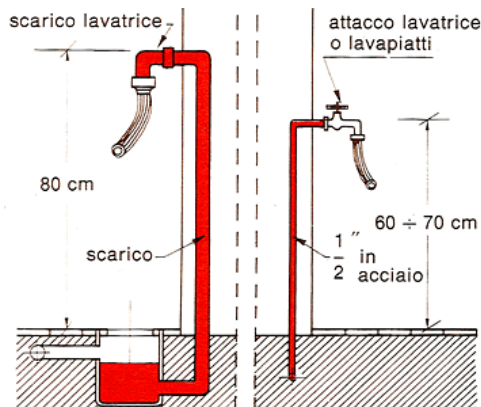
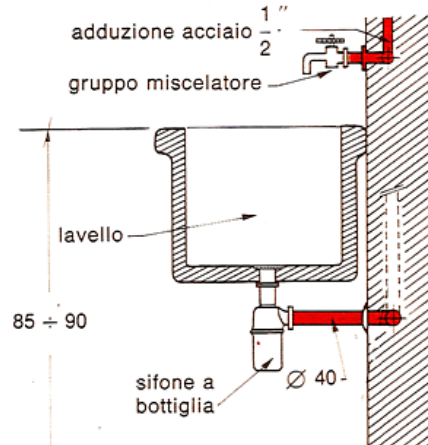
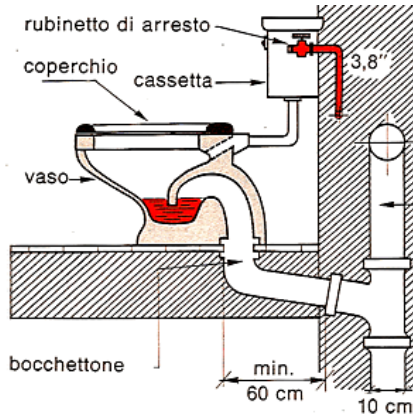
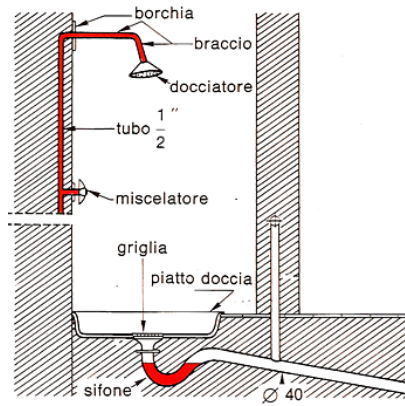
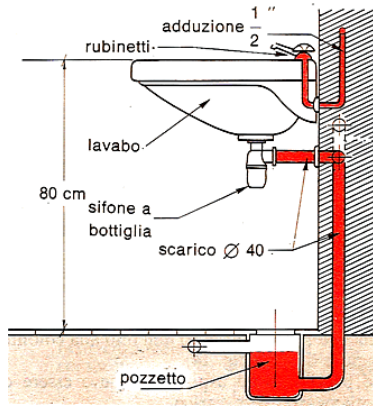
L’articolo si conclude con l’elenco dei materiali delle tubazioni, che possono essere di varie tipologie:

- **Acciaio zincato:** molto resistente ma ormai scarsamente utilizzato.
- **Rame:** anch’esso molto resistente, di facile e veloce posa anche se necessita di saldatura, ottime prestazioni antibatteriche.
- **Materie plastiche (PE, PVC, PP):** di veloce posa, leggeri, maneggevoli, garantiscono minori perdite di carico (negli appartamenti sono usati per le reti di scarico).
- **Multistrato:** combinano le prestazioni di tutti i precedenti e sono maggiormente diffusi.

(Ristrutturazione Pratica, 2017, p.1)

Nella figure seguenti vengono mostrate le misure base delle tubature dell'impianto idraulico: diametro interno minimo corrispondente ai tubi dell'acqua calda e fredda. Le informazioni sono state prese dalla pagina "ArchitettodiLeo.it".





09

Misuratori di portata
e smart meter

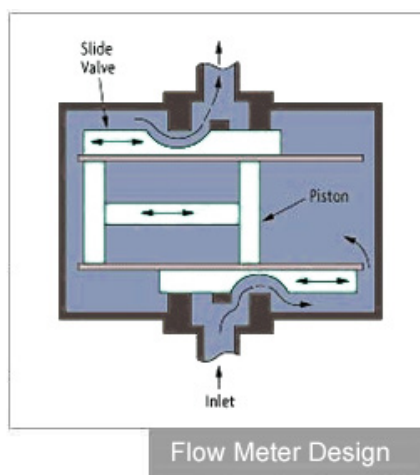
Questa parte finale di ricerca risulta essenziale per il progetto poiché riguarda lo studio del prodotto con la misurazione puntuale della quantità di acqua passante per la zona iniziale del contatore che poi andrà a diramarsi verso le tubature secondarie.

Andiamo ad approfondire il campo dei *misuratori di portata o flussimetri*, dispositivi utilizzati per misurare il fluido o il gas che li attraversa. Come riportato da "Spiegato.com", il risultato restituito dal contatore può essere rappresentato da uno dei due valori di misura: portata volumetrica o portata massica.

Le letture del flussometro vengono restituite in unità di area e specifiche dell'applicazione, i tipi di volume restituiscono letture in galloni, litri o pollici cubi al secondo e i misuratori di portata massica esprimono la loro misurazione in libbre o chilogrammi al secondo.

Esistono diverse classificazioni generali dei tipi di flussimetri, ognuna delle quali è rappresentata da una serie di varianti. I misuratori di portata vengono utilizzati per misurare le forniture di gas e fluidi in vari settori e applicazioni, come impianti di produzione e forniture idriche domestiche o industriali.

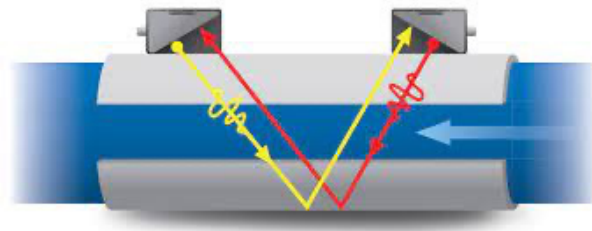
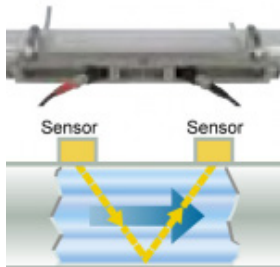
Le misurazioni si ottengono solitamente collegando un flussometro in serie ad una linea di alimentazione del fluido o del gas. Questi misuratori poi monitorano il flusso di materiale che li attraversa tramite le azioni di diversi tipi di meccanismi. Il risultato calcolato può quindi essere visualizzato sul misuratore stesso o inviato tramite un'uscita elettronica a un display remoto o a un dispositivo di archiviazione dati. (Spiegato.com, 2020)



“I meccanismi del flussometro sono anche raggruppati in diverse categorie distinte, inclusi i tipi meccanici, a pressione, ottici e termici. I misuratori a getto multiplo, a ruota Pelton e Woltmann sono tutti tipi di misuratori di portata meccanici che dipendono dal movimento di una serie di palette, lame elicoidali o giranti per misurare il flusso di materiale. I misuratori di portata a pressione utilizzano venturi, tubi pilota e orifizi per misurare i differenziali di pressione utilizzati per calcolare le portate. I misuratori di portata ottici utilizzano laser e fotorivelatori per misurare la luce dispersa per calcolare i risultati del flusso.” (Spiegato.com, 2020, p.1)

Per il caso specifico del concept progettuale è stato necessario soffermarsi maggiormente su una tipologia di flussimetro che non risultasse eccessivamente invasiva o complicata da installare per l'utente, poiché trattasi di un kit di semplice assemblaggio. In questo modo la ricerca si è spostata su dispositivi che potessero essere collocati sopra le tubature, senza andare ad intaccare o smontare la struttura, come i **flussimetri ad ultrasuoni**.

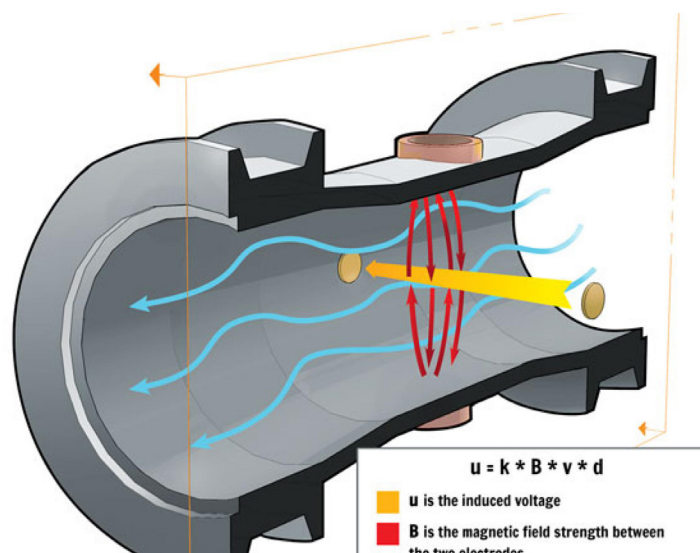
Questi misuratori possono misurare la velocità e il flusso volumetrico dei liquidi. Sono facili da usare perché, a differenza della maggior parte dei tipi di misuratori, vengono fissati sopra il tubo anziché all'interno, quindi possono essere installati senza interrompere il flusso. *“Esistono due tipi principali di misuratori di portata ad ultrasuoni: misuratori di portata a tempo di transito e misuratori di portata Doppler. Entrambi i tipi si fissano all'esterno dei tubi, ma differiscono nel metodo utilizzato per misurare il flusso e ogni metodo ha i suoi vantaggi e svantaggi. I flussimetri a tempo di transito funzionano meglio per liquidi puliti, che non hanno molte bolle d'aria o particelle solide. I flussimetri Doppler, al contrario, richiedono che il liquido contenga bolle o particelle al suo interno per misurare il flusso, ma richiedono anche che il liquido si muova a una certa velocità o oltre.”* (Spiegato.com, 2020, p.1)



Prosegue la descrizione con i seguenti approfondimenti: *“I misuratori di portata ad ultrasuoni a tempo di transito, chiamati anche **misuratori di portata a trasmissione**, utilizzano un principio chiamato sfasamento. Due trasduttori, che inviano e ricevono raggi di energia ultrasonica, sono posizionati a una certa distanza l’uno dall’altro sul tubo. Il misuratore misura il tempo impiegato dall’energia per viaggiare in ciascuna direzione e trova la differenza tra i due tempi. Questa differenza è direttamente proporzionale alla velocità del liquido, che viene calcolata dal flussimetro ogni volta che effettua una misura.”* (Spiegato.com, 2020, p.1)

Per quanto riguarda l’altra tipologia: *“I **misuratori di portata ad ultrasuoni Doppler** utilizzano l’effetto Doppler, che afferma che la frequenza delle onde sonore dipende da come si muovono sia la sorgente che l’osservatore del suono. Come i misuratori del tempo di transito, le varietà Doppler utilizzano due trasduttori, ma un solo trasduttore invia e l’altro solo riceve. Il trasduttore di invio invia raggi di energia ultrasonica e le particelle o le bolle nel liquido fanno cambiare la frequenza dei raggi. Questo spostamento di frequenza è misurato dal trasduttore ricevente ed è proporzionale alla velocità del liquido.”* (Spiegato.com, 2020, p.1)

Dopo aver raccolto queste informazioni è possibile comprendere che la tipologia ideale di flussimetro da applicare per il progetto è quella di **portata a trasmissione**, poiché l’acqua è un liquido pulito e non contiene molte bolle d’aria o particelle solide.



Procediamo adesso con l'introduzione all'argomento **Smart Meter**, fondamentale per comprendere i dispositivi intelligenti che misurano i consumi di diverse tipologie di energia.

*"Gli smart meter sono **contatori o misuratori intelligenti** che permettono di ricavare dati puntuali di consumo relativamente all'energia elettrica, al gas e all'acqua corrente.*

Nel caso dell'elettricità questi dispositivi creano la rete di comunicazione tra i vari nodi della smart grid, monitorando i flussi di energia in entrata e in uscita per un'utenza con un impianto di produzione di energia rinnovabile, e, l'ottimizzazione del sistema con una comunicazione a due vie nel caso di un utente collegato a una digital energy community". (Regalgrid, 2020, p.1)

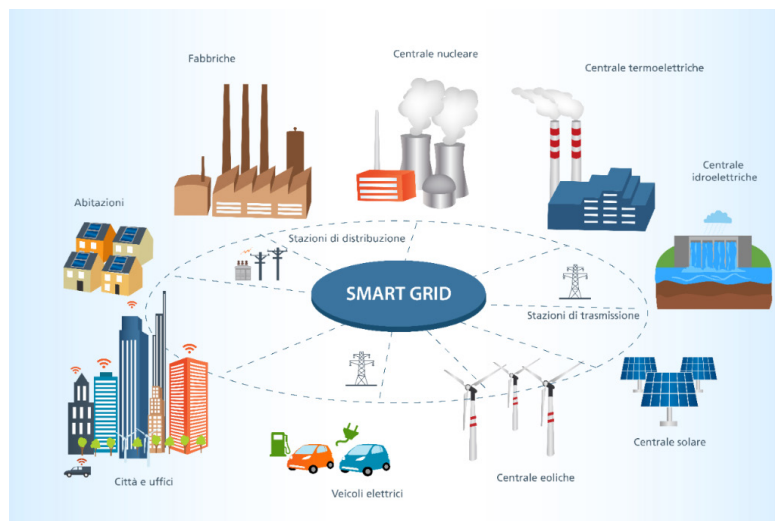
Lo "Smart metering", (come spiegato nell'articolo di Regalgrid), è il principio base dei contatori intelligenti, che consente l'attuazione di strategie di efficienza energetica.

La misurazione e il monitoraggio intelligente dei dati di consumo, infatti, è fondamentale non solo per le società di servizi che distribuiscono energia e gas naturale, ma anche per i consumatori, in modo da sensibilizzare e quindi migliorare attivamente l'efficienza.

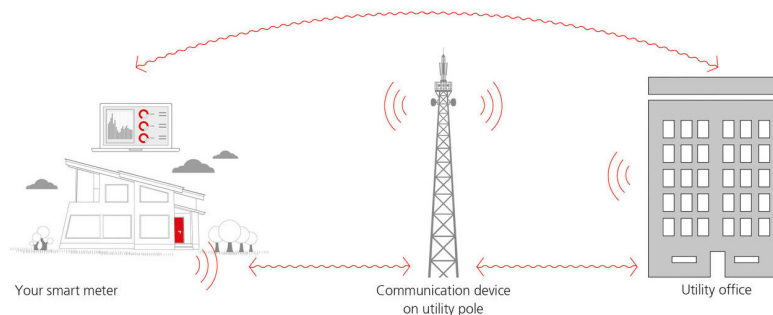
Si prospettano di conseguenza una serie di vantaggi come la riduzione dei costi di gestione delle letture, una frequenza superiore di lettura, il monitoraggio della rete e ottimizzazione della manutenzione. Infine ci sarà una maggiore consapevolezza dell'utente in merito a consumi e sprechi, data dalla misurazione in tempo reale dei consumi e dalla relativa analisi, un miglioramento delle abitudini energetiche e un aumento del risparmio energetico con conseguente riduzione dei costi dell'energia per l'utente. (Regalgrid,2020)



Dopo aver compreso cosa è uno smart meter occorre conoscere il suo funzionamento: *“Grazie a un protocollo prestabilito, gli smart meter di nuova generazione registrano nella loro memoria il quantitativo di energia consumato e le quantità consumate in momenti del giorno per ogni giorno della settimana. Grazie a un sistema di comunicazione a due vie, inviano i dati raccolti elettronicamente attraverso le frequenze radio o la PLC (trasmissione di informazioni attraverso la rete elettrica per onde convogliate tramite Power Line Communication). I dati arrivano così alle società di distribuzione, che entro 24/30 ore li verificano e inviano alle società di vendita.”* (Regalgrid, 2020, p.1)



How a smart meter works.



In Italia, l'interesse per i contatori intelligenti è nato molto prima della competizione per la digitalizzazione dell'energia. Infatti risulta essere il primo paese europeo ad aver adottato questi dispositivi: nel 2001 le aziende di distribuzione di energia hanno iniziato a introdurre spontaneamente i cosiddetti smart meter di prima generazione su larga scala.

"Nella realtà dei fatti quindi i contatori elettrici 2G non sono gli unici smart meter disponibili. Viene spontaneo pensare a questi dispositivi, vista la dotazione mondiale in corso d'opera, ma anche gli apparecchi di misurazione prodotti e certificati da terze parti per il cliente finale si configurano come meter. Questi smart meter possono essere integrati direttamente nel contatore o collegati a esso nel caso di un contatore di vecchia generazione, permettendo un monitoraggio e una presa di coscienza dei vostri consumi in tempo reale e senza filtri del fornitore di energia. Questa conoscenza diventa ancora più dettagliata nel caso siate dotati di elettrodomestici smart oppure smart plug." (Regalgrid, 2020, p.1)

Quello che è interessante notare dopo i precedenti approfondimenti è il fatto che per l'utente, con gli attuali dispositivi, non risulta immediato il feedback per constatare l'effettivo consumo di energia in tempo reale, poichè i risultati vengono inviati in primis alle società che si occupano dei consumi. Non è quindi presente un sistema intuitivo e rapido per l'utente che invia un feedback tramite notifica (es. app per smartphone) del consumo corrente di acqua.

In particolare per quanto riguarda il settore Water Smart Metering è evidente un notevole ritardo nell'affermarsi della tecnologia, come affermato nell'articolo **"Internet4Things"** di Sandonnini: *"A differenza dei servizi di fornitura di elettricità e gas, nel settore idrico la rivoluzione dello smart metering non è ancora avvenuta. [...] La situazione, rispetto a elettricità e gas, è diversa, poiché nelle forniture idriche sono presenti in molti casi contatori solo a livello di condominio e non di singolo utente. Il passaggio alla misura individuale permetterebbe numerosi vantaggi anche in termini di migliore controllo delle perdite d'acqua a valle del contatore." (Sandonnini, 2020, p.1)*

Si conclude il capitolo con un esempio interessante di smart metering per quanto riguarda i *contatori di nuova generazione*, che rilevano il volume di acqua attraverso le rotazioni effettuate da un disco semi

metallico amagnetico.

Modulo radio protocollo NB-IoT

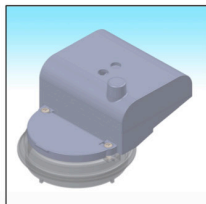


- Sensore induttivo completo di modulo radio NB-IoT disponibile in versione compatta, per contatori a getto multiplo e unico a quadrante bagnato, a rulli protetti, a quadrante interamente protetto e superdry, omologati MID con predisposizione induttiva K1. La misura della quantità d'acqua è realizzata traducendo il flusso dell'acqua nella rotazione di un disco semi-metallico amagnetico posto sul quadrante del contatore stesso; rilevando il numero di rotazioni il dispositivo elettronico calcola il volume di acqua transitato.

CARATTERISTICHE TECNICHE modello G2-IPS-CNB-IoT

Tipo	Dispositivo a microprocessore
Alimentazione	Batteria al litio 3,6 V
Certificazioni	CE, EMC (compatibilità elettromagnetica)
Max frequenza impulso	10 Hz
Condizioni ambientali di funzionamento	-10 °C ... +55 °C
Temperatura di stoccaggio	-20 °C ... +60 °C
Grado di protezione	IP68
Durata batteria	10 anni

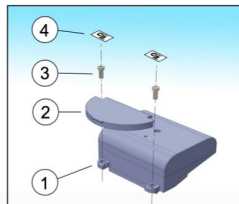
complessivo prima della sigillatura



DISTINTA BASE

1. Captatore G2-IPS
2. Coperchio quadrante
3. Viti di fissaggio (n. 2)
4. Etichette sigillo (n. 2)

esploso con sequenza di montaggio



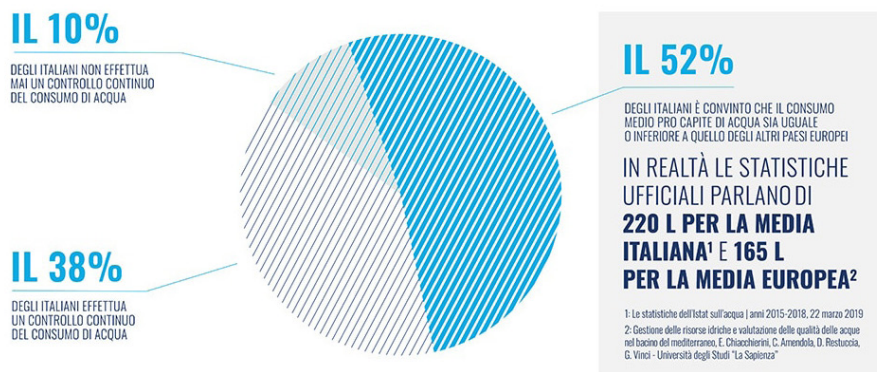
10

Analisi di progetto

Il tema centrale del progetto di tesi riguarda il conseguimento di **risparmio idrico a livello abitativo** tramite una modalità rapida, intuitiva ed economica per l'utente.

Come riportato nei vari studi di ricerca effettuati nei precedenti capitoli, l'Italia risulta uno tra i paesi europei che tende a sprecare maggiormente acqua, posizionandosi al primo posto con ben **220 litri di consumo pro capite**. Come conferma l'Istat, tutto questo si va a sommare agli ulteriori problemi della rete idrica definita un "colabrodo", poiché nel percorso di arrivo alle varie abitazioni si sommano una serie di perdite pari al 42% dell'acqua immessa in rete e quindi ad altri 156 litri di acqua per abitante. (Istat, 2020)

La tendenza allo spreco avviene in maggior misura perché l'utente non ha la percezione esatta di quanto effettivamente consuma, dato che per gran parte delle persone non è possibile ricevere un feedback immediato di avviso su quanti litri sono stati utilizzati.



L'unico reale riscontro avviene tramite la bolletta che arriva solamente dopo un determinato periodo secondo scadenze prestabilite, non dando modo all'utente di percepire subito l'eventuale spreco; di conseguenza quest'ultimo rimane nella convinzione di non sprecare un'eccessiva quantità di acqua.

È stata riscontrata l'assenza in commercio di un dispositivo facilmente installabile ed economico che genera feedback precisi ed immediati sul consumo complessivo di acqua a livello abitativo, consultabili in prima persona dall'utente.

Per quanto riguarda questa tematica, si sono presentati vari tentativi nel lancio di alcuni prodotti nell'ambito della domotica, ma non sono stati raggiunti i fondi necessari per completare il progetto, poiché l'utente risulta ancora troppo spaventato da questo tipo di tecnologia, definendola "aggressiva" ed "invasiva".

Grazie al questionario effettuato è stato possibile comprendere l'interesse comune degli intervistati riguardo il desiderio di non sprecare acqua e le caratteristiche ideali del prodotto in questione:



Semplice e rapida installazione



Costo medio / basso



Facile utilizzo



Dimensioni ridotte



Avvisi tramite app su smartphone

Altra condizione essenziale che si va ad aggiungere alle altre espresse prima, è che non vada a consumare troppa energia elettrica: risparmio di acqua sì, ma che non vada ad influire eccessivamente nell'altro consumo.

Dopo lo studio di questi dati si sono sviluppate le basi del concept: la progettazione di un **kit IoT** installabile in modo autonomo dall'utente per coinvolgerlo nell'economia idrica domestica.

Il kit è formato da due elementi principali: un **misuratore di portata ad ultrasuoni** (o **flussimetro**) ed un **sensore di suono** che consiste in un **microfono**.

In aggiunta è presente un **hub ZigBee** che stabilisce la rete in modo da permettere il passaggio delle informazioni tra i dispositivi ed inviare i dati finali allo smartphone dell'utente.



Microfono

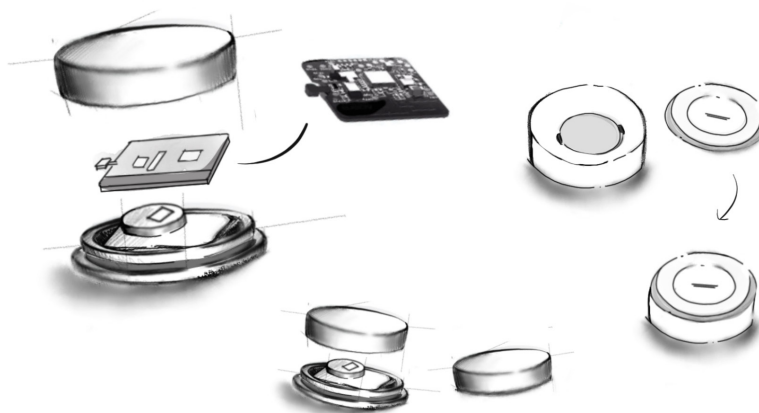


HUB

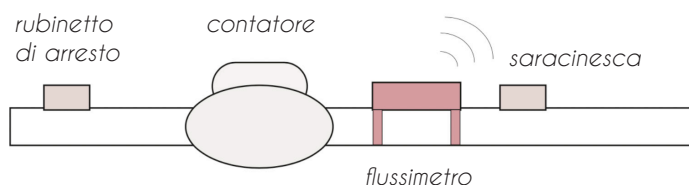


Flussimetro

Nell'immagine seguente viene mostrato il primo sketch di bozza del sensore di suono con le componenti: inizialmente al posto del microfono era stato inserito l'accelerometro, escluso in seguito per il costo elevato.



Il **flussimetro ad ultrasuoni** è considerato come un elemento fondamentale del sistema, dato che misura i litri consumati *complessivamente* nell'abitazione. Può essere posizionato sul tubo dove risiede il **contatore**, zona chiave del passaggio di acqua prima della diramazione verso l'impianto secondario, oppure sul **rubinetto generale** del singolo appartamento.



Sono state progettate *due versioni* di questo device: la prima (*basic*), con chiusura meno articolata, pensata per chi vive in una casa singola ed ha il contatore all'interno, e la seconda, con chiusura a lucchetto, per chi abita in condominio ed ha il contatore fuori dall'abitazione insieme a quello di altre persone.

Questa variante è risultata fondamentale dato che il prodotto ha un certo valore e in ambito condominiale possono accedere al vano contatore più individui. Il dispositivo è formato da due parti: il *corpo principale*, dove alloggia la batteria ed i trasduttori del sistema ad ultrasuoni, infine il *guscio* che funge da chiusura: i due pezzi di quest'ultimo si uniscono tramite degli incastri magnetici, creando un incastro ad abbraccio intorno al tubo.

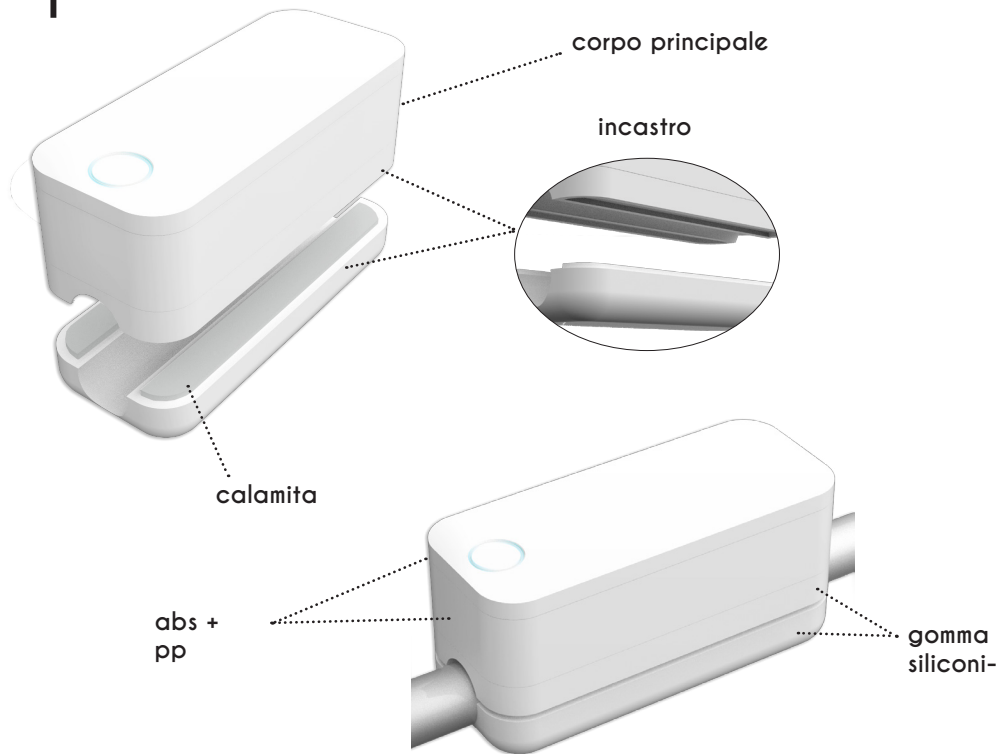
Dato che la zona del contatore può risultare umida, i materiali utilizzati per il corpo principale sono **abs e polipropilene**, polimeri resistenti che si adattano a condizioni avverse e che consentono l'utilizzo a lungo termine del prodotto.

La parte della chiusura è realizzata in **gomma siliconica**, fondamentale per far scorrere ed aderire saldamente al tubo i due componenti, e **calamita**. Grazie a questo incastro magnetico, (utilizzato anche per gli altri devices), il fissaggio risulta rapido ed intuitivo.

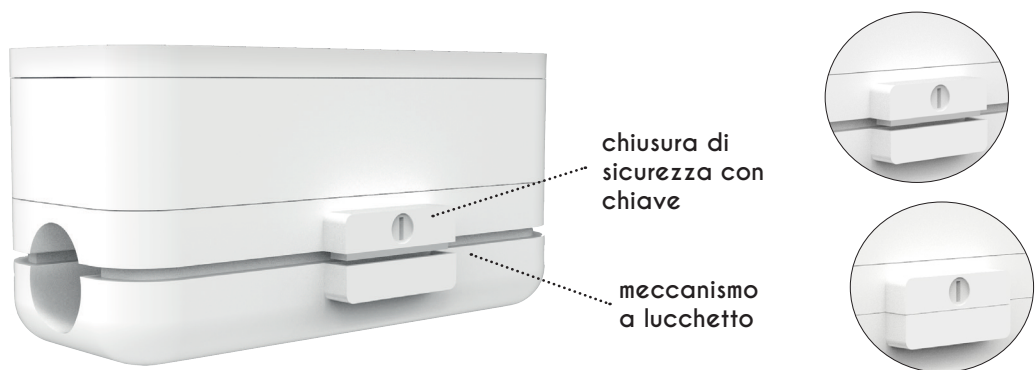
Nella *seconda versione* del prodotto è presente lo stesso sistema d'incastro con l'aggiunta ulteriore di un tassello quadrato sul lato destro della scocca gommosa che funge da lucchetto: in questo modo è possibile rimuovere l'oggetto solo attraverso l'utilizzo di una chiave apposita.

In ordine, viene mostrata la prima e seconda tipologia del prodotto.

1



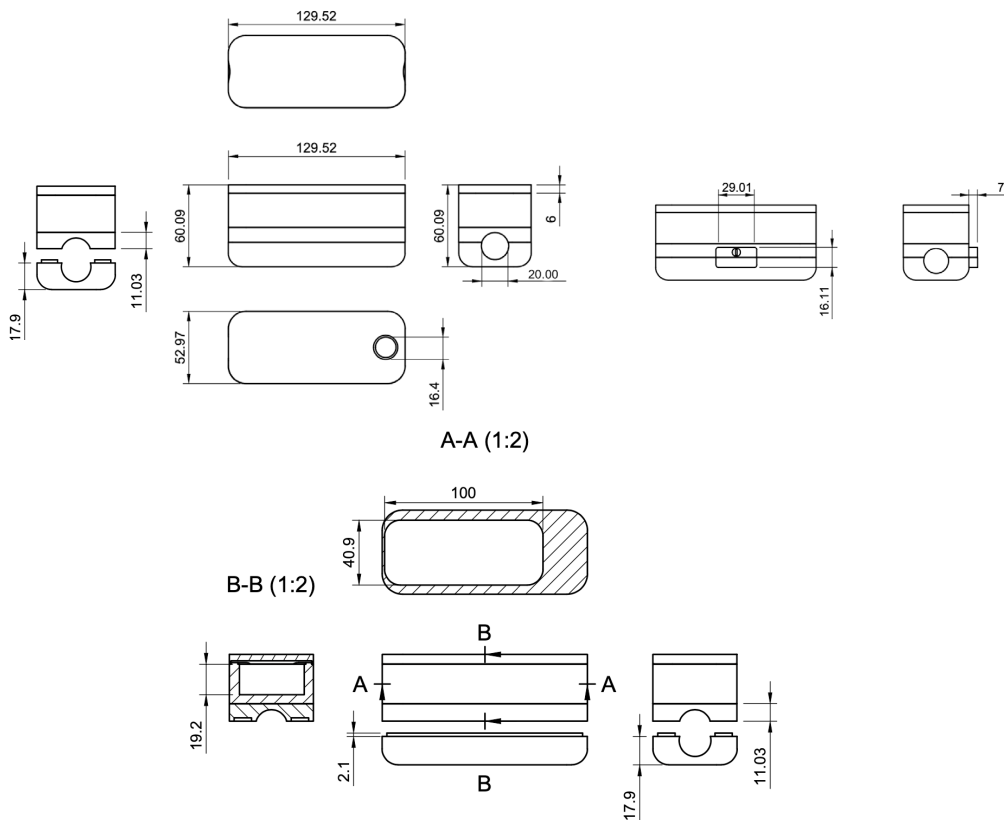
2



Infatti la particolarità di questi dispositivi è proprio la facilità d'installazione: non necessitano l'intervento di un tecnico specializzato dato che non occorre smontare o modificare l'impianto idraulico.

Il fatto di poter avere un riscontro esatto del consumo risulta rilevante soprattutto a livello condominiale, dove i contatori sono posizionati in una zona esterna all'edificio e quindi non comoda da raggiungere. Addirittura, in alcuni condomini di vecchia data, è presente un singolo contatore dell'acqua e la soluzione adottata in generale è quella di prendere il costo totale della bolletta e dividerlo per il numero dei condomini che vivono nell'edificio; ovviamente questa divisione può creare spesso dei problemi, dato che potrebbero esserci delle ripartizioni non eque. Eventualmente, per risolvere questo problema, basterebbe posizionare il dispositivo sul rubinetto generale del singolo appartamento.

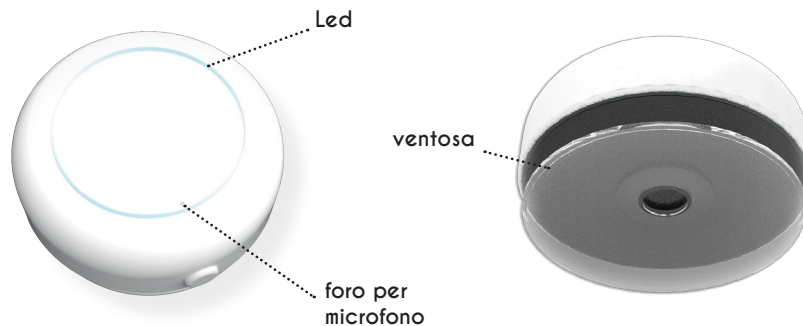
Nell'immagine seguente vediamo i *dettagli tecnici* del flussimetro; il diametro standard del tubo zona contatore è di 20 mm.



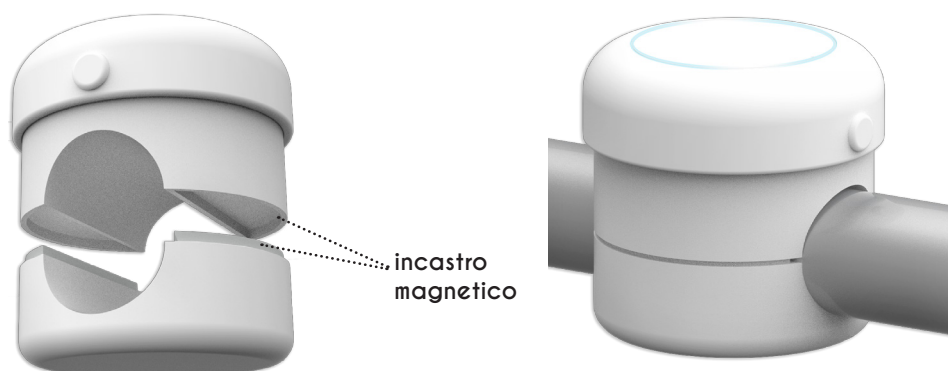
L'elemento che completa il progetto ed è in stretto collegamento con il flussimetro è proprio il **sensore di suono**, costituito da un **microfono** di piccole dimensioni. Quest'ultimo capta il rumore dell'acqua attraverso i tubi ed all'esterno, riconoscendone la *variazione e l'intensità* in modo da poterli abbinare a quel determinato sanitario o elettrodomestico.

Anche per questo prodotto sono state sviluppate *due versioni*: una con ventosa alla base e l'altra provvista di un anello ad incastro magnetico. In entrambi i casi il materiale utilizzato è **abs e polipropilene**.

La prima può essere posizionata facilmente su qualsiasi superficie di sanitario o elettrodomestico che prevede l'utilizzo di acqua (es. lavatrice, lavandino, lavastoviglie ecc..) grazie alla ventosa che aderisce al piano e, allo stesso tempo, è possibile spostare l'oggetto senza che la superficie venga intaccata.

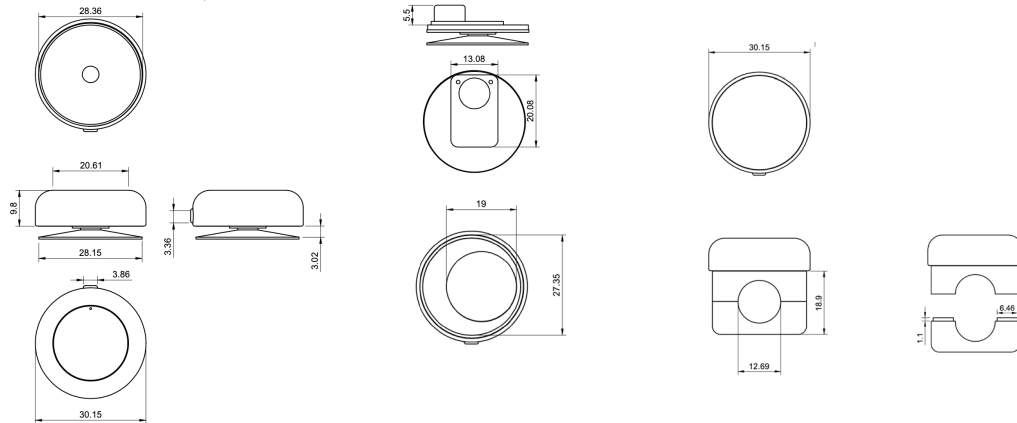


La seconda versione con anello magnetico è stata progettata per l'installazione su i **tubi dell'acqua calda o fredda**, in particolare per quelli della zona bagno, come lavandino e bidet, oppure della zona cucina per quanto riguarda il lavello. È un'opzione pratica per l'utente che preferisce non mostrare il dispositivo per vari motivi (anche estetici) e vuole installarlo in una zona non direttamente visibile, permettendogli allo stesso modo di tenere traccia del consumo. Per le componenti interne, la dimensione del prodotto si adatta molto bene al diametro di questa tipologia di tubazioni, che hanno un diametro standard di **mezzo pollice (12,7 mm)**, e la posizione risulta ideale per captare al meglio il suono senza intralciare.



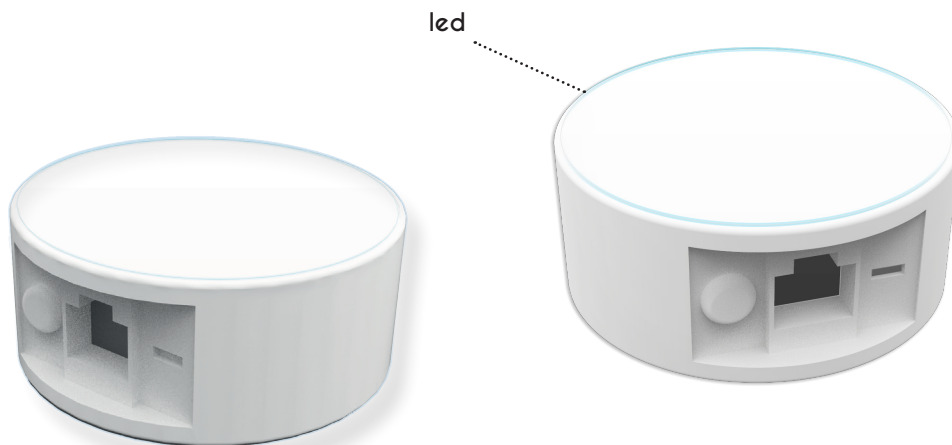
Il microfono è in grado di captare il rumore dell'acqua anche ad una distanza non estremamente ravvicinata, quindi può essere posizionato dove l'utente ritiene sia più comodo per lui: sul piano dove sono collocate le manopole oppure sulla parte iniziale del lavandino, ecc. Il **flussimetro** ed il **sensore** sono in stretta correlazione: quest'ultimo individua in quale rubinetto è avvenuto il consumo e la quantità di litri corrispondenti, grazie al consumo complessivo riportato dal flussimetro. Con questo meccanismo l'utente sarà in grado di avere una stima esatta della quantità di acqua consumata per fare la doccia o per lavare i piatti ecc., in base anche a quanti sensori ha deciso di acquistare. Oltre ad avere questo riscontro l'utente può ricevere un avviso in caso si presenti una perdita di acqua dovuta ad una chiusura non corretta delle manopole.

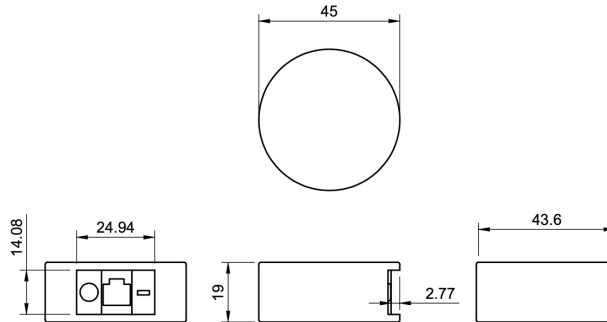
Nell'immagine seguente vediamo i *dettagli tecnici* del sensore di suono.



Come ultimo prodotto analizziamo il cuore dell'intero sistema, l'**hub ZigBee**.

E' un device indispensabile per permettere il corretto funzionamento di tutti i prodotti e per fare in modo che l'utente possa visualizzare tutte le informazioni sul proprio smartphone: senza questo dispositivo non sarebbe possibile il passaggio delle informazioni tra gli oggetti.





Il kit base è composto dal flussimetro, dall'hub e, a scelta dell'utente, da un tot numero di sensori di suono (ad anello o ventosa): in una casa dove è presente un bagno e una cucina l'utente dovrebbe acquistare quattro sensori per la zona bagno (lavandino, doccia, bidet, wc) e tre per zona cucina (lavello, lavastoviglie, lavatrice).

Il packaging per questi prodotti è semplice e mirato ad utilizzare materiali sostenibili: una scatola in **cartoncino riciclato** che si apre a scorrimento come fosse un cassetto.

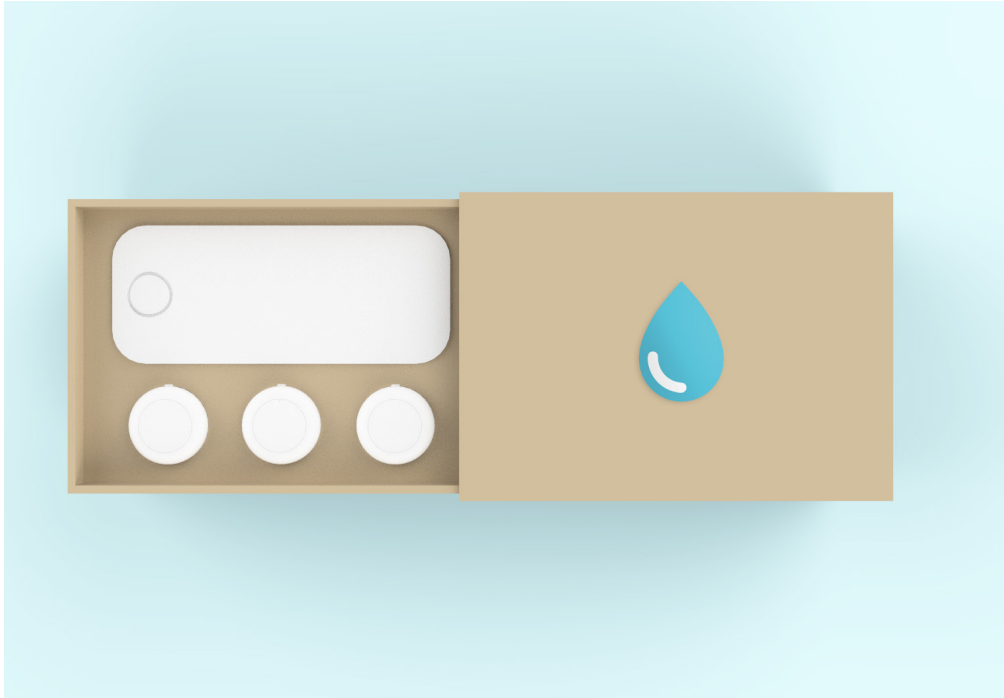
Questo materiale viene chiamato anche "cartone ondulato", è riciclabile e derivato dal riutilizzo di fogli spessi multistrato ricavati dalla raccolta differenziata che sono stati utilizzati o scartati.

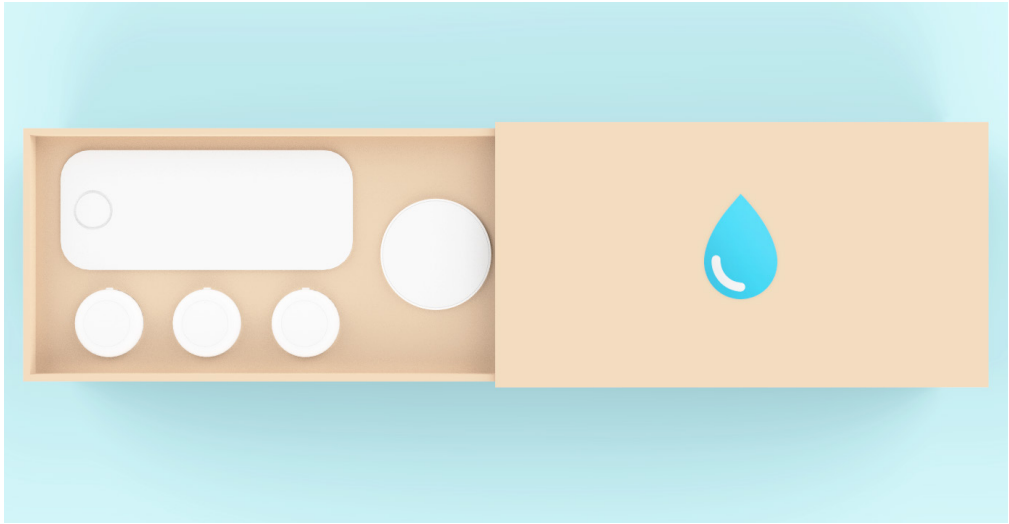
Questa scelta porta un notevole risparmio economico e riduce l'inquinamento: *"La produzione di carta riciclata consuma il 70% in meno di acqua ed energia rispetto alla produzione derivata da risorse naturali, riducendo il numero dei rifiuti e le emissioni di CO2 nell'atmosfera. Un rifiuto che diventa una risorsa preziosa: il cartone può essere riciclato fino a 7 volte e si presta a svariati utilizzi."*

(Cartiere di Trevi, 2020, p.1)

Anche Guzzini ha utilizzato questa tipologia di imballo per alcuni dei suoi prodotti.







Analizzando la parte dei **costi**, è possibile ipotizzare un quadro relativamente chiaro: rispetto ad altri prodotti tecnologici il prezzo si mantiene nella norma, in molti casi anche più basso.

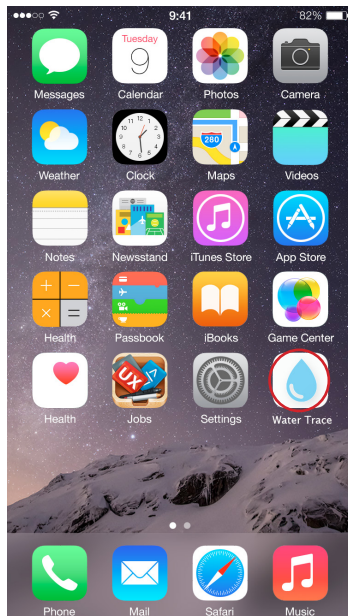
Mettendo in conto che un sensore può costare sugli 8 euro, l'hub intorno ai 15 e il flussimetro sui 100 euro, un kit composto da 4 sensori più il resto viene a costare sui 147 euro.

Si conclude questo capitolo con un'introduzione sull'applicazione, Water Trace, strumento essenziale per l'utente per poter consultare i dati raccolti dai dispositivi.

È presente la pagina principale dove sono riportati i litri complessivi consumati ed è possibile vedere il consumo esatto per ciascun sensore.

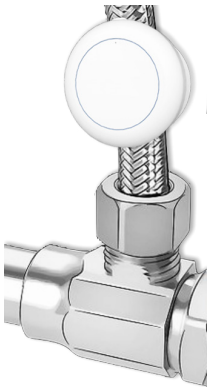
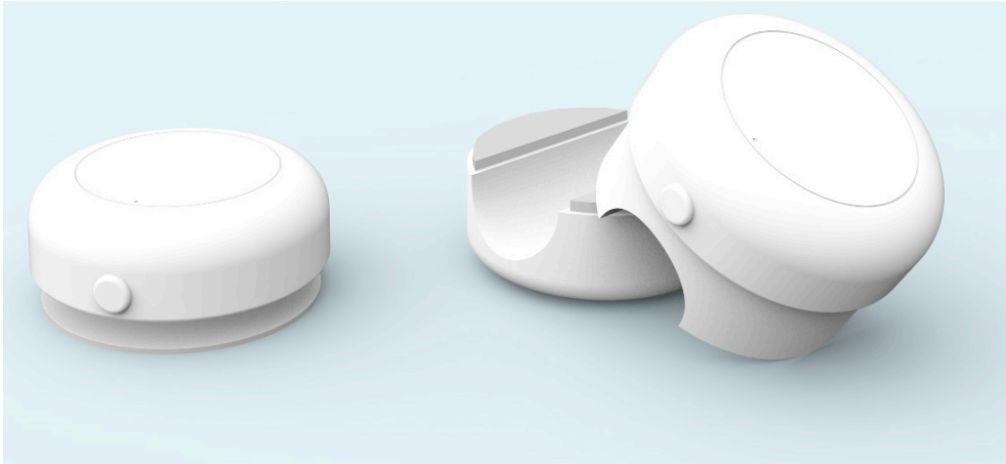
L'app invia un avviso quando viene superata la soglia limite di consumo ideale dei 100 litri a persona, quindi in una famiglia di 3 persone 300 litri.

È presente una casella con i consigli riguardo a come risparmiare acqua e l'app tiene traccia di eventuali miglioramenti o peggioramenti del consumo su base sia giornaliera che settimanale.



Il capitolo termina con una serie di render dei dispositivi fino ad ora analizzati.







1

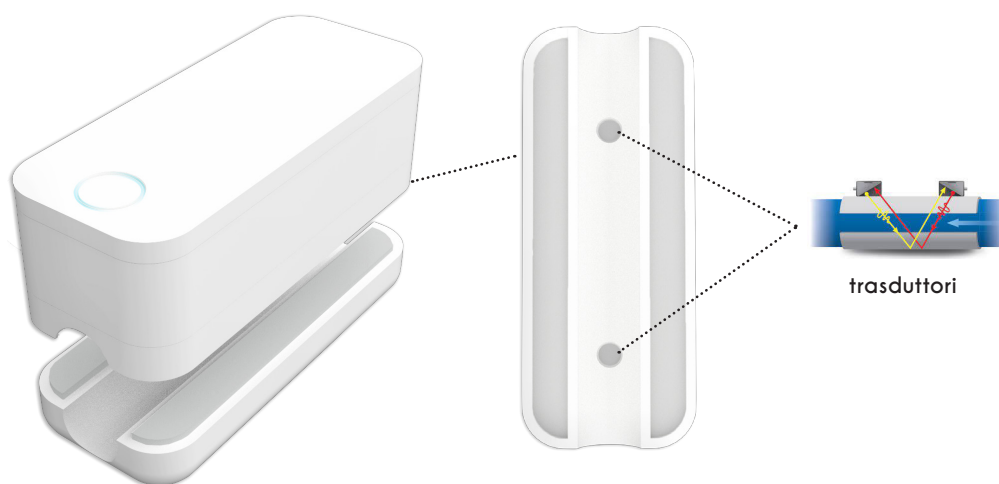
1

Tecnologie e funzionalità

In questo capitolo verranno analizzate le tecnologie e le funzionalità che stanno dietro a ciascun dispositivo.

Il primo ad essere analizzato è il **flussimetro o misuratore di portata** collocato sulla zona del contatore.

Come accennato in precedenza il suo compito è quello di misurare i litri che complessivamente vengono consumati nell'abitazione e dato che quest'oggetto è posto a contatto con la superficie del tubo, non è necessario alcun intervento esterno.



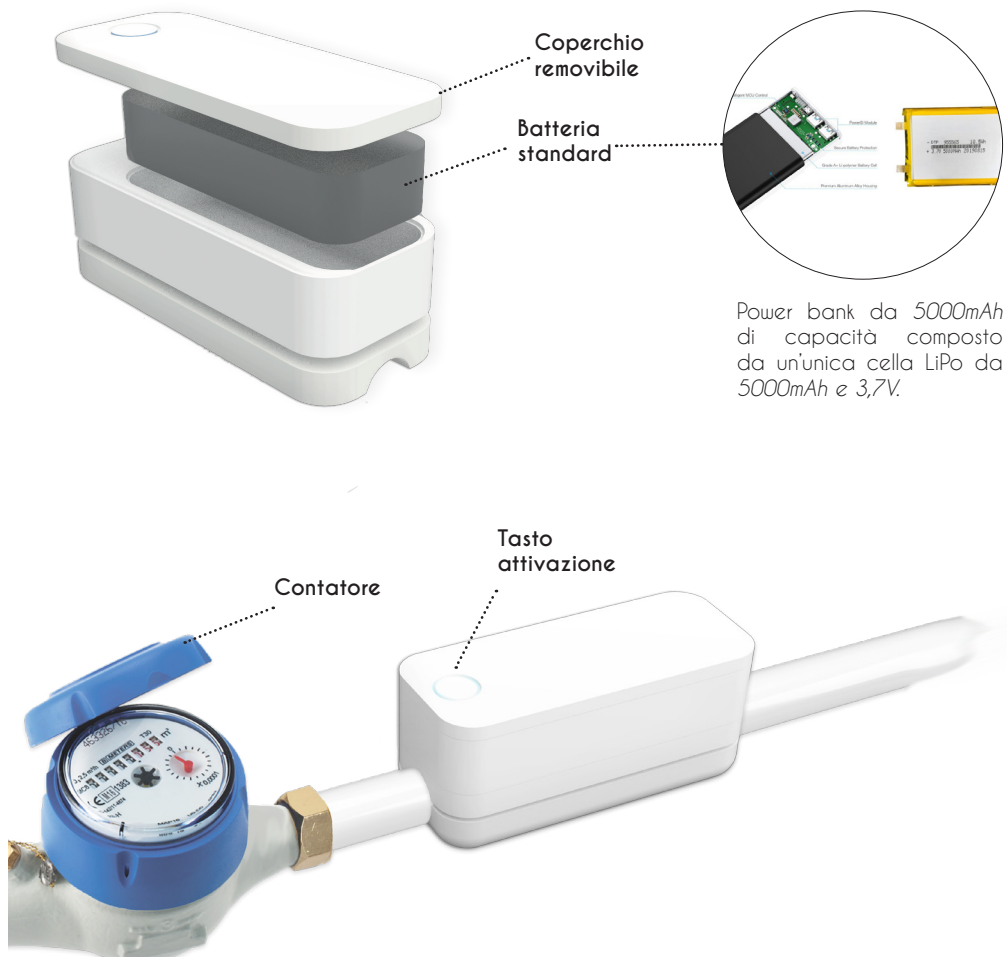
Il misuratore di portata utilizzato è quello **ad ultrasuoni a tempo di transito**, chiamato anche **a trasmissione**. Sono presenti due trasduttori nella parte superiore della scocca in gomma siliconica, (posizionati a una certa distanza l'uno dall'altro), che inviano e ricevono raggi di energia ultrasonica. Il misuratore calcola il tempo impiegato dall'energia per viaggiare in ciascuna direzione e trova la differenza tra i due tempi. Questa differenza è direttamente proporzionale alla velocità del liquido ed è in questo modo che avviene il conteggio dei litri.

“Il tempo impiegato dagli ultrasuoni per andare dal primo trasduttore al secondo e viceversa, risente della direzione del flusso e comporta 2 tempi di percorrenza τ_1 e τ_2 la cui differenza $\Delta\tau$ è proporzionale alla velocità del flusso e quindi conoscendo l'area di passaggio, si

determina il volume fluente.” (Tecnovaht, 2016, p.1)

Questo dispositivo è alimentato con una **batteria standard da powerbank**, ricaricabile: solitamente vengono utilizzare celle con una tensione nominale da 3,7 volt (V) e una capacità che varia dai 1500 fino ai 5000 milliamperora (mAh).

La batteria ha una lunga durata dato che tutti i dispositivi lavorano e scambiano i dati tramite la rete Zigbee, protocollo che fa consumare poca energia: di conseguenza questa batteria può arrivare alla durata di un anno circa.



L'altro elemento che analizziamo è il *sensore di suono* costituito dal **microfono**.

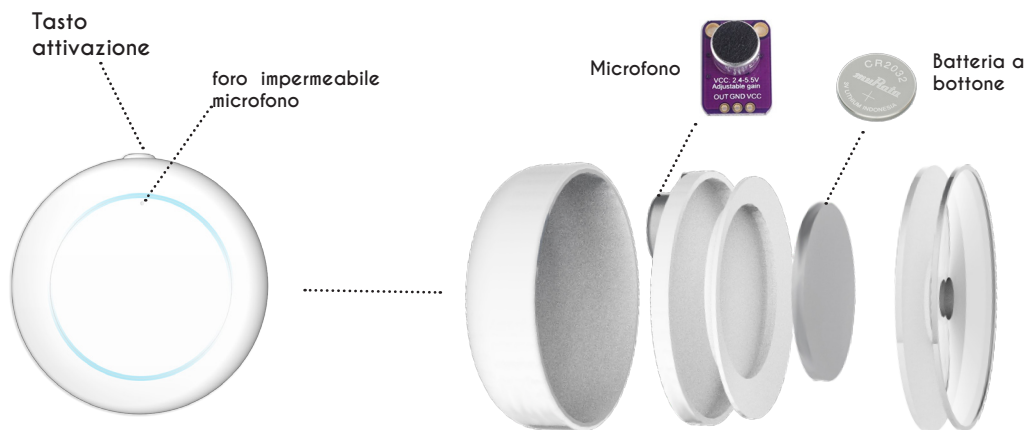
Come verrà dimostrato nel capitolo della prototipazione, l'acqua quando passa attraverso un tubo e quando esce da un rubinetto produce un particolare rumore che si differenzia a seconda della tipologia.

Dopo aver studiato e preso come riferimento il sistema dell'Apple Watch per il lavaggio delle mani, è stato rilevato che grazie ai sensori di movimento, al microfono e all'apprendimento automatico integrati nell'orologio, vengono rilevati in automatico i movimenti e i suoni tipici di questa attività.

Questo studio è servito come riferimento per sfruttare la tecnologia del microfono che può intercettare il rumore dell'acqua e, rispetto ad altri sensori (es. accelerometro a più assi) che rilevano il passaggio dell'acqua attraverso differenti tipologie di sensori e meccanismi, risulta maggiormente economico.

Il microfono utilizzato per la prototipazione è il *MAX4466 Electret Microphone Amplifier VCC: 2.4-5.5V* e nel coperchio superiore del dispositivo è presente un piccolo foro per far recepire in maniera più chiara i rumori al sensore.

Questo sensore è alimentato da una **batteria a bottone** da 3 Volt con durata massima di *2 anni*: nell'immagine seguente vengono mostrate le componenti.

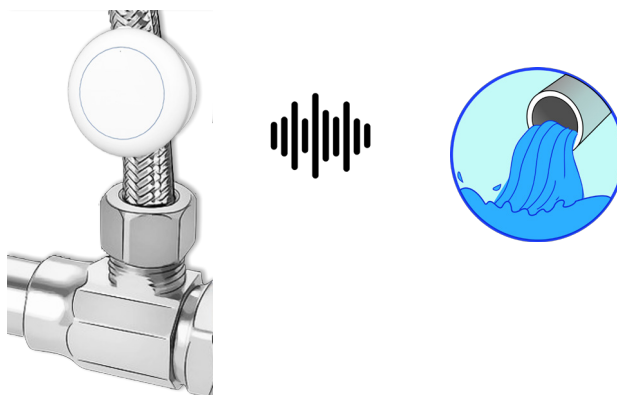


Per cambiare la batteria occorre svitare il coperchio inferiore con una rotazione anti-oraria ed inserire il pezzo nuovo, come mostrato in figura. Questa configurazione è valida anche per il *senso*re ad anello.



Per quanto riguarda la logica che regola il funzionamento del microfono, quest'ultimo capta il rumore proveniente da un rubinetto o da un determinato elettrodomestico perché è già programmato per svolgere questo tipo di riconoscimento.

Quindi capta la variazione di rumore inizialmente in maniera "grezza" ed in seguito, con l'andare avanti della sperimentazione, autoimpara perfezionandosi. Andando nel dettaglio ogni sensore, a seconda della funzione, **tara il rumore**, riconoscendone l'**intensità**: viene inserito su una **scala da 1 a 100** e restituisce ogni tot. secondi un numero. Tutti questi dati, (come approfondiremo in seguito), vengono trasferiti dal sensore all'intelligenza artificiale dell'hub, che si occupa di gestire il passaggio dei pacchetti di informazione. In conclusione tutta la macchina apprende i rumori dei singoli flussi di acqua, autoimparando dall'intensità del rumore e dal flusso.



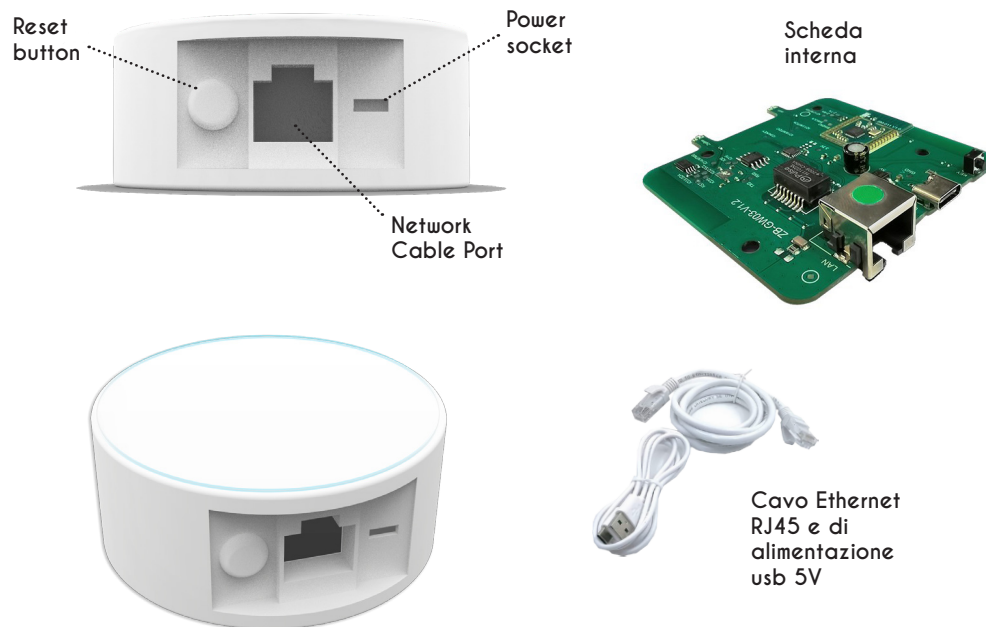
Questi oggetti funzionano e sono in grado di scambiare dati grazie al **protocollo di comunicazione wireless ZigBee**: questo è definito come lo standard di connessione a più **basso costo** disponibile attualmente, dato che una rete del genere può funzionare fino a **due anni** alimentata unicamente dalle batterie dei singoli nodi.

La copertura di rete può arrivare **fino a 100 metri** e la velocità di trasferimento dati è molto bassa così come l'utilizzo di codici risulta molto più semplice se confrontato con quello del Wi-Fi: il codice ZigBee più complesso richiede appena il 10% del codice necessario a nodi Wi-Fi.

Il dispositivo che si occupa di stabilire la rete è l'**hub ZigBee**, il cuore dell'intero sistema: si attiva attraverso l'alimentazione a corrente (il cavo per la carica del cellulare è corretto) e va connesso tramite cavo Ethernet in dotazione al router Wi-Fi.

Quest'ultimo passaggio è fondamentale per permettere all'utente di ricevere i dati su dispositivo mobile, altrimenti verrebbe a mancare una parte fondamentale della connessione.

Nell'immagine successiva vengono mostrate le peculiarità del prodotto.

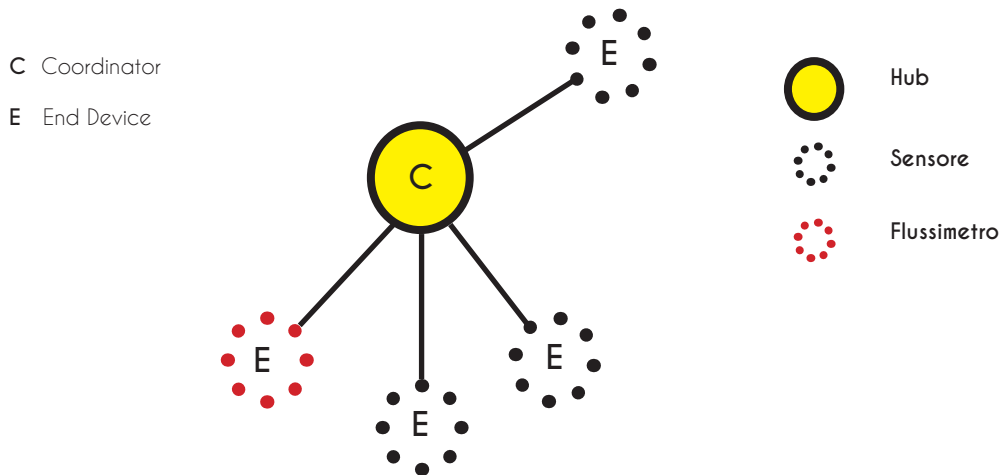


La rete ZigBee è composta da una serie di **nodi**, identificabili in questo contesto con i dispositivi spiegati fino ad ora e ciascuno di essi ricopre un ruolo ben preciso.

Lo **ZigBee Coordinator** è rappresentato dall'**Hub**, poiché viene attivato per primo, funziona da tramite con gli altri nodi ed è il responsabile della formazione della rete, oltre che ad avere il ruolo del "ponte" verso Internet.

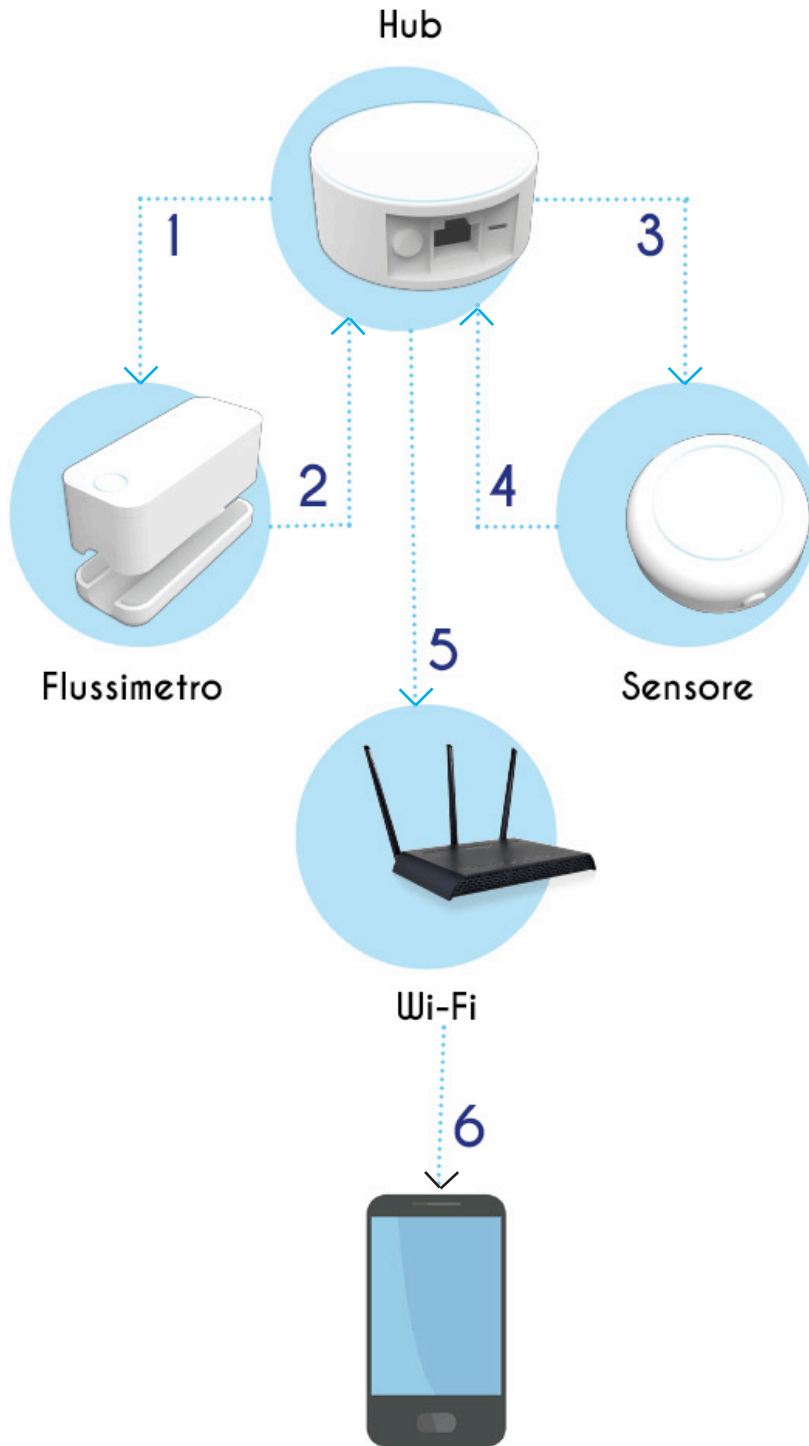
Invece sia il **flussimetro** sia i **sensori di suono** sono **ZigBee End Device**: vengono identificati come dispositivi semplici che inviano e ricevono informazioni ma non possono eseguire altre funzioni nella rete. Ognuno di questi è connesso al coordinatore, sono dotati di batteria e consumano energia solo in fase di trasmissione dati.

La tipologia di rete specifica per il trasferimento dei pacchetti è la **ZigBee Star**: una **rete definita a stella** formata dal coordinatore (Hub) e dai dispositivi End Device (flussimetro e sensori) che comunicano direttamente con il coordinatore.



L'ordine delle connessioni e il passaggio del pacchetto dati avviene nel seguente modo: **flussimetro_hub_sensore_hub_wi-fi_smartphone** (Il segnale di avvio viene fornito dal gateway).

Lo schema successivo mostra nel dettaglio i collegamenti.



1 2

Prototipazione

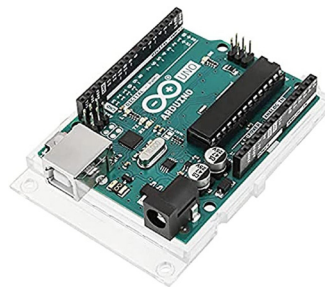
Per questo progetto di tesi sono state realizzate due tipologie di prototipo: uno riguardante lo studio della **tecnologia** utilizzata per il sensore e l'altro prettamente fisico sul dimensionamento dei dispositivi (sensori e flussimetro).

Prima di confermare il microfono come strumento ideale per la rilevazione del rumore dell'acqua, è stato necessario testare se effettivamente risultasse possibile per questo componente rilevare il flusso nelle vicinanze dei tubi e dei rubinetti in maniera chiara.

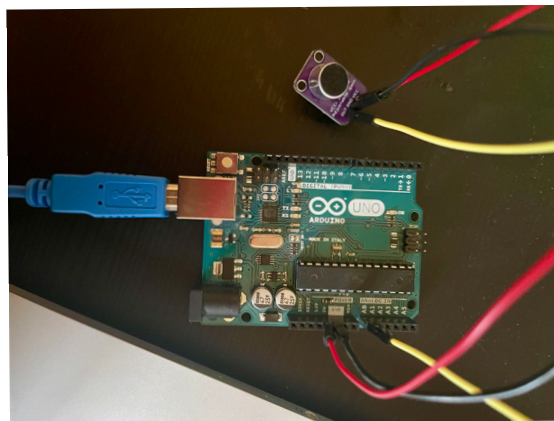
Il prototipo per il sensore audio è stato realizzato con la scheda *Arduino REV3* e un microfono di piccole dimensioni, il *MAX4466 Electret Microphone Amplifier*.

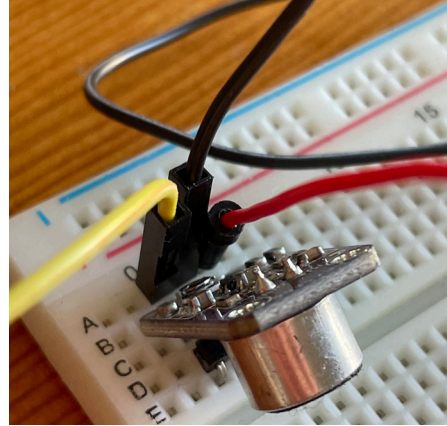
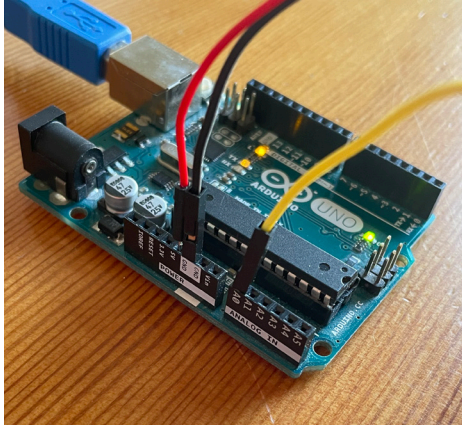
MAX4466 Electret Microphone Amplifier VCC: 2.4-5.5V for Arduino

Arduino Uno REV3 [A000066]



Questi due elementi per renderli funzionanti occorre collegarli con tre cavetti colorati su determinate uscite e la scheda arduino va poi connessa al pc in modo che risulti possibile leggere i risultati.





Nella scheda seguente è possibile osservare i dettagli tecnici del microfono.

19-1950; Rev 1; 4/01



Low-Cost, Micropower, SC70/SOT23-8, Microphone Preamplifiers with Complete Shutdown

General Description

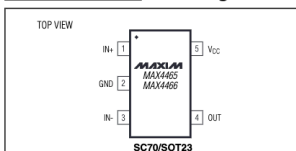
The MAX4465–MAX4469 are micropower op amps optimized for use as microphone preamplifiers. They provide the ideal combination of an optimized gain bandwidth product vs. supply current, and low voltage operation in ultra-small packages. The MAX4465/MAX4467/MAX4469 are unity-gain stable and deliver a 200kHz gain bandwidth from only 24 μ A of supply current. The MAX4466/MAX4468 are decompensated for a minimum stable gain of +5V/V and provide a 600kHz gain bandwidth product. In addition, these amplifiers feature Rail-to-Rail® outputs, high A_{VOL} , plus excellent power-supply rejection and common-mode rejection ratios for operation in noisy environments.

The MAX4467/MAX4468 include a complete shutdown mode. In shutdown, the amplifiers' supply current is reduced to 5nA and the bias current to the external microphone is cut off for ultimate power savings. The single MAX4465/MAX4466 are offered in the ultra-small 5-pin SC70 package, while the single with shutdown MAX4467/MAX4468 and dual MAX4469 are available in the space-saving 8-pin SOT23 package.

Applications

Microphone Preamplifiers
Hearing Aids
Cellular Phones
Voice-Recognition Systems
Digital Dictation Devices
Headsets
Portable Computing

Pin Configurations



Pin Configurations continued at end of data sheet.

Rail-to-Rail is a registered trademark of Nippon Motorola, Ltd.

Features

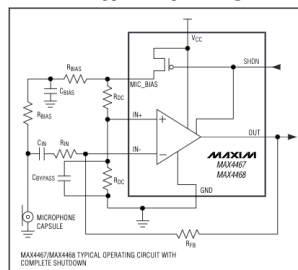
- ◆ +2.4V to +5.5V Supply Voltage Operation
- ◆ Versions with 5nA Complete Shutdown Available (MAX4467/MAX4468)
- ◆ Excellent Power-Supply Rejection Ratio: 112dB
- ◆ Excellent Common-Mode Rejection Ratio: 126dB
- ◆ High A_{VOL} : 125dB ($R_L = 100k\Omega$)
- ◆ Rail-to-Rail Outputs
- ◆ Low 24 μ A Quiescent Supply Current
- ◆ Gain Bandwidth Product:
200kHz (MAX4465/MAX4467/MAX4469)
600kHz $A_v \geq 5$ (MAX4466/MAX4468)
- ◆ Available in Space-Saving Packages
5-Pin SC70 (MAX4465/MAX4466)
8-Pin SOT23 (MAX4467/MAX4468/MAX4469)

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX4465EXK-T	-40°C to +85°C	5 SC70-5
MAX4465EUK-T	-40°C to +85°C	5 SOT23-5
MAX4466EXK-T	-40°C to +85°C	5 SC70-5
MAX4466EUK-T	-40°C to +85°C	5 SOT23-5

Ordering Information continued at end of data sheet.

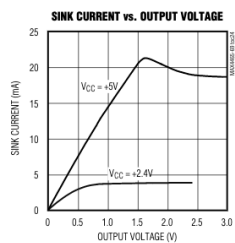
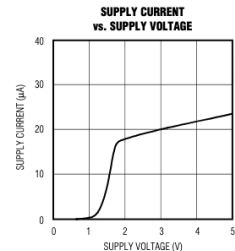
Typical Operating Circuit



MAX4467/MAX4468 TYPICAL OPERATING CIRCUIT WITH COMPLETE SHUTDOWN

Typical

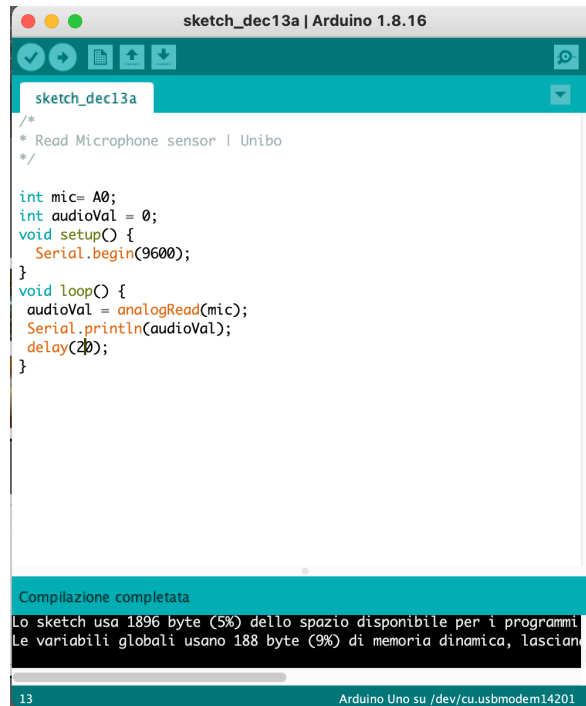
($V_{CC} = +5V$, $V_{CM} = 0$, $V_{OUT} = V_{CC}/2$, $R_L = 100k\Omega$ to $V_{CC}/2$, S_f noted.)



PIN		
MAX4465 MAX4466	MAX4467 MAX4468	MAX4469
4	6 (8)	—
—	—	1
—	1 (4)	—
3	2 (3)	—
1	3 (2)	—
2	4 (1)	4

() denotes SOT23 package of the MAX4467/MAX4468

Da pc si entra nel software “Arduino” e apparirà una schermata di programmazione dove è necessario scrivere il *codice sorgente* per far funzionare l’oggetto, chiamato *sketch*. Dopo l’inserimento il codice viene eseguito e trasmesso tramite cavo usb.



```
sketch_dec13a | Arduino 1.8.16

sketch_dec13a

/*
 * Read Microphone sensor | Unibo
 */

int mic= A0;
int audioVal = 0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  audioVal = analogRead(mic);
  Serial.println(audioVal);
  delay(200);
}

Compilazione completata
Lo sketch usa 1896 byte (5%) dello spazio disponibile per i programmi
Le variabili globali usano 188 byte (9%) di memoria dinamica, lascian

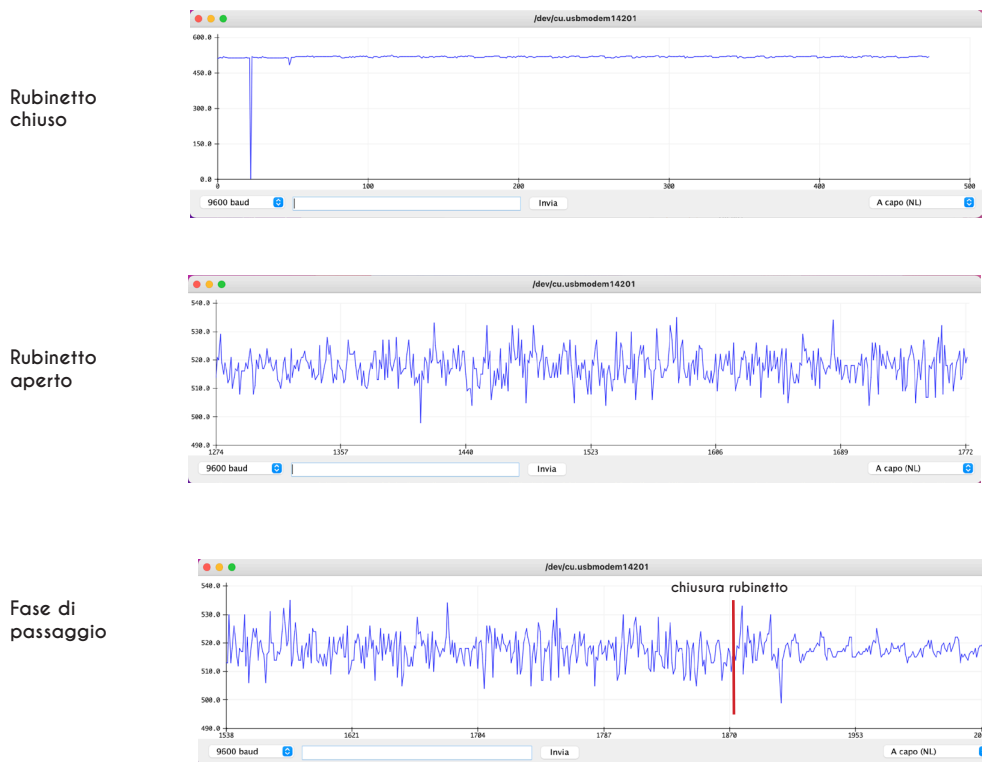
13 Arduino Uno su /dev/cu.usbmodem14201
```

Questo è il comando base:

```
int mic= A0;
int audioVal = 0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  audioVal = analogRead(mic);
  Serial.println(audioVal);
  delay(600);
}
```


E' stato modificato il valore del "delay" a 20 in quanto è stata riscontrata una risposta più rapida da parte del sistema.

I risultati ottenuti hanno dimostrato che al di fuori dei tubi è possibile rilevare l'intensità del rumore dell'acqua e i valori registrati sono stati inseriti in una scala numerica: vediamo i dati sul **plotter seriale**.



Come risulta chiaro dalle immagini, sono presenti delle variazioni di frequenza durante il passaggio di acqua e alla chiusura del rubinetto. Sul plotter sono stati evidenziati i punti più importanti.

Lo stesso meccanismo è stato registrato sul **monitor seriale**, dove sono presenti solamente valori numerici.

Anche in questo caso sono stati registrati dei cambiamenti di cifre durante il passaggio di chiusura/apertura rubinetto e viceversa.

Rubinetto
chiuso

```
jdev/cu.usbmodem14201
Invia
15:29:04.199 -> 516
15:29:04.199 -> 518
15:29:04.236 -> 518
15:29:04.271 -> 518
15:29:04.271 -> 517
15:29:04.308 -> 518
15:29:04.308 -> 519
15:29:04.341 -> 521
15:29:04.341 -> 521
15:29:04.374 -> 521
15:29:04.408 -> 515
15:29:04.408 -> 513
15:29:04.445 -> 514
15:29:04.445 -> 516
15:29:04.480 -> 516
```

Rubinetto
aperto

```
jdev/cu.usbmodem14201
Invia
5:29:21.983 -> 509
5:29:22.016 -> 522
5:29:22.016 -> 522
5:29:22.050 -> 504
5:29:22.085 -> 515
5:29:22.085 -> 520
5:29:22.119 -> 506
5:29:22.119 -> 521
5:29:22.152 -> 524
5:29:22.187 -> 517
5:29:22.187 -> 514
5:29:22.226 -> 490
5:29:22.226 -> 528
5:29:22.259 -> 525
5:29:22.259 -> 512
```

Rubinetto
chiuso

```
jdev/cu.usbmodem14201
Invia
10:05:02.246 -> 519
10:05:02.246 -> 518
10:05:02.279 -> 521
10:05:02.313 -> 520
10:05:02.313 -> 523
10:05:02.347 -> 521
10:05:02.347 -> 521
10:05:02.382 -> 515
10:05:02.382 -> 514
10:05:02.415 -> 515
10:05:02.451 -> 514
10:05:02.451 -> 514
10:05:02.484 -> 516
10:05:02.518 -> 516
10:05:02.518 -> 517
```

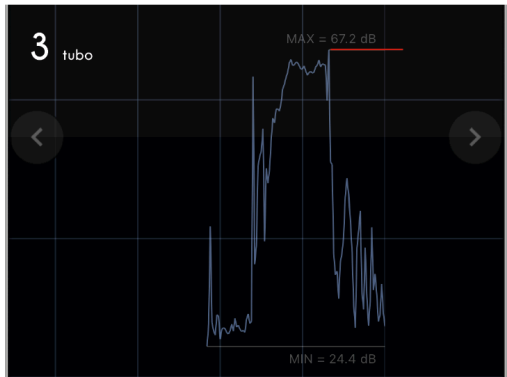
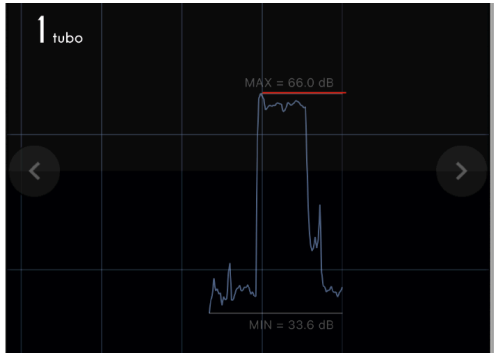
Un approfondimento ulteriore relativo all'intensità del suono è stato effettuato attraverso l'app installata su smartphone **"Decibel X"**, che misura l'intensità dei rumori attraverso il microfono del cellulare riportando valori in decibel.

Una prima prova è stata effettuata posizionando il microfono all'**esterno del tubo** e la seconda nelle **vicinanze del rubinetto**: in entrambi i casi sono stati rilevati netti cambiamenti di frequenza, risultati ancora più rilevanti nella rilevazione nei dintorni del rubinetto.

I valori più alti registrati sopra i tubi sono stati **66.0 dB e 67.0 db**, mentre all'esterno abbiamo **80.8 dB e 87.8 dB**.

E' possibile rilevare che l'intensità del suono è maggiore nelle vicinanze del rubinetto rispetto a quella sopra i tubi, ma ben distinguibile in entrambi i casi.

Nella pagina seguente vediamo i risultati e la scala di valori decibel corrispondenti.



Infine la parte del prototipo fisico è stata realizzata con **stampa 3d**: il materiale utilizzato per il flussimetro ed il sensore ad anello è il pla mentre per il sensore a ventosa è stato realizzato in acrilico.





13

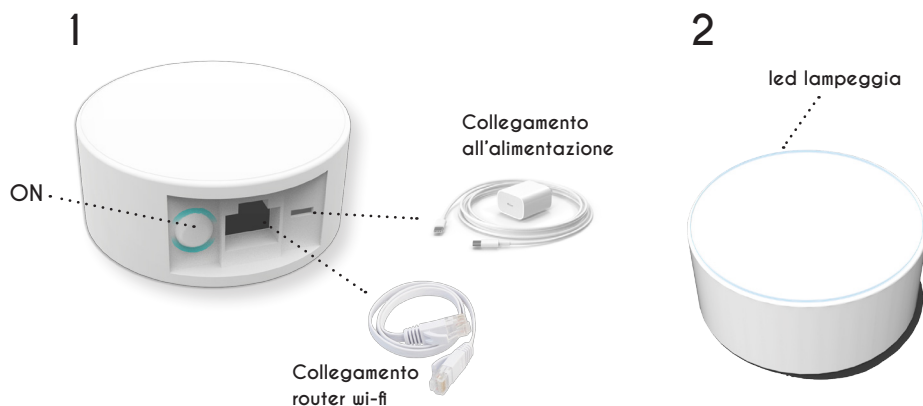
Progetto ed esperienza
d'uso

Dopo aver analizzato tutte le tecnologie dei prodotti e le loro funzioni, occorre mostrare come l'utente si interfaccia con questi dispositivi, come vengono attivati e l'utilizzo dell'applicazione, che svolge il ruolo centrale nel mostrare tutti i dati che vengono inviati dall'intelligenza artificiale.

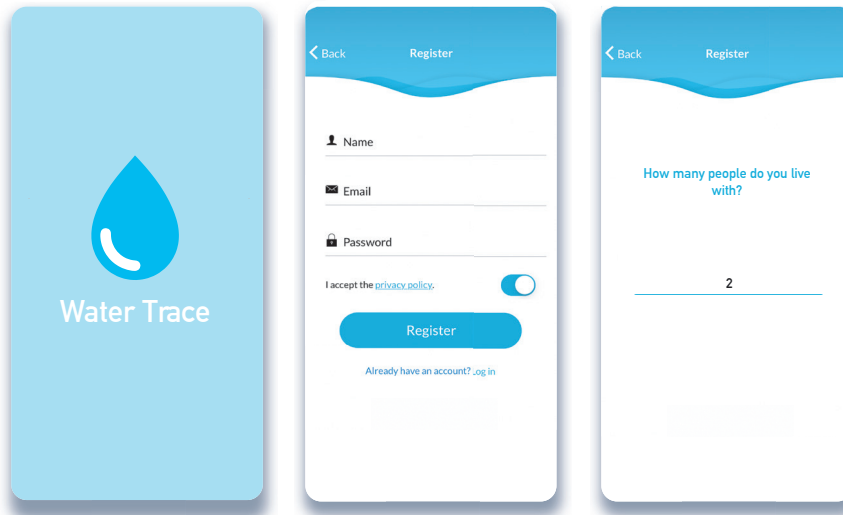
Il primo step da completare è quello di posizionare il flussimetro sopra il tubo del contatore o rubinetto generale e i vari sensori su i sanitari/elettrodomestici o relative tubazioni.



L'**hub ZigBee** deve essere il primo dispositivo ad essere configurato, dato che senza questo elemento lo smartphone non è in grado di rilevare alcun device e di conseguenza la macchina non funziona. Quindi occorre accendere l'hub e collegarla sia all'alimentazione tramite cavo usb da 5 Volt, sia al router del wi-fi con il cavo Ethernet: adesso l'anello led del prodotto comincia a lampeggiare.



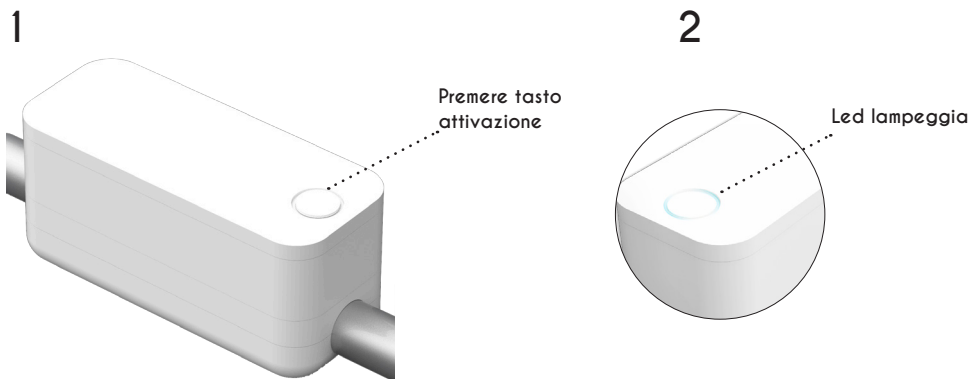
Adesso da smartphone, (connesso alla medesima rete), si accede all'**app Water Trace**: inizialmente viene richiesta la registrazione dell'utente ed in seguito di specificare il numero di persone che abitano la casa, in modo che l'intelligenza artificiale possa calcolare il consumo ideale di acqua senza sfociare nello spreco.



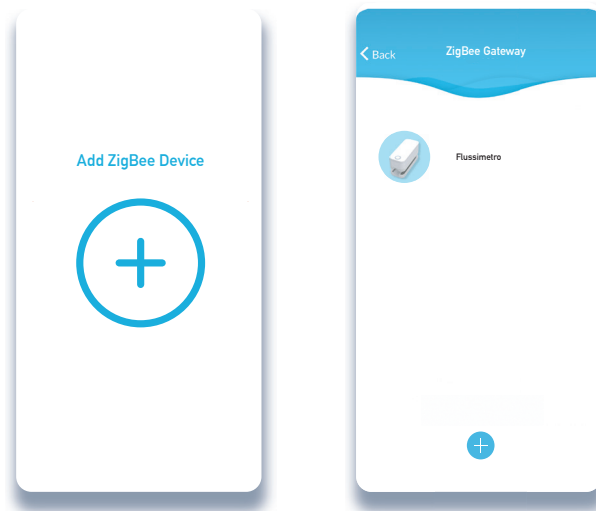
Dopo questo passaggio si aggiunge il *Gateway Zigbee* che viene individuato dallo smartphone e memorizzato nell'app.



Si procede con la configurazione del **flussimetro**: occorre tenere premuto il tasto di attivazione per qualche secondo in modo che il led lampeggi e dall'app premere su "Add ZigBee Device".

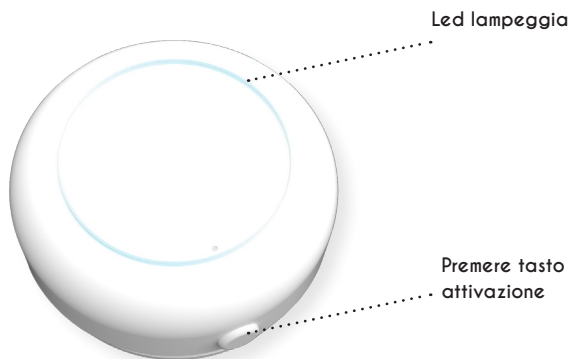


3

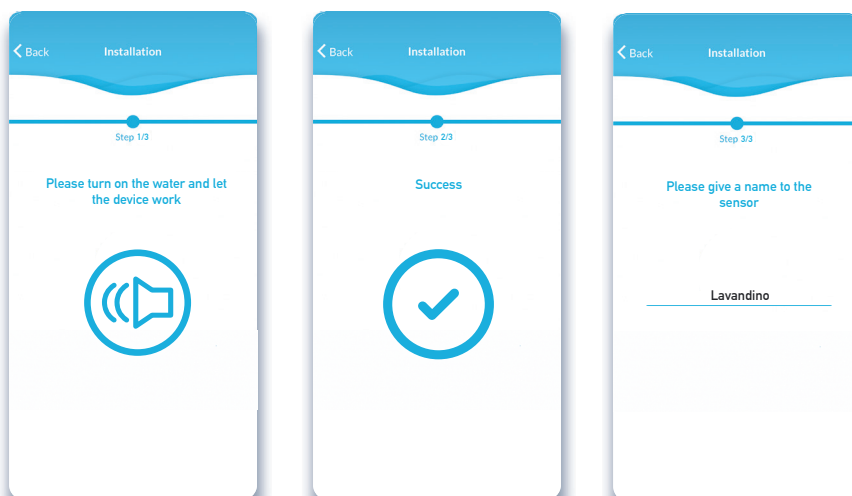


Il device viene inserito nella pagina dello "ZigBee Gateway" dove verranno raccolti in seguito anche il resto dei sensori.

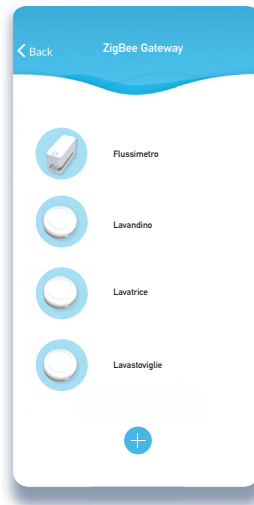
Come ultimo step rimane la configurazione dei **sensori**: basta premere il pulsante per l'attivazione presente lateralmente e attendere che il led lampeggi.



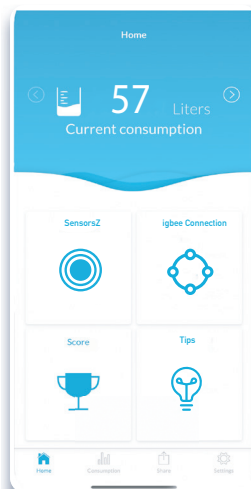
Si prosegue nella schermata del gateway premendo l'icona **+** così che lo smartphone individui l'oggetto e in questo momento si apre una schermata dove viene richiesto di far scorrere l'acqua o di accendere l'elettrodomestico per qualche secondo. Questo passaggio è essenziale per il microfono in modo che possa apprendere l'intensità del rumore relativa quella determinata tipologia. Dopo che arriva l'avviso di stop, ovvero il sistema ha imparato, viene inserito nell'app con la richiesta di mettere un nome identificativo (es. lavandino).



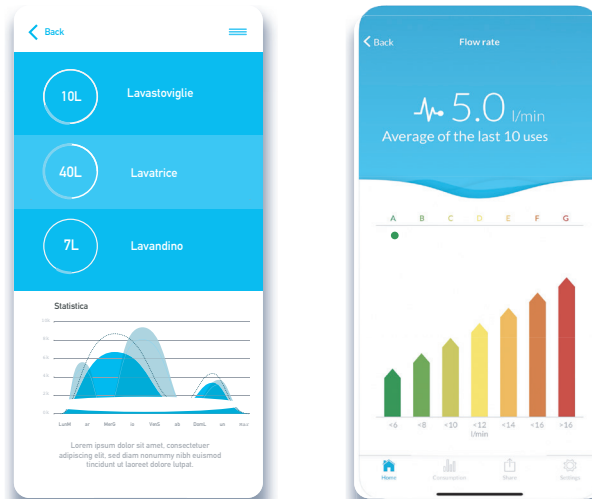
Questa procedura va ripetuta per ogni sensore presente nell'abitazione. Nell'app sono presenti tutti i devices e da questo momento è possibile tenere traccia dei litri consumati nell'abitazione.



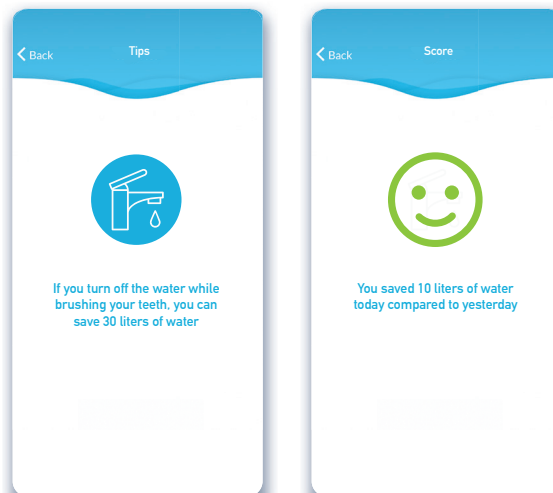
Nella schermata principale dell'app sono presenti i **litri complessivi** consumati e nella parte inferiore sono presenti le seguenti caselle: *sensori, connessione ZigBee, traguardi e consigli sul risparmio di acqua.*



Cliccando sulla prima è possibile vedere il consumo suddiviso per i singoli sensori, in modo da fornire all'utente informazioni riguardo la quantità di acqua usata per ogni sanitario/elettrodomestico.



Cliccando su un sensore specifico è possibile vedere la portata media totale degli ultimi utilizzi e capire in quale fascia l'utente si colloca. Nella medesima pagina è possibile osservare il trend settimanale o giornaliero dei consumi in modo da rilevare miglioramenti o peggioramenti.



Per quanto riguarda i **tips**, vengono forniti all'utente dei consigli su come sprecare una minore quantità di acqua e nella casella **score** viene tenuta traccia dei traguardi raggiunti, cioè se si è verificato un minor consumo rispetto ai giorni precedenti.

Quando l'utente non è connesso all'app, può ricevere avvisi riguardo possibili perdite che vengono rilevate su un determinato rubinetto, oppure, se viene superata una determinata soglia di consumo, può ricevere a riguardo un avviso di allarme.



14

Conclusioni

Lo studio e gli approfondimenti che sono stati alla base della realizzazione di questo progetto hanno portato alla riflessione su una tematica molto importante come quella della preziosità dell'acqua e della sua disponibilità limitata.

L'idea iniziale è scaturita dall'unione dei principi del **"behavioural design"** e dei questionari a campione effettuati: è stato possibile pensare ad un insieme di prodotti che non risultassero eccessivamente complessi o invadenti come quelli classici della domotica, ma a qualcosa di piccolo, all'occorrenza mimetizzabile, dal costo non elevato e auto-installabile.

Il fatto di poter tenere sott'occhio i litri di acqua consumati, avendo un riscontro in tempo reale, rende l'utente consapevole delle sue azioni e dei suoi miglioramenti o peggioramenti. È scaturita quindi un'unione tra l'area di **design comportamentale e quella più tecnica** di progettazione, data la prototipazione effettuata con Arduino per il microfono e lo studio di tutte le componenti interne.

I risultati importanti che sono emersi mettono in primo piano la facilità con cui l'utente può tenere traccia in tempo reale di quanto consuma e può finalmente avere un riscontro concreto e diretto, salvaguardando così l'ambiente ed anche le proprie "tasche" per quanto riguarda la questione bollette.

15

Bibliografia e sitografia

ANSA. (2020). *Acqua, ora che siamo a casa, siamo consapevoli di quanta ne sprechiamo? Lifestyle società e diritti*. Disponibile in: https://www.ansa.it/canale_lifestyle/notizie/societa_diritti/2020/03/21/acqua-siamo-consapevoli-di-quanta-ne-sprechiamo_38f86673-f2e9-4863-acee-679479ca8c75.html [22 Marzo 2020]

ANSA. (2021). *Giornata dell'acqua: Onu, nel mondo senza 1 persona su 3*. Disponibile in: https://www.ansa.it/canale_ambiente/notizie/acqua/2021/03/22/onu-per-acqua-potabile-a-tutti-114-miliardi-dollarianno_511d72b8-adc9-4ea5-886a-ab35a0fcfd37.html [22 Marzo 2021]

Antreem. (2019). *Behavioural design: cosa ci spinge a cambiare*. Disponibile in: <https://antreem.com/it/blog/behavioural-design-cosa-ci-spinge-a-cambiare>. [23 Maggio 2019]

Architetto Di Leo. (2020). *L'impianto idraulico, apparecchiature igieniche*. Disponibile in: https://www.architettodileo.it/apparecchiature_igieniche.html

Behance. (2018). *Oasys*. Disponibile in: <https://www.behance.net/search/projects?search=oasys&sort=recommended&time=month>

Cagnazzi, E. (2021). *Ricerca Ipsos-Finish, risorsa acqua problema solo per due italiani su dieci*. *Affari Italiani*. Disponibile in: <https://www.affaritaliani.it/costume/ricerca-ipsoa-finish-risorsa-acqua-problema-solo-per-due-italiani-su-dieci-730041.html> [22 Marzo 2021]

Cartiere di Trevi. (2020). *Cartoncino riciclato: il futuro del packaging è sostenibile*. Disponibile in: <https://cartiereditrevi.com/it/cartoncino-riciclato-prodotti-packaging-sostenibile/> [3 Settembre 2020]

De Sciscio, J. (2017). *Come conquistare l'attenzione degli utenti e creare app abitudinarie*. *Medium*. Disponibile in: <https://medium.com/@jonathandesciscio/come-conquistare-l'attenzione-degli-utenti-e-creare-app-abitudinarie-3c2a024dbf2a>. [20 Aprile 2017]

Gabanelli, M. & Ravizza, S. (2019). Clima, il 30% del Mondo non ha l'acqua potabile e noi ci laviamo le strade. *Corriere della Sera*.

Disponibile in:

<https://www.corriere.it/dataroom-milena-gabanelli/fridays-for-future-clima-30percento-mondo-non-ha-acqua-potabile-noi-ci-laviamo-strade/e486ac20-e08d-11e9-88f1-6c41e75d9585-va.shtml>

[26 Settembre 2019]

Green Network Energy. (2020). *Il problema dello spreco dell'acqua va risolto subito: ecco perché*. Disponibile in:

<https://greennetworkenergy.it/green-stories/casa-green/spreco-acqua/> [29 Gennaio 2020]

Intelligenza artificiale. (2019). *Internet of Things*. Disponibile in:

<https://www.intelligenzaartificiale.it/internet-of-things/>

Intini, E. (2019). La scaltrezza della semplicità: che cos'è la teoria dei nudge. *Rivista Focus*. Disponibile in: <https://www.focus.it/comportamento/psicologia/nudge-teoria-scelte-definizione-esempi>.

[4 Novembre 2019]

ISTAT. (2020). *Report: censimento delle acque per uso civile, anno 2018*. Disponibile in:

<https://www.istat.it/it/files/2020/12/StatReport-CensAcque2018.pdf>

[10 Dicembre 2020]

Kickstarter. (2015). *Amphiro b1, Energy feedback where it's most helpful*. Disponibile in:

<https://www.kickstarter.com/projects/amphiro/amphiro-b1-energy-feedback-where-its-most-helpful> [27 Novembre 2015]

Mazzi, G. (2021). Protocollo di comunicazione Wireless: ZigBee. *Edalab*. Disponibile in:

<https://edalab.it/protocollo-di-comunicazione-wireless-zigbee-2/>

[3 Maggio 2021]

Mea Studio. (2019). *Impianto idraulico domestico, breve vademecum per la corretta ristrutturazione*. Disponibile in:

<http://www.studiomea.it/impianto-idraulico-la-corretta-ristrutturazione/>

Naspi, F. (2019). IoT: Network locali e protocolli di comunicazione. *Ingenio Web*. Disponibile in: <https://www.ingenio-web.it/23312-iot-network-locali-e-protocolli-di-comunicazione> [7 Giugno 2019]

QuiFinanza. (2021). *A quanto ammonta il consumo medio di acqua pro capite*. Disponibile in: <https://quifinanza.it/green/consumo-medio-acqua-quanto-ammonta/508463/> [12 Luglio 2021]

Red Hat. (2019). *Che cos'è l'Internet of Things (IoT)?* Disponibile in: <https://www.redhat.com/it/topics/internet-of-things/what-is-iot> [8 Gennaio 2019]

Regalgrid. (2021). *Smart meter: cos'è e come funziona il contatore intelligente*. Disponibile in: <https://www.regalgrid.com/magazine/smart-meter-scopri-come-funzionano-i-contatori-intelligenti/>

Ristrutturazione Pratica. (2017). *Guida al rifacimento dell'impianto idraulico: le opere, le pratiche, i costi*. Disponibile in: <https://www.ristrutturazionepratica.it/guida-rifacimento-impianto-idraulico/> [27 Settembre 2017]

Rutger, W. H., Reig, P. & Schleifer, L. (2019). 17 Countries, Home to One-Quarter of the World's Population, Face Extremely High Water Stress. *World Resources Institute*. Disponibile in: <https://www.wri.org/insights/17-countries-home-one-quarter-worlds-population-face-extremely-high-water-stress> [6 Agosto 2019]

Sandonnini, P. (2020). IoT, come funziona lo smart metering, quali vantaggi per consumatori e utilities. *Internet4Things*. Disponibile in: <https://www.internet4things.it/smart-building/smart-home/iot-come-funziona-lo-smart-metering-e-quali-vantaggi-per-consumatori-e-utilities/> [11 Febbraio 2020]

Sernagiotto, C. (2019). Giornata dell'acqua, 10 prodotti tech per non sprecarla. *Rivista Wired*. Disponibile in: <https://www.wired.it/gadget/domotica/2019/03/22/10-prodotti-tech-risparmiare-acqua/> [22 Marzo 2019]

Spiegato. (2020). *Cosa sono i flussimetri ad ultrasuoni?* Disponibile in: <https://spiegato.com/cosa-sono-i-flussimetri-ad-ultrasuoni>

Stati Generali Efficienza Energetica. (2017). *Cambiamento comportamentale ed efficienza energetica: report stati generali 2017*. Disponibile in: https://www.enea.it/it/seguici/pubblicazioni/pdf-volumi/v2017_cambiamento-comportamentale.pdf

Tecnobabele. (2020). *Flo by Moen è in grado di rilevare perdite lente come una goccia al minuto*. Disponibile in: <https://www.tecnobabele.com/flo-by-moen-e-in-grado-di-rilevare-perdite-lente-come-una-goccia-al-minuto/2019-01-04/>

Tecnovaht. (2016). *Misuratore di portata ultrasonico: come funziona?* Disponibile in: <https://tecnovaht.it/misuratore-di-portata-ultrasonico/> [5 Novembre 2016]

Thaler, H., R. & Sunstein, R., C. (2009). *Nudge: Improving Decisions About Health, Wealth and Happiness*. Yale University Press

Technoacque. (2020). *Proteggere l'acqua, un impegno di tutti*. Disponibile in: <https://www.technoacque.com/blog/proteggere-lacqua-un-impegno-di-tutti/>

The Gamification Research Lab. (2010). *Cos'è la Gamification*. *Gamification.it* Disponibile in: <https://www.gamification.it/gamification/introduzione-alla-gamification/> [22 Dicembre 2010]

UniRoma. (2015). *L'osservazione, ricerca etnografica*. Disponibile in: <https://www.coris.uniroma1.it/sites/default/files/Lezione%20del%204%20novembre%202015%20-Osservazione%20e%20ricerca%20etnografica.pdf>

Vimar. (2019). *Smart Home & Building*. Disponibile in: <https://www.vimar.com/it/it/smart-home-building-12534122.html>

Wikipedia. (2020). *Behavioural Design*. Disponibile in: https://en.wikipedia.org/wiki/Behavioural_design

Wikipedia. (2021). *Ricerca etnografica*. Disponibile in: https://it.wikipedia.org/wiki/Ricerca_etnografica [11 Novembre 2021]

Mi sento in dovere di dedicare questa pagina del presente elaborato alle persone che mi hanno supportato nella redazione dello stesso.

In primis ringrazio il mio relatore **prof. Zannoni** e il mio correlatore **dott. Calleo**, sempre pronti a darmi le giuste indicazioni in ogni fase della realizzazione dell'elaborato. Grazie a voi ho accresciuto le mie conoscenze e le mie competenze.

Un ringraziamento speciale va al **dott. Barbieri** che mi ha aiutato a sviluppare il prototipo per il progetto.

Ringrazio infinitamente **i miei genitori** per il loro prezioso supporto e per avermi sempre incoraggiata.

Ringrazio di cuore le mie amiche e colleghe **Elisa Ghirlandi, Sabah Oliviero, Alessandra Zampese e Alessia Di Rella** per tutte le volte che hanno saputo ascoltarmi e per i loro consigli.

