



L'EFFICIENZA ENERGETICA A MISURA DI CITTADINO: POSSIBILI SCENARI PER FIRENZE

Predisposto da **AMBIENTEITALIA**

Luglio 2015

SOMMARIO

PRESENTAZIONE DELLO STUDIO	4
INTRODUZIONE	7
1. L'EFFICIENZA ENERGETICA – IL CONTESTO	8
1.1 L'andamento dei consumi energetici	8
1.2 Il Contesto normativo	10
1.2.1 Policy europee	10
1.2.2 Policy nazionali	11
1.2.3 Policy regionali	12
2. CASO STUDIO: LA CITTÀ DI FIRENZE	14
2.1 Firenze: caratteristiche e peculiarità	14
2.2 I cinque quartieri	15
2.2.1 Conformazione storico – architettonica	15
2.2.1.1 Centro storico	15
2.2.1.2 Campo di Marte	16
2.2.1.3 Gavinana Galluzzo	17
2.2.1.4 Isolotto-Legnaia	18
2.2.1.5 Rifredi	19
2.3 Popolazione e flussi turistici	20
2.4 I principali aspetti energetici	21
2.5 I principali indicatori ambientali	22
2.5.1 Le emissioni in atmosfera	22
2.5.2 La qualità dell'aria	23
2.6 Le azioni verso la sostenibilità energetica e ambientale	26
3. I POTENZIALI INTERVENTI DI EFFICIENZA ENERGETICA PER FIRENZE	28
3.1 La metodologia di analisi	28
3.2 Le tecnologie	28
3.2.1 Il riscaldamento degli ambienti	29
3.2.2 Il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria	30
3.2.3 La cottura dei cibi	31
3.2.4 La produzione di energia elettrica	31
3.2.5 La mobilità elettrica	32

3.3	La mappatura del territorio comunale	33
3.3.1	Classificazione autorizzativa	33
3.3.2	La situazione attuale	37
3.3.2.1	Caldaie a condensazione e pompe di calore split per la climatizzazione ambienti.....	37
3.3.2.2	Solare termico e pompe di calore ACS.....	39
3.3.2.3	Cucina ad induzione	40
3.3.2.4	Impianti fotovoltaici	40
3.3.2.5	Bicicletta a pedalata assistita e automobile elettrica	41
3.3.2.6	Sintesi	43
3.3.3	Gli scenari considerati al 2020	43
3.3.3.1	Caldaie a condensazione e pompe di calore split per la climatizzazione ambienti.....	44
3.3.3.2	Solare termico e pompe di calore ACS.....	46
3.3.3.3	Impianti fotovoltaici	47
3.3.3.4	Cucina a induzione	48
3.3.3.5	Bicicletta a pedalata assistita e automobile elettrica	49
3.3.3.6	Sintesi degli scenari	51
4.	I BENEFICI PER LA CITTA'	52
4.1	I benefici energetici	52
4.1.1	Sintesi dei benefici energetici	54
4.2	I benefici economici e occupazionali	55
4.3	I benefici ambientali	57
4.4	I benefici per il cittadino	61
	CONSIDERAZIONI FINALI	64
	I Focus – Le tecnologie e le loro specificità applicative	65
	II Focus – La situazione attuale della città di Firenze	73
	III Focus - I benefici energetici	80
	IV Focus – Le ricadute	83
	V Focus – Il Patto dei Sindaci	88
	VI Focus – Map for Efficiency Permitting (MEP)	91

PRESENTAZIONE DELLO STUDIO



L'efficienza energetica è una delle priorità del Comune di Firenze ed è un obiettivo da raggiungere utilizzando le nuove tecnologie che sono in continua evoluzione.

Enel e Legambiente hanno scelto la nostra città come campione per uno studio mirato a stabilire quali siano in termini reali i potenziali benefici dell'efficienza energetica applicata alla vita di tutti i giorni. Firenze infatti ha una conformazione urbanistica storica ma ha già impostato il proprio cammino verso un sempre maggiore risparmio energetico e una sempre maggiore evoluzione tecnologica.

Lo dimostrano, in primo luogo, l'adesione del Comune di Firenze al Covenant of Mayors – Patto dei Sindaci, che ha portato all'approvazione nel 2011 del Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile (Paes) validato dall'Unione Europea nel 2012, e i moltissimi provvedimenti presi recentemente.

Fondamentali, in questa direzione, le scelte fatte in materia di mobilità con il potenziamento del sistema di trasporto che punta sulla nuova rete tramviaria, adesso in via di ampliamento. Un sistema di mobilità pulito che prevede di abbattere notevolmente le emissioni di CO₂ al quale si aggiungono le realizzazioni di nuove piste ciclabili in tutta la città.

Ma l'impegno sul fronte del risparmio energetico e dell'energia sostenibile viene perseguito anche con altre misure. Fra queste il rinnovo dell'illuminazione pubblica con la sostituzione delle lampade al Led per oltre 30.000 punti luce della città, intervento che entro il 2017 porterà al risparmio economico del 40% pari a circa 2 milioni di euro l'anno.

Ma anche il rinnovo del parco macchine dell'amministrazione, che ha visto la sostituzione del 60% dei mezzi comunali con veicoli elettrici, e i nuovi punti ricarica installati e in installazione (che porteranno a breve a 400 le colonnine elettriche sparse in città), va in questa direzione.

Gli esempi concreti del nostro impegno per raggiungere la massima efficienza energetica e l'abbattimento dello smog sono numerosi. Vorrei solo ricordare il piano strutturale a "Volumi zero" dove si privilegia la trasformazione di aree dismesse da svolgere con la realizzazione di edifici ad elevate prestazioni di efficienza energetica e di energie rinnovabili, e numerosi interventi di educazione ambientale, a cui si aggiunge la campagna promossa dal Comune di Firenze "Fa la casa giusta" per la sostituzione dei vecchi impianti di riscaldamento con caldaie di ultima generazione.

Conoscere adesso nel dettaglio i benefici che la nostra città avrà dal raggiungimento dell'efficienza energetica, che è l'obiettivo di questa ricerca, è quindi per noi non solo importante, ma uno stimolo in più per raggiungere il più velocemente possibile i nostri obiettivi che mirano a ridurre i consumi energetici e ad abbattere l'inquinamento nella città.

Dario Nardella
Sindaco di Firenze



LEGAMBIENTE

È nelle città che il dibattito sull'efficienza energetica deve trovare oggi il suo punto di caduta. Su pochi temi è possibile trovare un così ampio consenso, in Italia e nel mondo, come sulla necessità di un uso più razionale dell'energia che aiuti famiglie e imprese a ridurre la spesa energetica complessiva. E tutte le ricerche confermano quanto siano rilevanti le potenzialità di intervento se si guarda al tema dell'efficienza energetica come chiave per rendere più moderno e vivibile il patrimonio edilizio con vantaggi ambientali locali e globali.

Enel e Legambiente sono partiti da questa analisi condivisa della realtà italiana nel promuovere questo studio applicato a Firenze. Abbiamo infatti bisogno di una visione che permetta alle tecnologie per l'efficienza energetica - che in questi anni hanno avuto un rilevante sviluppo grazie alle detrazioni fiscali e un significativo miglioramento delle prestazioni – di contribuire nel percorso di innovazione di cui l'Italia ha bisogno per tenere assieme la sfida del clima con quella della competitività, l'uscita dalla crisi con interventi che siano in grado di aiutare le famiglie.

I risultati dello studio realizzato su Firenze qui presentati, sono interessanti per almeno due ragioni non banali. La prima è che si è partiti da una analisi della realtà. Perché ogni città ha caratteristiche diverse e risulta sempre più evidente come solo l'intreccio di analisi ambientali e climatiche locali, delle tipologie edilizie, dell'impiantistica, del rapporto tra tessuti urbani e funzioni presenti, possa permettere di individuare le soluzioni più efficaci per quella realtà, e tra le diverse tecnologie quali abbiano i maggiori vantaggi in termini di costi e benefici. La seconda ragione è diretta conseguenza di questo approccio. Se si passa infatti dai dibattiti sull'efficienza alla realtà italiana ci si rende conto di quanto sia difficile e complicato intervenire sul patrimonio edilizio nel nostro Paese per un coacervo di regole che rendono costosi e faticosi interventi spesso banali. La semplificazione delle regole per la riqualificazione energetica - e insieme antisismica - del patrimonio edilizio italiano è un obiettivo drammaticamente urgente che ha bisogno di regole di intervento chiare, semplici, trasparenti. Se si guarda ai numeri di questa ricerca, agli investimenti che si potrebbero generare, ai risparmi possibili per le famiglie, ai vantaggi di una riduzione diffusa degli inquinanti e delle emissioni di gas serra si comprende la dimensione e l'importanza di questa sfida.

Il contributo che abbiamo voluto fornire con questo studio, il dibattito che vogliamo costruire su questi temi vanno nella direzione di chiarire le scelte di cui l'Italia e le sue città hanno bisogno per fare dell'efficienza energetica un architrave dello sviluppo dei prossimi anni. Dovremo farlo con più attenzione rispetto al passato rispetto all'utilizzo degli incentivi pubblici, ma grazie alle politiche europee e agli enormi passi avanti avvenuti nelle tecnologie e nei sistemi di gestione le potenzialità di intervento rimangono enormi. E' di questi cantieri che abbiamo oggi bisogno, per aprire nelle città opportunità di investimento e di lavoro alle imprese, per dare alle famiglie la possibilità di vivere in case più moderne e confortevoli, ma con consumi energetici e una spesa per l'energia ridotti grazie a investimenti lungimiranti. Lo studio su Firenze ci dice che sono obiettivi a portata di mano.

Edoardo Zanchini
Vice Presidente di Legambiente



Il tema dell'efficienza energetica ha assunto un'importanza crescente nel dibattito e nelle politiche energetiche dei Paesi più industrializzati; l'energia rappresenta, infatti, un fattore di crescita economica, benessere e progresso tecnologico e sociale. L'Italia è tra l'altro particolarmente ben posizionata per massimizzare i benefici dell'efficienza energetica, per la forte dipendenza dall'import e per l'esistenza di filiere e competenze nelle tecnologie a più alto potenziale.

Fino ad ora la presenza di barriere normative, economico/finanziarie e culturali ha consentito uno sviluppo limitato delle grandi possibilità che offre l'efficienza energetica. Credo che il nostro Paese debba esercitare uno sforzo congiunto, che parta dalle istituzioni e arrivi ai singoli cittadini, affinché l'efficienza energetica diventi un "pensar comune", un tema di primaria importanza. Un contributo significativo può arrivare anche dalle utilities energetiche che, grazie al loro rapporto stabile con il cliente, con le istituzioni, alle loro competenze e alle loro risorse possono accelerare il processo di diffusione dell'efficienza energetica.

In Enel abbiamo quindi messo la diffusione dell'efficienza energetica al centro delle nostre strategie di crescita e di sviluppo; tanto nel settore residenziale, attraverso il lancio e la promozione di un'offerta di prodotti/servizi di efficienza energetica residenziale con logica "chiavi in mano", quanto nel settore delle imprese e delle Pubbliche Amministrazioni, con offerte personalizzate che spaziano dalla cogenerazione alla climatizzazione, dall'efficientamento dei processi industriali all'illuminazione pubblica. Siamo inoltre fortemente attivi nel mondo della mobilità elettrica dove Enel vanta una gamma di offerte per la ricarica dei veicoli elettrici tanto in ambito pubblico quanto in ambito privato.

In quest'ottica, Enel punta ad assumere sempre più un ruolo di riferimento non solo dal punto di vista commerciale, ma anche sul fronte della diffusione di una cultura dell'efficienza energetica e della lotta agli ostacoli che ne hanno finora limitato lo sviluppo. In questo percorso una stretta collaborazione con le Amministrazioni Comunitarie, Nazionali e Locali, rappresenta senza ombra di dubbio un elemento cruciale.

In questa cornice nasce questo studio portato avanti con la collaborazione di Legambiente e con un importante contributo del Comune di Firenze, insieme al quale siamo proficuamente impegnati su diverse iniziative per la promozione dell'efficienza energetica e lo sviluppo della mobilità elettrica, tramite la realizzazione delle infrastrutture di ricarica sul territorio del Comune.

Ci auguriamo che i risultati emersi dall'analisi condotta possano essere di stimolo per la cittadinanza e di esempio per altri contesti urbani, al fine di assicurare alle prossime generazioni un mondo e città migliori. Questo deve essere l'impegno di tutti: istituzioni, imprese, cittadini.

Carlo Tamburi
Direttore Enel Country Italia

INTRODUZIONE

L'efficienza energetica è ormai da anni uno dei **temi-chiave** per il raggiungimento di una serie di obiettivi fondamentali per il futuro dei paesi della Comunità Europea, quali ad esempio la riduzione del fabbisogno e dei costi energetici ed il conseguimento degli obiettivi ambientali nazionali e Comunitari.

È altresì evidente che una tematica di tale complessità e rilevanza non può che essere oggetto di numerosi studi e pubblicazioni – come ad esempio lo studio “*Stato e prospettive dell'efficienza energetica in Italia*” della Fondazione Enel – che la affrontano sia dal punto di vista dei benefici per il sistema Paese (e.g negli ambiti energetico, ambientale, economico) sia dal punto di vista specifico dei benefici per il singolo utente. In questo studio abbiamo ritenuto interessante individuare come perimetro l'ambito cittadino in modo da avvicinare il piano sistematico a quello del singolo individuo.

La finalità di questo lavoro infatti è quella di **declinare un'analisi di macro sistema in una dimensione più rappresentativa della quotidianità** in cui si muovono i cittadini, delineando in maniera per quanto possibile chiara e comprensibile quali sarebbero i possibili **benefici** dell'efficienza energetica applicata alla vita di tutti i giorni.

In questo modo riteniamo possano emergere **nuove soluzioni e proposte di azioni** in tema di applicazioni di tecnologie efficienti in contesti urbani che siano di utilità a livello di iniziative private e di sensibilizzazione pubblica.

Per raggiungere tale scopo sono state eseguite le seguenti analisi.

In via preliminare è stata individuata la città da esaminare e da prendere come esempio per elaborare le ipotesi e calarle in una contesto urbano.

Firenze, con le sue peculiarità e caratteristiche, è risultata il contesto più favorevole per ospitare uno studio di questa natura: una cornice esemplificativa di come le città italiane possano adattarsi, nonostante conformazioni edilizie ed urbanistiche storiche, alle sfide che l'evoluzione tecnologica e le esigenze energetico ambientali comportano.

Si è quindi passati all'analisi del territorio cittadino più nel dettaglio, a livello dei **cinque quartieri amministrativi**, considerando le peculiarità del tessuto urbano, i dati ambientali e i fabbisogni energetici oltre che le azioni già attuate dall'Amministrazione comunale in tema di efficienza energetica.

Una volta individuate le **tecnologie** più adatte – prodotti di facile installazione, tecnologicamente maturi e con costo di investimento accessibile – sono stati verificati i vincoli autorizzativi (**permitting**) ed il **potenziale installativo** a livello di quartiere.

Sono stati infine ipotizzati tre scenari di penetrazione delle tecnologie per l'anno 2020, differenziati in base a possibili scenari normativi e macro trend tecnologici, costruiti a partire dalla situazione mappata ad oggi: per ogni scenario sono così stati stimati i potenziali **benefici energetici ed economici per il cittadino**, oltre che le **ricadute sull'ambiente e sull'indotto**.

I risultati di questo studio, seppur con le necessarie approssimazioni che queste tipologie di analisi comportano, indicano una **possibile direzione da percorrere** per coniugare la *necessità del raggiungimento degli obiettivi di policy* con la *quotidianità del cittadino*, valorizzando così il ruolo di attore protagonista che quest'ultimo può rivestire.

1. L'EFFICIENZA ENERGETICA – IL CONTESTO

1.1 L'andamento dei consumi energetici

Il ruolo dell'efficienza energetica sta diventando sempre più centrale per le politiche energetiche dei Paesi più industrializzati, tra cui l'Italia, alla luce delle sue ricadute economiche, energetiche e ambientali. Sono due gli elementi che caratterizzano gli andamenti energetici italiani negli ultimi anni. Da un lato l'inversione di tendenza riguardo al trend di continua crescita dei consumi energetici e, dall'altro, la variazione del peso delle diverse fonti primarie.

Come ben evidenziato dal grafico seguente, che rappresenta l'andamento dei consumi di fonti primarie, dopo una crescita quasi ininterrotta proseguita fino attorno al 2005, negli ultimi anni si è registrata una inversione di tendenza, tanto che i consumi complessivi del 2013 sono tornati ai valori riscontrati nel 1998.

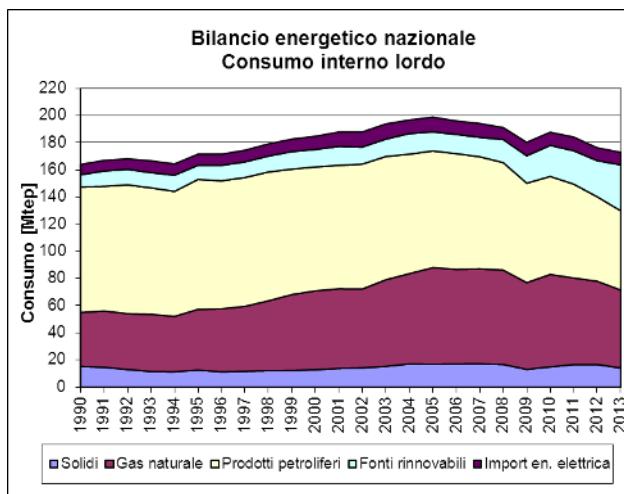


FIGURA 1.1 – Evoluzione dei consumi di energia primaria in Italia ripartiti per fonte (Fonte: Bilancio Energetico Nazionale – vari anni)

Si possono individuare essenzialmente due cause a giustificazione di questo andamento. Una, con particolare incidenza sul settore industriale e, in parte, su quello dei trasporti, è legata alla difficile congiuntura economica. L'altra è riconducibile ad azioni mirate ad aumentare l'efficienza del sistema.

Nel periodo considerato vi è stato un cambiamento anche sul fronte dei vettori energetici impiegati negli usi finali. In particolare, per quanto riguarda l'impiego del gas, il notevole incremento verificatosi fino al 2005 è stato in parte compensato dal calo avvenuto nel periodo successivo. Molto maggiore la variazione dei prodotti petroliferi caratterizzati da un forte calo negli ultimi dieci anni. Il consumo di energia elettrica, dopo il picco raggiunto nel 2008, è calato negli ultimi anni.

Sempre per quanto riguarda l'energia elettrica, i maggiori cambiamenti si sono registrati sul fronte della generazione. Per quanto riguarda l'impiego delle fonti fossili, si è infatti registrato un forte rinnovamento del parco elettrico nazionale con la sostituzione di centrali ad olio combustibile con impianti a ciclo combinato ad alto rendimento. Ciò ha contribuito a un drastico calo dell'impiego dell'olio combustibile nella produzione di energia elettrica. Il gas naturale, viceversa, ha incrementato il proprio contributo che, nel 2013, rappresentava il 31%. Da notare, però, che il contributo dello stesso gas naturale era del 48% nel 2008. La diminuzione negli anni successivi anche nell'uso di questo combustibile si deve al forte incremento nell'impiego delle fonti rinnovabili, il cui contributo alla produzione di energia elettrica è passato al 32% nel 2013.

Trend tecnologici

Negli ultimi anni numerose sono state le tecnologie che hanno fatto passi in avanti nelle proprie prestazioni energetiche e nella loro applicazione, sia sul fronte dell'efficienza energetica che sul fronte delle fonti rinnovabili. Tecnologie che fino a poco tempo fa erano considerate di nicchia e di accesso costoso, hanno migliorato le proprie caratteristiche e, soprattutto, si sono diffuse a livello di standard. Questo è evidente nel settore dell'illuminazione, domestica e non, nel settore degli elettrodomestici o dei sistemi di riscaldamento degli ambienti. L'introduzione dell'etichettatura energetica e la messa al bando di prodotti obsoleti ha contribuito a innovare il mercato sia dal punto di vista tecnologico che economico, consentendo all'utenza finale, sempre più informata, di accedere a prodotti di buona qualità energetica anche in fasce di prezzo relativamente basse.

Il settore dell'edilizia resta in primo piano. Da un lato le normative (di livello europeo, nazionale e regionale) e, dall'altro, gli incentivi, hanno sicuramente dato un impulso all'efficienza energetica in tale settore. Nel settore dell'edilizia residenziale, tra il 2005 e il 2012 si stima una riduzione dei consumi finali di energia pari a 3,8 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio, valore che corrisponde a oltre il 3% dei consumi complessivi a livello nazionale. Il risparmio deriva principalmente dall'applicazione degli standard minimi di prestazione energetica negli edifici, con particolare riferimento alla sostituzione di impianti termici.

Anche nel settore dei trasporti si è avviato un processo di miglioramento tecnologico, benché ci siano ancora molti passi da compiere, considerando che in questo campo giocano un ruolo estremamente importante fattori di tipo infrastrutturale, gestionale, culturale, etc.

A titolo di esempio, si consideri che se nel 2008 i migliori autoveicoli a benzina presentavano consumi di 4,3 l/100km, questo valore è sceso a 3,9 l/100km nel 2014 (-10%). Se si considera la tecnologia ibrida, sempre nel 2014 il valore scende a 1,9 l/100km.

Sul fronte della produzione di energia, gli ultimi anni sono stati caratterizzati dall'affermarsi della maturità di diverse tecnologie che sfruttano fonti rinnovabili. Accanto alle fonti tradizionali quali l'idroelettrico e il geotermoelettrico, la tecnologia fotovoltaica ha raggiunto una notevole maturità, fenomeno da collegare soprattutto alla riduzione consistente del prezzo e al forte sostegno economico nazionale, ciò che ha contribuito alla sua diffusione in impianti di grande e piccola dimensione.

A fine 2014, in Italia risultano installati impianti per una potenza complessiva pari a 18,5 GW. Questi hanno contribuito alla produzione di energia elettrica nazionale per una quota pari all'8,7%.

Come per il fotovoltaico, anche per la tecnologia eolica si è assistito a un notevole sviluppo, favorito dall'affermarsi di taglie sempre maggiori degli aerogeneratori.

A fine 2014 risultano installati impianti eolici per una potenza complessiva pari a 8,7 GW. Questi hanno contribuito per il 5,6% alla produzione di energia elettrica nazionale.

Come si vede dagli esempi riportati, i risultati sul fronte delle fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica iniziano ad avere un valore numerico significativo. Le misure adottate a diversi livelli, oltre ad aver stimolato e sostenuto lo sviluppo di tecnologie relativamente nuove quali, appunto, l'eolico e il fotovoltaico, in impianti di grande scala, stanno dando i propri effetti positivi anche per gli interventi caratterizzati da una notevole parcellizzazione, ricadenti cioè su un'utenza molto diffusa sul territorio e di dimensione molto ridotta. Le nuove tecnologie stanno diventando uno standard per moltissime applicazioni, contribuendo a recuperare tante inefficienze, e se la prospettiva naturale sembra quindi quella di una inversione di tendenza, ogni ulteriore spinta in tale direzione non può che accelerare il fenomeno anticipando, nel tempo, determinati risultati, oltre che renderli quantitativamente più consistenti.

1.2 Il Contesto normativo

1.2.1 Policy europee

Le politiche energetiche europee durante gli ultimi anni si sono poste soprattutto tre obiettivi: contribuire alla lotta contro il cambiamento climatico e l'inquinamento atmosferico, ridurre la dipendenza dall'estero e mantenere l'energia a prezzi accessibili per i consumatori e le imprese.

Un primo passo per raggiungere tali obiettivi è stato compiuto, nel 2007, nella cosiddetta strategia 20-20-20, con la quale l'Europa si è impegnata, entro il 2020, a ridurre le emissioni di gas a effetto serra del 20% rispetto al valore dell'anno 1990, aumentare la quota di energie rinnovabili ad almeno il 20% del consumo e ottenere un risparmio energetico del 20%.

Nel 2008 è stato approvato il Pacchetto Clima-Energia che istituisce, attraverso nuovi strumenti legislativi europei, i metodi per tradurre in pratica i suddetti obiettivi.

- La direttiva 2009/28, sulla promozione dell'uso delle energie da fonti rinnovabili, definisce l'obbligo di raggiungere, entro il 2020, l'obiettivo di una quota pari almeno al 20 % di energia da fonti rinnovabili nel consumo finale di energia. A tale obiettivo globale corrispondono obiettivi differenziati a livello dei singoli Stati membri. Per l'Italia l'obiettivo è stato fissato al 17 %.
- La Direttiva 2009/29 (Emission Trading) regola in forma armonizzata tra tutti gli Stati membri le emissioni nei settori energivori, che pesano per circa il 40% delle emissioni europee, stabilendo un obiettivo di riduzione complessivo per tutti gli impianti vincolati dalla normativa del -21% al 2020 sui livelli del 2005.
- La Decisione 2009/406 stabilisce un obiettivo di riduzione delle emissioni nei settori non coperti dalla Direttiva ETS - trasporti, edifici, agricoltura e rifiuti - pari al -10% al 2020 sui livelli del 2005. L'obiettivo è ripartito in modo vincolante tra gli Stati membri e, per l'Italia, corrisponde al -13%.
- Il Regolamento 2009/443 impone ai produttori di autoveicoli di raggiungere standard minimi di efficienza per le autovetture immatricolate per la prima volta nel territorio dell'Unione dal 2012. L'obiettivo medio che la UE ha dato ai produttori, espresso in grammi di emissioni di CO₂ per chilometro, è pari a 130g/km entro il 2015 e di 95g/km al 2021.
- La direttiva 2010/31, riguardante l'efficienza energetica degli edifici, introduce la categoria degli edifici a energia quasi zero. Sono definiti così quegli edifici ad altissima prestazione energetica, il fabbisogno energetico dei quali, molto basso o quasi nullo, dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, specie se prodotta in loco o nelle vicinanze. Si prevede che entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano edifici a energia quasi zero. Tale termine è anticipato al 31 dicembre 2018 per quegli edifici di nuova costruzione che siano occupati da enti pubblici e di proprietà di questi ultimi.
- La Direttiva Europea 2012/27 delinea un quadro normativo finalizzato a superare le carenze del mercato che frenano l'efficienza nella fornitura e nell'uso dell'energia, coerentemente con l'obiettivo al 2020 di una riduzione dei consumi energetici del 20%. Gli Stati membri devono stabilire una strategia a lungo termine per mobilitare investimenti nella ristrutturazione del parco nazionale di edifici residenziali e commerciali, sia pubblici che privati. La Pubblica Amministrazione dovrà ricoprire un ruolo esemplare, assicurando che dal 1° gennaio 2014 il 3% della superficie coperta utile totale degli edifici riscaldati e/o raffreddati di proprietà del governo centrale e da esso occupati sia ristrutturata ogni anno. I distributori di energia e/o le società di vendita di energia al dettaglio devono conseguire un risparmio annuale di energia finale del 1,5%. Si prevede, inoltre, che gli utenti finali abbiano la possibilità di accedere ai propri dati di consumo energetico in tempo reale.

Per il 2030 i paesi dell'UE hanno già concordato nuovi obiettivi riguardanti il clima e l'energia che mirano ad aiutare l'UE a raggiungere un sistema energetico più competitivo, sicuro e sostenibile. Tali obiettivi prevedono una riduzione del 40% delle emissioni di gas ad effetto serra rispetto ai livelli del 1990, almeno una quota pari al 27% del consumo di energia rinnovabile rispetto al consumo complessivo e un miglioramento del 30% dell'efficienza energetica.

1.2.2 Policy nazionali

Anche in Italia, negli ultimi anni, sul tema energetico si è sviluppata un'attività di indirizzo strategico e normativo notevole e variegata.

Da un lato sono stati definiti degli obiettivi ben precisi di razionalizzazione energetica o di riduzione delle emissioni, dall'altro si è lavorato affinché il raggiungimento di tali obiettivi fosse incentivato. Chiaramente, la normativa nazionale è, almeno in parte, un riflesso dell'evoluzione a livello europeo caratterizzata, negli ultimi anni, dalla cosiddetta strategia 20-20-20.

- Nel 2010 l'Italia ha presentato il proprio Piano Nazionale per le Energie Rinnovabili. Le linee d'azione considerano le fonti rinnovabili associate ai consumi finali per riscaldamento/raffrescamento, ai consumi di carburante nel settore dei trasporti e ai consumi finali di energia elettrica. Per quanto riguarda il riscaldamento/raffrescamento, tra gli interventi prioritari vi è lo sviluppo sia delle infrastrutture (reti di teleriscaldamento, diffusione di cogenerazione con maggiore controllo dell'uso del calore, immissione di biogas nella rete di distribuzione del gas naturale) sia dell'utilizzo diffuso delle rinnovabili (a copertura dei fabbisogni di calore, in particolare nel settore edilizio). Per quanto riguarda l'energia elettrica, si mette in risalto che, affinché la percentuale di consumi elettrici coperti da fonti rinnovabili possa aumentare ai livelli ritenuti adeguati, è necessario implementare il sistema infrastrutturale collegato alle reti elettriche e allo sviluppo di sistemi di stoccaggio/accumulo/raccolta dell'energia, in modo da poter superare la natura intermittente di alcuni tipi di produzioni. Inoltre, particolare enfasi va data all'adeguamento delle reti di distribuzione, anche con la realizzazione delle cosiddette "reti intelligenti".
- Il 3 marzo 2011 viene approvato il decreto legislativo 28 in attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili. Il decreto ridefinisce la disciplina dei regimi di sostegno attraverso il riordino e il potenziamento dei sistemi di incentivazione. In particolare, si introduce la sostituzione graduale dei certificati verdi con l'avvio di procedure che prevedono tariffe incentivanti e l'istituzione di aste periodiche al ribasso. Per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili e l'incremento dell'efficienza energetica mediante interventi di piccole dimensioni, si stabilisce l'introduzione di un incentivo commisurato alla tipologia di intervento, individuando il cosiddetto "conto energia termico", equiparando queste tipologie di generazione termica e di efficientamento energetico a quanto già in essere per la produzione elettrica. Per gli interventi di maggiore dimensione restano in vigore i certificati bianchi. Si definisce inoltre l'obbligo, per progetti di edifici di nuova costruzione e di ristrutturazioni rilevanti negli edifici esistenti, di utilizzare le fonti rinnovabili per la copertura di parte dei consumi di calore, di elettricità e per il raffrescamento.
- Il decreto ministeriale del 15 marzo 2012 definisce il cosiddetto "burden sharing", in attuazione a quanto previsto dall'articolo 37 del Decreto Legislativo 28/2011, che fissa gli obiettivi per ciascuna Regione relativamente alla produzione di energia da fonti rinnovabili. In base al nuovo provvedimento, tutte le Regioni e le Province autonome devono concorrere al raggiungimento dell'obiettivo italiano di sviluppo delle fonti rinnovabili, ovvero il 17 % di produzione energetica pulita sul consumo nazionale lordo entro l'anno 2020. Il decreto fissa la quota di energia rinnovabile che ciascuna Regione dovrà raggiungere.
- A marzo del 2013 è stata pubblicata la Strategia Energetica Nazionale (SEN) che rappresenta lo strumento di indirizzo e di programmazione a carattere generale della politica energetica nazionale. Gli obiettivi della SEN sono:
 1. riduzione del gap rispetto agli altri paesi europei: energia più competitiva a vantaggio di famiglie e imprese, con prezzi e costi dell'energia allineati a quelli europei al 2020;
 2. mantenimento e superamento degli elevati standard già raggiunti per la qualità del servizio;
 3. maggiore sicurezza e indipendenza di approvvigionamento, soprattutto nel settore gas, al fine di ridurre l'esposizione diretta al rischio di volatilità e di livelli di prezzo attesi nel prossimo futuro;

4. crescita economica sostenibile attraverso lo sviluppo del settore energetico che potrà giocare un ruolo chiave per migliorare e trainare la competitività dell'economia italiana nel suo complesso.
- Sul fronte dell'efficienza energetica, nel 2014 è stato pubblicato il nuovo Piano d'Azione che definisce gli obiettivi nazionali di riduzione dei consumi di energia e specifica i risparmi negli usi finali di energia attesi al 2020 per singolo settore economico e per principale strumento di promozione dell'efficienza energetica. Il comparto dell'edilizia è considerato un settore chiave. Il piano prevede una serie di interventi e quantifica i corrispondenti risparmi energetici al 2020. Gli interventi previsti dal Piano coinvolgono tutti i principali settori. Per il settore residenziale, ad esempio, si prevede di mettere in atto una serie di interventi di efficientamento energetico che riguardano il consolidamento e lo sviluppo del sistema di incentivi fiscali per le ristrutturazioni, il potenziamento degli standard energetici minimi negli edifici di nuova realizzazione o ristrutturazione, in un'ottica di incremento delle costruzioni a consumo energetico pressoché nullo in futuro. Nel settore dei trasporti le azioni riguardano ambiti quali, la semplificazione dei processi autorizzativi degli impianti di distribuzione del biometano, contributi statali per l'acquisto di veicoli a basse emissioni, misure per lo sviluppo della mobilità elettrica, lo sviluppo di infrastrutture urbane e suburbane su ferro.

1.2.3 Policy regionali

Diverse Regioni italiane da molti anni hanno disciplinato la materia energetica attraverso la definizione di politiche ad ampio spettro che potessero garantire una programmazione delle decisioni e degli interventi nel medio periodo.

I Piani Energetici Regionali rappresentano lo strumento principale attraverso il quale le Regioni programmano, indirizzano e armonizzano nel proprio territorio gli interventi strategici in tema di energia. In particolare, i Piani definiscono la progettazione e l'implementazione di politiche energetico – ambientali finalizzate alla gestione delle fonti energetiche primarie disponibili sul territorio, allo sviluppo di possibili alternative al consumo di fonti fossili, alla limitazione dell'impatto con l'ambiente e dei danni alla salute pubblica, dovuti dall'utilizzo delle fonti fossili, all'individuazione delle risorse finanziarie da destinare alla realizzazione di nuovi impianti di produzione di energia, alla destinazione delle risorse finanziarie per gli interventi di efficientamento energetico.

Nell'ambito delle proprie politiche, le Regioni italiane collaborano con lo Stato per l'ottenimento degli obiettivi previsti per il 2020 dall'Unione Europea. Ad esempio, il cosiddetto burden sharing suddivide a livello regionale gli obiettivi in materia di energie rinnovabili. Ad ogni Regione e Provincia autonoma viene assegnata una quota minima di incremento dell'energia (elettrica e termica) prodotta con fonti rinnovabili, necessaria a raggiungere l'obiettivo nazionale, al 2020, del 17% del consumo finale lordo. Le Regioni devono quindi adeguare le proprie norme in materia di fonti rinnovabili in modo tale da raggiungere gli obiettivi loro assegnati dal decreto.

Le regioni hanno un ruolo fondamentale anche per quanto riguarda l'efficienza energetica. Ad esempio, in molte Regioni la certificazione energetica in edilizia è stata recepita con una legge regionale autonoma.

Il ruolo regionale in campo energetico è inoltre potenziato dall'Europa attraverso i criteri di accesso ai fondi strutturali. Questi danno particolare rilievo al tema della produzione di energia da fonte rinnovabile e all'efficienza. Per quanto riguarda la programmazione 2014-2020, ad esempio, specifiche linee di investimento riguardano l'efficientamento energetico degli edifici pubblici e il risparmio energetico nei cicli produttivi, l'aumento della mobilità sostenibile nelle aree urbane.

La Regione Toscana

Il Consiglio regionale della Toscana l'11 febbraio 2015, con deliberazione n. 10, ha approvato il Piano Ambientale ed Energetico Regionale (PAER). Il PAER si configura come lo strumento per la programmazione ambientale ed energetica della Regione Toscana e si inserisce nel contesto della programmazione comunitaria 2014-2020 al fine di sostenere la transizione verso un'economia a basse emissioni di carbonio, in un'ottica di contrasto e adattamento ai cambiamenti climatici e prevenzione e gestione dei rischi. Il PAER contiene interventi volti a tutelare e a valorizzare l'ambiente ma si muove in un contesto eco-sistemico integrato che impone particolare attenzione alle energie rinnovabili e al risparmio e recupero delle risorse.

L'obiettivo riguardante la lotta ai cambiamenti climatici, la prevenzione dei rischi e la promozione della green economy si struttura in quattro obiettivi generali:

- Contrastare i cambiamenti climatici e promuovere l'efficienza energetica e le energie rinnovabili attraverso la ricerca e l'innovazione tecnologica per favorire la nascita di nuove imprese della green economy favorendo l'azione sinergica tra soggetti pubblici e investitori privati.
- Tutelare e valorizzare le risorse territoriali, la natura e la biodiversità facendo delle risorse naturali non un vincolo ma un fattore di sviluppo, un elemento di valorizzazione e di promozione economica, turistica, culturale.
- Promuovere l'integrazione tra ambiente, salute e qualità della vita salvaguardando la qualità dell'ambiente e consentendo, al tempo stesso, di tutelare la salute della popolazione.
- Promuovere un uso sostenibile delle risorse naturali concentrando l'attenzione sulla risorsa acqua, la cui tutela rappresenta una delle priorità non solo regionali ma mondiali, in un contesto climatico che ne mette in serio pericolo l'utilizzo.

Il PAER prende atto dell'obiettivo assegnato alla Regione Toscana, nell'ambito del burden sharing, in termini di incremento della quota complessiva di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo. Tale obiettivo è del 16,5%, a partire da una quota del 6,2% corrispondente all'anno di riferimento. Al fine di raggiungere tale obiettivo, la Regione deve integrare i propri strumenti per il governo del territorio e per il sostegno all'innovazione nei settori produttivi con specifiche disposizioni a favore dell'efficienza energetica, nella consapevolezza che la quota di produzione da fonti rinnovabili è più facilmente raggiungibile qualora vi sia una riduzione dei consumi energetici finali. Nel perseguire i risultati di contenimento dei consumi, la Regione deve prioritariamente favorire le seguenti attività anche ai fini dell'accesso agli strumenti nazionali di sostegno:

- misure e interventi nei trasporti pubblici locali, negli edifici e nelle utenze della Regione nonché degli Enti locali;
- misure e interventi di riduzione del traffico urbano;
- interventi per la riduzione dei consumi di energia elettrica nell'illuminazione pubblica e nel settore idrico;
- diffusione degli strumenti del finanziamento tramite terzi e dei servizi energetici.

2. CASO STUDIO: LA CITTÀ DI FIRENZE

2.1 Firenze: caratteristiche e peculiarità

L'individuazione di **Firenze** come città oggetto del presente studio si basa su una serie di considerazioni per cui si ritiene particolarmente significativa la scelta del capoluogo toscano.

L'intento dell'analisi infatti è quello di evidenziare i possibili **benefici degli interventi di efficienza energetica** in applicazione ad una realtà rappresentativa delle peculiarità del territorio italiano. In questo modo si vuole tracciare una strada verso l'efficienza che sia realmente percorribile (e che sia quindi replicabile in linea di principio in altre città) e che possa rappresentare un **benchmark** utile per le valutazioni delle migliori azioni sia istituzionali sia private volte alla sostenibilità ambientale ed al risparmio energetico.

La prima considerazione che ha portato alla scelta di Firenze come oggetto di studio è il suo **tessuto urbano** e la sua **notorietà**.

Firenze rappresenta nell'immaginario collettivo uno dei più rinomati simboli della cultura, della storia e dell'arte italiana che racchiude in sé un connubio unico di bellezza estetica, rappresentatività storica ed artistica.

Il centro storico – proclamato Patrimonio dell'Umanità dall'Unesco – con il suo capitale culturale ed artistico racchiuso in ogni palazzo, museo, chiesa e vicolo, conferisce a Firenze una fama ed unicità ancora oggi di forte attualità, capace di mantenere suggestiva nel tempo la sua immagine.

In quest'ottica risulta particolarmente interessante analizzare come tali fattori si scontrino costantemente con le evoluzioni sociali e tecnologiche e, nel caso in oggetto, come si possano amalgamare ed adattare all'evoluzione portata dalle tecnologie dell'efficienza energetica. Il tessuto urbano di Firenze infatti, ed in particolare il centro storico, rappresenta una realtà alquanto complessa da assecondare e rispettare per quanto riguarda modifiche ed integrazioni sugli edifici – basti pensare all'impatto estetico e tecnico che comporta l'installazione di un impianto fotovoltaico.

Questa inevitabile convivenza tra storia ed attualità, tra arte e tecnologia risulta particolarmente significativo nonché sfidante.

Un altro fattore caratterizzante ai fini della nostra analisi è la **posizione geografica** della città.

Firenze è al centro di una conca circondata da colline ed è caratterizzata da un clima continentale, temperato-umido. Rientra nella zona climatica D, ossia in quella fascia climatica intermedia tra la più calda (A) e la più fredda (F) e ben rappresenta gran parte delle caratteristiche climatiche comuni a molte città italiane. Anche il valore di gradi giorno¹ di Firenze, 1821, è significativo perché molto vicino alla media pesata nazionale (1921).

Infine, la sua **popolazione ed estensione** inquadra Firenze come una città medio-grande nel panorama italiano: gli abitanti, a fine 2014, si aggiravano intorno ai 377.000 mentre il territorio comunale si estende su una superficie di Km 102,41.

Questi tre elementi fanno sì che Firenze appaia come l'esempio ideale da esaminare per raggiungere lo scopo prefissato.

¹ Tale indicatore rappresenta la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente riscaldato e la temperatura media esterna giornaliera. Un valore di gradi giorno basso indica una zona con clima caldo, (e.g. 568 di Lampedusa, il valore minimo in Italia) viceversa un valore alto evidenzia una temperatura esterna rigida (e.g 5165 del Sestriére, il valore più alto in Italia).

2.2 I cinque quartieri

2.2.1 Conformazione storico – architettonica

2.2.1.1 Centro storico

Oltre ai rioni di **San Jacopino**, di **Piazza Puccini** e alle **Cascine**, comprende il **Centro Storico**, Patrimonio dell'Umanità riconosciuto dall'UNESCO nel 1982, conchiuso all'interno della cerchia dei viali tracciati sulle vecchie mura medievali, raccoglie i più importanti beni culturali della città. Esso comprende anche la zona di Firenze posta sulla sponda sinistra del fiume Arno, comprendente celebri rioni come: **Santo Spirito** e **San Frediano**, in **Oltrarno** dove si trovano monumenti, giardini, musei e palazzi monumentali unici al mondo. Palazzo Pitti, la Basilica di Santo Spirito, il Giardino di Boboli insieme alle botteghe degli artigiani, orafi, restauratori che fanno dell'Oltrarno la zona di Firenze dove ancora vive la fiorentinità.

L'insieme urbano di Firenze è di per sé una realizzazione artistica unica, un capolavoro assoluto, frutto di una continua creazione durata sei secoli. Qui troviamo, oltre ai Musei (Archeologico, Uffizi, Bargello, Pitti, Accademia, ecc.) la più forte concentrazione di opere d'arte conosciute in tutto il mondo - la Cattedrale di Santa Maria del Fiore, il Battistero ed il Campanile di Giotto, la Piazza della Signoria dominata da Palazzo Vecchio e dal Palazzo degli Uffizi, San Lorenzo, Santa Maria Novella, Santa Croce con la Cappella Pazzi, il Convento di San Marco che ospita le pitture del Beato Angelico, Santo Spirito, ecc.

Durante il XIV al XVII secolo vennero costruiti prestigiosi edifici che testimoniano la magnificenza dei suoi banchieri e dei suoi principi: Palazzo Rucellai, Palazzo Strozzi, Pandolfini, Gondi, Pitti e il Giardino di Boboli, senza dimenticare la Sacrestia di San Lorenzo, le Cappelle.



FIGURA 2.1 - Centro storico - vista panoramica

Tipologie Edilizie prevalenti



- **Case a schiera**, sviluppatesi a Firenze nelle seconda metà del Duecento e nei primi decenni del Trecento
- **Casa in linea** nata per associazione di più case a schiera databile fin dal '600, ai grandi palazzi delle famiglie nobili fiorentine (via Maggio in Oltrarno).

2.2.1.2 Campo di Marte

Campo di Marte occupa una vasta area posta nel quadrante est del territorio comunale costituita da un tessuto prevalentemente residenziale, ospita i maggiori impianti sportivi della città tra le quali lo Stadio Artemio Franchi e il Centro Tecnico Sportivo Federale della FIGC, il Nelson Mandela Forum in prossimità dell'omonima stazione ferroviaria.

Tutta la **zona pedecollinare** fu in passato sede di alcuni monasteri, tra cui il più importante era quello di San Salvi; tutta la zona è stata scarsamente abitata fino alla fine del secolo scorso. La zona comincia a prendere sempre più importanza da un punto di vista degli insediamenti umani, con tante nuove costruzioni, prima quelle ottocentesche realizzate per far fronte alla Firenze capitale, poi con i nuovi insediamenti odierni.

La parte di **via Aretina** fu di fatto costruita sull'arteria storica che portava ad Arezzo, anche qui avevano sede in passato attività legate all'agricoltura, allo sfruttamento delle acque (vivai e pescherie, gualchiere ecc.) nonché a piccoli ma numerosissimi insediamenti artigiani, soprattutto nella zona di via Gioberti e di tutte le piccole arterie limitrofe (via Luna ecc.).

La zona delle **Cure**, vide insediamenti prima degli estruschi e poi dei romani, rimanendo una zona fuori città a vocazione agricola. La zona ha visto dopo la seconda guerra mondiale una profonda e radicale trasformazione fino a diventare il quartiere residenziale di oggi, che conserva però alcune delle caratteristiche dei primi novecento soprattutto in alcuni insediamenti urbani di case a schiera, nelle abitazioni lungo il Mugnone e nel vecchio dazio che segnava l'ingresso alla città.

Nella zona **Libertà/Ponte Rosso** il quartiere si snoda lungo il torrente Mugnone e si avvia verso la periferia lungo la direttrice a Nord ai piedi della collina di Fiesole da una parte, e della via Bolognese, punto di partenza per il Mugello e antica strada per Bologna, dall'altra. Delimitata da un lato dalla Piazza della Libertà e dall'altro da piazze sempre di stampo ottocentesco, come piazza Savonarole e piazza Oberdan, aveva al suo interno importanti studi di pittura e palazzi costruiti anche per Firenze capitale. Stretta tra la ferrovia ed i viali di circonvallazione ha spiccata vocazione abitativa; al suo interno il Parterre, già giardino, già sede della Mostra dell'artigianato, oggi sede di uffici, mostre e spazi verdi.

L'espansione edilizia di questa parte di città è massiccia con piazze che sembrano ritagliate dagli spazi lasciati liberi nella maglia della lottizzazione di cui Piazza Savonarola costituisce l'esempio rimasto.



FIGURA 2. 2 - Stadio Artemio Franchi

Tipologie Edilizie prevalenti



- **Case a schiera**
- **Villini**: destinate alle funzioni di rappresentanza
- **Edilizia seriale**: edifici in linea, residenza condominiale
- **I grandi edifici pubblici**: spazi per funzioni specializzate, erano previsti in varie zone della città; questi erano i mercati, i macelli

2.2.1.3 Gavinana Galluzzo

È composto dalle zone di **Gavinana, Sorgane e Nave a Rovezzano** e del **Galluzzo**, occupa la parte a sud-est della città. Esso si trova completamente sulla sponda sinistra dell'Arno. Confina con il quartiere del Centro storico e Isolotto-Legnaia, nonché con i comuni di Bagno a Ripoli, Impruneta e Scandicci. Le zone urbane più significative del territorio urbano sono Gavinana, **San Gaggio, Arcetri, Badia a Ripoli** e Sorgane. Il quartiere si sviluppa inoltre in un'ampia zona collinare, suddivisa in diverse frazioni.

Il quartiere si presenta come un nuovo e popoloso quartiere attraversato da comode strade con ampi spazi verdi: giardini, piazze, il parco dell' Anconella e dell' Albereta relegati in linea di massima nella zona nord - est (Gavinana, Villamagna, viale Europa) oltre che attorno ad alcuni nuclei i quali, ad esempio, il Galluzzo, le Due Strade e Sorgane , entrano in simbiosi con la città attraverso gli spazi circostanti e le aree collinari che rappresentano gran parte "dell'arco collinare" della città costruita. Il territorio, è interessato da due corsi d'acqua (oltre, naturalmente, il Fiume Arno), piuttosto importanti in area fiorentina: il **fiume Greve**, che interessa marginalmente la parte sud- ovest del quartiere, ed il **torrente Ema** che segna buona parte del confine sud e sud-est e confluisce nella Greve in adiacenza della Certosa del Galluzzo.

Solo con il piano regolatore del 1962 avvenne la definitiva saldatura fra Firenze e Bagno a Ripoli che determinò l'assorbimento delle antiche località del Bisarno, delle Nave e della Nave a Rovezzano. Nei secoli il territorio ha cambiato il proprio connotato per distinzione o per funzioni aggiunte e dall'edilizia, pur mantenendo, nella ricchezza del paesaggio, la memoria contadina e la memoria storica.



Figura 2.3 – Certosa del Galluzzo

Tipologie Edilizie prevalenti



- **Case a schiera**
- **Villini:** destinate alle funzioni di rappresentanza
- **Edilizia seriale:** edifici in linea, residenza condominiale

2.2.1.4 Isolotto-Legnaia

È delimitato a nord-est dal **fiume Arno**, ad ovest dal viadotto del **ponte all'Indiano** e a sud-sud-ovest da **via del Sansovino, viale F. Talenti e viale Etruria**; Legnaia si articola, invece, seguendo via Pisana.

Il quartiere è costituito da molte suddivisioni: Argingrosso, Cintoia, I Bassi, Le Torri, Il Casone, Isolotto, La Casella, Legnaia, San Quirico, Monticelli, Il Pignone, San Lorenzo a Greve, Torcicoda, Soffiano, Bellosuardo. La maggior parte erano rioni antichi sparsi nelle campagne e inglobati nel tempo nel tessuto urbano

cittadino, e al cui interno era presente almeno una chiesa o un luogo di culto. Avevano la forma di piccoli

paesi gli abitati di Cintoia, San Lorenzo a Greve, Legnaia, San Quirico, Torcicoda, Monticelli e Soffiano. Le Torri, I Bassi, Il Casone, l'Isolotto, La Casella e l'Argingrosso erano invece zone periferiche ai vari borghi. Pignone è sorto ai margini di Firenze e, quindi, era già parte della città, mentre Bellosuardo, arroccato sull'omonima collina, è lambito solo parzialmente dallo sviluppo urbano.

Un ruolo storico significativo è stato rivestito dalla frazione di **Legnaia** che dal 1808 al 1865 fu comune a sé stante: la sua soppressione determinò la cessione al vicino comune di Casellina e Torri di molte frazioni fra cui Scandicci che ha dato il nome all'attuale cittadina che oggi sorge nei pressi di Firenze. Oggigiorno col termine "Legnaia" s'intende sia la corrispondente frazione antica che il borgo di San Quirico

La zona che può essere definita come **Isolotto** è costituita dal quadrilatero, delimitato dal Lungarno dei Pioppi, viale dei Platani, via Torcicoda e via dei Mortuli, e dalla collina artificiale detta comunemente "Montagnola", lambita a nord da via B. Bandinelli. Nato come quartiere-satellite autosufficiente e dotato di attrezzature e servizi su un'area di 80 ettari per sopperire la carenza abitativa dopo la seconda guerra mondiale. Le tipologie edilizie realizzate, furono diverse, dalle case plurifamiliari alle case unifamiliari su due livelli isolate o a schiera.

Distinta ma subito ad ovest di questa si posiziona la zona dell'**Argingrosso**, che raggruppa i rioni storici di Cintoia, Le Torri, I Bassi e L'Argingrosso, e che prende il suo nome da un argine che corre parallelo all'omonima via: a sud-ovest di quest'ultima vi sono abitazioni, giardini, centri culturali, sportivi e commerciali, mentre nella parte vicina all'Arno, si trovano il parco dell'Argingrosso, dei campi agricoli, un campo nomadi, un campo da golf e alcuni impianti dell'acquedotto di Firenze.

Soffiano è una parte residenziale e ricca di verde che si trova a sud di Legnaia sotto la collina di Marignolle, uscendo dalla città in direzione di Scandicci, ed ospita la Villa Strozzi al Boschetto ed il monumentale Cimitero di Soffiano con un nucleo tardo ottocentesco dell'architetto Michelangelo Maiorfi. Assieme ad altre frazioni è stato inglobato nella seconda metà del XX secolo nell'area urbana cittadina.

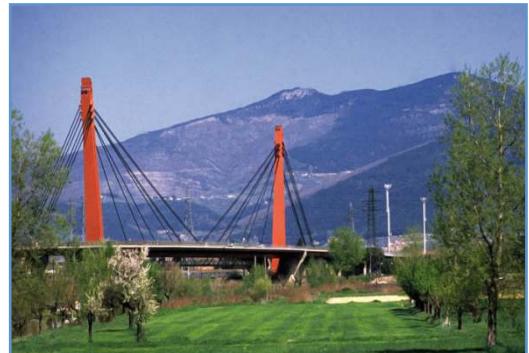


Figura 2.4 - Viadotto del ponte all'Indiano

Tipologie Edilizie prevalenti



- **Edilizia seriale:** edifici in linea, residenza condominiale, edilizia economica e popolare

2.2.1.5 Rifredi

È il più esteso e popolato, occupa il quadrante nord-ovest della città. Comprende al suo interno varie zone urbanistiche come **Statuto**, **Rifredi**, **Novoli** e alcuni sobborghi come **Brozzi** e **Peretola**. Ospita molte strutture di ampio rilievo urbano e metropolitano quali il grande Policlinico di Careggi, l'Ospedale pediatrico Meyer, il Centro traumatologico ortopedico, le sedi di molte Facoltà (economia, giurisprudenza, scienze politiche, ingegneria, medicina e chirurgia, farmacia, scienze matematiche fisiche e naturali) dell'Università degli Studi, l'importante stazione di Firenze Rifredi, il nuovo Palazzo di Giustizia, l'aeroporto di Firenze e l'inizio dell'autostrada A11. Nel quartiere è presente poi la maggioranza degli insediamenti industriali rimasti dentro i confini del comune di Firenze e non spostatisi nell'hinterland.



Figura 2.5 - Palazzo di Giustizia

Del quartiere Rifredi fanno parte le zone di Castello (Firenze) con la sua Piana, Le Panche, Le Piagge, via Pistoiese, il rione Lippi-Tre Pietre, Firenze Nova, Novoli, Careggi, Piazza Leopoldo, Rifredi, i Viali, il rione Romito, Statuto, Piazza della Vittoria e i sobborghi di Brozzi e Peretola.

Il **rione della Vittoria**, nel 1927, era compreso a Nord, dal Ponte Rosso a Rifredi e, da Levante verso Ponente, dal Pellegrino al Romito, comprendendo un'area di circa quattro chilometri quadri, con una popolazione di quasi ventimila abitanti, con otto opifici industriali, undici officine meccaniche, numerosi servizi commerciali, attualmente è servita dalla Stazione di Firenze Statuto, vicina a Via dello Statuto. Il quartiere comprende anche la frazione La Lastra, che si sviluppa lungo la Via Bolognese, subito dopo la borgata del Cionfo.

Il quartiere di **Novoli**, si è sviluppato su un'area dismessa di proprietà della Fiat, in zona urbana della periferia Nord/Ovest di Firenze e su una superficie di circa 32 ettari.

Il contesto in cui si inserisce è piuttosto variegato e disomogeneo: alla maglia urbana di grandi edifici residenziali, figli del boom edilizio degli anni Cinquanta e Sessanta, che hanno a lungo fatto di Novoli uno dei principali quartieri dormitorio di Firenze, si sovrappongono oggi una serie di nuove funzioni e servizi ad uso misto, con l'intenzione di renderla un nuovo polo di centralità, fra cui il Polo Universitario delle Scienze Sociali, un multiplex, il nuovo Palazzo di Giustizia, il centro direzionale della Cassa di Risparmio di Firenze, nuovi lotti residenziali.

Ad essi si aggiunge un grande parco pubblico, inaugurato nel 2008 e realizzato all'interno di un vuoto urbano conseguente alla dismissione di un ex stabilimento Fiat, si estende su una superficie di 120.000 metri quadrati, sviluppandosi in un'area che raccorda il Palazzo di Giustizia a nord ovest con i nuovi edifici residenziali e il Polo Universitario a est.

Collegato al sistema autostradale nazionale e regionale (uscita Firenze Nord), è posto a vicinanza dello Scalo Aeroportuale di Peretola.

Tipologie Edilizie prevalenti



- **Edilizia seriale:** edifici in linea, residenza condominiale, edilizia economica e popolare

2.3 Popolazione e flussi turistici

A fine 2014 la città di Firenze contava 377.300 residenti. Dopo il calo avvenuto a partire dai primi anni '80 e proseguito fino al 2007, il numero di residenti è successivamente aumentato di oltre 12.000 unità, pari al 3,5%. La densità di residenti raggiunge un valore di 3.680 per kmq, dando a Firenze il primato di città con la più alta densità di popolazione del centro Italia.

Il numero di famiglie è pari a 188.140. In questo caso l'incremento rispetto al 2007 è stato del 6,1%. Il diverso tasso di incremento tra residenti e famiglie è indice del fatto che il numero di componenti per famiglia è in continua diminuzione, passando da 2,06 unità nel 2007 a 2,01 unità nel 2014.

Il dettaglio dei suddetti numeri a livello di singolo quartiere è riassunto nella tabella seguente.

	Numero residenti	Densità [res/km ₂]	Numero famiglie	Componenti
Centro storico	67.573	5.930	37.591	1,8
Campo di Marte	90.614	3.871	45.147	2,01
Gavinana Galluzzo	41.491	1.860	19.745	2,1
Isolotto Legnaia	68.749	4.046	32.233	2,13
Rifredi	108.873	3.865	53.427	2,04

Tabella 2.1 – Distribuzione della popolazione nei quartieri di Firenze al 2014

Come si vede, è nel centro storico dove le famiglie sono meno numerose.

Il numero di abitazioni occupate è leggermente inferiore rispetto al numero delle famiglie, considerando che alcune di queste vivono in convivenza. Il dato considerato è di circa 170.000 unità, in coerenza con il censimento ISTAT del 2011.

Alle persone che risiedono a Firenze è da aggiungere la cosiddetta popolazione “utente”, cioè quella quota di persone che giornalmente frequenta la città. Si tratta di oltre 100.000 **pendolari**² che – per motivi di studio o di lavoro – si recano quotidianamente a Firenze compensati appena parzialmente da quasi 30.000 residenti in uscita (che si recano in altri comuni per gli stessi motivi).

Una parte considerevole dei frequentatori o utilizzatori della città è costituita, nel contesto fiorentino, dai **turisti**, una risorsa importante non solo numericamente ma anche economicamente. Nel 2014 gli arrivi dei turisti sono stati circa 3,5 milioni, per un totale di 8,7 milioni di presenze³. Il 78% di tali presenze fa riferimento a strutture alberghiere, mentre la restante parte a strutture extra alberghiere. In media al giorno si sono contati dunque 23.700 turisti registrati presso le strutture turistiche. E’ importante sottolineare che questo valore si è incrementato del 29% negli ultimi dieci anni. Le presenze turistiche non sono ovviamente distribuite equamente durante l’anno: si è passati da una media giornaliera di turisti pari a circa 14.400 a febbraio a una media pari a circa 30.400 a luglio.

Alle suddette categorie di utenti vanno poi aggiunti circa 40.000 cosiddetti “**escursionisti**”⁴, cioè persone che usufruiscono in maniera non continuativa e per poche ore dei servizi della città, esprimendo una particolare domanda riguardante i musei, i teatri, i cinema, gli esercizi commerciali, i centri commerciali, i locali notturni e alcuni particolari servizi presenti solo nella città, ivi comprese prestazioni sanitarie specialistiche. Rientrano in questa categoria anche i turisti non pernottanti in città ma che passano la giornata all’interno del Comune.

Sia i residenti che tutti gli altri utenti determinano una domanda di spostamenti molto elevata che i quasi 1.000 km di strade riescono a soddisfare con difficoltà.

² “15° Censimento generale della popolazione e delle abitazioni”, ISTAT, 2011

³ “Movimento delle strutture alberghiere ed extra alberghiere”, Città metropolitana di Firenze

⁴ “Piano Strutturale 2010”, Comune di Firenze, Giugno 2011

2.4 I principali aspetti energetici

Il totale dell'energia consumata dalle utenze finali nel 2011 nel territorio comunale è dato da:

- 1.600 milioni di kWh di energia elettrica
- 325 milioni di metri cubi di metano
- 110.000 tonnellate di gasolio
- 118.000 tonnellate di benzina
- 3.600 tonnellate di GPL

La ripartizione dei consumi finali corrisponde alle caratteristiche economiche e fisiche del territorio.

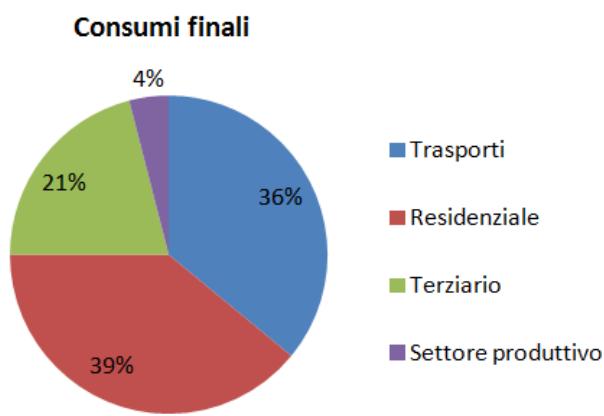


Figura 2.6 – Ripartizione consumi finali per Firenze, anno 2011 (Fonte: Elaborazioni su dati ISTAT, Terna, Bollettino Petrolifero, Piano Energetico Comunale)

I trasporti pubblici e privati si attestano al 36% dei consumi complessivi. Di questi, circa il 61% è dovuto al trasporto privato di persone, mentre la quota restante è dovuta al trasporto delle merci (34%) e al trasporto pubblico (5%). La benzina rappresenta il 53% del consumo, mentre il gasolio il 44%. La rimanente quota è occupata dal gas. Questo settore è responsabile di oltre il 90% del gasolio utilizzato nel territorio comunale e, chiaramente, del pressoché totale impiego della benzina.

La componente residenziale determina il 39% dei consumi finali complessivi. Questi sono sostanzialmente allocabili all'energia elettrica, per il 17%, e al gas naturale, per l'80%. La quota residua ad altri combustibili come il gasolio. In media ogni famiglia fiorentina consuma quasi 2.670 kWh di energia elettrica e 1.330 mc di metano.

Al terziario (scuole, edifici pubblici, servizi vari, commercio, alberghi, ecc.), infine, è attribuibile il 21% dei consumi complessivi. Il 40% dei consumi nel terziario è destinato alle applicazioni elettriche, mentre la restante quota (costituita quasi esclusivamente dal gas naturale) serve per soddisfare il fabbisogno termico.

Il settore produttivo rappresenta solo il 4% dei consumi finali complessivi.

2.5 I principali indicatori ambientali

2.5.1 Le emissioni in atmosfera

Il dinamico sistema socio economico fiorentino, sostenuto dall'impiego di fonti energetiche descritto in precedenza, determina una intensa pressione in termini emissivi, derivanti prevalentemente dal sistema della mobilità e dal condizionamento degli edifici. Nel seguito si considerano le emissioni in atmosfera delle principali sostanze la cui origine è prevalentemente legata alla combustione di combustibili, sia a livello di impianti di riscaldamento che di veicoli.

- PM10 - Per il materiale particolato proveniente da sorgenti antropiche, il settore maggiormente emissivo è quello del riscaldamento domestico seguito da quello dei trasporti su strada. La maggior parte del PM10 primario emesso, quindi, deriva da fonti molto distribuite sul territorio. E' bene ricordare che le emissioni da riscaldamento si concentrano prevalentemente in un periodo dell'anno, quello invernale, in cui, anche a causa delle condizioni meteorologiche, si registra la gran parte dei superamenti dei limiti previsti dalla legge per le concentrazioni di particolato in atmosfera.
- NO_x – Gli ossidi di azoto si formano in massima parte in atmosfera per ossidazione del monossido (NO), inquinante principale che si forma nei processi di combustione. Le emissioni da fonti antropiche a livello urbano derivano soprattutto da processi di combustione (riscaldamento, traffico).
- SO₂ - Il biossido di zolfo si forma nel processo di combustione per ossidazione dello zolfo presente nei combustibili solidi e liquidi (carbone, olio combustibile, gasolio). Le fonti di emissione principali sono legate agli impianti termici e al traffico. Il Biossido di Zolfo non rappresenta un problema per la qualità dell'aria in Toscana, si continua infatti cautelativamente a rilevarne le concentrazioni solo in alcuni siti dove gli indicatori comunque evidenziano che le soglie sono ampiamente rispettate.
- CO - Il monossido di carbonio è un gas incolore ed inodore che si forma dalla combustione incompleta degli idrocarburi presenti in carburanti e combustibili. La principale sorgente di CO è rappresentata dai gas di scarico dei veicoli, soprattutto funzionanti a bassi regimi, come nelle situazioni di traffico intenso e rallentato. Altre sorgenti sono gli impianti di riscaldamento.
- C₆H₆ - La sorgente più rilevante di benzene è rappresentata dal traffico veicolare, principalmente dai gas di scarico dei veicoli alimentati a benzina, nei quali viene aggiunto al carburante (la cosiddetta benzina verde) come antidetonante, miscelato con altri idrocarburi (toluene, xilene, ecc.) in sostituzione del piombo tetraetile impiegato fino a qualche anno fa.

Nel grafico seguente si rappresentano le variazioni in percentuale delle emissioni di tonnellate delle suddette sostanze, nel periodo 2000 – 2012. Come confronto si riportano le variazioni medie di emissioni, per lo stesso periodo di tempo, relative a un panel di tre città, Verona, Bologna e Perugia, ritenute confrontabili sia per dimensione che per caratteristiche climatiche.

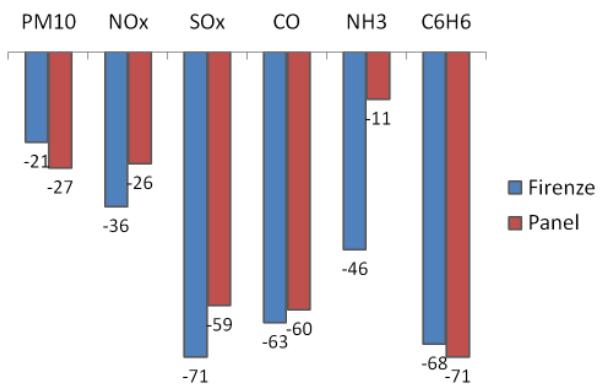


Figura 2.7 - Variazioni % di emissioni di tonnellate (periodo 2000 – 2012) per Firenze e per un panel di città: Verona, Bologna e Perugia (Fonte: Elaborazioni su dati ISPRA – Qualità dell'Ambiente Urbano, X Rapporto)

E' necessario prima di tutto sottolineare che confrontare tra loro le quantità emesse delle varie sostanze è una forte semplificazione, dal momento che gli effetti sull'uomo e sull'ambiente di ogni sostanza non dipende solo da tali quantità, ma anche dalla tipologia di sostanza (considerato, ad esempio, che l'emissione di una tonnellata di PM10 ha un impatto diverso dell'emissione di una tonnellata di CO). Come si può notare, le emissioni delle sostanze inquinanti considerate mostrano una tendenza al ribasso, sia a livello della città di Firenze, che a livello medio complessivo. Tale variazione è influenzata principalmente dalle riduzioni nel settore dei trasporti stradali, grazie all'implementazione di varie direttive europee che hanno introdotto nuove tecnologie e limiti di emissione degli impianti, la limitazione del contenuto di zolfo nei combustibili liquidi e il passaggio a carburanti più puliti. Anche il miglioramento dell'efficienza energetica e la promozione delle energie rinnovabili hanno contribuito all'andamento decrescente delle emissioni.

2.5.2 La qualità dell'aria

Benché le emissioni risultino in calo per tutti gli inquinanti, è opportuno ricordare che per molti inquinanti non vi è un rapporto diretto tra le entità delle emissioni e le concentrazioni degli stessi inquinanti nell'atmosfera e, quindi, il rischio per la salute umana. Altri fattori, di tipo geografico ma principalmente di tipo meteorologico (ventosità, presenza di stabilità atmosferica, altezza media dello strato di dispersione degli inquinanti, piovosità, ecc.) possono giocare un ruolo fondamentale nel determinare i livelli di concentrazione di inquinanti in atmosfera che determinano la reale qualità dell'aria e l'impatto di questa sulla salute umana. Riprendendo quanto indicato da ARPA Toscana, i principali effetti di alcuni inquinanti sulla salute umana e sull'ambiente sono:

- PM10 – Sono state evidenziate associazioni tra le concentrazioni di questo inquinante e l'incremento sia di mortalità che di ricoveri ospedalieri per malattie cardiache e respiratorie nella popolazione generale.
- NO_x – È un gas irritante per l'apparato respiratorio e per gli occhi che può causare bronchiti fino anche a edemi polmonari e decesso. Contribuisce alla formazione dello smog fotochimico, come precursore dell'ozono troposferico, e contribuisce al fenomeno delle "piogge acide".

- C₆H₆ – E' stata accertata la capacità di causare leucemie acute e croniche, alle concentrazioni presenti in passato in alcuni ambienti di lavoro. Alle concentrazioni di benzene presenti attualmente in ambiente urbano non sono stati osservati effetti tossici sulle cellule del sangue, ma va ribadito che per i cancerogeni non esistono limiti certi di sicurezza, vale a dire livelli soglia al di sotto dei quali vi sia la certezza che non si verifichi un'aumentata probabilità di contrarre la malattia.
- O₃ - È un inquinante molto tossico e una esposizione critica e prolungata può causare tosse, mal di testa e perfino edema polmonare. L'ozono svolge, inoltre, una marcata azione fitotossica nei confronti degli organismi vegetali.

Come detto, lo stato della qualità dell'aria è determinato dal peso locale e regionale di diversi driver e fattori di pressione e dalle condizioni meteo-climatiche che giocano un ruolo importante nel determinare i livelli dei vari inquinanti osservati.

I dati utilizzati a Firenze per l'elaborazione degli indicatori sulla qualità dell'aria provengono dalle quattro stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio cittadino.

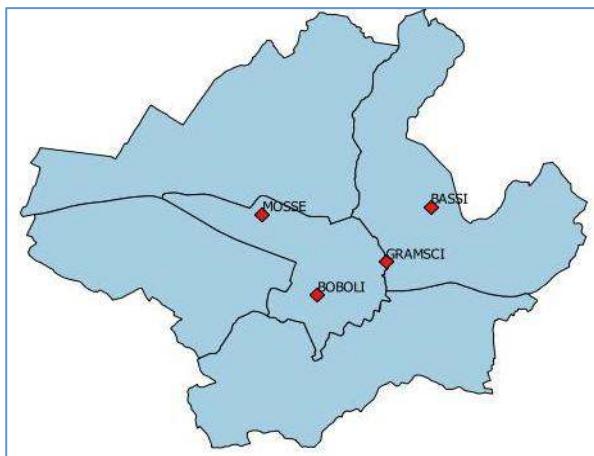


Figura 2.8 – Stazioni di monitoraggio degli inquinanti a Firenze

La distribuzione delle stazioni è conforme alla normativa in tema di qualità dell'aria che si fonda sul principio della classificazione del territorio in zone e agglomerati con caratteristiche omogenee. L'agglomerato fiorentino presenta caratteristiche omogenee dal punto di vista del sistema di paesaggio, con alta densità di popolazione e, di conseguenza di pressioni in termini emissivi derivanti prevalentemente dal sistema della mobilità pubblica e privata e dal condizionamento degli edifici e non presenta contributi industriali di particolare rilevanza. Due di queste (Boboli e Bassi) sono stazioni di misurazione di fondo (F), cioè stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato da emissioni derivanti da specifiche fonti (traffico, riscaldamento, ecc.). In virtù del principio di omogeneità precedentemente descritto, le aree dove sono ubicate queste stazioni possono considerarsi rappresentative anche della situazione presente negli altri quartieri cittadini. Le altre due stazioni (Gramsci e Mosse) sono stazioni di misurazione di traffico (T), cioè stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da emissioni da traffico, provenienti da strade limitrofe con intensità di traffico medio alta. Considerando la loro specificità e finalità, le aree in cui sono ubicate queste stazioni non possono necessariamente essere ritenute confrontabili con aree cittadine poste in altri quartieri.

I grafici seguenti riportano i dati per alcuni degli inquinanti monitorati.

In linea generale, si può evidenziare come a Firenze gli inquinanti che presentano criticità sono le Polveri Sottili (PM10) e il Biossido di Azoto (NO₂) che hanno come sorgenti principali di emissione il traffico e gli impianti termici.

A titolo di confronto si riportano il numero di superamenti di Firenze e la media relativa alle città di Bologna, Perugia e Verona, per l'anno 2013 e con riferimento a stazioni di fondo e di traffico.

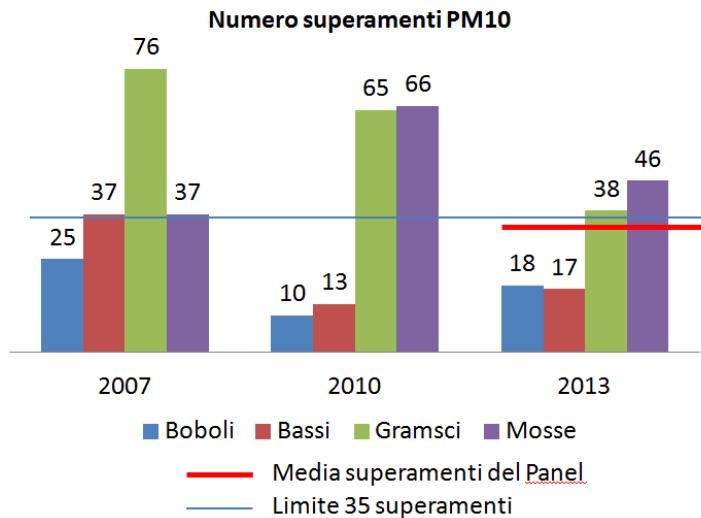


Figura 2.9 – Numero superamenti del valore medio giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10 per le stazioni di monitoraggio cittadine (2007; 2010; 2013) e confronto con la media superamenti del panel anno 2013 (Fonte: Elaborazioni su dati ISPRA – Qualità dell'Ambiente Urbano, X Rapporto)

Dall'analisi dei dati dei PM10 si può dedurre che non è stato rispettato il limite dei 35 superamenti – numero massimo consentito dalla legge – per le stazioni di traffico Gramsci e Mosse, benché sembri esserci una tendenza a una riduzione del numero di tali superamenti.

Per quanto riguarda il biossido di azoto, è interessante osservare come il limite dei 18 superamenti – numero massimo consentito dalla legge – sia stato superato solo nel 2010, con una successiva diminuzione negli ultimi anni.

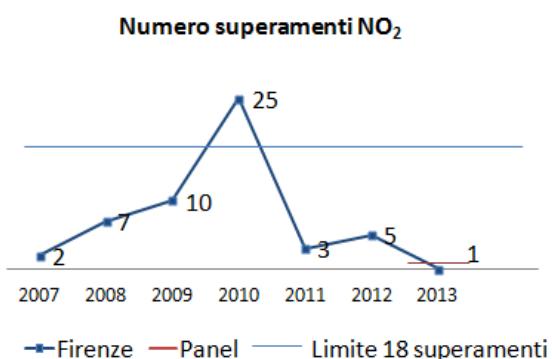


Figura 2.10 – Numero superamenti della media oraria di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di NO₂ per le stazioni di monitoraggio cittadine (dal 2007 al 2013) e confronto con la media superamenti del panel, anno 2013 (Fonte: Elaborazioni su dati ISPRA – Qualità dell'Ambiente Urbano, X Rapporto)

2.6 Le azioni verso la sostenibilità energetica e ambientale

Da diversi anni la Città di Firenze è attiva nella definizione del proprio sviluppo nel quadro generale della sostenibilità e, in particolare, dell'*efficientamento energetico* nei settori di maggiore sensibilità, quali l'edilizia e i trasporti. In tale quadro si inseriscono con forza gli strumenti di pianificazione elaborati ultimamente, a partire dal Piano Strutturale, approvato nel 2011, e dal Regolamento Urbanistico, adottato nel 2014.

Il **Piano Strutturale**, applicando il principio “volumi zero”, privilegia la trasformazione delle aree degradate o dismesse anche attraverso l’attivazione di modalità perequative, limitando al massimo il nuovo uso di suolo. La riqualificazione del patrimonio edilizio esistente deve essere svolta all’insegna del risparmio energetico, con la realizzazione di edifici caratterizzati da elevate prestazioni in termini di efficienza energetica e di benessere, integrazione e uso razionale in ambito urbano di fonti energetiche rinnovabili.

Il **Regolamento Urbanistico**, quale strumento operativo del Piano Strutturale, promuove interventi di ordinaria trasformazione a condizione che venga raggiunto un più alto grado di efficienza energetica rispetto a quello minimo richiesto dalla vigente normativa.

Sul fronte della *mobilità*, il Piano Strutturale si è posto l’obiettivo di garantire un sistema articolato in diverse modalità di trasporto orientate al contenimento complessivo e locale degli impatti generati dai mezzi di trasporto. Il Piano si fonda su un insieme di interventi che assegnano al trasporto pubblico (ferrovie, tramvie, autobus) il ruolo di penetrazione verso il centro e di collegamento bipolare fra il centro storico e le aree cittadine e metropolitane a maggiore domanda di spostamento; la funzione del trasporto privato viene invece spostata ad una funzione prevalentemente di ripartizione tangenziale degli spostamenti, riconducendo la gran parte degli spostamenti con auto privata in aree più esterne rispetto alla città consolidata e su nuove infrastrutture dedicate. Un altro elemento cardine del piano è la riorganizzazione dell’uso degli spazi stradali esistenti, orientata alla creazione di percorsi dedicati alle componenti virtuose del trasporto: il trasporto pubblico, la mobilità ciclabile e pedonale.

Parallelamente, in coerenza con i suddetti piani e nell’ambito del quadro normativo emanato dalla Regione Toscana, il Piano d’Azione Comunale per il risanamento della *qualità dell’aria* definisce gli interventi per la riduzione delle emissioni inquinanti nel campo della mobilità e nel settore del condizionamento degli edifici. Prevede, inoltre, interventi per l’educazione ambientale e il miglioramento dell’informazione al pubblico.

Nel contesto pianificatorio indicato si inserisce l’adesione del Comune di Firenze, con deliberazione del Consiglio Comunale n. 2010/C/0008, al **“Patto dei Sindaci”**, l’iniziativa promossa dalla Commissione Europea nel 2008 al fine di coinvolgere i comuni e i territori europei in un percorso virtuoso di sostenibilità energetica e ambientale. Il Patto dei Sindaci è un’iniziativa di tipo volontario che impegna gli aderenti a ridurre le proprie emissioni di CO₂ di almeno il 20% entro il 2020, rispetto a un anno di riferimento, attraverso lo sviluppo di politiche locali che stimolino il risparmio energetico e aumentino il ricorso alle fonti di energia rinnovabile.

Come noto, negli ultimi anni le problematiche riguardanti la gestione delle risorse energetiche hanno assunto una posizione centrale nel merito dello sviluppo sostenibile. Da un lato, l’energia è una componente essenziale dello sviluppo, dall’altro l’impiego dei combustibili fossili (petrolio, gas naturale, carbone) è responsabile di una parte importante degli effetti negativi delle attività umane sull’ambiente e sulla stabilità del clima a causa delle emissioni dei cosiddetti gas climalteranti (soprattutto l’anidride carbonica - CO₂). Le emissioni di gas climalteranti sono quindi un indicatore d’impatto ambientale del sistema di trasformazione e uso dell’energia e molte politiche europee e internazionali che sono state approvate negli ultimi anni fanno riferimento alla loro riduzione. Al fine di tradurre il proprio impegno politico in misure e progetti concreti, i firmatari del Patto si impegnano a preparare un **Piano d’Azione per**

l'Energia Sostenibile, un documento di programmazione energetica nel quale sono delineate le azioni principali che essi intendono avviare per raggiungere gli obiettivi assunti e individuati gli strumenti di attuazione delle stesse.

Il Comune di Firenze ha approvato il proprio Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile con deliberazione del Consiglio Comunale n. 2011/C/00048 del 25 luglio 2011. Il Piano è strutturato secondo linee di intervento rivolte con priorità alla razionalizzazione della domanda prima ancora che alla ristrutturazione dell'offerta o produzione di energia: per questo la valutazione dettagliata e precisa della domanda di consumo è stata fondamentale per la definizione delle strategie di contenimento e riduzione. Come anno di riferimento è stato scelto il 2005. Le emissioni complessive del territorio comunale nel 2005 risultano essere pari a circa 2,5 Mt di anidride carbonica. La suddivisione settoriale delle emissioni al 2005 è rappresentata dal seguente grafico.

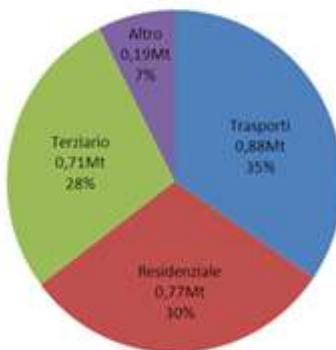


Figura 2.11 – Ripartizione emissioni CO₂ per settore, anno 2005 (Fonte: Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile del Comune di Firenze)

Ciò comporta un obiettivo di riduzione minima, al 2020, di 0,5 Mt. In corrispondenza del peso dei diversi settori, le ipotesi di riduzione delle emissioni di CO₂ al 2020 risultano essere per il 50,3% nel settore dei trasporti, per il 41,2% nel settore residenziale e per il 6,6% nel settore del terziario.

3. I POTENZIALI INTERVENTI DI EFFICIENZA ENERGETICA PER FIRENZE

3.1 La metodologia di analisi

Le possibilità di affermazione e di sviluppo di scenari caratterizzati da una spinta verso l'efficienza energetica in un contesto urbano dipendono dalla combinazione di numerosi fattori quali, tra gli altri, le tecnologie (maturità tecnologica, maturità del mercato, costi), la consapevolezza da parte degli utenti finali, le abitudini di questi ultimi, le politiche pubbliche di supporto.

Gli ambiti nei quali si possono esprimere potenziali di efficientamento energetico sono numerosi. L'analisi realizzata in questa sede si è orientata verso la scelta di tecnologie utili a soddisfare i bisogni dei cittadini sia nel contesto domestico che nell'ambito dei loro spostamenti a livello urbano. Gli interventi selezionati sono caratterizzati da un impiego potenziale molto diffuso che implica un coinvolgimento di una catena di soggetti che va dalle istituzioni, ai produttori, agli installatori, agli utenti finali.

In particolare, si sono considerati interventi di efficientamento energetico e di produzione da fonti energetiche rinnovabili relativi all'utenza diffusa riguardante il settore domestico e la mobilità, settori che, come visto in precedenza, costituiscono le principali componenti del bilancio energetico cittadino.

Una volta scelti gli ambiti d'azione, la metodologia di analisi si è sviluppata secondo le seguenti fasi:

- è stata ricostruita una fotografia dello stato attuale delle tecnologie da sostituire considerando, in generale, sia i numeri in gioco che le loro caratteristiche prestazionali e di vetustà;
- si sono realizzate ipotesi sulle possibilità di penetrazione delle tecnologie efficienti, sia in sostituzione delle tecnologie attualmente utilizzate sia in aggiunta a queste. Le ipotesi si basano su diversi elementi quali i trend attuali di penetrazione, la messa a punto di strumenti di sostegno a livello nazionale, la spinta apportata dall'amministrazione comunale per adempiere a determinati obiettivi di programmazione, l'evolversi dei costi di acquisizione e, più in generale, del mercato, la tipologia edilizia e la presenza di eventuali vincoli all'installazione.

3.2 Le tecnologie

Le tecnologie considerate riguardano i seguenti ambiti:

- Il riscaldamento degli ambienti
- La produzione di acqua calda sanitaria
- La cottura dei cibi
- La produzione di energia elettrica
- La mobilità elettrica

Nel seguito si descrivono, per ognuno dei suddetti ambiti, le tecnologie considerate.

3.2.1 Il riscaldamento degli ambienti

Caldaia a condensazione

Principali caratteristiche: si tratta di una tecnologia che sfrutta il calore latente contenuto nei gas di scarico; questa caratteristica progettuale conferisce alla caldaia a condensazione una maggiore efficienza rispetto a quella tradizionale

Benefici energetici: permette di risparmiare in media il 20% rispetto ad una convenzionale⁵



Benefici economici: considerando che una famiglia tipo con riscaldamento autonomo e caldaia tradizionale consuma circa 1400 Smc l'anno per una spesa di 1160€ (stime AEEG), il risparmio in bolletta può arrivare a 200€ l'anno

Benefici ambientali: la caldaia a condensazione porta inoltre un risparmio in termini di inquinamento locale, in particolare per le emissioni di CO₂ e NOx rispetto a quelle della caldaia convenzionale

Incentivi:

- detrazione fiscale per efficientamento (attualmente il 65% fino al 31/12/2015)⁶

Climatizzatore a pompa di calore

Principali caratteristiche: si tratta di una tecnologia capace assolvere sia alla funzione di raffreddamento degli ambienti sia alla produzione di energia termica per il riscaldamento



Benefici energetici: il vantaggio nell'uso della pompa di calore è rappresentato dalla sua alta efficienza: questa tecnologia in riscaldamento può dimezzare i consumi di energia primaria rispetto a una caldaia.

Benefici economici: ad oggi i benefici economici della pompa di calore sono strettamente legati alla tariffa elettrica ed alla sua progressività. La tariffa D1,⁷ introdotta dal 1 luglio 2014 dall'AEEG, permette di eliminare gli svantaggi legati alla progressività delle tariffe D2 e D3 in quanto garantisce un costo marginale costante all'aumentare dei consumi

Benefici ambientali: emissioni inquinanti locali pari a zero; le uniche emissioni sono legate alla produzione di energia elettrica che beneficia di elevati standard ambientali del parco produttivo italiano

Incentivi:

- detrazione fiscale per efficientamento (attualmente il 65% fino al 31/12/2015)⁸
- Conto Energia Termico⁹

⁵ Secondo uno studio dell'Energy Strategy Group del Politecnico di Milano, una caldaia a condensazione permette di risparmiare in media il 20% rispetto ad una convenzionale

⁶ Se rispettate determinate condizioni

⁷ riservata ai clienti domestici con tariffa residente che riscaldano la propria casa utilizzando esclusivamente una pompa di calore elettrica.

⁸ Se rispettate determinate condizioni

⁹ Se rispettate determinate condizioni

3.2.2 Il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria

Solare termico

Principali caratteristiche: si tratta di un dispositivo che permette di trasformare l'energia solare in energia termica, sotto forma di acqua calda per usi sanitari o per riscaldamento ambienti. L'energia solare viene raccolta dai collettori e trasferita ad un fluido termovettore che, circolando poi all'interno di un circuito, trasferisce il calore all'interno di un sistema di accumulo.



Benefici energetici: permette di coprire buona parte del fabbisogno di acqua calda sanitaria di un'abitazione (80% circa), riducendo sensibilmente i consumi di energia elettrica nel caso di appartamento con boiler, o di gas nel caso appartamento con caldaia

Benefici economici: se integrato ad una caldaia a gas, per una famiglia di quattro persone permette di ridurre i consumi di gas fino a 200 euro all'anno. Se integrato con boiler elettrico, il risparmio annuale sulla bolletta di energia elettrica può arrivare oltre 600 euro annui

Benefici ambientali: produce energia termica senza emissioni di CO₂ ed inquinamento locale

Incentivi:

- detrazione fiscale per efficientamento (attualmente il 65% fino al 31/12/2015)
- Conto Energia Termico
- Certificati bianchi

Scaldacqua a Pompa di calore

Principali caratteristiche: si tratta di una tecnologia che, sfruttando il principio di funzionamento della pompa di calore, riscalda l'acqua per uso sanitario utilizzando il calore dell'aria



Benefici energetici: permette di risparmiare 2/3 di energia elettrica rispetto agli stessi consumi di ACS effettuati con un boiler elettrico

Benefici economici: per una famiglia di quattro persone, sostituire la caldaia tradizionale con una pompa di calore ACS può portare ad un risparmio di gas di circa 200 euro all'anno. Se invece lo scaldacqua a pompa di calore sostituisce un boiler elettrico si può arrivare ad una riduzione annua dei consumi di energia elettrica di circa 600 euro¹⁰

Benefici ambientali: nessun inquinamento locale

Incentivi:

- detrazione fiscale per efficientamento (attualmente il 65% fino al 31/12/2015)
- Conto Energia Termico

¹⁰ Ipotesi fabbisogno di ACS pari a 2100 kWh/anno, coperto con un boiler elettrico di efficienza pari a 0,85 – consumi elettrici (escluso boiler) di 2500 kWh/anno con tariffa D2 – efficienza dello scaldacqua a pdc pari a 3,25

3.2.3 La cottura dei cibi

Cucina ad induzione

Principali caratteristiche: è costituita da un piano di appoggio in vetroceramica al di sotto del quale si trovano bobine attraverso le quali scorre una corrente alternata a bassa frequenza che genera un campo magnetico



Benefici energetici: le cucine a induzione hanno rendimenti elevati, attorno al 90/95%, circa il doppio rispetto alle tradizionali cucine a gas. Ciò consente di impiegare generalmente meno tempo per la cottura

Benefici economici: risparmio di gas utilizzato per la cottura dei cibi

Benefici ambientali: assenza di inquinamento domestico dovuto alle sostanze generate dal processo di combustione

3.2.4 La produzione di energia elettrica

Solare Fotovoltaico

Principali caratteristiche:

impianto composto da moduli fotovoltaici, inverter ed altri componenti tecnici che, sfruttando l'energia solare, consentono di produrre energia elettrica e fornirla all'utenza collegata oltre che immetterla nella rete di distribuzione



Benefici energetici ed economici:

l'autoconsumo di energia elettrica con pannelli fotovoltaici permette di ridurre in maniera sensibile la bolletta elettrica, grazie a due meccanismi:

- **autoconsumo:** l'energia prodotta viene direttamente consumata in tempo reale. Per un cliente standard si stima che l'autoconsumo rappresenti circa il 25% dell'energia consumata.
- **scambio sul posto:** attraverso questo meccanismo, è possibile compensare l'energia elettrica prodotta con quella consumata anche in orari differenti, in modo da ottenere una riduzione sulla bolletta in quanto la quota di energia prelevata dalla rete viene pagata ad un prezzo inferiore.

Benefici ambientali: nessun inquinamento locale

Incentivi:

- detrazione fiscale per ristrutturazione (attualmente al 50% fino al 31/12/2015)

3.2.5 La mobilità elettrica

Bici a pedalata assistita

Principali caratteristiche: bicicletta dotata di motore elettrico ausiliario con autonomia fino a 150 km, che consente di compiere distanze significative e superare dislivelli impegnativi senza fatica



Benefici energetici ed economici: mentre 1 euro permette a uno scooter 50cc di percorrere 15-20 km, con la bici elettrica si percorrono oltre 250 km (ovvero, con il costo equivalente ad 1 litro di benzina si riescono a percorrere con una bici elettrica oltre 500 km)

Benefici ambientali: utilizzando la bici elettrica invece dell'auto, non vi sono emissioni inquinanti e, in un anno, si possono evitare circa 150 kg di CO₂

L'automobile elettrica

Principali caratteristiche: esistono due grandi famiglie di auto elettriche:



- Plug-in Electric Vehicles (PEV) dotate di accumuli elettrochimici ricaricabili che forniscono forza motrice, senza la presenza a bordo di generatori di elettricità;
- Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEV) dotate di accumuli elettrochimici che forniscono forza motrice al veicolo, che possono essere ricaricati o tramite un motore a combustione interna o tramite una fonte elettrica esterna.

Benefici energetici: il veicolo elettrico è energeticamente più conveniente delle tipologie di veicoli tradizionali in quanto richiede molta meno energia a parità di chilometri percorsi

Benefici economici: con l'uso dell'auto elettrica si possono risparmiare i costi per carburante e bollo di un'automobile tradizionale che, mediamente, in Italia si aggirano intorno ai 1.300 € all'anno

Benefici ambientali: utilizzando l'auto elettrica invece della tradizionale, si può evitare l'emissione di circa 1000 kg di CO₂ all'anno per un percorso di 10.000 km

3.3 La mappatura del territorio comunale

Il passaggio dalla valutazione del vantaggio energetico e ambientale della singola tecnologia all'identificazione dei benefici complessivi per una contesto urbano complesso come quello fiorentino, implica la necessità di svolgere alcune valutazioni preliminari sulla possibilità di applicazione di tali tecnologie nel contesto medesimo.

In considerazione delle tecnologie prese in esame, sono stati svolti alcuni approfondimenti riguardanti le caratteristiche dell'edilizia esistente e degli impianti ad essa funzionali.

Parallelamente, si è considerata anche l'ubicazione dei singoli edifici sul territorio comunale, in modo da valutare eventuali vincoli di installazione che possano limitare il potenziale di installabilità delle tecnologie ad efficienza energetica.

3.3.1 Classificazione autorizzativa

E' stata effettuata una mappatura del territorio comunale in merito al permitting e, in particolare, alle prescrizioni vigenti che interessano le installazioni di:

- pannelli solari termici
- pannelli fotovoltaici
- pompe di calore
- caldaie a condensazione

L'analisi del Regolamento Edilizio e delle Norme Tecniche di Attuazione ha portato all'individuazione di **tre aree** al loro interno omogenee dal punto di vista delle **prescrizioni** gravanti; si possono assegnare di conseguenza tre livelli di potenziale di installabilità:

- **BASSO POTENZIALE: zona viola** – comprende l'ambito del nucleo storico (zona A), che individua l'area interessata da prescrizione per gli impianti fotovoltaici quali la richiesta di tegole fotovoltaiche e l'ambito dei centri storici minori/borghi storici dove non è consentito installare pannelli solari e fotovoltaici
- **MEDIO POTENZIALE: zona verde chiaro** (limitrofa al centro storico), che individua l'area dove è presente l'obbligo di integrazione totale dei pannelli solari e fotovoltaici nelle falde del tetto
- **ALTO POTENZIALE: zona verde scuro** (aree rimanenti), dove gli impianti solari e gli impianti fotovoltaici possono essere installati senza obbligo di integrazione nelle falde del tetto

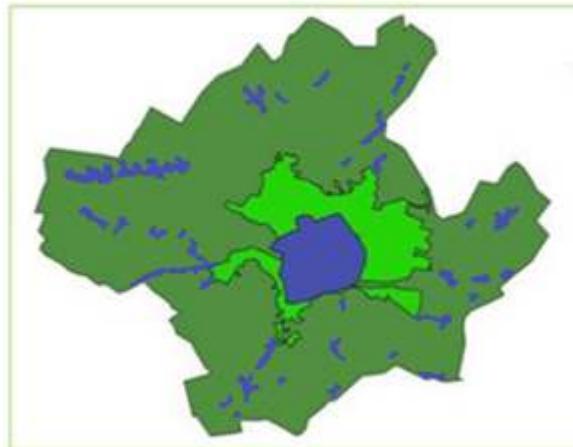


Figura 3.1 – Aree cittadine soggette ad alto, medio e basso potenziale di installazione (Fonte: elaborazione su dati Comune di Firenze)

L'individuazione delle **tre macro aree** ha permesso di verificare quali sono le limitazioni dettate dagli strumenti urbanistici che vanno ad incidere in modo significativo sulle possibilità di installazione delle tecnologie ad efficienza energetica, in particolare la zona del centro storico.

Oltre alle prescrizioni specifiche delle tre macro zone, sono state individuate **altre prescrizioni vigenti su tutto il territorio comunale: il divieto di installare in facciata principale l'unità esterna delle pompe di calore ed il divieto di installare impianti Solari Termici con serbatoio di accumulo**. Queste prescrizioni devono essere rispettate indipendentemente dall'area individuata; si è tenuto conto anche di questo fattore per stimare un numero oggettivo di installazioni potenziali.

La mappa ottenuta con l'individuazione delle tre macro aree è stata incrociata con quella dei **5 quartieri amministrativi** del Comune di Firenze: Centro Storico, Rifredi, Campo di Marte, Gavinana-Galluzzo, Isolotto-Legnaia. La sovrapposizione con la mappa dei quartieri amministrativi è stata realizzata al fine di individuare aree che siano conosciute e note per la città di Firenze e che rappresentino un numero limitato di zone, con superfici non eccessivamente ridotte; il caso dei cinque quartieri rappresentava quello più funzionale ed adatto allo scopo.

Il risultato della sovrapposizione è una mappa del territorio comunale che individua, per ciascun quartiere, le porzioni di territorio ricadenti in area 'Basso potenziale', area 'Medio potenziale' ed 'Alto potenziale', in modo da rendere facilmente riconoscibile la suddivisione del Comune ed immediata la caratterizzazione dal punto di vista del permitting.

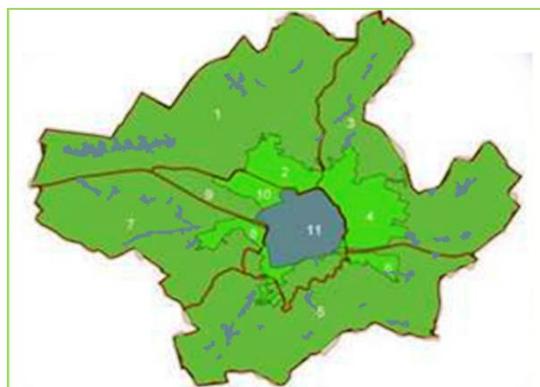


Figura 3.2 – Sovrapposizione dei quartieri cittadini alle aree omogenee per il potenziale installativo (Fonte: elaborazione su dati Comune di Firenze)

Questa mappa è stata utilizzata per le analisi delle potenziali installazioni realizzabili nei quartieri del Comune di Firenze e stimare di conseguenza i relativi benefici derivanti.

I grafici seguenti riportano, per ogni quartiere, le percentuali di area caratterizzate da un determinato potenziale di installazione.

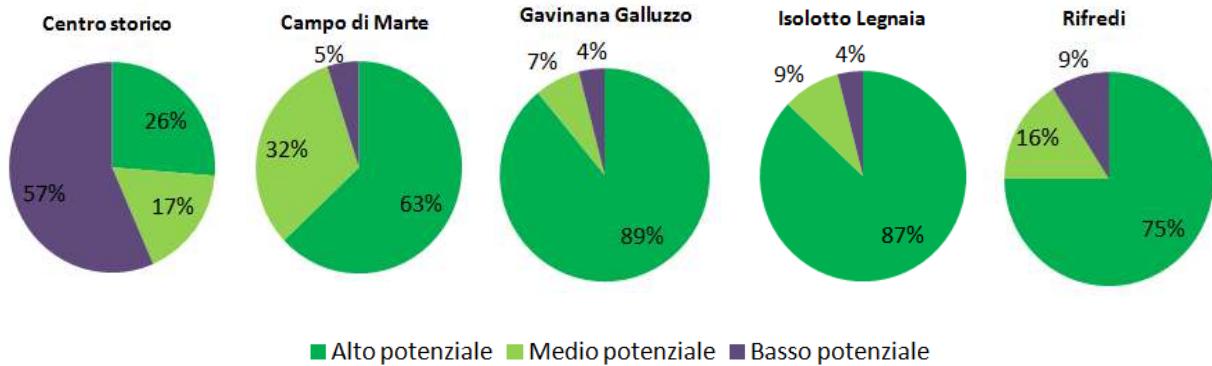


Figura 3.3 – Potenziale installativo per ciascun quartiere cittadino (Fonte: elaborazione su dati Comune di Firenze)

Resta inteso che, sempre in tema permitting, nel territorio comunale sono presenti vari **vincoli paesaggistici** a seconda della zona e del singolo edificio - vincoli per i quali, al fine dell'installazione di alcune delle tecnologie elencate, è necessario chiedere l'autorizzazione paesaggistica alla Soprintendenza.

Tuttavia l'aspetto della vincolistica non influisce in modo consistente sulla percentuale di potenziali installazioni delle tecnologie e non costituisce un fattore capace di 'limitare' l'installabilità diffusa sul territorio comunale; la mappatura dunque tiene in considerazione soltanto i criteri di prescrizione sopra indicati.

Applicativo Map for Efficiency Permitting

La mappatura permitting di Firenze presentata in questo studio è basata sulle elaborazioni contenute nell'applicativo **MEP (Map for Efficiency Permitting)**, un database cartografico interattivo realizzato da Enel Energia dove è possibile trovare le procedure, le prescrizioni e la modulistica necessarie per l'installazione delle tecnologie ad efficienza energetica a livello territoriale. Queste informazioni sono state desunte dai principali documenti ufficiali: Piano Paesaggistico Regionale, Piano Regolatore Comunale, Regolamento Edilizio Comunale, Sistema Informativo Territoriale (SIT), Elenchi del MiBAC; ad oggi oltre a Firenze sono stati mappati oltre 40 tra i principali comuni italiani.

Inserendo nel sistema un indirizzo di interesse è possibile individuare, a livello di edificio, quali procedure occorrono per l'installazione delle tecnologie Solare Termico, Fotovoltaico, Pompa di calore e Caldaia a condensazione¹¹, oltre a verificare la presenza di vincoli paesaggistici, divieti di installazione e prescrizioni nelle varie aree.

Di seguito riportiamo le mappe di Firenze estratte da MEP che individuano le aree su cui ricade un vincolo paesaggistico e le aree invece non interessate da tale vincolo.

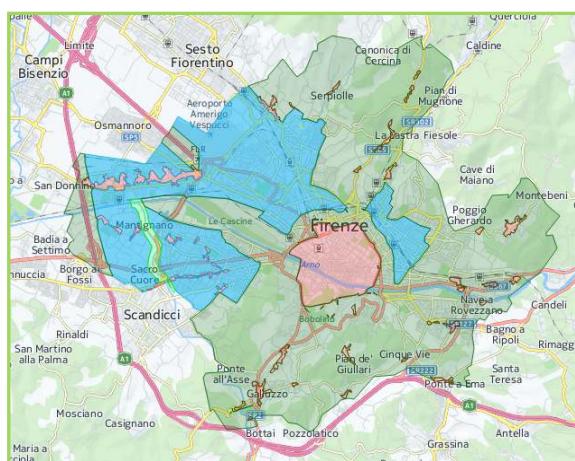


Fig. Area azzurra – nessun vincolo paesaggistico

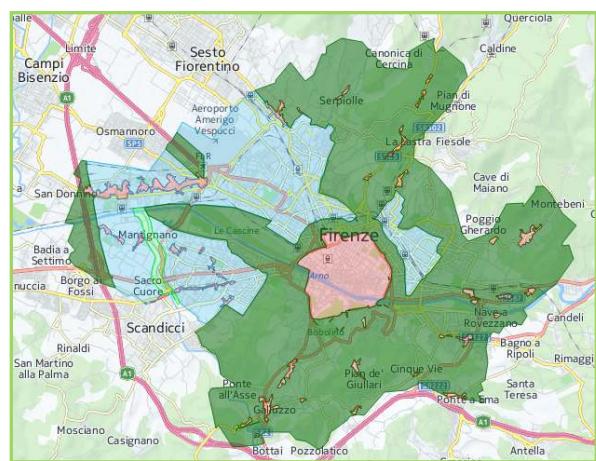


Fig. Area verde – presenza di vincolo paesaggistico

L'applicativo MEP può essere un utile strumento di consultazione sia per addetti ai lavori sia per cittadini interessati a verificare in tempo reale ed in modo semplice le possibilità di installazione per la propria abitazione. Attualmente sono in definizione vari progetti legati all'utilizzo di MEP, tra cui collaborazioni con Amministrazioni Comunali per rendere disponibile il sistema alla cittadinanza e svilupparne le potenzialità.

¹¹ In relazione ai prodotti presenti attualmente nell'offerta commerciale di Enel Energia.

3.3.2 La situazione attuale

La ricostruzione della situazione attuale è stata svolta valutando le tecnologie presenti sul territorio comunale negli ambiti di interesse:

- La climatizzazione degli ambienti
- La produzione di acqua calda sanitaria
- La cottura dei cibi
- La produzione di energia elettrica
- La mobilità elettrica

3.3.2.1 Caldaie a condensazione e pompe di calore split per la climatizzazione ambienti

Nel territorio del comune di Firenze risultano installate circa 170.000 caldaie, per la maggior parte costituite da caldaie individuali, cioè adibite alle funzioni di singole unità abitative. La rimanente quota è costituita da caldaie di dimensione maggiori, adibite a riscaldamento centralizzato oppure a edifici non di carattere residenziale.

Limitandosi al settore residenziale, i dati del censimento della popolazione e delle abitazioni del 2011 indicano la presenza di circa 115.000 appartamenti serviti da impianti autonomi e 45.000 appartamenti serviti da impianti centralizzati. Il gas naturale è il combustibile di gran lunga più utilizzato (96% delle abitazioni), mentre solo una quota minoritaria delle abitazioni è servita da gasolio. Esistono poi alcune migliaia di appartamenti il cui riscaldamento è garantito da altri tipi di apparecchi, fissi o mobili (stufe a legna, elettriche, a GPL, ecc.).

Stimando la presenza di caldaie autonome a livello di quartiere, si nota una maggior presenza percentuale nel centro storico.

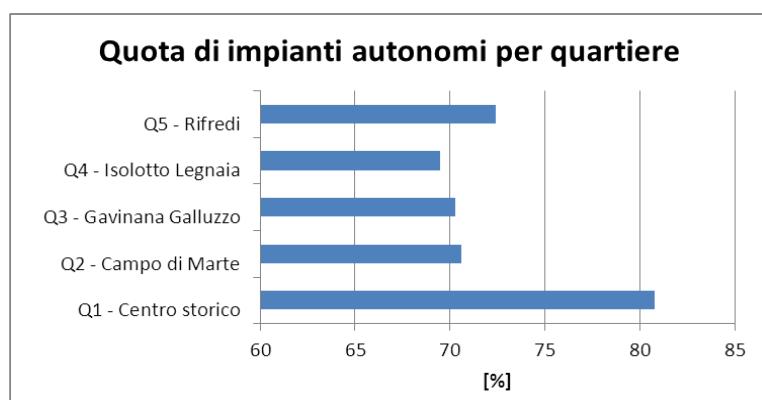


Figura 3.4 – Percentuali di impianti autonomi presenti in ciascun quartiere
(Fonte: Elaborazioni su dati ISTAT)

La suddetta ripartizione consente di ottenere una stima della distribuzione numerica delle caldaie autonome per singolo quartiere.

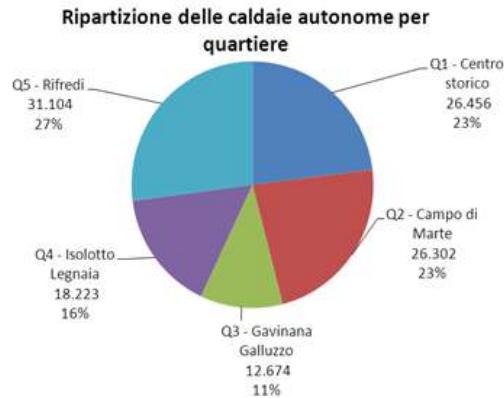


Figura 3.5 – Totali impianti autonomi presenti in ciascun quartiere (Fonte: Elaborazioni su dati ISTAT)

Durante i primi sei anni (2007 – 2012) di attivazione dell'incentivo fiscale di detrazione del 55% (attualmente 65%) per la sostituzione di vecchie caldaie con caldaie a condensazione, in Toscana si è registrato un numero complessivo di richieste pari a 36.000. Se si riporta questo numero a livello della città di Firenze, sulla base del numero di abitazioni, risulta che ultimamente sono state installate circa 3.500 caldaie a condensazione attraverso tale incentivo.

Sulla base delle informazioni ricavate dalla banca dati degli impianti termici, è possibile estrapolare la distribuzione della loro età secondo l'andamento riportato nel seguente grafico. Tale andamento è riferito all'anno 2012.

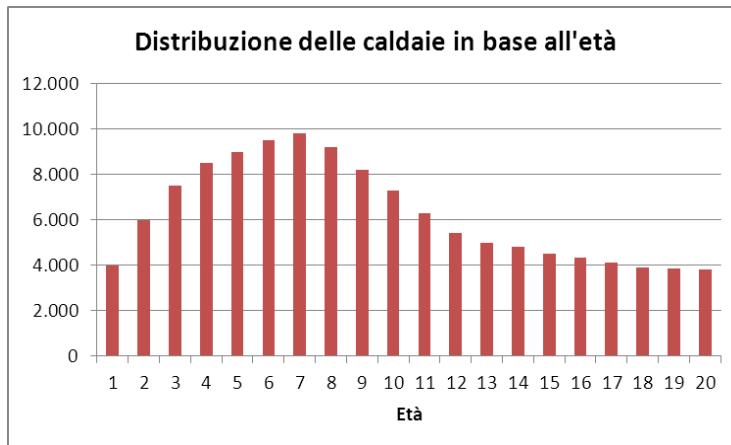


Figura 3.6 – Ripartizione impianti autonomi cittadini per età riferita all'anno 2012 (Fonte: Elaborazioni su dati da Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile)

L'andamento risulta dalla combinazione tra la sostituzione di vecchi impianti e l'aggiunta di nuovi impianti, più intensa negli anni scorsi a seguito del completamento della metanizzazione.

Gli impianti di condizionamento estivo presenti a Firenze, stando al censimento del 2011, sono circa 49.000. Una abitazione su tre, quindi, è dotata di questo servizio.

3.3.2.2 Solare termico e pompe di calore ACS

L'installazione di impianti solari termici risente sia degli aspetti tecnici sia degli aspetti vincolistici. Da un punto di vista tecnico, il primo aspetto da considerare è la disponibilità di una adeguata superficie (generalmente di copertura) a servizio dell'abitazione interessata. Ciò limita generalmente la possibilità di installazione in condomini di dimensione medio – grande, dove la possibilità di disporre di una porzione di copertura ad uso di una abitazione è generalmente di più difficile soluzione. Da tenere presente, in questo caso, anche la maggiore difficoltà di effettuare i necessari collegamenti tra l'impianto solare e il sistema idraulico del singolo appartamento.

Gli impianti solari hanno quindi maggiore probabilità di essere installati su edifici di limitate dimensioni, nei quali il numero di abitazioni è molto basso (al limite, un'unica unità) o dove la disponibilità della copertura è elevata (case a schiera). Per la città di Firenze si considerano gli edifici costituiti da 1 o 2 piani. Questi sono costituiti da circa 58.000 appartamenti occupati, cioè circa un terzo del totale degli appartamenti occupati. In totale, il 54% delle abitazioni individuate (31.221 abitazioni) potrebbero potenzialmente essere fornite di impianto solare senza vincoli di installazione generali, il 37% (21.395 abitazioni) può ospitare un impianto integrato e il 10% (5.558 edifici) non può ospitare impianti.

La ripartizione sul territorio cittadino di tali appartamenti è piuttosto differenziata e ancor più differenziata risulta la ripartizione quando si considerino i livelli di vincolo. Come si vede dal seguente grafico, vi è una certa differenziazione tra i diversi quartieri in merito alla percentuale delle abitazioni che potrebbero ospitare impianti solari sul totale delle abitazioni presenti nel quartiere stesso, (aventi le caratteristiche dimensionali definite dal suddetto criterio, e suddivise in base al livello di vincolo). Si noti come, nei quartieri Centro Storico e Campo di Marte sia maggiore la percentuale di abitazioni sottoposte a prescrizione di installazione di impianti integrati (medio potenziale) rispetto alle abitazioni per le quali non vi sono prescrizioni particolari (alto potenziale). Il rapporto si inverte negli altri tre quartieri.

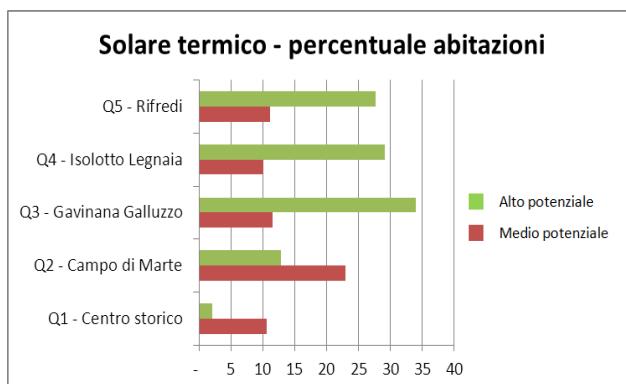


Figura 3.7 – Percentuali delle abitazioni con caratteristiche favorevoli all'installazione di impianti solari, per singolo quartiere e suddivise tra alto potenziale e medio potenziale
(Fonte: Elaborazioni su dati ISTAT)

Per stimare quanti siano attualmente gli impianti solari termici ad uso residenziale presenti a Firenze, si è ipotizzato che questi siano stati installati essenzialmente a seguito degli specifici incentivi riguardanti le detrazioni fiscali, incentivi attivati a partire dal 2007. Dalle informazioni disponibili a livello regionale, si può desumere una media di installazioni pari a poco più di 2000 ogni anno. Ciò porterebbe a circa 17.000 il numero di impianti installati al 2014 nell'intera regione Toscana. Considerando, come indicato in precedenza, che le abitazioni maggiormente interessate a tali installazioni siano quelle inserite in edifici di 1-2 piani, dal rapporto tra il numero di abitazioni di questa tipologia presente a Firenze con quello presente nell'intera regione, si desume un numero di impianti solari termici attualmente installati in città

pari a circa 400. Nel calcolo si è ipotizzato che la probabilità di installazione in abitazioni caratterizzate dalla prescrizione di impianti integrati sia ridotta alla metà rispetto ad abitazioni prive di vincolo.

Le pompe di calore ACS possono, come gli impianti solari, integrarsi a impianti tradizionali di riscaldamento, oppure sostituire impianti a uso esclusivo per ACS. A Firenze ci sono circa 40.000 abitazioni con impianti per sola ACS, la cui acqua calda sanitaria, cioè, è prodotta da impianti non abbinati all'impianto di riscaldamento. Si ritiene verosimilmente che la quota principale di tali impianti funzioni con energia elettrica. In particolare. Si stima che tale quota ammonti al 75%, portando quindi a 30.000 il numero di boiler elettrici attualmente presenti nel territorio comunale.

3.3.2.3 Cucina ad induzione

Il mercato delle cucine a induzione negli ultimi anni è in crescita in Italia. Attualmente si stima¹² una penetrazione pari al 5%. Trasferendo questa stessa percentuale al contesto fiorentino, in termini numerici ciò indica la presenza di circa 10.000 cucine a induzione.

3.3.2.4 Impianti fotovoltaici

Gli incentivi del conto energia hanno stimolato, nel Comune di Firenze, l'installazione di 280 impianti fotovoltaici per una potenza complessiva di circa 4 MW. Sono 200 gli impianti di potenza inferiore ai 6 kW. Questi sono, con alta probabilità, a servizio di una singola abitazione.

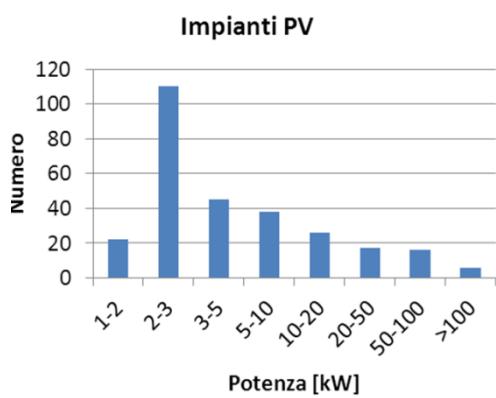


Figura 3.8 – Impianti fotovoltaici installati a Firenze a fine 2014 (Fonte: Elaborazioni su dati GSE)

¹² A. Guerini – CECED, “Elettrodomestici smart, cucina a induzione, climatizzazione con pompa di calore: stato dell’arte tecnologico”, Smart Building 3.0. L’intelligenza e l’efficienza dell’edificio ‘Tutto elettrico’ – SolarExpo The Innovation Cloud, 8 Maggio 2014

Nel periodo post conto energia, a partire da luglio 2013 e fino a fine 2014, si stima che in Italia siano stati installati ulteriori 75.000 impianti a livello residenziale. Utilizzando la stessa proporzione intercorsa durante il periodo di incentivo tra impianti installati a livello cittadino e impianti installati a livello nazionale, tra metà 2013 e fine 2014 nella città di Firenze si può stimare un installato di una cinquantina di impianti ad uso domestico. Ciò porta il numero totale di impianti domestici installati a circa 250 unità.

Anche per gli impianti solari fotovoltaici, come per quelli termici, è maggiore il potenziale di installazione in abitazioni in edifici di 1 o 2 piani, tenendo presente le aree a vincolo. In termini numerici, valgono quindi le considerazioni già fatte in precedenza.

3.3.2.5 Bicicletta a pedalata assistita e automobile elettrica

La mobilità, come visto in precedenza, è uno dei settori più critici nella città di Firenze. Oltre ad essere generata dai residenti, è notevolmente influenzata da un grande numero di pendolari che, per motivi di studio o lavoro, si recano quotidianamente in città, oltre che dalla notevole componente legata al turismo.

E' però vero che le tendenze degli ultimi anni indicano un orientamento verso un processo di maggior sostenibilità nelle modalità di muoversi in città.

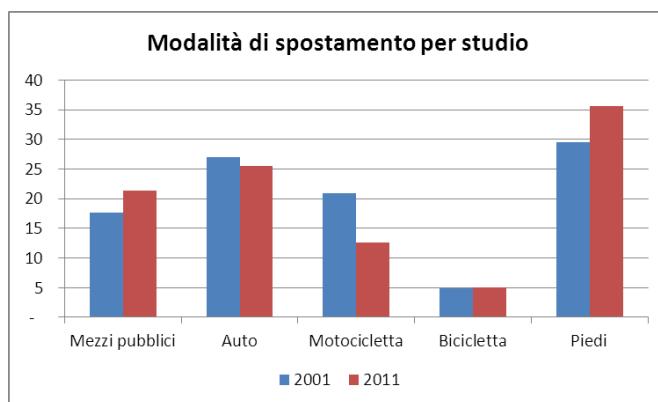


Figura 3.9 – Evoluzione degli spostamenti (%) di cittadini dal 2001 al 2011 per motivi di studio (Fonte: Elaborazioni su dati ISTAT)

Gli spostamenti sistematici per lavoro e per studio dei residenti all'interno della città sono cambiati in dieci anni. Come indicato dai censimenti ISTAT 2001 e 2011, vi è una riduzione del mezzo privato motorizzato, sia questa l'automobile oppure la motocicletta. Viceversa c'è un generale aumento degli spostamenti effettuati con mezzo pubblico piuttosto che in bicicletta o a piedi. In particolare, risulta un incremento di oltre 5.000 persone che si spostano sistematicamente in bicicletta. Tale dato è in sintonia con quanto riportato nel PAES. Una più attenta lettura del fenomeno indica che in corrispondenza a questo incremento si è verificata una diminuzione dei motociclisti sulle distanze brevi (quelle percorse in meno di 15 minuti). Ciò mette in evidenza la competizione tra i due mezzi di trasporto e come, a Firenze, si stia assistendo ad una affermazione della bicicletta. Basti pensare che se nel 2001 il rapporto tra motociclisti e ciclisti era di 4 a 1, nel 2011 era di 2 a 1. Un'ulteriore analisi di confronto tra i due censimenti indica il notevole incremento della mobilità pedonale, anche su tempi di percorrenza oltre i 15 minuti. Ciò si verifica non solo per gli spostamenti casa/studio, ma anche per gli spostamenti casa/lavoro.

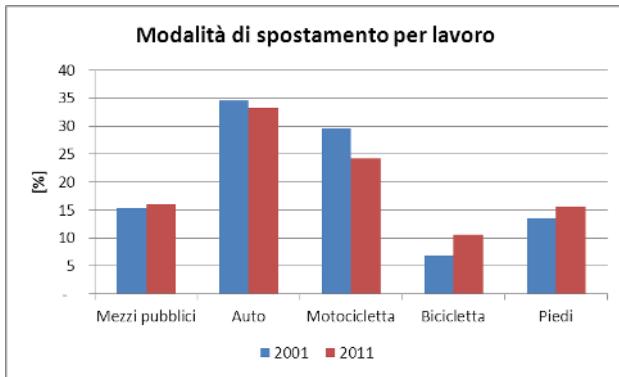


Figura 3.10 – Evoluzione degli spostamenti (%) cittadini dal 2001 al 2011 per motivi di lavoro (Fonte: Elaborazioni su dati ISTAT)

Tutto ciò indica una forte propensione della popolazione fiorentina a un diverso approccio, forse anche culturale, al tema delle modalità di spostamento. E' possibile che il tempo non sia più valutato, entro certi limiti, il principale fattore da prendere in considerazione nel merito degli spostamenti. A tale proposito è interessante sottolineare che molti spostamenti in auto per motivi di lavoro avvengono anche in concomitanza con l'accompagnamento a scuola dei figli. Il notevole incremento degli spostamenti a piedi da parte degli studenti che in, precedenza, venivano accompagnati a scuola in auto dai genitori, incrementa a sua volta la possibilità che il genitore usufruisca della bicicletta per il suo spostamento.

Per quanto riguarda le biciclette a pedalata assistita, è possibile fare una stima dell'attuale utilizzo a livello cittadino a partire dal dato nazionale. A livello nazionale si può stimare la presenza di oltre 200.000 biciclette a pedalata assistita, derivanti da vendite annuali che, ultimamente, hanno superato le 50.000 unità. Confrontando il livello di impiego della bicicletta per spostamenti sistematici a Firenze e in Italia come indicatore dell'uso complessivo di questo mezzo, risulta che in città siano in circolazione oltre 3.000 biciclette a pedalata assistita. Si stima che solo una quota di queste biciclette venga utilizzata sistematicamente in sostituzione di altri mezzi di trasporto.

E' interessante sottolineare che il parco degli autoveicoli circolanti a Firenze è diminuito negli ultimi anni: tra il 2000 e il 2013 la riduzione è stata del 9%.

Per quanto riguarda i veicoli elettrici, a fine 2014 in Italia se ne registravano circa 55.000 in circolazione. Di questi, circa il 95% è costituito da veicoli ibridi, mentre solo il 5% è rappresentato da veicoli elettrici puri. Nello stesso periodo, per la provincia di Firenze si possono stimare in circolazione circa 1.900 veicoli elettrici. Di questi è ragionevole ipotizzare che un migliaio siano veicoli in circolazione nell'ambito del territorio cittadino (sia ibridi che elettrici puri). Il numero di veicoli elettrici puri è presumibilmente compreso tra 50 e 100 unità.

Gli andamenti indicati sono accompagnati dall'avvio di interventi di tipo infrastrutturale che assegnano al trasporto privato la funzione prevalentemente di ricondurre gli spostamenti in aree più esterne rispetto alla città consolidata e al trasporto pubblico (ferrovie, tramvie, autobus) il ruolo di penetrazione verso il centro, con la contemporanea creazione di percorsi dedicati al trasporto pubblico e alla mobilità ciclabile e pedonale. Parallelamente si sono già identificate politiche di pedonalizzazione e limitazione del traffico che hanno già ottenuto dei risultati come l'incremento del numero di veicoli elettrici circolanti nel centro cittadino. Nel 2013, con 108 colonnine di ricarica per auto elettriche, Firenze era in testa alla classifica nazionale.

3.3.2.6 Sintesi

Dalle analisi svolte emerge che:

- a Firenze ci sono circa 115.000 caldaie autonome a gas naturale, di cui 3.500 a condensazione. Inoltre sono circa 30.000 le abitazioni dotate di boiler elettrici.
- gli impianti solari termici a servizio delle abitazioni sono circa 400, installati su edifici di uno o due piani.
- gli impianti fotovoltaici su edifici residenziali sono circa 250.
- circa 10.000 famiglie fiorentine fanno uso di cucine a induzione.
- il numero di biciclette a pedalata assistita presenti sulle strade della città è di oltre 3.000, ma solo una piccola quota viene utilizzata sistematicamente.
- il numero di automobili esclusivamente elettriche è presumibilmente compreso tra 50 e 100 unità.

3.3.3 Gli scenari considerati al 2020

Dopo aver fornito alcune informazioni sullo stato attuale di utilizzo delle tecnologie negli ambiti considerati, si vuole ora fare qualche ipotesi su quelle che potrebbero essere le possibili evoluzioni di impiego di tecnologie più efficienti in sostituzione o in aggiunta alle tecnologie esistenti.

Sono stati considerati tre scenari all'orizzonte temporale del 2020, uno scenario inerziale, uno scenario Business as Usual e uno Scenario Accelerato. Le ipotesi alla base di questi scenari sono le seguenti:

1. **Scenario inerziale** - prevede una debole evoluzione del mercato delle tecnologie efficienti, con la presenza solamente delle misure di sostegno minime attualmente previste per legge (e.g. detrazioni al 36%, etc).
2. **Scenario Business as Usual (BAU)** – prevede che le misure dedicate attualmente in atto (e.g. detrazione 65%) continuino anche per i prossimi anni e si consolidino e che questi costituiscano le principali leve di sviluppo.
3. **Scenario accelerato** – prevede oltre alle misure dello scenario BAU anche una serie di ulteriori fattori favorevoli come ad es. revisione della tariffa elettrica, forte riduzione del costo delle tecnologie, misure di sostegno locali

Di seguito si riporta una tabella contenente i principali parametri che caratterizzano i diversi scenari per ognuna delle tecnologie considerate.

Gli scenari sono costruiti a partire dal 2016, considerando quindi un intervallo di cinque anni per giungere al 2020.

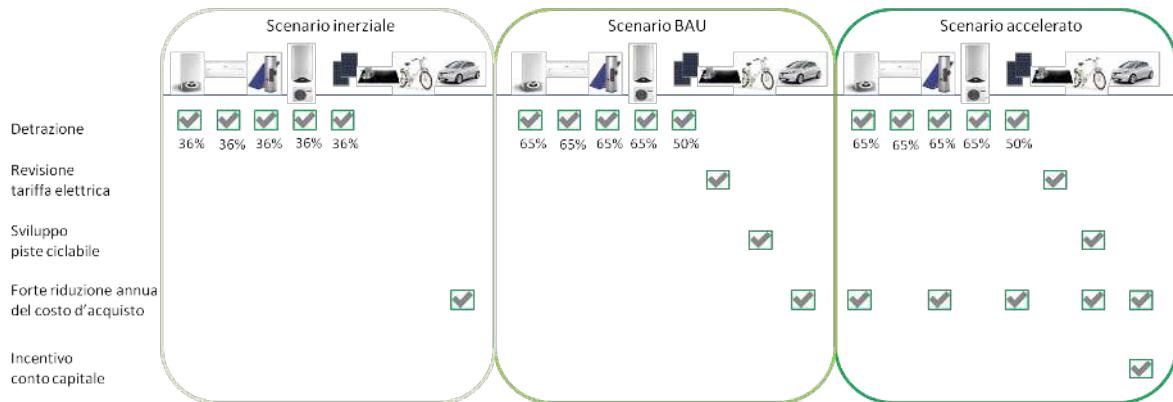


Figura 3.11 – Parametri utilizzati per le ipotesi dei tre scenari al 2020

3.3.3.1 Caldaie a condensazione e pompe di calore split per la climatizzazione ambienti

In questa sede si considerano solo interventi su impianti di riscaldamento autonomi. Si considera, inoltre, solo la sostituzione di impianti esistenti, tralasciando l'introduzione di nuovi impianti installati in nuove unità abitative.

Come per la maggior parte dei beni di consumo, la determinazione della possibile evoluzione del parco caldaie installato nel comune di Firenze si basa essenzialmente sulla distribuzione dell'età di tali impianti. Per questa tipologia di impianti, si considera una vita di circa 15 anni. Ciò non vuol dire, ovviamente, che dopo tale periodo il funzionamento venga meno, ma che questo possa peggiorare a tal punto da indurre la sostituzione dell'apparecchio.

Si considera, altresì, che le sostituzioni avvengano con caldaie a condensazione a seguito dell'entrata in vigore, a partire dal 26 settembre 2015, del Regolamento N. 813/2013 per la progettazione ecocompatibile degli apparecchi per il riscaldamento (anche misti per la produzione di acqua sanitaria). Il Regolamento, infatti, definendo i requisiti prestazionali minimi per la commercializzazione e/o la messa in funzione dei generatori di calore, indica la tecnologia a condensazione come quella che soddisfa tali requisiti. L'attuale distribuzione dell'età delle caldaie è alla base della costruzione delle tre ipotesi di scenario per i prossimi anni e fino al 2020.

- **Scenario inerziale** - Si ritiene che attualmente ci sia una media di sostituzioni pari a 4.000 caldaie ogni anno. Tale valore corrisponde, all'incirca, al numero di nuovi impianti caratterizzati annualmente da età superiori ai 15 anni. Questo andamento, che possiamo considerare inerziale, porterà alla sostituzione di circa 20.000 caldaie entro il 2020, ma lascerà sempre in funzione una notevole quantità di caldaie con età superiore ai 15 anni. Questo scenario è caratterizzato dall'assenza dell'attuale incentivo di detrazione IRPEF del 65%, fattore che potrebbe rallentare il volume di caldaie a condensazione installate ma che allo stesso tempo viene controbilanciato dall'entrata in vigore del Regolamento N. 813/2013, che rappresenta una spinta obbligata verso sostituzioni con caldaie a condensazione, a discapito di quelle convenzionali.

In questo scenario si considera, in aggiunta, l'installazione di 500 pompe di calore idroniche o aria – aria con la funzione sia di riscaldamento principale che di raffrescamento ambienti e di ulteriori 5.000 pompe di calore per il solo raffrescamento in sostituzione di vecchi impianti e come nuove installazioni.

Il grafico seguente rappresenta una stima della ripartizione degli impianti installati nei diversi quartieri, considerando i vincoli in essi vigenti che possono avere una ripercussione sulle unità esterne delle pompe di calore.

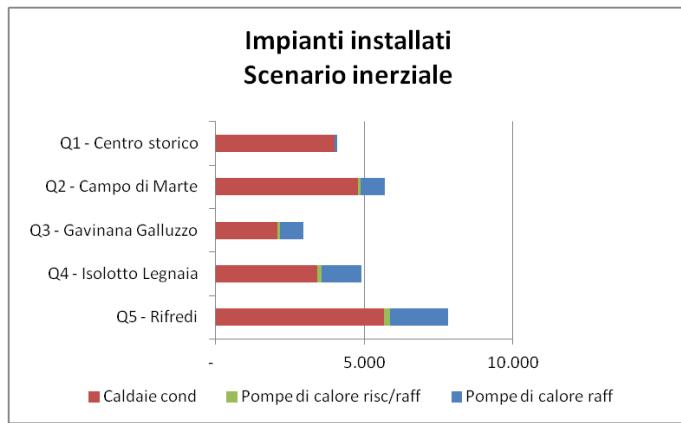


Figura 3.12 – Ripartizione impianti installati per quartiere nello scenario inerziale (Fonte: elaborazioni su dati ISTAT)

- **Scenario BAU** – Il mantenimento della detrazione fiscale del 65% non inciderà più sulla tipologia delle nuove caldaie (essendo già queste a condensazione), bensì sul loro numero. Stimolato dal mantenimento della detrazione fiscale del 65%, questo scenario prevede quindi un numero di sostituzioni di caldaie pari 30.000 in cinque anni. In questo scenario si considera, in aggiunta, l'installazione di 2.500 pompe di calore con la funzione sia di riscaldamento che di raffrescamento ambienti e di ulteriori 10.000 pompe di calore per il solo raffrescamento in sostituzione di vecchi impianti e come nuove installazioni.

Il grafico seguente rappresenta una stima della ripartizione degli impianti installati nei diversi quartieri, considerando i vincoli in essi vigenti che possono avere una ripercussione sulle unità esterne delle pompe di calore.

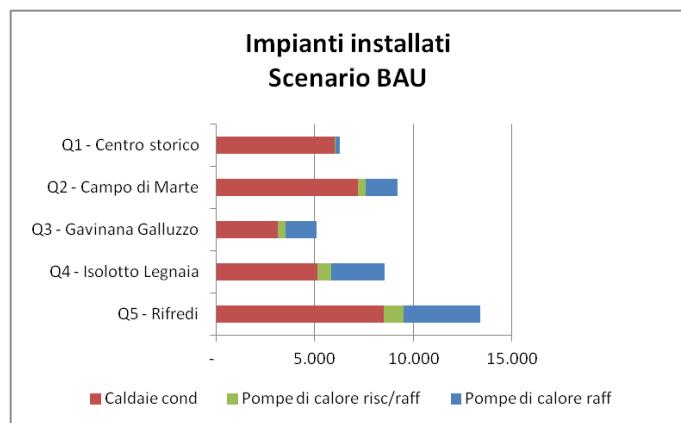


Figura 3.13 – Ripartizione impianti installati per quartiere nello scenario BAU (Fonte: elaborazioni su dati ISTAT)

- **Scenario accelerato** – E' possibile considerare un numero annuo di sostituzioni che consenta di arrivare, al 2020, a un parco caldaie di età non superiore ai 15 anni. Questo traguardo potrà essere

raggiunto nel caso di sostituzione di circa 10.000 caldaie all'anno. Questo obiettivo è in linea con quanto indicato in una specifica azione del PAES. Il traguardo di tale obiettivo si basa sulla combinazione di uno strumento di carattere nazionale, quale l'incentivo fiscale del 65% che si ipotizza essere mantenuto anche per i prossimi anni e una forte campagna locale basata su una serie di accordi tra Amministrazione comunale, banche, produttori di caldaie e installatori, – come ad esempio l'iniziativa attuata dal Comune di Firenze “Fa la casa giusta” che riserva particolari vantaggi ed offerte ai cittadini che decidono di fare efficienza installando una caldaia a condensazione – oltre che su strumenti di comunicazione rivolti al pubblico. In questo scenario si considera, in aggiunta, l'installazione di 10.000 pompe di calore aria – aria con la funzione sia di riscaldamento che di raffrescamento ambienti e di ulteriori 20.000 pompe di calore per il solo raffrescamento in sostituzione di vecchi impianti e come nuove installazioni.

Le pompe di calore per riscaldamento ambienti rientrano tra gli interventi che, indicativamente, hanno uno dei ruoli maggiori nel soddisfare i vincoli del cosiddetto *burden sharing* in Regione Toscana. Per quanto riguarda il settore termico, infatti, il loro apporto dovrebbe arrivare a circa il 23% del totale dell'energia da fonte rinnovabile prodotta al 2020. In termini assoluti, il valore indicato come obiettivo può essere attribuibile all'installazione di tali dispositivi in un numero di abitazioni pari al 10% del totale regionale. Oltre che dall'incentivo fiscale, questo scenario potrà essere favorito dalla recente introduzione della cosiddetta tariffa D1, basata su un prezzo del chilowattora costante rispetto ai consumi di energia elettrica per i clienti domestici che riscaldano la propria casa utilizzando pompe di calore elettriche.

Il grafico seguente rappresenta una stima della ripartizione degli impianti installati nei diversi quartieri, considerando i vincoli in essi vigenti che possono avere una ripercussione sulle unità esterne delle pompe di calore.

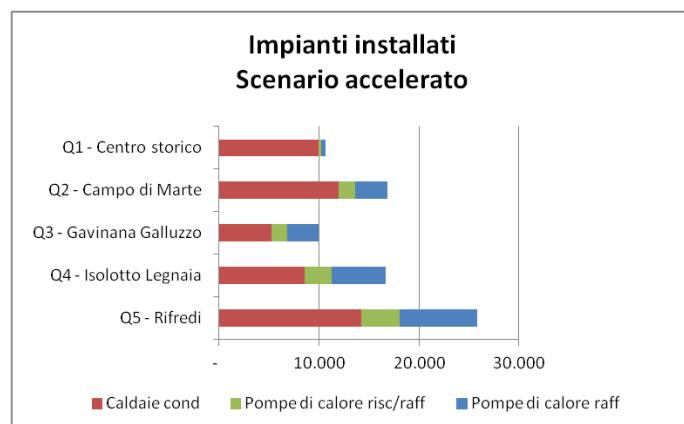


Figura 3.14 – Ripartizione impianti installati per quartiere nello scenario accelerato (Fonte: elaborazioni su dati ISTAT)

3.3.3.2 Solare termico e pompe di calore ACS

Come visto in precedenza, nel Comune di Firenze si stima un installato attuale pari a circa 400 impianti solari termici di piccole dimensioni. Tali impianti sono stati installati a seguito dell'incentivo del 55/65%, ipotizzando un numero di circa 50 installazioni annuali a partire dal 2007. In nessuno degli scenari indicati si ritiene che vi sarà una riduzione apprezzabile del costo di impianto.

- **Scenario inerziale** – Questo scenario è caratterizzato dall'assenza dell'attuale incentivo di detrazione IRPEF del 65% per l'installazione di impianti solari termici. Resta invece in vigore la detrazione IRPEF

del 36%, cioè quella ordinariamente prevista per i lavori di ristrutturazione edilizia. Si ipotizza che ciò rallenterà il numero di impianti installati ad un valore pari alla metà di quanto avvenuto negli ultimi anni, così che al 2020 si aggiungeranno solo ulteriori 150 impianti. In questo scenario si considera, in aggiunta, l'installazione di 500 pompe di calore elettriche in sostituzione dei tradizionali boiler.

- **Scenario BAU** - Nell'ipotesi di mantenimento dell'incentivo del 65%, al 2020 potrebbero aggiungersi ulteriori 300 impianti. E' evidente che anche questo valore è piuttosto limitato se si considera la dimensione cittadina. D'altra parte, il settore del solare termico sembra essere attualmente in ritardo a livello nazionale rispetto agli obiettivi definiti nel Piano d'Azione Nazionale per le Energie Rinnovabili. I dati al 2013 indicano una produzione energetica ferma al 13% dell'obiettivo, contro un valore che, secondo le previsioni contenute nel piano stesso, avrebbe dovuto superare il 17%. E' evidente che questo andamento del mercato non possa che ripercuotersi, ulteriormente amplificato, in un contesto urbano quale quello fiorentino.

In merito alle pompe di calore ACS, queste offrono un indubbio vantaggio nel caso debbano sostituire i tradizionali boiler elettrici. Non è infatti immediato rimpiazzare uno scaldacqua elettrico con un prodotto a gas, così come spesso non si può ricorrere a collettori solari termici a causa della scarsa disponibilità di superficie (o di inadeguati orientamenti) del tetto. Ciò non toglie che tali apparecchi possano ben integrarsi anche in altri contesti abbinandosi, ad esempio, a una caldaia a gas o, piuttosto, abbinandosi a un impianto solare. Si è già detto che a Firenze vi sono attualmente circa 30.000 boiler elettrici. Con una durata di vita di circa 15 anni, il ricambio di tali apparecchi avviene a un tasso di 2000 sostituzioni all'anno, portando quindi a un totale di nuovi apparecchi pari a circa 10.000 al 2020. Considerando la relativa facilità di sostituzione del boiler elettrico tradizionale, un'ipotesi ragionevole consiste nel considerare che il 25% di tali sostituzioni (2.500 unità) avvenga introducendo una pompa di calore ACS.

- **Scenario accelerato** - Tenuta ferma l'ipotesi del mantenimento dell'incentivo fiscale del 65%, uno slancio del mercato del solare termico nel contesto fiorentino può essere dato dall'integrazione della campagna per il rinnovo del parco caldaie con una campagna parallela che promuova la concomitante installazione di un impianto solare termico. Si stima che le abitazioni potenzialmente interessate al piano di rinnovo del parco caldaie e che contemporaneamente siano idonee all'installazione di impianti solari termici corrispondano al 30% del totale. Ciò significa che delle 10.000 caldaie che si prevede di sostituire annualmente in uno scenario accelerato, 3.000 appartengano ad abitazioni idonee per un impianto solare. Si ritiene plausibile che nel 10% di tali abitazioni si installi un impianto solare termico in aggiunta a una nuova caldaia ad alta efficienza. In questa ipotesi, al 2020 si arriverebbe a un installato di 1.500 impianti. L'installazione combinata ha l'indubbio vantaggio di ridurre il costo generale dell'intervento, soprattutto a livello della mano d'opera. E' evidente che questa azione potrà essere resa maggiormente efficace, oltre che da una opportuna campagna di comunicazione, anche dalla presenza di una offerta composita fornita da ditte e installatori.

In merito alle pompe di calore ACS, si considera che il 50% delle sostituzioni dei boiler elettrici (5.000 unità) avvenga introducendo una pompa di calore.

Per raggiungere i suddetti numeri, può essere utile implementare strumenti innovativi quali i gruppi d'acquisto.

3.3.3.3 Impianti fotovoltaici

Come visto in precedenza, nel Comune di Firenze risulta un installato attuale pari a circa 220 impianti fotovoltaici ad uso domestico. Tali impianti sono stati installati sia a seguito degli incentivi associati al conto energia, sia nel periodo successivo a tali incentivi, usufruendo della detrazione IRPEF del 50%.

Anche in questo caso si considerano tre possibili scenari di evoluzione al 2020, tutti caratterizzati dalla possibilità di usufruire del meccanismo dello “scambio sul posto”.

- **Scenario inerziale** - L'eliminazione del conto energia e il contemporaneo mantenimento dell'incentivo di detrazione fiscale del 50% ha portato, negli ultimi 18 mesi, all'installazione di circa 40 impianti fotovoltaici a livello residenziale cittadino. Il ripristino della detrazione fiscale al 36% farà presumibilmente ridurre il numero di impianti installati al 2020. Si ipotizza che il nuovo installato sarà pari a circa 150 impianti per una potenza complessiva di 450kW.
- **Scenario BAU** - Col mantenimento dell'incentivo di detrazione fiscale del 50% si ipotizza un installato al 2020 pari a 200 nuovi impianti fotovoltaici per una potenza complessiva pari a 600kW.
- **Scenario accelerato** - Evidentemente i suddetti numeri non rappresentano un'evoluzione di grande rilievo. Una opportuna campagna di informazione che metta in evidenza le condizioni nelle quali maggiori sono i vantaggi economici dell'installazione degli impianti PV (attraverso le migliori combinazioni tra energia autoconsumata, energia immessa in rete ed energia prelevata dalla rete) oltre a una ulteriore riduzione dei costi delle componenti di impianto, dovrebbe lasciare spazio a crescite ben maggiori. Nello scenario accelerato si ipotizza che siano installati 1.000 impianti fotovoltaici per una potenza complessiva pari a 3 MW.

3.3.3.4 Cucina a induzione

Come già indicato in precedenza, il settore delle cucine a induzione è in crescita negli ultimi anni, benché costituisca ancora una quota molto minoritaria delle alternative per la cottura dei cibi. Questo si deve non tanto alla maturità tecnologia, arrivata a un livello molto elevato, quanto piuttosto al costo di acquisto, più alto delle normali cucine a gas, alle abitudini di preparazione dei cibi e al possibile limite posto dai tradizionali contratti elettrici con potenza fino ai 3 kW, in mancanza di una attenzione alla gestione dei carichi complessivi domestici. Nel seguito si riportano gli scenari ipotizzati.

- **Scenario inerziale** – Si stima che solo un decimo dei piani cottura venduti sia costituito da piastre a induzione. In questo caso il numero di cucine a induzione presenti a Firenze raddoppierebbe con l'aggiunta di ulteriori 10.000 cucine a induzione, assestandosi a circa il 10% del totale delle cucine presenti.
- **Scenario BAU** – Una maggiore informazione riguardante il funzionamento e l'uso della tecnologia e l'introduzione della revisione del sistema tariffario possono favorire l'incremento della penetrazione delle cucine a induzione. In questo scenario si considera che il 20% degli apparecchi sostituiti appartenga a questa categoria. In questo caso, al 2020, con l'aggiunta di ulteriori 20.000 cucine a induzione il numero totale di questi apparecchi si innalzerrebbe al 15% del totale delle cucine presenti.
- **Scenario accelerato** – In questo scenario si ipotizza che una campagna informativa più decisa, assieme alla suddetta revisione del sistema tariffario e a minori oneri di allaccio per potenze superiori ai tradizionali 3 kW, possa far sì che il 40% delle cucine vendute sia costituito da cucine a induzione. In questo caso, al 2020 il numero di cucine a induzione presenti si innalzerebbe al 30%, con l'aggiunta di ulteriori 50.000 unità. Si ipotizza, inoltre, che la metà di tali cucine sostituisca cucine che comunque sarebbero state rinnovate, mentre l'altra metà derivi da una sostituzione anticipata di cucine che sarebbero state cambiate in futuro.

3.3.3.5 Bicicletta a pedalata assistita e automobile elettrica

Lo sviluppo della mobilità elettrica rappresenta una specifica azione del PAES comunale. Questa azione si ricollega all'ampio programma di riorganizzazione della mobilità nell'area cittadina realizzato tramite una serie di azioni correlate (Ecoroad pricing, strutturale, estensione ZTL, piano della sosta, zone pedonali, ecc.) in grado di generare una riduzione del traffico veicolare e l'ammodernamento dei mezzi circolanti. L'introduzione delle zone a traffico limitato rappresenta un decisivo elemento di svolta nella gestione del sistema della mobilità, in quanto consente di disincentivare e regolamentare l'accesso a determinate parti del territorio da parte di specifiche categorie di veicoli. Unito all'ecoroad pricing rappresenta un elemento di svolta nella gestione del sistema della mobilità, regolamentando l'accesso a determinate parti del territorio da parte di specifiche categorie di veicoli e concedendo permessi e accessi agevolati limitatamente ai veicoli elettrici. E' obiettivo di Firenze mantenere una leadership nell'offerta di servizi per veicoli a batterie anche attraverso il potenziamento delle infrastrutture di ricarica, sia in termini numerici che qualitativi, con l'introduzione di nuovi "erogatori" capaci di rifornire i veicoli elettrici predisposti in modo veloce.

Bici elettrica

Come indicato in precedenza, a Firenze si può stimare una presenza di oltre 3.000 biciclette a pedalata assistita. La mobilità rappresenta uno degli ambiti di maggiore attenzione a livello cittadino e diverse sono le ipotesi di intervento inserite nei documenti di pianificazione sviluppati negli ultimi anni. Come già indicato in precedenza, le informazioni contenute nei censimenti della popolazione del 2001 e del 2011 indicano un sensibile incremento dell'utilizzo della bicicletta per gli spostamenti sistematici durante il decennio. Il programma comunale di estensione delle piste ciclabili e di raccordo tra di esse porterà ulteriore vantaggio a questa modalità di spostamento e un forte margine di recuperò potrà essere dato anche sulle distanze di percorrenza maggiori. E' in questo contesto che il supporto della bicicletta elettrica potrà risultare estremamente importante.

- **Scenario inerziale** – In mancanza dell'implementazione del programma di sviluppo della rete ciclabile o di un suo sviluppo limitato, si può ritenere che lo sviluppo della bicicletta a pedalata assistita potrà incrementarsi ancora con l'aggiunta di ulteriori 2.000 biciclette, portandone a 5.000 il numero complessivo. D'altra parte si ritiene che solo una parte sarà utilizzata sistematicamente in sostituzione di motocicli su distanze cittadine medie (attorno ai 12 km al giorno). In questa ipotesi si considera una sostituzione di 1.000 motocicli.
- **Scenario BAU** – Secondo le stime riportate nel PAES, ulteriori 4.000 ciclisti caratterizzati da spostamenti sistematici si dovrebbero aggiungere agli attuali, con l'implementazione del programma di sviluppo della rete ciclabile. Ciò porterà a raggiungere la quota degli spostamenti sistematici su bicicletta superiore al 10%. Nell'ambito di questo piano di mobilità sostenibile, si può ritenere coerente una quota aggiuntiva di ulteriori 4.000 biciclette a pedalata assistita, quota che potrà andare a erodere non solo l'attuale impiego della motocicletta sulle distanze medie, ma anche l'uso dell'automobile, soprattutto nel momento in cui il Comune di Firenze attiverà tutte quelle azioni di estensione delle zone a traffico limitato già in programma. In questo scenario ipotizziamo che circa 2.500 motocicli siano sostituiti.
- **Scenario accelerato** –Questo scenario propone un ulteriore incremento dell'uso sistematico della bicicletta a pedalata assistita, anticipando al 2020 una naturale evoluzione dello scenario BAU che potrebbe avvenire alcuni anni dopo. Si ipotizza che la riduzione del prezzo di acquisto di questa tipologia di bicicletta, stimolata da un mercato più vivace, possa contribuire a fare raggiungere una quota di 6.000 mezzi in sostituzione di motocicli su spostamenti sistematici di media distanza.

Auto elettrica

Per quanto riguarda le ipotesi sugli scenari per l'auto elettrica invece, non è sicuramente facile definire delle previsioni abbastanza attendibili sullo sviluppo di questo mercato, soprattutto nell'attuale congiuntura economica. L'andamento dei prezzi è sicuramente uno dei fattori più critici da considerare ed è questa una delle ragioni per cui le vendite si attestano su numeri molto inferiori ai pronostici fatti solo qualche anno fa. Una spinta verso una maggiore penetrazione di questa motorizzazione arriverà dall'obbligo, al 2020, di immettere sul mercato autoveicoli con emissioni medie non superiori ai 95 g/km di CO₂. Per il rispetto di tale vincolo non sarà probabilmente più sufficiente affinare la tecnologia dei motori odierni e ridurne il consumo di combustibile, ma si renderà necessario aprirsi maggiormente verso l'integrazione elettrica.

Si è visto che attualmente sono in circolazione, a livello nazionale, circa 55.000 autoveicoli elettrici (ibridi per il 95%) e che tale numero, a livello della città di Firenze, può essere stimato pari a un migliaio di autoveicoli, del quali si può ritenere elettrico puro solo una quota compresa tra 50 e 100 unità. Tra il 2010 e il 2014 le vendite complessive a livello nazionale registrate in un anno sono state mediamente superiori a quelle dell'anno precedente di circa il 50%.

E' però necessario notare che molte di queste autovetture sono di proprietà aziendale oppure sono a servizio pubblico. Mantenere, quindi, il tasso di crescita annuale indicato in precedenza, che implica necessariamente l'ampliamento della platea dei potenziali acquirenti, rappresenta un obiettivo sfidante. Limitando l'analisi alle sole vetture elettriche pure, il loro costo costituisce attualmente l'aspetto più limitante, sebbene non l'unico. L'autonomia e la durata della batteria sono gli altri fattori che sono tenuti in considerazione, benché siano in continua evoluzione miglioramenti tecnologici.

Gli scenari che qui vengono analizzati si basano sul costo del veicolo e su possibili incentivi economici.

- **Scenario inerziale** – Si ipotizza una riduzione annuale del costo di acquisto dell'1%. Sulla base del numero medio di veicoli che vengono immessi sul mercato nella città di Firenze ogni anno, si stima che la suddetta condizione di riduzione del costo porti, al 2020, a un parco di veicoli elettrici pari a circa 300 unità.
- **Scenario BAU** – La riduzione annuale del costo di acquisto ipotizzata in questo scenario è del 5%. In questo caso al 2020 il costo di un veicolo elettrico è ancora superiore alle auto tradizionali della stessa categoria di circa il 50%. Si stima che la suddetta condizione di riduzione del costo porti, al 2020, a un parco di veicoli elettrici pari a circa 1.500 unità.
- **Scenario accelerato** – Questo scenario si basa sulla stessa ipotesi di riduzione del costo annuale del 5% a cui si aggiunge un incentivo in conto capitale pari al 25% del costo stesso. In questo caso al 2020 il costo di un veicolo elettrico risulta leggermente superiore al costo di auto tradizionali della stessa categoria. Si stima che le suddette condizioni portino, al 2020, a un parco di veicoli elettrici pari a oltre 13.000 unità.

3.3.3.6 Sintesi degli scenari

Di seguito un grafico che sintetizza il volume di installazioni ipotizzate nei tre scenari.

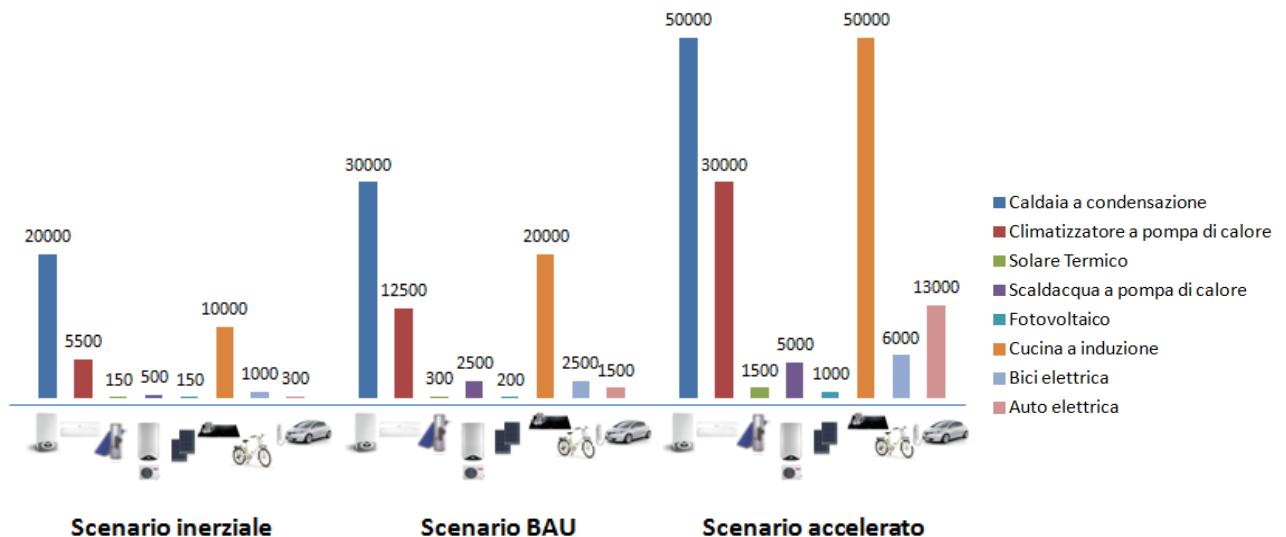


Figura 3.15 – Volumi di installazione delle tecnologie per i tre scenari ipotizzati al 2020

4. I BENEFICI PER LA CITTA'

Gli scenari presentati nel capitolo precedente hanno individuato delle ipotesi di penetrazione di determinate tecnologie nel contesto cittadino. Le ipotesi effettuate rappresentano possibili percorsi di efficientamento che porteranno sicuramente a una maggiore sostenibilità energetica e ambientale del territorio comunale. Le ipotesi quantitative formulate devono ora essere tradotte in benefici quantitativi di tipo energetico. Per fare questo è necessario considerare l'apporto, in termini di beneficio energetico, di ogni intervento considerato e moltiplicarlo per il numero di interventi individuati nei diversi scenari.

4.1 I benefici energetici

Caldaie a condensazione e pompe di calore split per la climatizzazione dell'ambiente

Negli scenari individuati, il principale beneficio energetico risultante dagli interventi di efficientamento deriva dalla riduzione complessiva del consumo di gas naturale. In particolare si ottengono i seguenti risultati:

- **Scenario inerziale** - I 20.000 interventi di sostituzione di impianti termici previsti con caldaie a condensazione, le 500 pompe di calore aria – aria per il riscaldamento e il raffrescamento e le ulteriori 5.000 pompe di calore per il solo raffrescamento comportano la riduzione di 4,1 milioni di metri cubi di gas naturale.¹³ L'energia che si risparmia con l'attuazione di questo scenario corrisponde all'energia consumata per il riscaldamento da circa 5.000 abitazioni della città di Firenze e comporta una riduzione del 3% sul totale degli attuali consumi per riscaldamento nel settore residenziale.
- **Scenario BAU** – I 30.000 interventi di sostituzione di impianti previsti con caldaie a condensazione, le 2.500 pompe di calore aria – aria per il riscaldamento e il raffrescamento e le ulteriori 10.000 pompe di calore per il solo raffrescamento comportano la riduzione complessiva di 6,9 milioni di metri cubi di gas naturale. Con l'attuazione di questo scenario si risparmierebbe una quantità di energia corrispondente al consumo per il riscaldamento di circa 8.500 abitazioni della città di Firenze e comporta una riduzione del 5% sul totale degli attuali consumi per riscaldamento nel settore residenziale.
- **Scenario accelerato** – I 50.000 interventi di sostituzione di vecchi impianti con caldaie a condensazione e l'installazione di 10.000 pompe di calore aria - aria per il riscaldamento e il raffrescamento e le ulteriori 20.000 pompe di calore per il solo raffrescamento comportano una riduzione complessiva di gas pari a 14 milioni di metri cubi. Si tenga presente che se si riuscisse a percorrere questo scenario, l'energia che si risparmierebbe corrisponderebbe al consumo per il riscaldamento di circa 18.000 abitazioni della città di Firenze e ciò comporterebbe una riduzione del 10% sul totale degli attuali consumi per riscaldamento nel settore residenziale.

¹³ Tale valore, come quelli dello scenario BAU e accelerato, deriva dalla somma algebrica tra la riduzione di consumo di gas derivante dalla sostituzione di vecchie caldaie con caldaie a condensazione, dalla riduzione dell'uso del gas per gli impianti sostituiti dalle pompe di calore, dalla riduzione dell'uso di energia elettrica di vecchi impianti di raffrescamento e dall'incremento di consumo di gas ipotizzando che la produzione di energia elettrica necessaria al funzionamento delle pompe di calore avvenga con centrali a ciclo combinato.

Solare termico e pompe di calore ACS

Anche in questi scenari, il principale beneficio energetico risultante dagli interventi di efficientamento deriva dalla riduzione complessiva del consumo di gas naturale. In particolare si ottengono i seguenti risultati:

- **Scenario inerziale** - I 150 nuovi pannelli solari termici previsti e le 500 pompe di calore comportano la riduzione di 160.000 metri cubi di gas naturale¹⁴. L'energia che si risparmia con l'attuazione di questo scenario corrisponde all'energia consumata per la produzione di acqua calda sanitaria da circa 700 abitazioni e comporta una riduzione di quasi l'1% sul totale degli attuali consumi per acqua calda sanitaria nel settore residenziale.
- **Scenario BAU** – I 300 nuovi pannelli solari termici e le 2.500 pompe di calore ACS comportano la riduzione di consumo di 0,7 milioni di metri cubi di gas naturale. Con l'attuazione di questo scenario si risparmierebbe una quantità di energia corrispondente al consumo per la produzione di acqua calda sanitaria di circa 3.000 abitazioni. Ciò comporta una riduzione di quasi il 2% sul totale degli attuali consumi per acqua calda sanitaria nel settore residenziale.
- **Scenario accelerato** – In questo caso i 1.500 nuovi pannelli solari termici e le 5.000 pompe di calore comportano la riduzione di consumo di 1,7 milioni di metri cubi di gas naturale. Con l'attuazione di questo scenario si risparmierebbe una quantità di energia corrispondente al consumo per la produzione di acqua calda sanitaria di circa 5.000 abitazioni. Ciò comporta una riduzione del 3% sul totale degli attuali consumi per acqua calda sanitaria nel settore residenziale.

Cottura cibi

Con l'introduzione delle cucine a induzione si ha una riduzione dei consumi di gas delle cucine tradizionali. Nel contempo si ha un incremento del consumo di gas derivante dalla produzione di energia elettrica necessaria per il funzionamento di tali apparecchi. Nei tre scenari considerati il bilancio complessivo porta a una sostanziale stabilità dei consumi di gas naturale.

Impianti fotovoltaici

Le valutazioni riportate nel seguito si basano sull'ipotesi che l'energia elettrica prodotta dagli impianti fotovoltaici sostituisca energia elettrica prodotta con impianti termoelettrici a ciclo combinato. Quindi il beneficio energetico che ne risulta è rappresentato come riduzione del consumo di gas naturale.

- **Scenario inerziale** - I 150 nuovi pannelli fotovoltaici consentono di ridurre il consumo di gas per una quota pari a quasi 110.000 metri cubi per la mancata produzione di energia elettrica in una centrale termoelettrica a ciclo combinato. L'energia elettrica prodotta in questo scenario corrisponde all'energia elettrica consumata mediamente da circa 150 famiglie¹⁵.
- **Scenario BAU** – I 200 nuovi pannelli fotovoltaici consentono di ridurre il consumo di gas per una quota pari a quasi 143.000 metri cubi per la mancata produzione di energia elettrica in una

¹⁴Tale valore, come quelli dello scenario BAU ed accelerato, deriva dalla somma tra la riduzione di consumo di gas derivante dall'integrazione del solare termico e la riduzione di consumo gas derivante dalla riduzione di consumo di energia elettrica a seguito dell'installazione delle pompe di calore. Si è ipotizzato che la produzione di energia elettrica necessaria al funzionamento delle pompe di calore avvenga con centrali a ciclo combinato

¹⁵In questo e negli altri scenari relativi alla tecnologia fotovoltaica, si considera un consumo annuo per famiglia superiore di circa un terzo del consumo medio.

centrale termoelettrica a ciclo combinato. L'energia elettrica prodotta in questo scenario corrisponde all'energia elettrica consumata mediamente da circa 200 famiglie.

- **Scenario accelerato** – I 1.000 nuovi pannelli fotovoltaici consentono di ridurre il consumo di gas per una quota pari a circa 710.000 metri cubi per la mancata produzione di energia elettrica in una centrale termoelettrica a ciclo combinato. L'energia elettrica prodotta in questo scenario corrisponde all'energia elettrica consumata mediamente da circa 1.000 famiglie.

Bicicletta elettrica e automobile elettrica

Negli scenari individuati, il principale beneficio energetico risultante dagli interventi di efficientamento deriva dalla riduzione del consumo di combustibile per la sostituzione di motocicli con biciclette a pedalata assistita e di automobili a benzina con automobili elettriche. Tale riduzione è controbilanciata dal consumo di gas naturale necessario alla produzione, in centrali a ciclo combinato, dell'energia elettrica necessaria al funzionamento dei nuovi mezzi.

- **Scenario inerziale** – Le 1.000 biciclette a pedalata assistita in sostituzione di motocicli e le 300 auto elettriche determinano la riduzione di oltre 270.000 litri di benzina e un consumo aggiuntivo di 85.000 metri cubi di gas naturale.
- **Scenario BAU** – In questo scenario, l'introduzione di 2.500 biciclette a pedalata assistita in sostituzione di motocicli e di 1.500 auto elettriche determina la riduzione di 1,1 milioni di litri di benzina e un consumo aggiuntivo di 0,4 milioni di metri cubi di gas naturale.
- **Scenario accelerato** – In questo scenario, l'introduzione di 6.000 biciclette a pedalata assistita in sostituzione di motocicli e di 13.000 auto elettriche determina la riduzione di 8,3 milioni di litri di benzina e un consumo aggiuntivo di 3,5 milioni di metri cubi di gas naturale.

4.1.1 Sintesi dei benefici energetici

Di seguito si riporta una sintesi dei benefici totali raggiungibili secondo le ipotesi di ciascuno scenario.

- **Scenario inerziale** – Riduzione del consumo di 4,8 milioni di metri cubi di gas da parte degli impianti termici della città, riduzione di 270.000 litri di benzina da parte delle automobili circolanti in città e incremento del consumo di mezzo milione di metri cubi di gas da parte di centrali termoelettriche.
- **Scenario BAU** – Riduzione del consumo di 8,7 milioni di metri cubi di gas da parte degli impianti termici della città, riduzione di 1,1 milioni di litri di benzina da parte delle automobili circolanti in città e incremento del consumo di 1,4 milioni di metri cubi di gas da parte di centrali termoelettriche.
- **Scenario accelerato** – Riduzione del consumo di 19,9 milioni di metri cubi di gas da parte degli impianti termici della città, riduzione di 8,3 milioni di litri di benzina da parte delle automobili circolanti in città e incremento del consumo di 7 milioni di metri cubi di gas da parte di centrali termoelettriche.

4.2 I benefici economici e occupazionali

Per la valutazione delle ricadute economiche è stato stimato il volume d'affari complessivo generato dagli interventi negli scenari Inerziale, BAU e accelerato. In particolare, nel caso in cui la tecnologia efficiente sia installata in luogo della tecnologia standard, si è considerata la differenza di costo derivante dall'installazione delle tecnologie efficienti in vece dell'installazione di tecnologie tradizionali nei diversi scenari. Nel caso in cui la tecnologia efficiente sia installata non in sostituzione ma in aggiunta, si è considerato il costo complessivo di tale tecnologia. Nel calcolo non è stato valutato il costo del combustibile.

Come evidenziato nella tabella seguente, gli interventi garantirebbero, nell'orizzonte temporale del 2020, un volume d'affari complessivo di circa 49 milioni di euro nello scenario inerziale, 120 milioni di euro nello scenario BAU, per arrivare a 382 milioni di euro nello scenario accelerato.

Tecnologia	Valore totale €		
	Scenario inerziale	Scenario BAU	Scenario accelerato
Caldaia a condensazione e pompe di calore split per la climatizzazione ambienti	38.750.000	90.250.000	209.000.000
Solare termico e pompe di calore ACS	1.100.000	3.850.000	9.975.000
Fotovoltaico	1.125.000	1.500.000	7.500.000
Cucina a induzione	4.000.000	8.000.000	27.500.000
Bicicletta a pedalata assistita	1.200.000	3.000.000	7.200.000
Auto elettrica	2.790.000	13.950.000	120.900.000
Totale	48.965.000	120.550.000	382.075.000

Tabella 4.1 Volume d'affari complessivo generato dalle installazioni ipotizzate nei tre scenari

Risulta evidente come la gran parte del volume d'affari generato dagli interventi nello scenario accelerato (55%) riguardi il condizionamento degli ambienti. Ciò si deve in gran parte alla elevata quantità degli interventi considerati oltre al valore intrinseco di ogni intervento.

Il secondo ambito di importanza per valore economico (32%) riguarda l'auto elettrica. Ciò si deve essenzialmente al notevole differenziale economico tra questa tecnologia e la tecnologia standard, nonostante tale differenziale decresca col passare degli anni, come già indicato nella descrizione degli scenari. Un elemento fondamentale del valore economico generato dagli interventi ipotizzati riguarda la quota che ricade direttamente sull'economia cittadina e la quota che, viceversa, ricade generalmente all'esterno di questa. Di competenza della città di Firenze sono i volumi d'affari annettibili alle attività di distribuzione, vendita, installazione e manutenzione, mentre i volumi d'affare relativi alla realizzazione della tecnologia sono generalmente da allocare esternamente.

In quest'ottica, la tabella seguente definisce, per i tre scenari, i volumi d'affari stimati per la città di Firenze.

Tecnologia	Valore per Firenze (€)		
	Scenario inerziale	Scenario BAU	Scenario accelerato
Caldaia a condensazione	14.400.000	32.400.000	68.400.000
Pompe di calore split per la climatizzazione ambienti	8.850.000	21.750.000	57.000.000
Solare termico	367.500	735.000	3.062.500
Pompe di calore ACS	345.000	1.680.000	3.360.000
Fotovoltaico	787.500	1.050.000	5.250.000
Cucina a induzione	-	-	2.500.000
Bicicletta a pedalata assistita	360.000	900.000	2.160.000
Auto elettrica	558.000	2.790.000	24.180.000
Totale	25.668.000	61.305.000	165.912.500

Tabella 4.2 – Volume d'affari generato per Firenze dalle installazioni ipotizzate nei tre scenari

Per quanto riguarda le ricadute occupazionali infine, queste sono valutate misurando i posti lavoro necessari per implementare gli interventi considerati.

Come evidenziato nella tabella seguente, gli interventi garantirebbero, nell'orizzonte temporale del 2020, un numero di posti di lavoro pari a 456 nello scenario accelerato.

Tecnologia	Scenario accelerato
Caldaia a condensazione e pompe di calore split per la climatizzazione ambienti	292
Solare termico e pompe di calore ACS	14
Fotovoltaico	11
Cottura dei cibi	27
Bicicletta a pedalata assistita	8
Auto elettrica	104
Totale	456

Tabella 4.3 – Posti di lavoro generati dallo scenario accelerato al 2020

Si può notare come gli interventi con un maggiore potenziale nella creazione di posti di lavoro riguardino soprattutto il condizionamento degli ambienti e le auto elettriche.

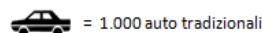
Come per le ricadute economiche, anche per quanto riguarda l'indotto è necessario considerare che non tutti i posti di lavoro generati arricchiscono l'occupazione cittadina. Si può stimare che la ricaduta a livello cittadino dei posti di lavoro annui corrisponda a circa il 60% del totale.

E' inoltre ragionevole ipotizzare che una parte di questi posti di lavoro siano già occupati sul mercato, ossia si possano reperire sia per effetto di riconfigurazioni verso l'efficienza energetica di imprese la cui forza lavoro è attualmente già impiegata in attività diverse, sia per effetto dell'incremento del livello di "saturazione" (si pensi per esempio alle parti finali della filiera connesse alla distribuzione o all'installazione delle soluzioni tecnologiche).

4.3 I benefici ambientali

Per la valutazione dei benefici ambientali si è calcolata prima di tutto la riduzione di CO₂ derivante dagli interventi ipotizzati nei tre scenari. Come si vede dalla tabella, la riduzione raggiunta con lo scenario accelerato è di oltre 44.000 tonnellate, contro le quasi 9.000 dello scenario inerziale e le quasi 17.000 dello scenario BAU. Il principale contributo in tutti gli scenari è rappresentato dalla climatizzazione degli ambienti. L'unica tecnologia che presenta un incremento, seppure molto limitato, è rappresentata dalle cucine a induzione.

Per ciascun valore di tonnellate di CO₂ evitate sono indicate le corrispettive auto tradizionali che verrebbero tolte dalla circolazione: ogni valore infatti equivale alla quantità di CO₂ generata in un anno dall'utilizzo delle auto indicate¹⁶.



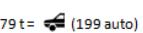
Emissioni di CO ₂ (t)	Scenario inerziale	Scenario BAU	Scenario accelerato
Caldaia a condensazione e pompe di calore split per la climatizzazione ambienti	-7.940 t =  (5.671 auto)	13.469 t =  (9.620 auto)	-27.233 t =  (19.452 auto)
Solare termico e pompe di calore ACS	-325 t =  (232 auto)	-1.432 t =  (1.022 auto)	-3.251 t =  (2.322 auto)
Fotovoltaico	-210 t =  (150 auto)	-279 t =  (199 auto)	-1.397 t =  (997 auto)
Bicicletta a pedalata assistita	-200 t =  (142 auto)	-499 t =  (356 auto)	-1.197 t =  (855 auto)
Auto elettrica	-264 t =  (188 auto)	-1.318 t =  (941 auto)	-11.421 t =  (8.157 auto)
Totale	-8.922 t =  -(6.372 auto)	-16.959 t =  (12.113 auto)	-44.499 t =  (31.785 auto)

Tabella 4.4 – Emissioni di CO₂ evitate grazie alle installazioni ipotizzate nei tre scenari ed equivalenza espressa in auto tradizionali

Oltre alle emissioni aventi un'incidenza essenzialmente globale, come la CO₂, si è considerata anche la NO_x, avente un'incidenza essenzialmente locale. Si sottolinea che nel caso della cottura dei cibi, le emissioni di NO_x avvengono all'interno delle abitazioni e che, quindi, la loro riduzione rappresenta un

¹⁶ Si considera un'emissione di CO₂ di 1,4 tonnellate all'anno per 1 auto tradizionale

impatto positivo ancora maggiore. La riduzione complessiva risulta essere di oltre 30.000 kg nello scenario accelerato. Anche in questo caso, il contributo principale si deve alle tecnologie riguardanti il condizionamento degli ambienti, benché anche l'auto elettrica dia un contributo sostanziale. E' necessario sottolineare che a livello cittadino la riduzione di NO_x è di oltre 34.000 kg, mentre circa 4.000 kg di NO_x sono prodotti dalle centrali termoelettriche per l'incremento del consumo di energia elettrica derivante dall'uso di alcune tecnologie. Anche in questo caso sono rappresentate le auto corrispondenti e la loro relativa emissione di NO_x¹⁷che si potrebbe evitare con gli interventi indicati negli scenari.

 = 1.000 auto tradizionali

Emissioni di NO _x (kg)	Scenario Inerziale	Scenario BAU	Scenario accelerato
Caldaia a condensazione e pompe di calore split per la climatizzazione ambienti	-4.858 kg =  (8.096 auto)	-8.240 kg =  (13.733 auto)	-18.760 kg =  (31.266 auto)
Solare termico e pompe di calore ACS	-76 kg =  (126 auto)	-264 kg =  (440 auto)	-765 kg =  (1.026 auto)
Fotovoltaico	-30 kg =  (50 auto)	-40 kg =  (66 auto)	-199 kg =  (441 auto)
Cucina a induzione	-602 kg =  (1.000 auto)	-1205 kg =  (2.008 auto)	-2409 kg =  (4.015 auto)
Bicicletta a pedalata assistita	-89 kg =  (148 auto)	-221 kg =  (368 auto)	-531 kg =  (885 auto)
Auto elettrica	-158 kg =  (263 auto)	-789 kg =  (1.315 auto)	-6.835 kg =  (11.390 auto)
Totale	-5.813 kg =  (9.688 auto)	-11.148 kg =  (18.580 auto)	-29.499 kg =  (48.895 auto)

Tabella 4.5 – Emissioni di NO_x evitate grazie alle installazioni ipotizzate nei tre scenari ed equivalenza espressa in auto tradizionali

La tabella seguente riporta la riduzione di particolato, e relative auto tradizionali corrispondenti, derivante dall'incremento della mobilità elettrica e dalla riduzione del consumo di benzina.

¹⁷ Si considera un'emissione di NO_x di 0,6 kg all'anno per 1 auto tradizionale

 = 1.000 auto tradizionali

Emissioni di Particolato (kg)	Scenario inerziale	Scenario BAU	Scenario accelerato
Bicicletta a pedalata assistita	-8 kg =  (160 auto)	-19 kg =  (380 auto)	-45 kg =  (900 auto)
Auto elettrica	-15 kg =  (300 auto)	-75 kg =  (1.500 auto)	-650 kg =  (13.000 auto)
Totale	-23 kg =  (460 auto)	-94 kg =  (1.566 auto)	-695 kg =  (13.900 auto)

Tabella 4.6 – Emissioni di Particolato evitate grazie alle installazioni ipotizzate nei tre scenari ed equivalenza espressa in auto tradizionali

Nei grafici seguenti si riporta una sintesi dei risultati, per ciascuno scenario, del fatturato generato, del consumo di gas evitato (Mmc) e dei volumi installati per ciascuna tecnologia.

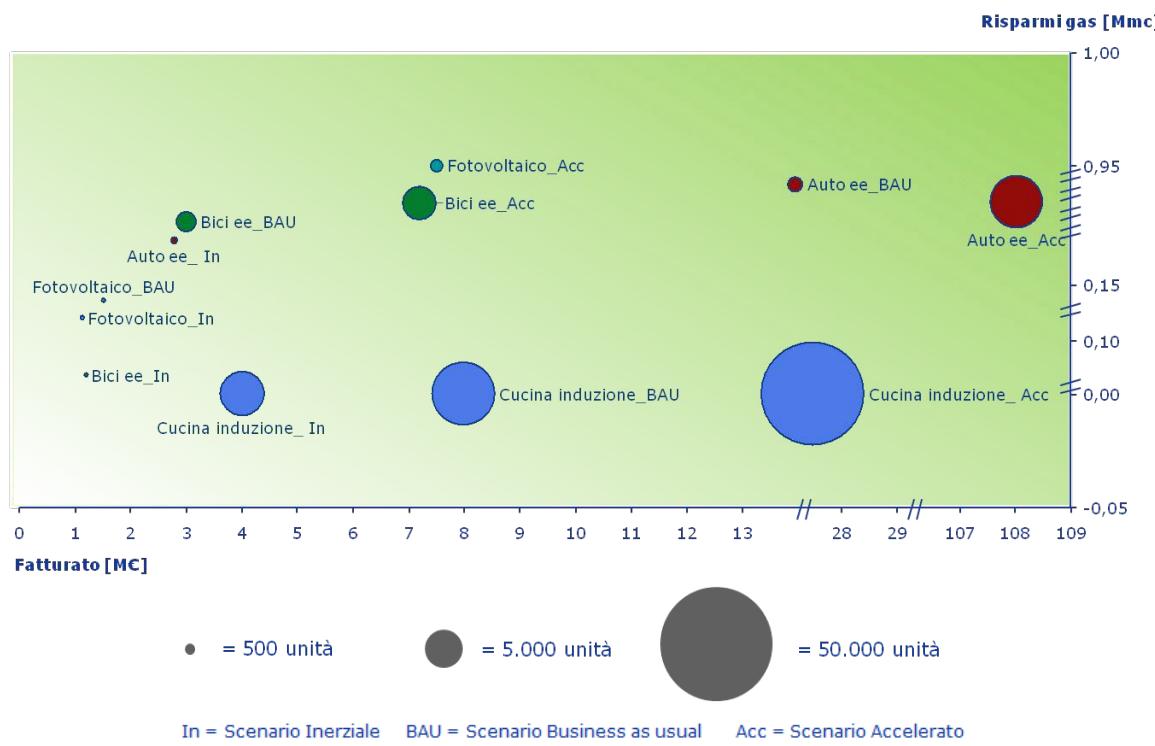


Figura 4.7 – Rappresentazione dei risultati ottenuti nei tre scenari in termini di fatturato, risparmio gas e volumi, per Fotovoltaico, Cucina a induzione, Bici ed Auto elettrica

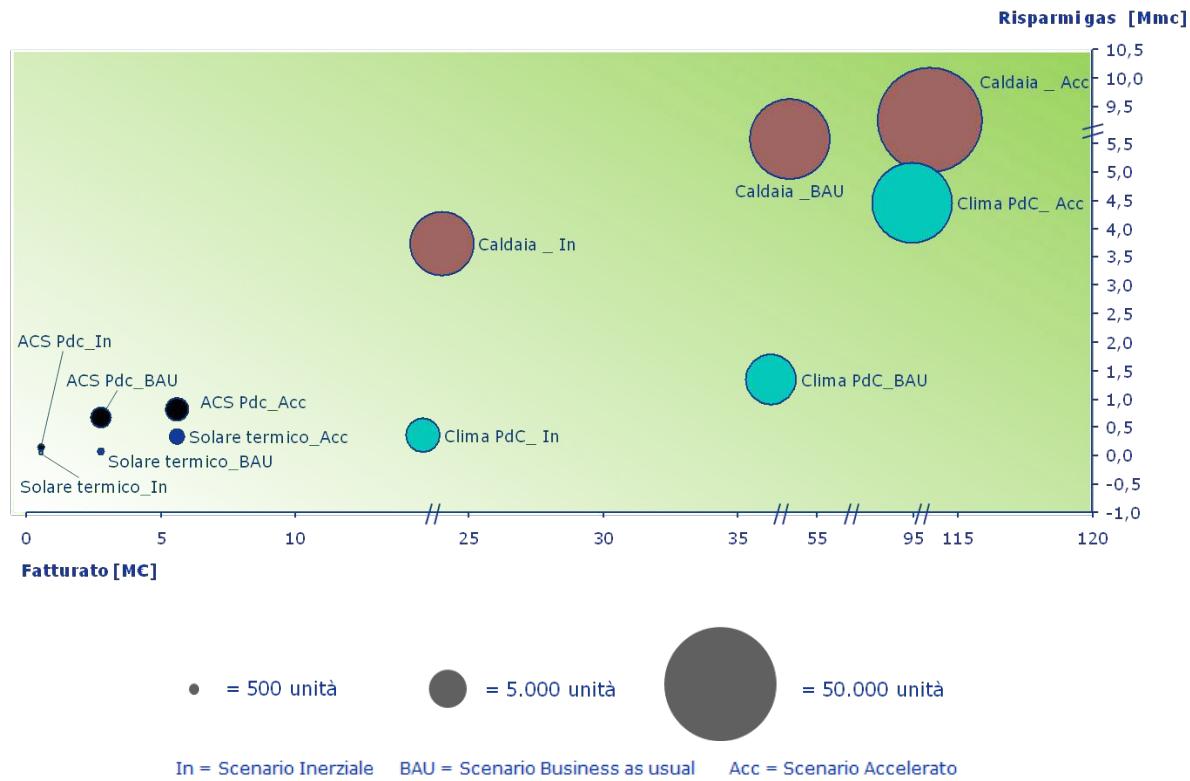


Figura 4.8 – Rappresentazione dei risultati ottenuti nei tre scenari in termini di fatturato, risparmio gas e volumi, per Solare termico, Scaldacqua a pompa di calore (ACS Pdc), Caldaia a condensazione e Climatizzatore a pompa di calore

Le tecnologie più virtuose tendono ad allocarsi nella zona del grafico in alto a destra; la dimensione del cerchio indica il volume delle installazioni.

Per la bici e l'auto elettrica si sottolinea che l'effettivo risparmio ottenuto dal loro utilizzo è espresso il litri di benzina non consumati dall'uso di auto e moto tradizionali; il grafico riporta la conversione termica di tali valori in Mmc al solo scopo di uniformare la rappresentazione grafica con le altre tecnologie.

4.4 I benefici per il cittadino

L'attivazione di interventi di sostenibilità energetica nella città di Firenze contribuisce ad apportare notevoli benefici in termini ambientali ed economici. Questi benefici hanno una ricaduta sia a livello generale, derivante da un minore consumo di risorse energetiche non rinnovabili, da una riduzione dell'impatto sull'ambiente e da un rafforzamento di cicli economici, sia a livello locale, attraverso il miglioramento della qualità dell'aria, della vivibilità del territorio, del miglioramento delle prestazioni apportato dal rinnovamento tecnologico.

Il cittadino di Firenze usufruisce di tutti i suddetti benefici, sia che partecipi attivamente allo sviluppo degli interventi, sia che, non avendone al momento la possibilità, ne resti spettatore, rimandando eventualmente tale partecipazione ai prossimi anni.

In aggiunta a quanto indicato, il cittadino che intraprenda una o più delle azioni indicate può usufruire di ulteriori benefici diretti di carattere economico. Tali benefici hanno quantificazioni diverse che dipendono dall'intervento intrapreso e dalle specifiche condizioni individuali (situazione di partenza, dimensionamento degli impianti, costi di installazione, ecc.). Si possono, tuttavia, indicare condizioni medie che aiutano a quantificare, seppure sommariamente, tali benefici. Nel seguito si riportano alcuni esempi.

Caldaia a condensazione – Si installa una caldaia a condensazione in un appartamento autonomo al prezzo di 3.000 euro in sostituzione di una vecchia caldaia a gas. Per l'acquisto è possibile accedere alla detrazione IRPEF del 65% che equivale a 195 euro all'anno per un periodo di 10 anni. Si ha, inoltre, un risparmio di circa 170 euro all'anno per il minor consumo di gas. La caldaia viene ripagata in poco più di 8 anni. Con questo intervento il cittadino contribuisce ad evitare l'emissione annua di circa 360 kg di CO₂, che equivale alla quantità di CO₂ assorbita da 18 alberi nello stesso arco di tempo.

Pompa di calore aria aria – L'installazione di una pompa di calore aria aria può essere una applicazione interessante e di installazione relativamente semplice a servizio sia del riscaldamento che del raffrescamento degli ambienti, in sostituzione di vecchi impianti di raffrescamento. L'impianto non sostituisce il sistema di produzione di acqua calda sanitaria. Considerando un costo complessivo di 6.000 euro per la climatizzazione di quattro locali, la detrazione IRPEF consente un risparmio annuale di 390 euro per un periodo di 10 anni. Vi è inoltre un risparmio economico stimabile in 280 euro all'anno derivante dalla somma algebrica della riduzione del costo di acquisto del gas naturale e dell'energia elettrica del vecchio impianto di raffrescamento e dall'incremento del consumo di energia elettrica. Si considera che con tale impianto si usufruisca della cosiddetta tariffa D1 basata su un prezzo del chilowattora costante per i clienti domestici che riscaldano la propria casa utilizzando pompe di calore elettriche. L'impianto viene ripagato in 9 anni e, per gli anni successivi (la durata dell'impianto è di 15 anni), resta il risparmio sul consumo di energia. Con questo intervento il cittadino contribuisce ad evitare l'emissione annua di circa 800 kg di CO₂, che equivale alla quantità di CO₂ assorbita da 40 alberi nello stesso arco di tempo.

Solare termico - Si installa un impianto solare termico con una superficie di circa 3,5 metri quadrati per la produzione di acqua calda sanitaria a sostituzione di una caldaia a gas tradizionale. Il prezzo chiavi in mano è di 3.500 euro. Per l'acquisto è possibile accedere alla detrazione IRPEF del 65% che equivale a 228

euro all'anno per un periodo di 10 anni. Il risparmio economico derivante dal minor consumo di gas ammonta a circa 200 euro all'anno. L'impianto viene ripagato in 9 anni e per gli anni successivi (la durata dell'impianto è di 20 anni) resta il risparmio per il minor consumo di gas. Con questo intervento il cittadino contribuisce ad evitare l'emissione annua di circa 430 kg di CO₂, che equivale alla quantità di CO₂ assorbita da 21 alberi nello stesso arco di tempo.

Pompa di calore per acqua calda sanitaria – In alternativa a un boiler elettrico per la fornitura di acqua calda sanitaria, si decide di installare una pompa di calore. Il prezzo chiavi in mano è di 1.300 euro. Per l'acquisto è possibile accedere alla detrazione IRPEF del 65% che equivale a 85 euro all'anno per un periodo di 10 anni. Il risparmio economico derivante dal minor consumo di energia elettrica ammonta a circa 420 euro all'anno. L'impianto viene ripagato in meno di 9 anni e per gli anni successivi (la durata dell'impianto è di 15 anni) resta il risparmio per il minor consumo di energia elettrica. Con questo intervento il cittadino contribuisce ad evitare l'emissione annua di circa 520 kg di CO₂, che equivale alla quantità di CO₂ assorbita da 26 alberi nello stesso arco di tempo.

Solare fotovoltaico - Si installa un impianto solare fotovoltaico dalla potenza di 3 kW in regime di scambio sul posto. Il prezzo chiavi in mano è di 7.500 euro. Per l'acquisto è possibile accedere alla detrazione IRPEF del 50% che equivale a 375 euro all'anno per un periodo di 10 anni. La produzione dell'impianto è pari a 3.750 kWh e una leggera riduzione si avrà col passare degli anni (dopo 20 anni la produzione sarà diminuita di circa il 15%). Circa un quarto dell'energia prodotta è consumata direttamente dall'utenza, mentre il resto è immesso in rete. Inoltre, l'utenza preleva dalla rete la stessa quantità di energia immessa. Il vantaggio economico derivante dal mancato acquisto di energia elettrica (autoconsumo) e dal sistema dello scambio sul posto è valutabile in circa 700 euro all'anno. Tale valore, sommato alla detrazione IRPEF, porta a ripagare l'impianto in circa 8 anni. Durante gli anni successivi (limitando la durata dell'impianto a 20 anni) si registrerà un vantaggio economico complessivo pari a circa 7.000 euro. Con questo intervento il cittadino contribuisce ad evitare l'emissione annua di circa 1.400 kg di CO₂, che equivale alla quantità di CO₂ assorbita da 70 alberi nello stesso arco di tempo.

Cucina a induzione - In alternativa alla tradizionale cucina a gas, si installa una moderna cucina a induzione. Il costo di acquisto dell'elettrodomestico e delle attrezature adatte al suo impiego è di 700 euro. Si stima che il costo del gas della precedente cucina e quello dell'energia elettrica della nuova siano abbastanza simili. D'altra parte, sono tante le variabili, soprattutto di abitudini, che incidono sulle modalità d'uso di una cucina e, quindi, anche sui suoi consumi. Con l'introduzione di una tariffazione elettrica che non penalizzi i consumi di energia elettrica superiori al consumo della famiglia media italiana, il vantaggio economico della cucina a induzione dovrebbe prevalere. Con questo intervento il cittadino contribuisce ad evitare l'emissione annua di circa 50 kg di CO₂, che equivale alla quantità di CO₂ assorbita da poco meno di 3 alberi nello stesso arco di tempo. E annulla le emissioni inquinanti domestiche.

Bicicletta a pedalata assistita - Si acquista una bicicletta a pedalata assistita la prezzo di 1.200 euro e la si utilizza sistematicamente per spostamenti in città pari a circa 12 km giornalieri in sostituzione della motocicletta. Il risparmio economico derivante dal mancato consumo di benzina è solo lievemente ridotto dal costo dell'energia elettrica per le ricariche della bicicletta. Complessivamente si ha un risparmio annuale pari a circa 185 euro. Con queste condizioni la bicicletta si ripaga in circa 6,5 anni. Con questo intervento il cittadino contribuisce ad evitare l'emissione annua di circa 130 kg di CO₂, che equivale alla quantità di CO₂ assorbita da poco meno di 7 alberi nello stesso arco di tempo.

Automobile elettrica – Invece di acquistare un'automobile a benzina al costo di 15.000 euro, si acquista un'automobile elettrica al costo di 22.000 euro. Questa cifra deriva da una attesa graduale riduzione del prezzo di tali veicoli e da un eventuale incentivo. Il risparmio economico annuale derivante dal mancato consumo di benzina dell'automobile standard ammonta a circa 1.100 euro, mentre il costo annuale

dell'energia elettrica ammonta a circa 500 euro nell'ipotesi che non vi siano rimodulazioni della tariffa. In queste condizioni, l'extracosto tra i due veicoli viene ripagato in circa 12 anni. Nel caso subentrasse una rimodulazione della costo del chilowattora tale da ridurlo del 25% (da 35 c€/kWh a 26 c€/kWh) il suddetto extracosto sarebbe ripagato in 10 anni. Con questo intervento il cittadino contribuisce ad evitare l'emissione annua di circa 180 kg di CO₂, che equivale alla quantità di CO₂ assorbita da 9 alberi nello stesso arco di tempo.

CONSIDERAZIONI FINALI

I dati emersi dalle analisi effettuate nei capitoli precedenti conducono ad una serie di interessanti considerazioni.

Le tecnologie efficienti prese in esame possono trovare nella realtà fiorentina un territorio fertile sul quale sviluppare un potenziale ancora in gran parte da esplorare: si pensi alle circa 100.000 caldaie autonome presenti a livello residenziale oppure alle poche decine di bici ed auto elettriche circolanti ad oggi in città.

Il raggiungimento di tale potenziale può essere stimolato ed agevolato da una serie di fattori a livello nazionale (detrazioni fiscali, revisioni tariffarie), locale (misure di sostegno, campagne di sensibilizzazione) e di mercato (abbassamento dei prezzi) che possono incidere in maniera significativa sul futuro sviluppo delle tecnologie efficienti e dei benefici che ne possono derivare.

Con le ipotesi elaborate per lo scenario **inerziale**, le suddette ricadute sono poco significative. Già a partire dai risultati emersi per lo scenario **BAU** invece, si evidenziano ricadute decisamente più positive.

Con lo scenario **accelerato** infine si otterrebbe uno sviluppo dell'efficienza energetica capace di incidere sull'indotto e sul miglioramento del benessere ambientale della città:

- risparmio di 12,8 milioni di mc di gas e riduzione di 8,3 milioni di litri di benzina
- oltre 380 mln € di volume d'affari complessivo di cui circa la metà per Firenze
- positive ricadute sull'occupazione locale con oltre 280 nuovi posti di lavoro
- oltre 44.000 tonnellate di CO₂ evitate

È bene sottolineare che tali risultati rispecchiano le specifiche peculiarità del contesto fiorentino – alquanto sfidante - e che in altri tessuti urbani è possibile ipotizzare maggiori benefici, sia in termini di ricadute sull'indotto sia per quanto riguarda le emissioni di CO₂ evitate ed i risparmi raggiungibili.

I vantaggi stimati per la città di Firenze possono essere proiettati anche a livello nazionale riparametrizzandoli sulla base della popolazione (chiaramente ciò implica una forte ma inevitabile approssimazione). Le ricadute così stimate sarebbero quindi:

- la riduzione di 2 miliardi di metri cubi di gas naturale e di 1,3 miliardi di litri di benzina
- un giro d'affari pari a oltre 60 miliardi di euro
- la generazione di circa 72.000 posti di lavoro all'anno
- la riduzione di 7 milioni di tonnellate di CO₂

In definitiva quello che emerge dalle analisi effettuate con il presente studio è che dopo diversi anni durante i quali il sistema degli incentivi, soprattutto della detrazione fiscale del 65%, hanno sostanzialmente portato dei buoni risultati, vi è il rischio che un loro ridimensionamento ulteriore arresti lo slancio del settore riportandolo in uno scenario di sviluppo inerziale.

Altro elemento decisivo è rappresentato dall'evoluzione tecnologica con la riduzione dei prezzi di acquisto (soprattutto per fotovoltaico e auto elettrica) e una revisione della tariffa elettrica in modo da non vanificare dal punto di vista economico il vantaggio rappresentato dalla maggiore efficienza delle elettrotecnologie.

Per avere dei risultati significativi in termini di diffusione su larga scala delle tecnologie efficienti c'è poi bisogno, oltre che del consolidamento del sistema degli incentivi, di un forte coinvolgimento a livello locale delle varie amministrazioni e di tutti i soggetti interessati (produttori, istituti bancari etc) su azioni concrete (agevolazioni economiche, offerte ad hoc) volte a favorire l'adozione da parte dei cittadini di tecnologie efficienti, come ad esempio la citata iniziativa 'Fa la casa giusta' del Comune di Firenze.

In questo modo il cittadino, divenendo più consapevole sia dei benefici che può portare al sistema sia dei benefici che può ottenere direttamente, potrà avere un ruolo da protagonista nell'accelerare questa trasformazione verso un sistema più efficiente e un ambiente più sostenibile.

I Focus – Le tecnologie e le loro specificità applicative

Il focus analizza schematicamente le tecnologie selezionate (Caldaie a condensazione, Pompe di calore per condizionamento ambienti, Solare termico, Pompe di calore per ACS, Cucine a induzione, Fotovoltaico, Bicicletta a pedalata assistita, Automobile elettrica), mettendone in evidenza alcune specificità tecnologiche e applicative.

In generale, gli esempi riportati definiscono i tempi di rientro degli investimenti effettuati per l'installazione delle suddette tecnologie considerando il loro costo complessivo e non l'eventuale extracosto rispetto a tecnologie alternative. Quest'ultima valutazione è stata fatta solo nel caso dell'automobile elettrica.

La caldaia a condensazione

Le caldaie a condensazione sono una delle tecnologie più efficienti per il riscaldamento domestico e la produzione di acqua calda sanitaria. Rispetto alle caldaie tradizionali, quelle a condensazione (alimentate a gas metano) presentano particolari accorgimenti tecnici in grado di assicurare un notevole aumento di efficienza e un conseguente risparmio in bolletta.

A seguito della combustione, in una caldaia si generano gas combusti caldi (i fumi) il cui calore viene trasferito all'acqua dell'impianto di riscaldamento e da questa ceduto agli ambienti attraverso vari terminali d'impianto (radiatorì, pannelli radianti, ventilconvettori, ecc.).

Maggiore è la quantità di calore che dai fumi passa all'acqua, maggiore è il rendimento della caldaia. Un primo importante aspetto, per incrementare il rendimento della caldaia, è rappresentato quindi dalla possibilità di scambiare una maggiore quantità di calore tra fumi e acqua che porterà a un maggiore raffreddamento dei fumi stessi. Attraverso questo fenomeno, si recupera la maggior parte del calore che in una caldaia tradizionale si disperde attraverso i fumi. In più, raffreddando i fumi sotto una certa temperatura il vapore acqueo prodotto dall'ossidazione dell'idrogeno contenuto nel combustibile comincia a condensare, cedendo il suo calore latente di condensazione che può essere anch'esso trasferito in caldaia all'acqua dell'impianto. Con il gas naturale e gli attuali bruciatori, tale temperatura è intorno a 55 °C.

Con tali fenomeni, l'efficienza di una caldaia a condensazione si attesta attorno al 106%, contro un valore del 90% tipico di una caldaia tradizionale.

La caldaia a condensazione, in sintesi, ha un'efficienza maggiore rispetto a una caldaia tradizionale, perché è progettata per sfruttare buona parte del calore latente contenuto nei gas di scarico, che nelle normali caldaie vengono espulsi dal camino, a temperature molto alte. Il recupero del calore latente avviene a vantaggio del rendimento del generatore e all'ambiente si restituiscono fumi con temperature comprese tra 40 e 65 °C, contro i circa 150 °C delle caldaie convenzionali.

Affinché si verifichi il fenomeno della condensazione, è necessario che la temperatura di ritorno dell'acqua sia la più bassa possibile, perché è questa che raffredda i fumi in modo da consentirne la condensazione. Ciò implica che il miglioramento di efficienza è massimo nel caso in cui il sistema di riscaldamento preveda terminali a basse e medie temperature. Nel caso di funzionamento con terminali tradizionali, il rendimento scende attorno al 96%, comunque più alto di una caldaia tradizionale.

Il maggiore costo di una caldaia a condensazione rispetto a una convenzionale è sostanzialmente imputabile ai maggiori costi dei materiali e della progettazione necessari per resistere agli agenti corrosivi presenti nella condensa.

La pompa di calore per condizionamento ambienti

La pompa di calore è una macchina in grado di trasferire calore da una sorgente a temperatura più bassa a una sorgente a temperatura più alta. Una di queste sorgenti è costituita dall'ambiente esterno, mentre l'altra dall'ambiente interno di una abitazione. La maggior parte delle pompe di calore presenti sul mercato è di tipo reversibile: possono sia riscaldare durante l'inverno che raffrescare in estate.

In effetti la pompa di calore deve il suo nome al fatto che riesce a trasferire del calore da un livello inferiore a un livello superiore di temperatura, superando quindi il limite del flusso naturale del calore. Ciò

si deve alla presenza di uno speciale fluido che, a seconda delle condizioni di temperatura e di pressione in cui si trova, assume lo stato di liquido o di vapore, potendo quindi prelevare e trasferire del calore. Il vantaggio nell'uso della pompa di calore deriva dalla sua capacità di fornire più energia termica (calore) di quanta ne venga consumata per il suo funzionamento. Infatti la pompa di calore è in grado di estrarre calore da sorgenti termiche, presenti nell'ambiente, che per loro natura e disponibilità possono appunto essere considerate rinnovabili. Per questo motivo le pompe di calore sono riconosciute come tecnologie che impiegano energie rinnovabili.

Vi sono essenzialmente tre tipi di sorgente esterna:

Aria – è la soluzione più diffusa a causa dei bassi costi di realizzazione, della disponibilità illimitata della sorgente e della praticità d'uso, anche se di contro è la sorgente dalle prestazioni meno costanti;

Acqua – ha una minore diffusione a causa dei costi più elevati, delle complessità nell'installazione dovute alla necessità di opere di prelievo e scarico sottoposte a rigidi vincoli normativi, e della disponibilità non illimitata, anche se garantisce prestazioni costanti e superiori a quelle delle pompe ad aria;

Terreno – al pari dell'acqua ha una diffusione limitata a causa dei costi elevati e della necessità di ampie superfici per le opere di realizzazione, anche se garantisce le prestazioni più elevate.

La pompa di calore deve essere abbinata ad un opportuno sistema di distribuzione in grado di trasportare (o asportare) il calore all'interno dei locali. Il fluido di distribuzione all'interno dei locali può essere l'aria oppure l'acqua (questa seconda soluzione, utilizzata in ambienti con la distribuzione idrica del calore, è comunque più rara).

Un'ulteriore classificazione delle pompe di calore può essere fatta in base alla fonte energetica che ne alimenta il ciclo: le pompe di calore a compressione, alimentate da energia elettrica, e le pompe di calore a assorbimento, alimentate a gas naturale. Le pompe di calore elettriche ad aria sono indubbiamente le più diffuse, caratterizzate da elevata semplicità impiantistica e da relativamente bassi costi d'acquisto.

Prima dell'entrata in vigore, il primo gennaio 2013, della Regolamentazione Europea 206/2012, l'efficienza di una pompa di calore elettrica era misurata, per il riscaldamento invernale e il raffrescamento estivo, dai parametri COP (Coefficient of Performance) e EER (Energy Efficiency Ratio), rispettivamente, basati sul calcolo dell'energia termica fornita in rapporto a quella elettrica consumata, considerando però un'unica temperatura ambientale per ciascuna modalità di funzionamento. Attualmente si utilizzano i nuovi parametri SCOP e SEER che considerano la variazione stagionale delle prestazioni (la lettera "S" significa "seasonal"). In sostanza, tali parametri considerano diversi profili di temperatura più realistici e basati su macro aree climatiche .

Una regola valida per tutti i sistemi a pompa di calore è che il loro rendimento è inversamente proporzionale alla differenza di temperatura tra sorgente e pozzo. In altre parole, all'aumentare della differenza di temperatura, diminuisce il rendimento del sistema.

Il solare termico

Un impianto solare termico, costituito da collettori solari e da un sistema di accumulo dell'acqua calda, consente di trasformare la radiazione solare in energia termica utile, sotto forma di acqua o aria calda. Il fluido caldo può essere utilizzato per la produzione di acqua calda sanitaria – si parla in questo caso di impianti semplici – oppure anche per alimentare l'impianto di riscaldamento – si parla in questo caso di impianti combinati. Vi sono applicazioni anche in altri ambiti, come il riscaldamento dell'acqua delle piscine oppure l'alimentazione di processi industriali che richiedono calore a temperatura medio – bassa. La maggior parte delle applicazioni del solare termico riguarda comunque la produzione di acqua calda sanitaria.

Esistono diversi tipi di collettore; i principali sono:

Collettori piani - rappresentano la fetta più grossa del mercato italiano del solare termico e sono di gran lunga i più diffusi nel settore domestico. Il cuore del collettore è formato dall'assorbitore di calore: si tratta di una lamiera verniciata di nero, con tubi di rame integrati, che ha la funzione di assorbire la radiazione solare. L'assorbitore cede il proprio calore al fluido termovettore (acqua oppure soluzione di acqua e antigelo) che scorre nei tubi di rame. Questi componenti sono tenuti insieme da un telaio

metallico rigido ricoperto da un vetro per ridurre la dispersione del calore verso l'esterno. Questi collettori, ideali per la produzione di acqua calda sanitaria, sono molto versatili e non presentano particolari difficoltà in fase di installazione e manutenzione. Hanno inoltre un alto grado di affidabilità, essendo una tecnologia diffusa da molti anni.

Collettori a tubi sottovuoto - un pannello solare a tubi sottovuoto è costituito da tubi formati da un doppio vetro. Il vuoto tra i vetri trattiene il calore che viene trasferito a lamiere assorbenti inserite nei tubi di vetro. Da queste lamiere, il calore passa al fluido termovettore che scorre in tubi di rame inseriti anch'essi nei tubi di vetro. Questi collettori hanno il vantaggio di mantenere buone prestazioni anche in condizioni di scarsa insolazione e con temperature inferiori allo zero. Con il vuoto le perdite di calore del collettore sono più limitate, risultando particolarmente efficace nei periodi più freddi dell'anno.

Un impianto solare non è fatto solo di pannelli. A causa dell'aleatorietà della fonte solare, non è in generale tecnicamente ed economicamente conveniente pensare ad un impianto solare completamente autosufficiente. Al rischio di non poter far fronte al carico termico in condizioni particolari (condizioni climatiche sfavorevoli per lunghi periodi, aumento momentaneo del fabbisogno dell'utenza), si associa inoltre, il problema dato dallo sfasamento temporale tra disponibilità di sole e richiesta di ACS.

Per far fronte a queste problematiche i sistemi solari termici devono prevedere la presenza di due elementi:

- un sistema di accumulo di acqua dove il fluido termovettore che scorre nei pannelli trasferisce calore all'acqua stessa;
- un sistema integrativo di tipo tradizionale (caldaia a gas, boiler elettrico).

Esistono due principali tipologie di impianti:

Impianti a circolazione naturale - la circolazione del fluido termovettore nell'impianto avviene grazie al processo convettivo del fluido che scaldandosi sale verso il serbatoio di accumulo e alla successiva caduta gravitazionale. La semplicità di questi impianti fa sì che i costi di progettazione e installazione siano contenuti, mentre i principali limiti sono legati alla necessità di posizionare il serbatoio di accumulo in prossimità dei collettori.

Impianti a circolazione forzata - un sistema di pompe garantisce la circolazione del fluido termovettore dai collettori al serbatoio di accumulo. In questo caso, il serbatoio può essere posizionato in modo indipendente dal collettore. I principali svantaggi sono legati al costo e alla maggiore complessità di progettazione.

Per quanto riguarda la produzione di acqua calda, un impianto solare viene di norma dimensionato per coprire quote percentuali intorno al 50-80% del fabbisogno annuo. La copertura totale del fabbisogno comporterebbe una sovrdimensionamento dell'impianto con costi aggiuntivi e una probabile notevole quantità di acqua calda inutilizzata nella stagione estiva.

Le più frequenti soluzioni architettoniche per la posa dei collettori solari sono:

Posa su tetto - i pannelli vengono fissati parallelamente al tetto, senza modifiche strutturali alla copertura.

Posa integrata nel tetto - i pannelli vengono incassati nel tetto e sostituiscono il materiale di copertura (tegole o altro). E' una soluzione più costosa, specie su edifici già esistenti, ma è la migliore da punto di vista architettonico.

Posa su superficie piana - è la soluzione più semplice ed economica, consigliata se si dispone dello spazio necessario. Questa soluzione permette di scegliere i migliori angoli di inclinazione e orientamento.

Posa integrata in facciata - molto diffusa nel nord Europa, meno alle nostre latitudini. L'inclinazione a 90° dei collettori solari è un'opzione che richiede un'attenta analisi del rendimento energetico e delle condizioni di funzionamento dell'impianto.

Il fabbisogno giornaliero di acqua calda sanitaria, per il settore residenziale, è stimato attorno a 50 litri pro capite e a una temperatura di 40 °C. Questa richiesta può essere soddisfatta da una superficie di quasi un metro quadrato di collettori.

A titolo di esempio, a Firenze un piccolo impianto composto da 2 metri quadrati di collettore e un accumulo di 150 litri copre il fabbisogno di acqua calda di una famiglia di 3 persone per una quota pari a circa il 55%. Portando l'accumulo a 300 litri, il fabbisogno coperto raggiunge circa il 65%. Con tale accumulo e raddoppiando la superficie dei collettori, si può coprire il 75% del fabbisogno di acqua calda di una famiglia di cinque persone.

La pompa di calore per acqua calda sanitaria

Come nelle pompe di calore per il riscaldamento anche negli scaldacqua a pompa di calore un fluido frigorifero, attraverso cambiamenti di stato e cicli di compressione ed espansione, preleva il calore contenuto nell'aria e lo cede all'acqua sanitaria per portarla a circa 60°C (temperatura di stoccaggio nel bollitore). L'energia elettrica consumata per questo processo è quella necessaria a far funzionare il ventilatore che cattura l'aria e il compressore che movimenta il fluido frigorifero nel circuito. In commercio si trovano pompe di calore di diversa dimensione, da 80 litri a oltre 200 litri.

Per quanto riguarda la tipologia ci si può riferire principalmente alle versioni monoblocco e split, ovvero con unità esterna.

Nella soluzione split l'unità interna è più compatta, essendo il gruppo frigo collocato nell'unità esterna. Occorre chiaramente avere disponibile uno spazio esterno per l'ubicazione di questa unità.

Per quanto riguarda il sistema monoblocco, questo si trova invece a funzionare all'interno dell'unità abitativa. In questo caso l'aria può essere canalizzata all'esterno, sia in ingresso che in uscita, con minime opere murarie.

Se possibile, un'ulteriore soluzione consiste nell'attirare aria da locali interni all'immobile, in particolar modo ai locali non climatizzati, quali garage o cantine. In tal caso si ha il vantaggio di avere una sorgente di calore costante per tutto l'anno, a beneficio delle performance del prodotto.

Come indice di efficienza energetica della pompa di calore si utilizza l'indicatore COP (Coefficient of Performance), basato sul calcolo dell'energia termica fornita in rapporto a quella elettrica consumata. Un tipico valore di tale parametro è 3. Ciò indica che, rispetto a uno scaldacqua elettrico di pari capacità, il consumo di energia elettrica è inferiore di circa il 70%.

Si possono citare due ulteriori benefici nell'utilizzo delle pompe di calore per acqua calda sanitaria in sostituzione dei tradizionali boiler elettrici:

- la potenza assorbita è mediamente ben al di sotto che nel caso tradizionale;
- la classe energetica dell'abitazione, che include sia il riscaldamento degli ambienti che dell'acqua a scopi sanitari, può migliorare considerevolmente soprattutto nelle regioni più miti, dove è minore il peso della componente legata al riscaldamento degli ambienti.

La cucina a induzione

Da tempo, il riscaldamento di elementi elettricamente condutti per induzione trova molteplici applicazioni a livello industriale. Nelle abitazioni private questo principio è utilizzato soprattutto per le cucine.

La cucina a induzione è costituita da un piano di appoggio in vetroceramica al di sotto del quale si trovano bobine dove scorre una corrente alternata a bassa frequenza. Questa corrente genera un campo magnetico della stessa frequenza, il quale attraversa senza ostacoli il piano di cottura di vetroceramica e s'infila nella pentola situata sul piano di cottura. Il campo magnetico crea, nel fondo della pentola elettricamente conduttivo, una corrente circolare (corrente parassita). Questo principio è detto induzione.

Il fondo delle pentole è fabbricato con un materiale in cui, alla frequenza utilizzata, la corrente parassita dissipava energia sotto forma di calore provocando il riscaldamento. Il calore è dunque trasmesso per induzione, ovvero viene generato nel fondo della padella stessa e non propagato per conduzione come avviene per tutti gli altri sistemi di cottura.

Le cucine a induzione hanno rendimenti elevati, attorno al 90/95%, circa il doppio rispetto alle tradizionali cucine a gas. Ciò consente di impiegare generalmente meno tempo per la cottura. Inoltre, la flessibilità di gestione consente di programmare l'interruzione del funzionamento. Presentano sicuramente maggior sicurezza per l'assenza di combustione (pericolo di bruciature) e per l'impossibilità di incorrere in fughe di gas, come pure per l'assenza di inquinamento domestico dovuto alle sostanze generate dal processo di combustione.

Il pentolame, in rame, in alluminio, in vetro o in ceramica non funziona sui piani ad induzione. Con le cucine a induzione è necessario utilizzare pentolame con fondo magnetico (ferroso) e superficie piatta. Le zone di cottura sono dotate di riconoscimento automatico della pentola e si attivano solo in presenza di pentolame con fondo magnetico.

Il campo magnetico è in grado di attraversare il piano in vetroceramica senza generare sprechi di energia. Per questo motivo questo piano viene scaldato unicamente dal calore del pentolame stesso e la sua temperatura di esercizio risulta essere molto inferiore rispetto ai tradizionali piani di cottura a gas o elettrici. Ad esempio, se in una cucina a gas la zona di cottura per portare in ebollizione dell'acqua raggiunge la temperatura di circa 450 °C, nel caso di una cucina a induzione tale temperatura non supera i 110 °C. Inoltre, la parte di vetroceramica che circonda la nostra zona di cottura resta fredda, quindi non sussiste il rischio di scottature.

Inoltre, grazie alla distribuzione del calore su tutto il fondo del pentolame, la cottura è perfettamente uniforme.

Nelle cucine a induzione di tipo domestico sono previste generalmente quattro zone di cottura con potenze che variano dai 1200 ai 3600 Watt. Tali potenze possono essere regolate con diversi metodi che incidono sulle proprietà dei campi magnetici.

D'altra parte, l'elevato assorbimento di potenza elettrica potrebbe impedire il corretto utilizzo della tecnologia con la tradizionale tariffa residenziale da 3 kW, e potrebbe portare a richiedere la tariffa di maggior potenza per garantire il contemporaneo utilizzo di tutte le apparecchiature elettriche di casa.

Con riferimento ai campi elettromagnetici generati, non ci sono evidenze che questi siano dannosi per l'uomo.

Il solare fotovoltaico

Il funzionamento dei dispositivi fotovoltaici si basa sulla capacità di alcuni materiali, opportunamente trattati, di convertire l'energia della radiazione solare in energia elettrica in corrente continua senza bisogno di parti meccaniche in movimento. Il materiale che oggi viene quasi universalmente adottato per la costruzione delle celle è il silicio. Esso viene utilizzato in diverse forme: monocristallino, policristallino, amorfo.

La caratteristica di variabilità di tensione e corrente continua in uscita dal generatore fotovoltaico, al variare dell'irraggiamento solare e della temperatura delle celle, mal si adatta alle specifiche dell'utenza, che spesso richiede corrente alternata, per alimentare direttamente il carico o per il collegamento alla rete elettrica di distribuzione. Nei sistemi fotovoltaici il generatore è quindi collegato, a seconda dei casi, alla batteria, agli apparecchi utilizzatori o alla rete, tramite un sistema di controllo della potenza, che prende il nome di BOS (Balance of System) e che è costituito da uno o più dei seguenti dispositivi:

- l'inverter, che trasforma la corrente continua in corrente alternata e la rende disponibile agli utilizzi più comuni, dall'illuminazione, all'alimentazione degli elettrodomestici e soprattutto ne consente l'allaccio alle reti elettriche cittadine di distribuzione;
- il regolatore di carica, che consente di erogare energia in modo uniforme e senza i salti dovuti alle variazioni dell'irraggiamento solare;
- le batterie di accumulo, laddove si vuole o si deve utilizzare l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico senza immetterla nella rete di distribuzione.

L'energia elettrica che un sistema fotovoltaico è in grado di produrre in un certo periodo dipende da diverse variabili. Le condizioni climatiche locali (come nuvolosità, nebbie, ecc.) hanno una certa influenza sui valori di insolazione, ma è la latitudine che costituisce il vero fattore determinante.

L'efficienza globale del sistema fotovoltaico è il prodotto tra l'efficienza dei moduli e quella del BOS.

Nel caso di Firenze, un sistema fotovoltaico con moduli di silicio cristallino e opportunamente posizionato produce circa 1.250 kWh all'anno per ogni kW installato.

La possibilità di collegare l'impianto alla rete elettrica attraverso il cosiddetto meccanismo di "scambio sul posto" di per sé consente di installare impianti la cui produzione può essere svincolata alla quantità di energia elettrica consumata dall'abitazione. D'altra parte, dopo l'abbandono dei meccanismi di incentivazione del fotovoltaico basati sulla remunerazione dell'energia prodotta, le attuali condizioni economiche che regolano tale scambio portano a privilegiare l'autoconsumo dell'energia prodotta, riducendo quindi le quantità scambiate o cedute alla rete che, al momento, non sono in grado di remunerare adeguatamente gli investimenti effettuati.

Lo scambio sul posto permette di compensare, mediante rimborso, il valore economico dell'energia prelevata nei limiti del valore economico di tutta l'energia immessa in rete. Si tratta quindi di una compensazione economica tra prelievi e immissioni di elettricità. Mediamente si ha un rimborso, a conguaglio, di una cifra che, per ogni kWh immesso, si aggira intorno al 60-70% del kWh acquistato.

Nel caso in cui il valore economico dell'energia immessa superi il valore economico dell'energia prelevata si verifica un'eccedenza. Per le eccedenze sono possibili due possibili trattamenti: o la loro liquidazione monetaria, o la messa a credito del loro valore per l'anno successivo. Qualora si opti per la liquidazione monetaria delle eccedenze, queste ultime comprendono unicamente la quota energia relativa all'utenza considerata, mentre invece le rimanenti voci della bolletta non vengono remunerate. Nel caso si vogliano recuperare le eccedenze facendole rimborsare, il valore del kWh immesso normalmente non supera il 50% di quello acquistato.

E' quindi essenziale un corretto dimensionamento degli impianti sui fabbisogni dell'utenza in modo da ottimizzare al massimo l'autoconsumo.

La bicicletta a pedalata assistita

La direttiva europea 2002/24/CE (articolo 1, punto h) definisce la bicicletta a pedalata assistita come una bicicletta dotata di motore elettrico ausiliario e con le seguenti caratteristiche:

- potenza nominale massima continua del motore elettrico: 0,25 kW
- alimentazione del motore progressivamente ridotta e quindi interrotta al raggiungimento dei 25 km/h
- alimentazione del motore interrotta prima dei 25 km/h se il ciclista smette di pedalare

Ai veicoli che soddisfano queste caratteristiche non viene richiesta l'omologazione e sono considerati a tutti gli effetti come le biciclette tradizionali. Veicoli invece che non soddisfano contemporaneamente questi requisiti non possono essere considerati biciclette e devono essere quindi omologati e immatricolati.

La bicicletta a pedalata assistita è quindi una bici alla cui azione propulsiva umana si aggiunge quella di un motore, quasi esclusivamente elettrico. La bicicletta a pedalata assistita, in questa configurazione, è molto silenziosa e non ha nessuna emissione inquinante durante il funzionamento.

Una delle componenti più sensibili è sicuramente la batteria. Le batterie più affidabili sono quelle agli ioni di litio. Con batterie di questo tipo, con 200-250 Wh di energia immagazzinata si possono percorrere, a seconda del livello di assistenza e del peso del veicolo e del ciclista, dai 40 a 180 km e oltre. E' chiaro che l'autonomia dipende dal livello di uso dell'assistenza del motore, cioè dalla ripartizione del lavoro fra motore e ciclista. Come riferimento per un consumo medio si possono considerare 140 km percorsi con 1 kWh di energia elettrica.

L'uso della bicicletta a pedalata assistita ben si adatta agli spostamenti in città, anche di grande dimensione, in sostituzione dell'uso di mezzi a motore. D'altra parte, come ormai dimostrato dalle diverse politiche locali finalizzate all'introduzione dell'impiego della bicicletta (si pensi, ad esempio, al bike sharing), per un effettivo sviluppo di questa modalità di spostamenti è necessario che l'approccio rientri in un discorso più ampio di ciclabilità. Vi sono infatti diversi motivi che impediscono un maggiore utilizzo della bicicletta in ambito urbano. Oltre a coloro per cui l'utilizzo della bicicletta risulta faticoso e poco pratico in quanto meno veloce rispetto ad altri mezzi (e, in questo caso, la bicicletta a pedalata assistita è sicuramente un aiuto), la maggior parte dei potenziali utenti ritiene che il motivo principale per cui la bicicletta viene poco utilizzata è la sensazione di pericolosità, seguita dalla constatazione che non ci sono abbastanza piste ciclabili. A ciò si aggiunge la realizzazione di parcheggi coperti e protetti presso le stazioni ferroviarie e le fermate dell'autobus o del tram e l'installazione di un numero maggiore di rastrelliere per il parcheggio delle bici.

L'automobile elettrica

Esistono due grandi famiglie di auto elettriche:

- Plug-in Electric Vehicles (PEV) dotate di accumuli elettrochimici ricaricabili che forniscono forza motrice, senza la presenza a bordo di generatori di elettricità;
- Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEV) dotate di accumuli elettrochimici che forniscono forza motrice al veicolo che possono essere ricaricati o tramite un motore a combustione interna o tramite una fonte elettrica esterna.

Per quanto riguarda le automobile elettriche pure (PEV), sono due gli elementi attualmente ritenuti critici per il loro sviluppo:

- il costo di acquisto
- l'autonomia delle batterie

Il costo di acquisto è essenzialmente collegato al costo della batteria. Ciò implica che sono essenzialmente le batterie gli elementi critici su cui si basano le prospettive di sviluppo di questa tecnologia. Le batterie attualmente più utilizzate sono quelle agli ioni di litio, grazie all'alto potenziale elettrochimico del litio, e quelle Nichel-idruri metallici, particolarmente utilizzate sulle vetture ibride.

Le batterie a ioni di litio hanno il pregio di immagazzinare 4 volte l'energia di una batteria al piombo-acido a parità di dimensioni e di poter reggere fino a un migliaio di cicli di ricarica. L'autonomia media è attorno ai 150 km. La batteria viene generalmente garantita per 5 anni o 100.000 km.

Le prestazioni delle batterie sono in continuo aumento, sia in termini di capacità di carica che di numero di cicli di ricarica e, soprattutto, di riduzione del costo. Si è già passati dai 1000 \$/kWh del 2007 ai 400 \$/kWh del 2014, valore che potrebbe dimezzarsi per il 2020. Ciò avvicinerebbe notevolmente i costi dell'auto elettrica ai costi di un'auto omologa con motore a combustione interna. Ciò consentirebbe, inoltre, di acquistare veicoli in grado di stoccare una quantità maggiore di energia elettrica, acquisendo una autonomia maggiore.

I tempi per una ricarica completa nella propria abitazione sono normalmente nell'ordine di 4-6 ore. Tempi molto inferiori (ad esempio di 30 minuti) sono raggiungibili con ricariche a potenze di alcune decine di kW.

Per raggiungere la parità di modi d'utilizzo con le auto con motore a combustione interna sarà necessario, oltre che aumentare l'autonomia delle auto elettriche, attrezzare le attuali stazioni di servizio con sistemi di ricarica veloce.

I più recenti modelli di veicoli elettrici immessi sul mercato hanno consumi compresi tra i 120 e i 150 Wh/km. Considerato che la media europea delle percorrenze giornaliere nel 75 per cento dei casi si attesta sotto i 50 km, si ottiene un fabbisogno giornaliero di energia di 6-8 kWh per autovettura.

L'efficienza dell'auto elettrica, intesa come la conversione energetica dalle batterie alle ruote, è attorno al 90%, molto superiore all'efficienza del 25-40% che caratterizza le auto tradizionali a benzina o gasolio.

Parte di questa efficienza è ottenuta tramite un sistema di recupero automatico dell'energia cinetica in fase di frenata e di decelerazione o discesa, a parziale ricarica della batteria. Considerando il ciclo necessario a produrre l'energia elettrica e a portarla al luogo di utilizzo, l'efficienza reale si dimezza, rimanendo comunque superiore alle automobili tradizionali.

II Focus – La situazione attuale della città di Firenze

Nel seguito si riporta un approfondimento della situazione presente nella città di Firenze alla base delle ipotesi di sviluppo delle tecnologie considerate. Si descrivono, in particolare, i dati utilizzati e le metodologie di analisi.

Caldaie a condensazione e pompe di calore split per la climatizzazione ambienti

Per la stima del numero di caldaie presenti sul territorio del comune di Firenze e, soprattutto, per la definizione dell'età di tali impianti, si sono considerati prima di tutto i dati riportati nel documento "Regolamento Urbanistico – Rapporto ambientale" adottato a marzo 2014 e derivanti dal catasto impianti termici.

Secondo il catasto impianti, alla fine del 2012 risultano attivi 174.134 impianti di cui 4202 con potenza superiore a 35 kW.

Come indicato nello stesso documento "ad oggi purtroppo i dati sono affetti da un certo margine di errore, dovuto principalmente alla mancanza di aggiornamento rispetto agli impianti dismessi e non più attivi, che risultano ancora inseriti nel catasto degli impianti termici. Il catasto difatti fa riferimento a più data-base, che sono stati messi a punto nel corso di un decennio dalle diverse società che hanno preso in gestione l'attività di controllo degli impianti stessi".

Per tale motivo, nel documento si sceglie di considerare, per gli impianti di potenza inferiore o uguale a 35 kW, il numero di autocertificazioni pervenute nel biennio 2010-2011 e quello degli impianti non autocertificati, scoperti a seguito di controllo effettuato sempre nel biennio. Ne risulta un totale a 120.078 impianti a cui occorre aggiungere gli impianti con potenza superiore a 35 kW pari a 4202, con un risultato complessivo quindi di 124.280.

Limitandosi al settore residenziale, i dati del censimento della popolazione e delle abitazioni del 2011 indicano la presenza di 114.760 impianti autonomi a servizio esclusivo dell'abitazione. Si riportano, inoltre, 44.952 appartamenti serviti da impianti centralizzati. Ci sono poi ulteriori 11.958 abitazioni il cui riscaldamento è garantito da altri tipi di apparecchi, fissi o mobili (stufe a legna, elettriche, a GPL, ecc.).

I due valori riferiti alle caldaie autonome (120.078 e 114.760) sono coerenti tra loro, se si considera che il numero maggiore indicato nel suddetto Rapporto ambientale include anche alloggi non adibiti a residenziale. Per tale motivo, nelle analisi successive si è considerato il dato ISTAT come numero di caldaie autonome a servizio di alloggi residenziali.

Il gas naturale è il combustibile di gran lunga più utilizzato (96% delle abitazioni), mentre solo una quota minoritaria delle abitazioni è servita da gasolio. Nel caso degli impianti autonomi, come riportato nel catasto comunale, viene usato esclusivamente metano.

La ripartizione delle caldaie autonome a livello di quartiere è stata stimata sulla base del 14° censimento della popolazione e delle abitazioni che riporta le caratteristiche abitative (inclusa la disaggregazione tra impianti autonomi e centralizzati) a livello di isola censuaria. Per ogni quartiere sono stati sommati i dati relativi alle isole censuarie ricadenti in esso.

Quartiere	Numero caldaie autonome
Q1 - Centro storico	26.456
Q2 - Campo di Marte	26.302
Q3 - Gavinana Galluzzo	12.674
Q4 - Isolotto Legnaia	18.223
Q5 - Rifredi	31.104
Totale	114.760

Il catasto degli impianti termici riporta le caratteristiche del parco impianti termici con una suddivisione dell'età su base quinquennale. Mantenendo tali valori, la classificazione per età è stata ulteriormente stimata anno per anno in base a tipiche distribuzioni provenienti da catasti di altri comuni caratterizzati da un maggiore dettaglio riguardante l'età delle caldaie.

Età	Numero caldaie autonome
1	3.672
2	5.508
3	6.886
4	7.804
5	8.263
6	8.722
7	8.997
8	8.446
9	7.528
10	6.702
11	5.784
12	4.958
13	4.590
14	4.407
15	4.131
16	3.994
17	3.764
18	3.581
19	3.535
20	3.489
Totale	114.760

Solare termico e pompe di calore ACS

Nell'analisi si è ritenuto che la maggior probabilità di installazione di impianti solari si verifichi su edifici di limitate dimensioni, nei quali il numero di abitazioni è molto basso (al limite, un'unica unità) o dove la disponibilità della copertura è elevata (case a schiera).

Un ulteriore elemento che determina la possibilità di installare tali impianti è costituito dai diversi livelli di vincolo presenti nelle varie aree cittadine.

Per la città di Firenze si considera maggiormente probabile l'installazione su edifici costituiti da 1 o 2 piani e che non ricadono in aree dove l'installazione è proibita.

Il numero di abitazioni è ricavato dal 14° censimento della popolazione e delle abitazioni aggregando i dati delle isole censuarie comprese in ogni quartiere.

Si sono inoltre considerate le aree dove è presente l'obbligo di integrazione totale dei pannelli solari nelle falde del tetto (medio potenziale di installazione) e le aree dove gli impianti solari possono essere installati senza obbligo di integrazione nelle falde del tetto (alto potenziale di installazione).

Numero abitazioni	Edifici 1 piano		Edifici 2 piani		Totale	
Quartiere	Alto potenziale	Medio potenziale	Alto potenziale	Medio potenziale	Alto potenziale	Medio potenziale
Q1 - Centro storico	75	357	518	2.720	593	3.077
Q2 - Campo di Marte	849	1.489	3.776	6.783	4.625	8.273
Q3 - Gavinana Galluzzo	1.095	454	4.784	1.536	5.879	1.990
Q4 - Isolotto Legnaia	1.178	605	6.325	2.004	7.503	2.609
Q5 - Rifredi	1.939	800	9.482	3.823	11.421	4.623
Totale	5.136	3.706	24.885	16.866	30.021	20.572

Per ogni quartiere è quindi possibile calcolare la quota parte di abitazioni per la quale esiste un potenziale di installazione.

Percentuale abitazioni con diverso potenziale di installazione		
Quartiere	Alto potenziale	Medio potenziale
Q1 - Centro storico	2	11
Q2 - Campo di Marte	13	23
Q3 - Gavinana Galluzzo	34	11
Q4 - Isolotto Legnaia	29	10
Q5 - Rifredi	28	11

Per stimare quanti siano attualmente gli impianti solari termici ad uso residenziale presenti a Firenze, si è ipotizzato che questi siano stati installati essenzialmente a seguito degli specifici incentivi riguardanti le detrazioni fiscali, incentivi attivati a partire dal 2007.

Dalle informazioni disponibili a livello regionale e riportate nei rapporti ENEA "Le detrazioni fiscali del 55% per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente" si può desumere una media di installazioni pari a poco più di 2000 ogni anno.

Impianti solari termici	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Regione Toscana	1.484	2.501	2.286	3.202	1.797	1.626

Ciò porterebbe a circa 17.000 il numero di impianti installati al 2014 nell'intera regione Toscana. Considerando, come indicato in precedenza, che le abitazioni maggiormente interessate a tali installazioni siano quelle inserite in edifici di 1-2 piani, dal rapporto tra il numero di abitazioni di questa tipologia presente a Firenze con quello presente nell'intera regione, si desume un numero di impianti solari termici attualmente installati in città pari a circa 400. Per tenere conto del fatto che la prescrizione riguardante l'installazione degli impianti in modo integrato, nel calcolo si è ipotizzato che la probabilità di installazione in abitazioni caratterizzate da tale prescrizione sia ridotta alla metà rispetto ad abitazioni prive di vincolo.

A Firenze ci sono circa 40.000 abitazioni con impianti per sola ACS, la cui acqua calda sanitaria, cioè, è prodotta da impianti non abbinati all'impianto di riscaldamento. Il rapporto dell'ISTAT "I consumi energetici degli italiani" riferito all'anno 2013 indica che in Toscana il 75% degli impianti per sola ACS funzionano a energia elettrica. Applicato a Firenze, tale percentuale porta a 30.000 il numero di boiler elettrici attualmente presenti nel territorio comunale.

Impianti fotovoltaici

Secondo quanto riportato dal GSE in Atlasole, gli incentivi del conto energia hanno stimolato, nel Comune di Firenze, l'installazione di 280 impianti fotovoltaici per una potenza complessiva di 4051 kW.

Potenza [kW]	Numero
1-2	22
2-3	110
3-5	45
5-10	38
10-20	26
20-50	17
50-100	16
>100	6
Totale	280

Il numero di impianti con potenza inferiore ai 6 kW è pari a 203.

Da dati ANIE Rinnovabili si può stimare che nel periodo post conto energia, a partire da luglio 2013 e fino a fine 2014, in Italia siano stati installati ulteriori 75.000 impianti a livello residenziale.

Utilizzando la stessa proporzione intercorsa durante il periodo di incentivo tra impianti installati a livello cittadino e impianti installati a livello nazionale, tra metà 2013 e fine 2014 nella città di Firenze si può stimare un installato di una cinquantina di impianti ad uso domestico. Ciò porta il numero totale di impianti domestici installati a circa 250 unità.

Cottura dei cibi

Il mercato delle cucine a induzione negli ultimi anni è in crescita in Italia. Attualmente si stima¹⁸ una penetrazione pari al 5%. Trasferendo questa stessa percentuale al contesto fiorentino, in termini numerici ciò indica la presenza di circa 10.000 cucine a induzione.

¹⁸ A. Guerini – CECED, "Elettrodomestici smart, cucina a induzione, climatizzazione con pompa di calore: stato dell'arte tecnologico", Smart Building 3.0. L'intelligenza e l'efficienza dell'edificio 'Tutto elettrico' – SolarExpo The Innovation Cloud, 8 Maggio 2014

Bicicletta a pedalata assistita e automobile elettrica

La matrice del pendolarismo dell'ISTAT fornisce dati riguardanti gli spostamenti sistematici (lavoro e studio) ripartiti per tempo di percorrenza e mezzo utilizzato. Il confronto di tali informazioni tra gli anni 2001 e 2011 consente di valutare come si siano evolute le abitudini dei fiorentini riguardo alle modalità di spostamento.

Numero spostamenti Studio – 2001	Durata spostamento [min]					
	<15	16-30	31-45	46-60	>60	Totale
Mezzi pubblici	2.400	4.344	1.519	480	75	8.818
Auto	8.786	2.619	463	87	22	11.977
Motocicletta	6.130	2.932	202	20	9	9.293
Bicicletta	1.638	507	36	5	3	2.189
Piedi	12.069	954	44	10	7	13.084
Totale	31.023	11.356	2.264	602	116	45.361

Numero spostamenti Studio – 2011	Durata spostamento [min]					
	<15	16-30	31-45	46-60	>60	Totale
Mezzi pubblici	2.398	5.560	2.300	1.425	567	12.249
Auto	9.735	3.021	485	143	55	13.440
Motocicletta	3.869	2.510	177	30	13	6.599
Bicicletta	1.799	736	51	17	4	2.606
Piedi	16.364	2.206	89	18	11	18.688
Totale	34.165	14.033	3.102	1.633	650	53.582

Numero spostamenti Lavoro – 2001	Durata spostamento [min]					
	<15	16-30	31-45	46-60	>60	Totale
Mezzi pubblici	1.911	7.500	2.926	971	199	13.507
Auto	12.385	13.607	3.236	640	235	30.103
Motocicletta	15.133	9.632	788	114	46	25.713
Bicicletta	3.870	1.902	200	26	8	6.006
Piedi	9.880	1.616	170	43	22	11.731
Totale	43.179	34.257	7.320	1.794	510	87.060

Numero spostamenti Lavoro – 2011	Durata spostamento [min]					
	<15	16-30	31-45	46-60	>60	Totale
Mezzi pubblici	1.687	8.001	3.564	2.427	670	16.348
Auto	13.350	15.031	3.349	1.066	339	33.136
Motocicletta	13.063	9.840	914	220	80	24.118
Bicicletta	5.752	4.230	469	150	25	10.626
Piedi	11.912	3.127	413	121	56	15.628
Totale	45.764	40.229	8.709	3.984	1.170	99.856

Aggregando i dati di spostamento per lavoro e studio e considerando le distribuzioni percentuali per i due anni, vi è chiara evidenza della riduzione dell'impiego del mezzo privato motorizzato, soprattutto della motocicletta. Viceversa c'è un generale aumento degli spostamenti effettuali con mezzo pubblico piuttosto che in bicicletta o a piedi. In particolare, si è verificata una notevole diminuzione dell'uso della motocicletta sulle distanze brevi (quelle percorse in meno di 15 minuti).

Un'ulteriore analisi di confronto tra i due censimenti indica il notevole incremento della mobilità pedonale, anche su tempi di percorrenza oltre i 15 minuti.

Percentuale spostamenti	Durata spostamento [min]					
	<15	16-30	31-45	46-60	>60	Totale
Mezzi pubblici	3,3	8,9	3,4	1,1	0,2	16,9
Auto	16,0	12,3	2,8	0,5	0,2	31,8
Motocicletta	16,1	9,5	0,7	0,1	0,0	26,4
Bicicletta	4,2	1,8	0,2	0,0	0,0	6,2
Piedi	16,6	1,9	0,2	0,0	0,0	18,7
Totale	56,0	34,4	7,2	1,8	0,5	100,0

Percentuale spostamenti	Durata spostamento [min]					
	<15	16-30	31-45	46-60	>60	Totale
Mezzi pubblici	2,7	8,8	3,8	2,5	0,8	18,6
Auto	15,0	11,8	2,5	0,8	0,3	30,4
Motocicletta	11,0	8,0	0,7	0,2	0,1	20,0
Bicicletta	4,9	3,2	0,3	0,1	0,0	8,6
Piedi	18,4	3,5	0,3	0,1	0,0	22,4
Totale	52,1	35,4	7,7	3,7	1,2	100,0

Per quanto riguarda le biciclette a pedalata assistita, dati pubblicati da ANCMA - Associazione Nazionale Ciclo Motociclo Accessori indicano, a livello nazionale, una vendita pari a 46.000 nel 2012 e pari a 51.405 nel 2013. Considerando che le biciclette a pedalata assistita hanno avuto un discreto livello di penetrazione solo da pochi anni, si può stimare che a fine 2014 il loro numero sia pari a circa 200.000. La stima della presenza di biciclette a pedalata assistita a Firenze è stata fatta considerando il rapporto tra l'impiego della bicicletta per lavoro in città e a livello nazionale. Risulta che la città di Firenze concorre all'utilizzo nazionale della bicicletta per l'1,5%. Da qui risulta che in città siano in circolazione circa 3.000 biciclette a pedalata assistita.

Per quanto riguarda i veicoli ibridi/elettrici, ci si è basati sulle informazioni fornite da ANFIA – Associazione Nazionale Filiera Industria Automobilistica che riportano le vendite, a livello nazionale, di veicoli ibridi ed elettrici puri.

Vendite autoveicoli - Italia	2010	2011	2012	2013	2014
Ibridi	4.843	5.162	6.836	15.156	21.370
Elettrici	116	307	524	864	1.097

Per quanto riguarda gli autoveicoli ibridi/elettrici circolanti, al 2013 si hanno i seguenti dati.

Autoveicoli ibridi/elettrici circolanti	2013
Italia	45.404
Provincia Firenze	1.561

Considerando, per la provincia, lo stesso tasso di incremento avuto a livello nazionale tra il 2013 e il 2014, il numero di autoveicoli ibridi/elettrici circolanti risulta essere pari a 2.330.

Si ritiene, inoltre, che nella sola città di Firenze circoli almeno la metà delle auto ibride/elettriche circolanti in provincia, dal momento che molte di queste auto sono adibite a servizio taxi piuttosto che aziendale. Mantenendo la stessa ripartizione tra autoveicoli ibridi ed elettrici del livello nazionale per la città di Firenze un numero ragionevole di auto elettriche si posiziona sulle 70 unità.

III Focus - I benefici energetici

Caldaie a condensazione e pompe di calore split per la climatizzazione dell'ambiente

Per la valutazione dei potenziali di risparmio energetico a livello residenziale, è stata effettuata un'analisi delle caratteristiche temo-fisiche degli edifici mediante la classificazione degli stessi basata sull'individuazione di tipologie edilizie di riferimento a cui sono associate anche specifiche prestazioni energetiche. L'unità minima considerata dal modello di calcolo è l'abitazione di cui è necessario identificare determinati parametri termofisici e geometrici. Da un punto di vista geometrico, un dato base per la modellazione è il numero di piani fuori terra, mentre da un punto di vista termofisico il dato base è l'epoca di costruzione. Sulla base dell'epoca di costruzione è possibile ipotizzare, considerando le tecniche costruttive attestate localmente, l'utilizzo di determinati materiali e tecnologie edilizie con specifici valori di trasmittanza. In questo senso è utile rappresentare una matrice che incroci il numero di abitazioni occupate per epoca di costruzione dell'edificio in cui sono collocate e numero di piani fuori terra. Tale matrice è stata ricavata utilizzando i dati del 14° censimento della popolazione e delle abitazioni, integrato con dati derivanti dal 15° censimento.

Abitazioni	< 1919	1919-1945	1946-1961	1962-1971	1972-1981	1982-1991	1992-2001	2002-2011	Totale
1 piano	2.616	2.891	2.459	1.265	420	129	95	266	10.141
2 piani	14.045	12.635	9.592	6.024	2.410	900	458	1.285	47.348
3 piani	11.355	8.033	5.842	3.284	1.240	629	586	1.644	32.612
=>4 piani	14.929	12.510	19.814	17.574	5.754	1.450	972	2.725	75.729
Totale	42.944	36.069	37.707	28.147	9.822	3.108	2.112	5.920	165.829

Ai fini di quantificare i valori di trasmittanza termica delle strutture così suddivise si sono considerate, nell'analisi dei vari subsistemi tecnologici, prestazioni termiche costanti per edifici coevi, applicando valori medi delle caratteristiche termofisiche delle pareti che costituiscono l'involucro edilizio (ossia muri di tamponamento perimetrale, coperture, basamenti e serramenti).

Per effettuare la modellazione termofisica del parco edilizio, è stato necessario procedere ad una stima della superficie utile e del volume delle varie tipologie di abitazioni (calibrate su valori di S/V specifici per epoca storica e numero di piani dell'edificato), mediante l'ausilio di valori medi. Oltre alle caratteristiche termo-fisiche, l'analisi ha considerato altri valori rilevanti da un punto di vista energetico come:

la trasmittanza media calcolata per lo specifico subsistema edilizio ed epoca storica

l'altezza media delle abitazioni

il rapporto tra superfici disperdenti e volumi

una superficie media delle singole abitazioni differente per ognuna delle tipologie considerate.

Il risultato finale dell'analisi indica un fabbisogno energetico medio per il riscaldamento di un appartamento pari a 6.735 kWh.

Il fabbisogno energetico medio per l'acqua calda sanitaria è stimato pari a 535 kWh. Considerando che la famiglia media fiorentina è composta da 2,01 membri, il fabbisogno per l'acqua calda di una tipica abitazione risulta essere pari a 1.075 kWh.

Il passaggio dal fabbisogno energetico al consumo è stato fatto stimando il rendimento medio dei generatori di calore. In base ai rendimenti minimi di combustione definiti dalla UNI 10389 è possibile, per tipologia di impianto, valutare i rendimenti medi di combustione del parco caldaie in base alla data di installazione.

In particolare, si valuta pari all'85% il rendimento di un impianto medio avente un'età attorno ai 10 anni. Questa tipologia di impianto è stata considerata come la più probabile di essere rimpiazzata da caldaie più

recenti nei prossimi anni. Considerando anche altre perdite, soprattutto di regolazione (si suppone che gli impianti più datati non siano muniti di valvole termostatiche, il suddetto rendimento cala al 77%.

Per quanto riguarda la caldaia a condensazione si sono considerati due rendimenti:

104% nel caso di funzionamento a bassa temperatura

96% nel caso di funzionamento ad alta temperatura

Considerando il rendimento medio, ulteriormente ridotto dalle perdite di regolazione, come riferimento si è considerato il valore del 95%.

Per quanto riguarda l'acqua calda sanitaria, il rendimento della caldaia tradizionale di 10 anni di età è stimato pari al 74%, mentre quello della caldaia a condensazione pari al 92%.

Con i suddetti valori di rendimento, risulta che la sostituzione di una caldaia tradizionale a metano di circa 10 anni con una caldaia a condensazione, nel contesto fiorentino comporta un risparmio medio annuo complessivo pari a 186 mc, pari al 18%.

Per le pompe di calore ad alta efficienza si è considerato uno SCOP pari a 3,2.

Nel caso del raffrescamento, il valore di fabbisogno adottato è di 1000 kWh per una stanza media.

Il SEER di una pompa di calore di vecchia generazione è stato assunto pari 3,3. Nel caso di una pompa di calore ad alta efficienza Il SEER considerato è pari a 6,6.

La sostituzione di una caldaia tradizionale a metano e di un vecchio impianto di raffrescamento comporta, per un appartamento medio, la sostituzione del consumo di 900 m³ di metano per il riscaldamento e di 1.200 kWh di energia elettrica per il raffrescamento con il consumo di 2.700 kWh di energia elettrica, ripartiti in una quota di circa 2100 kWh per il riscaldamento e di 600 kWh per il raffrescamento.

Nell'ipotesi che l'energia elettrica necessaria per la pompa di calore sia prodotta da una centrale a ciclo combinato, il consumo di gas naturale per la produzione della quota di energia elettrica necessaria per il riscaldamento sarebbe di 400 m³. Per la produzione di energia elettrica necessaria per il raffrescamento vi è un consumo di gas naturale pari a 115 m³, da confrontare con un valore doppio prima della sostituzione.

Solare termico e pompe di calore ACS

Per il solare termico sono state effettuate simulazioni mediante il software TSol19. Sono state simulate diverse condizioni di dimensione dell'impianto, di orientamento e di dimensione dell'accumulo, oltre che di numero di utenti.

In particolare, è stato considerato un impianto da 3,5 m² orientato a sud e inclinazione 30°, con un accumulo di 300 litri e un'utenza di 4 persone. Si ipotizza che tale intervento sia più probabile per famiglie più numerose.

La copertura annua del fabbisogno energetico è stimata pari al 72%. Questo comporta un risparmio di gas di 220 m³ nel caso di integrazione in una caldaia tradizionale.

Nel caso della pompa di calore per acqua calda sanitaria si considera la sostituzione di un boiler elettrico ad uso di una famiglia di tre persone. Il consumo del boiler, a fronte di un fabbisogno di 1.605 kWh, è di 1.888 kWh, considerando un rendimento dell'85%.

Con un COP della pompa di calore pari a 3,25, il consumo è di 494 kWh.

Nell'ipotesi che l'energia elettrica necessaria sia prodotta da una centrale a ciclo combinato, il consumo di gas naturale per la produzione dell'energia elettrica necessaria per la pompa di calore sarebbe di 304 m³, a fronte di un consumo di 93 m³ nel caso del boiler elettrico

¹⁹ Valentin Software GmbH.

Cottura cibi

Il "Rapporto Energia e Ambiente 2009-2010" indica in circa 135 ktep il consumo di combustibile per uso cucina nel residenziale a livello nazionale. Questo si traduce in un consumo medio annuale di circa 66 m³ di gas naturale.

L'efficienza di una cucina a gas è di circa il 50%, mentre quella di una cucina a induzione è del 90%. Ciò implica che l'uso di quest'ultima comporta un consumo di energia elettrica all'incirca di 350 kWh.

Nell'ipotesi che l'energia elettrica necessaria per la cucina a induzione sia prodotta da una centrale a ciclo combinato, il consumo di gas naturale per la sua produzione sarebbe di 66 m³, simile quindi a quello consumato dalla cucina a gas.

Impianti fotovoltaici

Per il solare fotovoltaico sono state effettuate simulazioni mediante il software PVSol20. In particolare, con tecnologia c-Si, perdite di sistema del 14%, orientamento a sud e inclinazione di 30°, si è valutata una produzione di 1.250 kWh per kW installato.

Tale produzione di energia elettrica contribuisce a ridurre il consumo di 237 m³ di gas naturale nella centrale termoelettrica a ciclo combinato.

Bicicletta elettrica e automobile elettrica

Si è considerata una bicicletta a pedalata assistita con un consumo specifico medio pari a 0,7 kWh/100 km²¹. L'autonomia per ogni ricarica di batteria è di 60 km.

Il consumo annuale della bicicletta è pari a 28 kWh considerando un chilometraggio annuale di 2.700 km (12 km giornalieri per 225 giorni).

Per la moto sostituita si considerano i seguenti valori di consumo di benzina:

moto 2 tempi: 2,9 l/100 km

moto 4 tempi: 4 l/100 km

Prendendo il valore medio di 3,3 l/100 km, il consumo annuale di benzina per la suddetta percorrenza risulta essere pari a 90 l.

A fronte di tale risparmio di combustibile, la produzione di energia elettrica per il funzionamento della bicicletta a pedalata assistita in una centrale a ciclo combinato ammonta a 5 m³ all'anno.

L'automobile elettrica considerata ha un consumo specifico pari a 0,14 kWh/km. Il consumo annuale dell'automobile è pari a 1.400 kWh considerando un chilometraggio annuale di 10.000 km.

Per l'auto sostituita si considera un consumo specifico pari a 0,06 l/km, che corrisponde a un consumo di 600 l per la suddetta percorrenza annuale.

A fronte di tale risparmio di combustibile, la produzione di energia elettrica per il funzionamento del veicolo elettrico in una centrale a ciclo combinato ammonta a 265 m³ all'anno.

²⁰ Valentin Software GmbH.

²¹ E' evidente che la variabilità del consumo è piuttosto elevata, sulla base delle modalità di guida del mezzo.

IV Focus – Le ricadute

Nel seguito si riportano i dati di base utilizzati per il calcolo dei benefici derivanti dall'attuazione dei diversi scenari. Tali benefici sono distinti in: energetici, economici e occupazionali e ambientali.

Le ricadute energetiche

Caldaie a condensazione e pompe di calore split per la climatizzazione dell'ambiente

Per la valutazione dei potenziali di risparmio energetico a livello residenziale, è stata effettuata un'analisi delle caratteristiche temo-fisiche degli edifici mediante la classificazione degli stessi basata sull'individuazione di tipologie edilizie di riferimento a cui sono associate anche specifiche prestazioni energetiche. L'unità minima considerata dal modello di calcolo è l'abitazione di cui è necessario identificare determinati parametri termofisici e geometrici. Da un punto di vista geometrico, un dato base per la modellazione è il numero di piani fuori terra, mentre da un punto di vista termofisico il dato base è l'epoca di costruzione. Sulla base dell'epoca di costruzione è possibile ipotizzare, considerando le tecniche costruttive attestate localmente, l'utilizzo di determinati materiali e tecnologie edilizie con specifici valori di trasmittanza. In questo senso è utile rappresentare una matrice che incroci il numero di abitazioni occupate per epoca di costruzione dell'edificio in cui sono collocate e numero di piani fuori terra. Tale matrice è stata ricavata utilizzando i dati del 14° censimento della popolazione e delle abitazioni, integrato con dati derivanti dal 15° censimento.

Abitazioni	< 1919	1919-1945	1946-1961	1962-1971	1972-1981	1982-1991	1992-2001	2002-2011	Totale
1 piano	2.616	2.891	2.459	1.265	420	129	95	266	10.141
2 piani	14.045	12.635	9.592	6.024	2.410	900	458	1.285	47.348
3 piani	11.355	8.033	5.842	3.284	1.240	629	586	1.644	32.612
=>4 piani	14.929	12.510	19.814	17.574	5.754	1.450	972	2.725	75.729
Totale	42.944	36.069	37.707	28.147	9.822	3.108	2.112	5.920	165.829

Ai fini di quantificare i valori di trasmittanza termica delle strutture così suddivise si sono considerate, nell'analisi dei vari subsistemi tecnologici, prestazioni termiche costanti per edifici coevi, applicando valori medi delle caratteristiche termofisiche delle pareti che costituiscono l'involucro edilizio (ossia muri di tamponamento perimetrale, coperture, basamenti e serramenti).

Per effettuare la modellazione termofisica del parco edilizio, è stato necessario procedere ad una stima della superficie utile e del volume delle varie tipologie di abitazioni (calibrate su valori di S/V specifici per epoca storica e numero di piani dell'edificato), mediante l'ausilio di valori medi. Oltre alle caratteristiche termo-fisiche, l'analisi ha considerato altri valori rilevanti da un punto di vista energetico come:
la trasmittanza media calcolata per lo specifico subsistema edilizio ed epoca storica
l'altezza media delle abitazioni
il rapporto tra superfici disperdenti e volumi
una superficie media delle singole abitazioni differente per ognuna delle tipologie considerate.

Il risultato finale dell'analisi indica un fabbisogno energetico medio per il riscaldamento di un appartamento pari a 6.735 kWh.

Il fabbisogno energetico medio per l'acqua calda sanitaria è stimato pari a 535 kWh. Considerando che la famiglia media fiorentina è composta da 2,01 membri, il fabbisogno per l'acqua calda di una tipica abitazione risulta essere pari a 1.075 kWh.

Il passaggio dal fabbisogno energetico al consumo è stato fatto stimando il rendimento medio dei generatori di calore. In base ai rendimenti minimi di combustione definiti dalla UNI 10389 è possibile, per tipologia di impianto, valutare i rendimenti medi di combustione del parco caldaie in base alla data di installazione.

In particolare, si valuta pari all'85% il rendimento di un impianto medio avente un'età attorno ai 10 anni. Questa tipologia di impianto è stata considerata come la più probabile di essere rimpiazzata da caldaie più recenti nei prossimi anni. Considerando anche altre perdite, soprattutto di regolazione (si suppone che gli impianti più datati non siano muniti di valvole termostatiche, il suddetto rendimento cala al 77%).

Per quanto riguarda la caldaia a condensazione si sono considerati due rendimenti:

104% nel caso di funzionamento a bassa temperatura

96% nel caso di funzionamento ad alta temperatura

Considerando il rendimento medio, ulteriormente ridotto dalle perdite di regolazione, come riferimento si è considerato il valore del 95%.

Per quanto riguarda l'acqua calda sanitaria, il rendimento della caldaia tradizionale di 10 anni di età è stimato pari al 74%, mentre quello della caldaia a condensazione pari al 92%.

Con i suddetti valori di rendimento, risulta che la sostituzione di una caldaia tradizionale a metano di circa 10 anni con una caldaia a condensazione, nel contesto fiorentino comporta un risparmio medio annuo complessivo pari a 186 mc, pari al 18%.

Per le pompe di calore ad alta efficienza si è considerato uno SCOP pari a 3,2.

Nel caso del raffrescamento, il valore di fabbisogno adottato è di 1000 kWh per una stanza media.

Il SEER di una pompa di calore di vecchia generazione è stato assunto pari 3,3. Nel caso di una pompa di calore ad alta efficienza Il SEER considerato è pari a 6,6.

La sostituzione di una caldaia tradizionale a metano e di un vecchio impianto di raffrescamento comporta, per un appartamento medio, la sostituzione del consumo di 900 m³ di metano per il riscaldamento e di 1.200 kWh di energia elettrica per il raffrescamento con il consumo di 2.700 kWh di energia elettrica, ripartiti in una quota di circa 2100 kWh per il riscaldamento e di 600 kWh per il raffrescamento.

Nell'ipotesi che l'energia elettrica necessaria per la pompa di calore sia prodotta da una centrale a ciclo combinato, il consumo di gas naturale per la produzione della quota di energia elettrica necessaria per il riscaldamento sarebbe di 400 m³. Per la produzione di energia elettrica necessaria per il raffrescamento vi è un consumo di gas naturale pari a 115 m³, da confrontare con un valore doppio prima della sostituzione.

Solare termico e pompe di calore ACS

Per il solare termico sono state effettuate simulazioni mediante il software TSol²². Sono state simulate diverse condizioni di dimensione dell'impianto, di orientamento e di dimensione dell'accumulo, oltre che di numero di utenti.

In particolare, è stato considerato un impianto da 3,5 m² orientato a sud e inclinazione 30°, con un accumulo di 300 litri e un'utenza di 4 persone. Si ipotizza che tale intervento sia più probabile per famiglie più numerose.

La copertura annua del fabbisogno energetico è stimata pari al 72%. Questo comporta un risparmio di gas di 220 m³ nel caso di integrazione in una caldaia tradizionale.

²² Valentin Software GmbH.

Nel caso della pompa di calore per acqua calda sanitaria si considera la sostituzione di un boiler elettrico ad uso di una famiglia di tre persone. Il consumo del boiler, a fronte di un fabbisogno di 1.605 kWh, è di 1.888 kWh, considerando un rendimento dell'85%.

Con un COP della pompa di calore pari a 3,25, il consumo è di 494 kWh.

Nell'ipotesi che l'energia elettrica necessaria sia prodotta da una centrale a ciclo combinato, il consumo di gas naturale per la produzione dell'energia elettrica necessaria per la pompa di calore sarebbe di 304 m³, a fronte di un consumo di 93 m³ nel caso del boiler elettrico

Cottura cibi

Il "Rapporto Energia e Ambiente 2009-2010" indica in circa 135 ktep il consumo di combustibile per uso cucina nel residenziale a livello nazionale. Questo si traduce in un consumo medio annuale di circa 66 m³ di gas naturale.

L'efficienza di una cucina a gas è di circa il 50%, mentre quella di una cucina a induzione è del 90%. Ciò implica che l'uso di quest'ultima comporta un consumo di energia elettrica all'incirca di 350 kWh.

Nell'ipotesi che l'energia elettrica necessaria per la cucina a induzione sia prodotta da una centrale a ciclo combinato, il consumo di gas naturale per la sua produzione sarebbe di 66 m³, simile quindi a quello consumato dalla cucina a gas.

Impianti fotovoltaici

Per il solare fotovoltaico sono state effettuate simulazioni mediante il software PVSol23. In particolare, con tecnologia c-Si, perdite di sistema del 14%, orientamento a sud e inclinazione di 30°, si è valutata una produzione di 1.250 kWh per kW installato.

Tale produzione di energia elettrica contribuisce a ridurre il consumo di 237 m³ di gas naturale nella centrale termoelettrica a ciclo combinato.

Bicicletta elettrica e automobile elettrica

Si è considerata una bicicletta a pedalata assistita con un consumo specifico medio pari a 0,7 kWh/100 km²⁴. L'autonomia per ogni ricarica di batteria è di 60 km.

Il consumo annuale della bicicletta è pari a 28 kWh considerando un chilometraggio annuale di 2.700 km (12 km giornalieri per 225 giorni).

Per la moto sostituita si considerano i seguenti valori di consumo di benzina:

moto 2 tempi: 2,9 l/100 km

moto 4 tempi: 4 l/100 km

Prendendo il valore medio di 3,3 l/100 km, il consumo annuale di benzina per la suddetta percorrenza risulta essere pari a 90 l.

A fronte di tale risparmio di combustibile, la produzione di energia elettrica per il funzionamento della bicicletta a pedalata assistita in una centrale a ciclo combinato ammonta a 5 m³ all'anno.

L'automobile elettrica considerata ha un consumo specifico pari a 0,14 kWh/km. Il consumo annuale dell'automobile è pari a 1.400 kWh considerando un chilometraggio annuale di 10.000 km.

Per l'auto sostituita si considera un consumo specifico pari a 0,06 l/km, che corrisponde a un consumo di 600 l per la suddetta percorrenza annuale.

A fronte di tale risparmio di combustibile, la produzione di energia elettrica per il funzionamento del veicolo elettrico in una centrale a ciclo combinato ammonta a 265 m³ all'anno.

²³ Valentin Software GmbH.

²⁴ E' evidente che la variabilità del consumo è piuttosto elevata, sulla base delle modalità di guida del mezzo.

I benefici economici e occupazionali

I benefici economici derivanti dalla installazione/sostituzione delle tecnologie si basa sul costo di ognuna di queste. Tale costo è stato ripartito in una quota ascrivibile alla realizzazione della tecnologia e in una quota ascrivibile ad attività di distribuzione, vendita, installazione e manutenzione. Quest'ultima componente ha una ricaduta soprattutto locale, mentre i benefici della prima sono generalmente da allocare all'esterno dell'ambito locale.

Costo tecnologia [€]	Realizzazione	Installazione	Totale
Caldaie condensazione individuale	1.200	1.800	3.000
Caldaia alta efficienza	720	1.080	1.800
Pompe di calore risc/raff	1.800	2.700	4.500
Pompe di calore raff	1.000	1.500	2.500
Solare termico	1.050	2.450	3.500
Pompe di calore ACS	520	780	1.300
Boiler elettrico	120	180	300
Fotovoltaico	2.250	5.250	7.500
Cucina induzione	600	100	700
Cucina a gas	200	100	300
Bici elettrica	840	360	1.200
Auto elettrica	19.440	4.860	24.300
Auto a benzina	12.000	3.000	15.000

Le ricadute occupazionali sono ottenute considerando il numero di posti di lavoro necessari per la generazione di un certo volume di affari per categorie simili di tecnologie. In particolare, come indicatore si è utilizzato il rapporto tra il volume di affari generato per posto di lavoro, considerando alcune tipiche categorie nell'ambito delle quali possono essere ricondotte le tecnologie analizzate. I dati sono tratti da ISTAT "Annuario statistico italiano – 2013".

Attività	Fatturato /addetto [€]
Fabbricazione apparecchiature elettriche ed apparecchiature per uso domestico non elettriche	224.621
Fabbricazione computer e prodotti di elettronica e ottici	199.719
Fabbricazione di autoveicoli, rimorchi e semirimorchi	312.739
Fabbricazione di macchinari ed apparecchiature nca	215.533
Riparazione, manutenzione ed installazione di macchine ed apparecchiature	115.245

I benefici ambientali

I benefici ambientali sono stati calcolati sulla base di indicatori di emissione specifica per unità di vettore energetico consumato.

Emissione	CO2	NOx	PM	CO
Gas naturale [kg/mc]	1,95 kg/m3	1,19 g/m3		
Benzina [kg/l]	2,33 kg/l	1,00 g/l	83,33 mg/l	16,67 g/l
EE [kg/kWh]	0,37 kg/kWh	0,053 g/kWh		

V Focus – Il Patto dei Sindaci

Nel dicembre 2008, a seguito dell'adozione del Pacchetto europeo Clima ed Energia, la Commissione europea ha deciso di coinvolgere direttamente gli organi politici locali nel raggiungimento degli obiettivi energetici e ambientali in esso definiti.

Mediante tale iniziativa, denominata Patto dei Sindaci, le Amministrazioni aderenti si impegnano, su base volontaria, a ridurre le emissioni di CO₂ sul proprio territorio di almeno il 20% entro il 2020, rispetto a un anno di riferimento, mediante misure di efficienza energetica e di supporto allo sviluppo di energie rinnovabili.

Entro un anno dall'adesione al Patto, i Comuni aderenti devono predisporre piani d'azione (PAES – Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile) finalizzati a ridurre di oltre il 20% le proprie emissioni di gas serra attraverso politiche locali che:

- migliorino l'efficienza energetica
- aumentino il ricorso alle fonti di energia rinnovabile
- stimolino il risparmio energetico e l'uso razionale dell'energia

Il Piano d'azione è una componente chiave nell'impegno del Comune verso una strategia programmatica e operativa di efficientamento energetico. A tal fine è necessario:
ricostruire l'inventario delle emissioni dei gas climalteranti rispetto a un anno di riferimento;
individuare le priorità e gli ambiti di intervento;
definire gli obiettivi di riduzione delle emissioni e pianificare le azioni per il loro raggiungimento.

Il primo passo nella definizione di un Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile è rappresentato dalla ricostruzione del bilancio dei consumi di energia a cui è possibile far corrispondere, attraverso l'utilizzo di adeguati fattori di conversione, un bilancio delle emissioni di CO₂.

La costruzione del bilancio è propedeutica a delineare una strategia di riduzione in quanto permette di conoscere il territorio nelle sue componenti energetiche. Infatti, l'inventario delle emissioni fornisce indicazioni sulle fonti di CO₂ presenti sul territorio comunale, permettendo di individuare gli interventi più appropriati.

Dal momento che gli impegni interessano l'intera area geografica dell'ente locale, il PAES deve includere azioni che riguardano sia i settori pubblici che i settori privati. Tuttavia, il Piano d'azione deve comprendere le azioni di livello locale nell'ambito della competenza dell'ente locale stesso. In sostanza, il PAES deve coprire quelle aree in cui l'autorità locale può influenzare le modalità di consumo di energia. Gli obiettivi principali riguardano quindi gli edifici, le attrezzature, gli impianti e il trasporto pubblico. Il PAES include anche degli interventi relativi alla produzione locale di elettricità (energia fotovoltaica, eolica, cogenerazione, ecc.), come pure l'eventuale generazione locale di riscaldamento attraverso reti urbane.

Al contrario, quello industriale non è uno dei settori obiettivo chiave del Patto dei Sindaci, per cui l'ente locale può scegliere se includere o meno interventi in questo settore. In ogni caso, gli impianti coperti dall'ETS (Sistema europeo per lo scambio di quote di emissione di CO₂) devono essere esclusi.

A titolo puramente indicativo, si riportano una serie di azioni che l'ente locale può considerare nell'ambito del proprio PAES:

- adozione, nella definizione di regolamenti che stimolino l'uso efficiente di energia in ambito edilizio, di standard di rendimento energetico più rigorosi rispetto a quelli applicabili a livello nazionale/regionale;
- informazione degli stakeholder rilevanti (architetti, costruttori, imprese edilizie, cittadini...) sui requisiti per il rendimento energetico degli edifici e presentazione degli argomenti a sostegno (risparmio sulle bollette energetiche, vantaggi in termini di comfort, protezione ambientale, ecc.);
- organizzazione di sessioni informative e di formazione specifiche con lo scopo di far conoscere le nuove pratiche e le disposizioni relative alla progettazione e alla costruzione;

assicurazione che gli inquilini, i proprietari e gli amministratori degli edifici nuovi e ristrutturati vengano informati sulle caratteristiche dell'edificio;

definizione di strumenti di pianificazione urbana che, oltre a fissare degli standard di rendimento energetico, non ostacolino i progetti a favore dell'efficienza energetica e delle energie rinnovabili (per esempio, con procedure autorizzative lunghe e complesse);

messaggio a disposizione, per incrementare l'utilizzo della bicicletta, di una rete di percorsi in buono stato di manutenzione, che siano sicuri e percepiti dal pubblico come tali;

definizione di accordi di programma tra fornitori di servizi o apparecchi energetici efficienti e utenti finali in modo da facilitarne il mercato, anche con il coinvolgimento di strutture finanziarie;

supporto alla creazione di forme di aggregazione tra utenti finali tali da favorire l'acquisto di tecnologie con elevate prestazioni energetiche.

Benché, in termini di emissioni, la quota corrispondente alle infrastrutture pubbliche non sia generalmente elevata (pochi punti percentuali), ci si attende tuttavia che gli enti locali svolgano uno ruolo esemplare che prenda in considerazioni misure di primo piano connesse ai propri edifici, agli impianti ed al proprio parco veicoli.

Nel contesto normativo che si è venuto a costituire negli ultimi anni, dato un obiettivo di riduzione dei gas di serra è importante mettere in evidenza a chi e a cosa attribuire tali riduzioni. Infatti, anche in assenza di azioni di livello locale, la semplice applicazione delle normative sovraordinate potrebbe portare comunque a vantaggi in termini di contrazione delle emissioni. I risultati derivanti dalle azioni attuate da una amministrazione, attraverso la messa a punto di propri strumenti, devono quindi essere complementari e addizionali ai risultati che comunque sarebbero raggiunti a seguito dell'applicazione di normative e incentivi di livello sovraordinato.

La definizione e, soprattutto, l'implementazione consapevole del Piano richiede:

- un impegno da parte dell'Amministrazione
- il coordinamento fra i vari settori (ambiente, urbanistica, mobilità, ecc.)
- l'integrazione della visione del Piano nelle altre politiche dell'ente

Ulteriori iniziative, come l'adattamento delle strutture amministrative, la formazione adeguata per il personale comunale e il coinvolgimento delle parti interessate devono essere messe in atto per assicurare l'attuazione ottimale del piano d'azione.

Una volta elaborato, il PAES deve essere approvato dal consiglio comunale.

Molti piccoli comuni hanno aderito o hanno l'interesse ad aderire all'iniziativa del Patto dei Sindaci. D'altra parte, la scarsità di risorse rende spesso problematica la possibilità di gestire il Piano d'Azione. Inoltre, in molti casi un approccio congiunto permette di raggiungere una maggiore efficacia e incidenza nei risultati delle azioni programmate rispetto a un approccio singolo.

Per questo motivo è stata introdotta la possibilità di partecipazione al Patto dei Sindaci in aggregazione tra comuni confinanti, di dimensione medio – piccola, attraverso l'elaborazione e la gestione di un PAES di area.

Oltre a programmare azioni di efficientamento energetico, il PAES consente all'Amministrazione di avere una visione ampia della "fotografia" energetica del territorio comunale o sovracomunale (nel caso di PAES congiunti), utile per capire la dimensione di questo fenomeno e come questa si ripartisce nei diversi settori di attività. Inoltre il PAES è spesso la prima occasione per organizzare le informazioni energetiche relative alle proprietà pubblica, mettendo le basi per un approccio più sistematico per eventuali interventi.

La fase di implementazione del PAES è cruciale e deve essere monitorata. Il Piano è un documento in progresso: può essere modificato a seconda dei risultati ottenuti o rivisto se non più in linea con la strategia politica. Per questo motivo uno dei vincoli derivanti dalla partecipazione al Patto dei Sindaci riguarda il monitoraggio del Piano che deve essere impostato con scadenze regolari attraverso opportuni rapporti di avanzamento.

In Italia, l'iniziativa del Patto dei Sindaci ha avuto un rilevante riconoscimento. A fine maggio 2015, dei 5.800 Comuni che vi hanno aderito a livello europeo, ben 3.100 sono rappresentati da Comuni italiani. Per quanto riguarda la redazione del PAES, sono 2.500 i Comuni italiani che vi hanno già provveduto.

La dimensione dei Comuni aderenti, in termini di popolazione, è molto varia e ben rappresentativa della distribuzione della dimensione dei Comuni a livello complessivo. Ciò indica che l'iniziativa del Patto dei Sindaci ha colto l'interesse anche di Comuni relativamente piccoli.

La distribuzione sul territorio nazionale dei Comuni aderenti vede una concentrazione in alcune aree particolari. Ciò è giustificato dalla presenza di cosiddette strutture di supporto (ad esempio le Province) e/o dalla concessione di contributi volti a sostenere tale adesione.

VI Focus – Map for Efficiency Permitting (MEP)

Introduzione funzioni MEP (Map for Efficiency Permitting)

Il Sistema MEP consente, per la tecnologia di interesse e l'indirizzo di ubicazione dell'immobile oggetto dell'intervento di efficienza energetica, di verificare:

- le procedure edilizie necessarie al fine dell'ottenimento dei vari permessi autorizzativi;
- eventuali prescrizioni o divieto di installazione della tecnologia da installare.

I dati territoriali ed i documenti legati alle Procedure Edilizie e alle Prescrizioni sono caricati nel database del Sistema tramite una mappatura territoriale realizzata su una piattaforma georeferenziata del Fornitore Ubiest, azienda leader nell'offerta di servizi di georeferenziazione.

Il sistema permette, per ogni tecnologia, l'associazione di dati e documenti alla cartografia di riferimento.

La cartografia interattiva è costituita dalle tavole ufficiali relative agli strumenti urbanistici comunali georeferenziate, oltre alle informazioni riguardanti i vincoli e le prescrizioni urbanistiche e edilizie: selezionando gli elementi del territorio è possibile visualizzare i dati ad essi collegati e le norme relative al Regolamento Edilizio applicabile nella zona di riferimento e per ognuna delle tecnologie prese in esame (fotovoltaico, solare termico, caldaia e pompa di calore).

In particolare, le informazioni presenti sul sistema sono state acquisite dalle seguenti diverse fonti: Sistemi Informativi Territoriali comunali (SIT); Piani Regolatori Generali vigenti (PRG); Piani Strutturali (PS); Regolamenti Edilizi (RE); Regolamenti Urbanistici (RU); Vincoli in Rete MiBAC.

Quest'ultimi, sono stati estratti dal sito MiBAC, attraverso la "ricerca alfanumerica", più completa di quella per atti amministrativi, escludendo tutti quegli immobili classificati come " campanili, monumenti, monasteri, conventi, giardini, fari, castelli, mura, cimiteri, mercati, teatri, caserme, museo, istituti, ospedali, università, tribunali, ecc. , in quanto il progetto è pensato per una clientela "consumer".

Oltre alle informazioni già disponibili sui siti web comunali o sulla documentazione cartacea ufficiale, sono state reperite le informazioni provenienti dagli uffici comunali (contatti diretti con referenti comunali); la metodologia di raccolta e implementazione dei dati è stata organizzata attraverso la predisposizione di una "scheda Riepilogativa" , sulla quale sono riportati i dati dell'analisi divisi per tecnologie per facilitarne l'aggiornamento e l'inserimento degli stessi nel sistema informativo territoriale.

Tale possibilità non è consentita in sistemi che mappano il territorio su altri criteri, come ad esempio il solo disegno di poligoni.

Analisi del Comune di Firenze

Nel Comune di Firenze la verifica di natura edilizia e urbanistica, iniziata nel 2014, è stata condotta attraverso l'analisi della seguente documentazione:

- Regolamento Urbanistico (RU) adottato in data 25 marzo del 2014 con Delibera n.13/2014;
- Le Tavole 1 Vincoli e 3 Tutele relative al Piano Strutturale (PS);
- PRG (allora vigente),

- La modulistica.

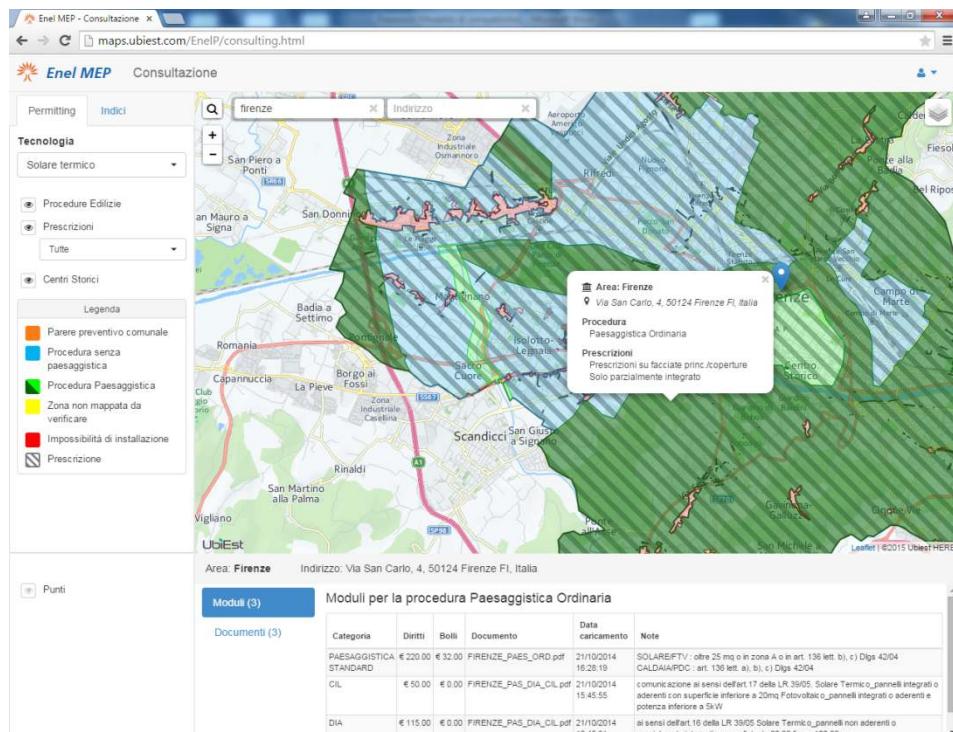
In particolare, sono state:

- interrograte le mappe del RU disponibili in rete civica all'indirizzo http://maps.comune.fi.it/ru_adottato/, per l'individuazione del sub-sistema o ambito di riferimento;
- prese in esame le Norme tecniche di attuazione del RU, volume I, per verificare la disciplina da applicare all'edificio (per classificazione e per sub- sistema/ambito), ed in speciale modo:
PARTE 4 – Disciplina dei sistemi territoriali – Titolo I Disciplina dei sub-sistemi e degli ambiti - Capo II – Il paesaggio urbano:
- art. 73 - ambito del nucleo storico (zona A);
- art. 74 - ambito dei tessuti compatti di formazione otto-novecentesca (zona A);
- art. 75 - ambito dei centri storici minori/borghi storici (zona A).

Inoltre, è stato analizzato il Regolamento Edilizio approvato con Delibera C.C. n.14/2014 ed in particolare l'art. 79 – Impianti tecnologici.

L'utilizzo di MEP permette (Fig 1):

- ✓ di semplificare il reperimento delle informazioni legate all'installazione degli impianti attraverso la consultazione diretta dell'informazione sul sistema senza dover ricorrere al comune e/o ente di riferimento, assicurando l'ottemperanza alle normative, ai regolamenti ed i vincoli vigenti;
- ✓ di individuare in tempo reale il corretto iter autorizzativo/amministrativo alla luce delle procedure edilizie e dei vincoli per l'ottenimento delle necessarie autorizzazioni per l'installazione di specifiche tecnologie.



Attualmente, per poter condurre una verifica per l'individuazione del corretto iter autorizzativo necessario per l'installazione della tecnologia oggetto di intervento è necessario consultare diversi documenti specialistici:

- La mappa interattiva del Regolamento Urbanistico approvato è consultabile al seguente indirizzo: http://maps.comune.fi.it/ru_approvato/ (Fig. 1)
- Il RU approvato (Fig 2) e il Regolamento Edilizio (Fig 3)

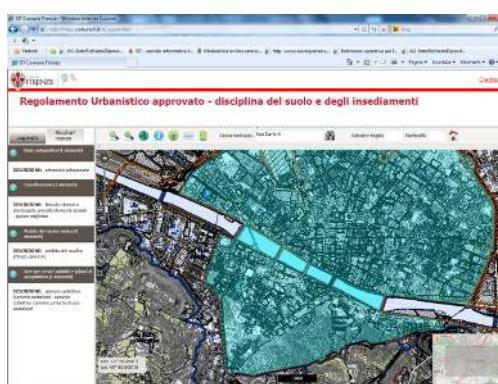


Fig 1



Fig 2

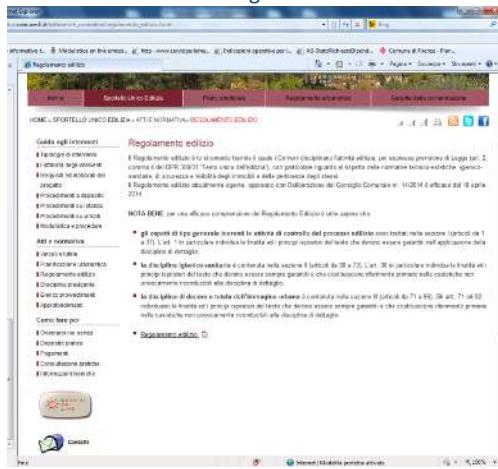


Fig 3

Enel Energia per il mercato libero.