



PES Piano strategico energetico-ambientale di Sapienza (2017-2030)

**TRANSIZIONE VERSO
UN MODELLO ENERGETICO
E UNA ECONOMIA DE-CARBONIZZATI**

Sapienza Università di Roma

Gennaio 2017

Piano elaborato da:

Coordinatore

Prof. Livio de Santoli, delegato per l'Energia

Project Team

proff. Fabio Massimo Frattale Mascioli, Antonio Naviglio, Giuseppe Parise, Franco Rispoli, Enrico Sciubba, Luigi Martirano (facoltà di Ingegneria),

proff. Carola Clemente, Fabrizio Cumo, Francesco Mancini, Adriana Sferra (facoltà di Architettura)

Strutture di supporto

Area Gestione Edilizia (ing. Stefano Smith, Andrea Venditti, Paolo Sodani)

SAE (Servizio di Ateneo per l'Energia, ing. Gianluca Zori, dott. Andrea Saulino)

Ufficio del Mobility Manager

Revisioni

Dipartimento DIAEE Ingegneria Astronautica Elettrica Energetica

Dipartimento DICEA Ingegneria Civile Edile e Ambiente

Dipartimento DICMA Ingegneria Chimica Materiali Ambiente

Dipartimento DIET Ingegneria Elettronica e Telecomunicazioni

Dipartimento DIMA Ingegneria Meccanica e Aerospaziale

Dipartimento DISG Ingegneria Strutturale e Geotecnica

Dipartimento DIAP Architettura e Progetto

Dipartimento di Economia Management

Dipartimento PDTA Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura

Dipartimento DIAG Ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale e Centro di Ricerca di Cyber Intelligence e Information Security

Premessa

La sostenibilità è ormai un tema ineludibile per qualsiasi comunità.

Gli elementi essenziali che ogni Stato deve tenere in considerazione nella definizione degli obiettivi di sostenibilità devono essere inseriti nei Piani nazionali integrati per l'energia e il clima, previsti dalla proposta di Regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio sulla governance dell'Unione dell'Energia ("Winter Package")¹. Poiché gli attuali obiettivi europei al 2030 (40% riduzione GHG, 27% produzione rinnovabili/Consumo Interno Lordo, +30% efficienza energetica) sono suscettibili di modifiche in corso d'opera nel non improbabile caso in cui risultino insufficienti a impedire 2°C di sovratemperatura o se risultassero non coerenti con la roadmap europea 2050 (riduzione GHG: 80-95%), occorre che ogni Stato membro possa prevedere scenari individuati in modo da contenere le informazioni (decisioni politiche, misure per attuarle) in grado di massimizzarne la flessibilità al mutare delle condizioni di riferimento.

I Piani Integrati per l'energia e il clima devono fornire una descrizione degli obiettivi, traguardi e contributi e una descrizione delle politiche e delle misure previste per conseguirli. Nell'elaborare tali Piani nazionali, gli Stati membri "tengono conto delle interrelazioni tra le cinque dimensioni dell'Unione dell'energia"² e, se del caso, usano dati e ipotesi coerenti sull'insieme delle cinque dimensioni" (cfr. anche il *Winter Package*).

Tale interrelazioni devono essere presenti in qualsiasi pianificazione di sostenibilità.

Una università, in particolare, non deve limitarsi a sviluppare la conoscenza e l'attenzione verso la sostenibilità ambientale, ma deve essere in grado, seguendo i principi già definiti nell'accreditamento *GreenMetric University* (Università dell'Indonesia) o da *International Sustainable Campus Network* (ISCN), di inquadrare in forma organica e programmata i principi di sostenibilità in ognuno dei suoi ambiti propri, quelli della ricerca, della didattica, della gestione.

In questa direzione va anche la decisione della CRUI del 21-7-2016 di creare di una Rete di Università Sostenibili (RUS), rete alla quale Sapienza ha aderito.

Il Piano Strategico Energetico-Ambientale di Sapienza (PES) si riferisce all'individuazione di possibili interventi di breve e medio periodo finalizzati all'aumento dell'efficienza energetica, ad un incremento dell'uso delle fonti rinnovabili, alla riduzione dell'inquinamento e alla riduzione dei costi. Questi obiettivi potranno essere raggiunti attraverso:

- l'incremento dell'efficienza energetica dei sistemi edificio-impianto;
- l'introduzione *coerente* di sistemi di conversione dell'energia da fonte rinnovabile;
- l'introduzione di sistemi di micro-generazione dell'energia termica ed elettrica;
- l'individuazione di possibili specifici finanziamenti per la riqualificazione energetica;
- azioni per una transizione verso la chiusura virtuosa del ciclo dei prodotti;
- la quantificazione dei costi/benefici delle soluzioni proposte.

¹ Il "Clean Energy for All Europeans" (o "Winter Package") è un pacchetto di proposte legislative che interessa i settori delle fonti rinnovabili, dell'efficienza energetica, del mercato elettrico, della governance dell'Unione e della mobilità.

² La strategia dell'Unione dell'Energia si articola in cinque dimensioni, strettamente interconnesse, intese a migliorare la sicurezza, la sostenibilità e la competitività dell'approvvigionamento energetico: sicurezza energetica, piena integrazione del mercato europeo dell'energia, efficienza energetica, decarbonizzazione dell'economia, ricerca, innovazione e competitività.

La predisposizione del PES ha anche lo scopo di indicare le basi per un cambiamento radicale del modello di sviluppo. Il primo cambiamento è quello del coinvolgimento operativo di ogni singolo individuo nei programmi e nelle decisioni sul tema dell'energia. Cambiare il modello energetico significa cambiare la società, perché si definisce il ruolo chiave di ogni singolo individuo: da un atteggiamento passivo, una conseguenza del progresso tecnologico del secolo scorso, egli deve essere positivamente e volontariamente costretto ad un atteggiamento più consapevole ed attivo sia come consumatore (*smart users*), sia come produttore (*prosumers*).

Anche la Direttiva europea sull'efficienza energetica indica come intervento strategico la necessità di accrescere la consapevolezza dei consumi energetici negli individui attraverso dispositivi normativi trasparenti e semplificati, anche attraverso la promozione di sistemi di misura individuali che consentono di monitorare con attenzione i propri consumi reali.

La sensibilizzazione delle comunità locali sul tema dell'energia può permettere il raggiungimento di un elevato grado di sicurezza energetica nell'approvvigionamento, l'ottenimento di risultati significativi dal punto di vista ambientale, il risparmio in termini di bollette energetiche, e in ogni caso la rifondazione della stessa società sulla base di rinnovati rapporti interpersonali più responsabili.

Parlando di comunità, quella della Sapienza rappresenta, nel comparto cittadino, una autorevole voce, per competenze multidisciplinari di elevato livello, in grado di affrontare compiutamente il tema dell'energia in un ambito programmatico e operativo e di attivare idee ed esperienze utili sul tema dell'energia in sede locale ma anche in sede nazionale.

Avere obiettivi comuni per un gruppo di persone significa partecipare attivamente alla vita sociale in una strategia collaborativa; avere il ruolo di produttore di energia finale, oltre a quello di consumatore, significa intervenire direttamente sulle attività gestionali, condividendo all'interno della comunità i meccanismi di uso efficiente dell'energia e di risparmio energetico. Attraverso la produzione di energia, si svilupperanno infatti i metodi, si formuleranno i prezzi e si acquisirà definitivamente il concetto di valore dell'energia, cosa che all'utenza è stata alienata con il modello esistente. Inoltre i programmi delle comunità dell'energia possono aiutare a trasformare il modo con il quale si utilizza l'energia, sfruttando le risorse locali e progressivamente riferendosi a modalità virtuose di valorizzazione dell'energia. I costi per le infrastrutture saranno ridotti al minimo e potranno rientrare nell'economia di quel territorio dove insistono. La gestione dell'energia risulterebbe semplificata e ottimizzata per gli scopi e le finalità di quella comunità, con ulteriore vantaggio in termini di efficienza ed efficacia.

L'energia è il paradigma di un cambiamento più ampio. Con la modifica del modello energetico potrà essere realizzato un nuovo modello economico, sociale, ambientale, agricolo. In questo quadro appare ovvio il ruolo dell'efficienza energetica e delle energie rinnovabili a sostegno di un impegno concreto. Questo è il motivo per assicurare una penetrazione coerente di azioni con efficienza energetica e fonti rinnovabili nel tessuto produttivo e sociale del Paese, in grado di agevolare il cambiamento di modello. Questo è il motivo della necessità di una mobilitazione concreta su basi anche più ampie di quelle solo ambientali, come quelle relative alla ricerca e alla didattica, che concorrono tutte all'attuazione di un piano energetico di nuova generazione.

Il documento segue uno schema logico eventualmente utilizzabile in scala più ampia, cittadina e regionale.

1 - Quadro normativo e di policy

- in questa fase si è proceduto alla raccolta e all'analisi delle informazioni relative al contesto territoriale, per quanto attiene il sistema energia (con i suoi sotto-sistemi del settore civile, di

ricerca, dei trasporti ed energetico). Sono stati inoltre analizzati i riferimenti e gli strumenti normativi insistenti sul territorio di natura locale, nazionale e comunitaria.

- questa fase è stata sviluppata nell'ambito del Capitolo 1 che inquadra la problematica con riferimento al contesto europeo e nazionale, a partire dagli obiettivi della strategia comunitaria al 2020 (e al 2030) e della Strategia Energetica Nazionale del 2013, ad oggi unico documento nazionale con qualche attenzione alla programmazione, anche se a breve periodo.

2 - Bilancio energetico, consumi e produzione: definizione degli usi finali di energia

- sono stati reperiti e rielaborati tutti i dati relativi (con riferimento al periodo 2012-2016) agli usi finali di energia, suddivisi su Città Universitaria (CU) e Sedi Esterne (SE). Sono stati considerati tra gli usi finali quelli relativi al riscaldamento/raffrescamento e ai servizi degli edifici e quelli relativi alla mobilità.
- questa fase è stata sviluppata nell'ambito del Capitolo 2, dove viene riportato il bilancio energetico di Sapienza, da assumersi come riferimento per la programmazione energetica.
- in questa fase è stata individuata, nei limiti dell'incertezza dello strumento e dei dati di ingresso, l'impronta ecologica (*carbon footprint*) di Sapienza e un valore di prima approssimazione dei rifiuti solidi urbani prodotti dalla Sapienza.

3 – Individuazione degli obiettivi. Traguardando l'orizzonte temporale al 2030, sono stati individuati obiettivi di breve termine (2020) e medio termine (2030); le azioni relative saranno formulate attraverso Programmi Attuativi. Capitolo 3.

4 – Misure per la riduzione degli usi energetici: individuazione di ambiti energetici e modelli produttivi

- in questa fase sono state individuate le prime disposizioni per l'attuazione di un nuovo modello energetico (Capitolo 4).
- in una ulteriore elaborazione sono inoltre state introdotte le soluzioni tecnologiche coerenti con il modello di sviluppo ipotizzato e le modalità attuative: a questo livello, oltre il confronto con le istituzioni locali (Municipio e Roma Capitale) dovranno essere coinvolte tutte le compagini del tessuto sociale e territoriale chiamate a partecipare ad una pianificazione territoriale concertata. A tale riguardo si prevede una attivazione di Tavoli di Lavoro con Enti Istituzionali, Enti Locali, stakeholder. Questa fase accompagnerà l'adozione del PES in modalità aperta per consentire l'aggiornamento continuo ed il monitoraggio delle attività.
- questa fase viene conclusa nell'ambito del Capitolo 5, Misure per la riduzione degli usi energetici finali, con uno schema riepilogativo delle azioni proposte, i relativi tempi di attuazione e i costi sommari di ciascuna attività.

Si segnala la significatività degli interventi in termini di replicabilità fuori dall'Università, a stabilire il ruolo esemplare di questa sul territorio.

5 – Coordinamento con le altre pianificazioni territoriali. In questa fase vengono trattate le proposte per la mobilità sostenibile e le proposte per la chiusura virtuosa del ciclo dei rifiuti. Viene anche valutato l'inserimento del PES nel SEAP (*Sustainable Energy Action Plan*) di Roma Capitale, approvato dal Consiglio Comunale (2014) e dalla Comunità Europea (2016), Capitolo 6.

6 - Indicazione delle azioni e dei relativi investimenti e gerarchizzazione delle priorità

- in questa fase sono state impostate le linee guida per gli interventi di efficienza energetica e di uso delle fonti rinnovabili, la cui definizione potranno creare le condizioni necessarie all'accesso ai fondi strutturali comunitari 2014-2020 e oltre. Nel comparto produttivo è stato individuato uno schema energetico caratterizzato da una domanda in linea con gli obiettivi (incremento delle FER, diffusione della microgenerazione distribuita, oltre alla riqualificazione degli edifici), flessibile (fonti programmabili e sistemi di accumulo) e bilanciata (rinnovabili elettriche e termiche). Per quanto riguarda il trasporto e l'efficienza energetica è stata prevista una roadmap al 2030 per definire un programma basato su investimenti strutturali (reti e accumuli) e che persegue l'efficienza energetica (interventi sul patrimonio edilizio pubblico).
- le modalità attuative individuate e sviluppate danno indicazioni sulle priorità degli investimenti attraverso anche una prima individuazione di massima delle risorse interne ed esterne disponibili. Questa fase è stata sviluppata nell'ambito del Capitolo 7.

7 - Indicazione sul monitoraggio del PES, La fase di monitoraggio prevede la definizione e la verifica nel tempo di indicatori energetici-ambientali così come definiti nel Capitolo 8.

8 – Analisi riguardanti l'offerta formativa di Sapienza in materia di sostenibilità ambientale.

- in questa fase, dopo un censimento di massima sulla situazione esistente, sono state date indicazioni per il potenziamento dell'offerta formativa riguardante il tema della sostenibilità.
- in questa fase sono stati individuati i dati necessari per essere inseriti nel ranking internazionale *GreenMetric University*. Inoltre viene descritta l'adesione di Sapienza al programma di formazione e informazione ENEA Italia in Classe A (www.italiainclassea.enea.it/), Capitolo 9.

Sommario

<i>Premessa</i>	3
Introduzione	9
Un paradigma diverso per la società	9
Il ruolo strategico della pianificazione energetica.....	9
Il ruolo strategico della pianificazione energetica di Sapienza	11
Il ruolo della generazione distribuita dell'energia.....	11
Il PES e il processo di partecipazione	13
La governance della sostenibilità	14
1 Contesto normativo di riferimento: obiettivi europei al 2020 (e al 2030) e strategia energetica nazionale SEN.....	15
1.1 Priorità di intervento relative all'efficienza energetica e allo sviluppo delle fonti di energia rinnovabile	15
1.2 Promozione dell'efficienza energetica.....	18
2 Baseline degli usi energetici finali	21
2.1 Consumi energetici degli edifici della Città Universitaria (CU) e delle Sedi Esterne (SE)	21
2.2 Analisi parametrica dei consumi di energia elettrica e di gas.....	25
2.3 Usi energetici finali per la mobilità: consumi di combustibile associati alla mobilità con mezzo privato.....	32
2.4 Produzione di rifiuti	33
2.5 Calcolo dell'impronta di carbonio (carbon footprint) di Sapienza	35
2.6 Consumi idrici.....	40
3 Obiettivi al 2030.....	43
4 Gli strumenti per l'efficienza energetica e le fonti rinnovabili	45
4.1 Sapienza come Sistema di Gestione dell'Energia secondo la ISO-EN 50001 del 2011.....	46
4.2 Lo sviluppo di sistemi intelligenti per l'energia	49
4.3 Prime disposizioni per il nuovo modello energetico	50
5 Misure per la riduzione degli usi energetici finali	61
5.1 Ripartizione per usi dei consumi energetici e costi relativi	61
5.2 Campagne di sensibilizzazione del personale.....	62
5.3 Consumi energetici per l'illuminazione degli edifici e delle aree esterne	64
5.4 Consumi energetici per il sistema edificio-impianto	66
5.5 Consumi energetici delle apparecchiature per uffici	84
5.6 Consumi energetici per la preparazione di acqua calda sanitaria	84
5.7 Utilizzo di fonti di energia elettrica rinnovabile: impianti fotovoltaici	85
5.8 Utilizzo di fonti di energia termica rinnovabile.....	86
5.9 Introduzione di sistemi di automazione degli edifici-impianti	87
5.10 La Sapienza come aggregatore di utenze.....	90
5.11 Smart grid alla Sapienza	92
5.12 Analisi dei programmi di manutenzione.....	94
5.13 Realizzazione di impianti di cogenerazione in CU e Regina Elena.....	95
5.14 Razionalizzazione della infrastruttura di trasformazione e distribuzione elettrica	96
5.15 Realizzazione di un impianto di cogenerazione per il Sant'Andrea	99
5.16 Trigenerazione solare per la climatizzazione dell'aula magna del Rettorato	101
5.17 Razionalizzazione e bonifica dei sistemi impiantistici esistenti	102
5.18 Valutazione dei contratti di fornitura dell'energia.....	103
5.19 Riepilogo delle aree di intervento proposte nel periodo (2020-2030)	104

5.20	Riepilogo degli interventi proposti nel periodo (2017-2030)	105
5.21	Obiettivi al 2030 e priorità degli interventi.....	107
6	Il coordinamento con le altre pianificazioni territoriali	110
6.1	Proposte per la mobilità sostenibile	110
6.2	Proposta per un impianto per produzione di energia elettrica e calore da biomassa residuale	116
6.3	Interazioni con il Municipio 2	118
6.4	Compatibilità con il PAES di Roma Capitale.....	118
7	Il finanziamento delle azioni del PES	119
8	Il monitoraggio del Piano.....	122
9	Linee di ricerca nel settore energetico	124
10	Offerta formativa e ranking internazionali.....	128
10.1	La formazione sostenibile	128
10.2	Il ruolo della sostenibilità ambientale nella formazione	128
10.3	Alcune proposte operative	129
10.4	Reti delle Università Sostenibili e Accredimento GreenMetric University.....	130

Elenco Allegati

- Allegato A- Allegato tecnico con le caratteristiche prestazionali degli interventi per l'efficienza energetica dell'involucro edilizio
- Allegato B - Allegato tecnico con le caratteristiche prestazionali degli interventi per l'efficienza energetica dei sistemi impiantistici
- Allegato C – Allegato di calcolo con simulazione degli effetti di tutti gli interventi e di una selezione degli stessi interventi

Introduzione

Un paradigma diverso per la società

Un tema oggi in discussione riguarda il futuro del nostro pianeta e della transizione verso modelli innovativi per il superamento di una crisi di sistema in atto che coinvolge diversi settori della società. Molti sono convinti che tale transizione debba comprendere in una visione unitaria tutti i vari aspetti della società, da quello dell'economia e della finanza a quello dei rapporti sociali, da quello dell'etica a quello della energia, dall'agricoltura al problema della gestione virtuosa del ciclo dei rifiuti. In questo ambito, il tema dell'energia rappresenta in concreto la necessità di una visione olistica. La sostituzione di un modello obsoleto imperniato sulla centralizzazione della produzione dell'energia con un modello distribuito e diffuso sul territorio deve implicare il coinvolgimento di aspetti molteplici e solo apparentemente lontani dalle specifiche e dai caratteri del tema. Infatti, la difficoltà di impostare una transizione efficace, coerente e fattibile, si scontra, ancora oggi, con i suoi due concetti fondativi: (1) una de-carbonizzazione completa del settore, da programmare con accuratezza per risultare efficace nei confronti della lotta al cambiamento climatico e poter essere completata auspicabilmente nell'arco di tempo di qualche decennio, e (2) un rinnovato atteggiamento, partecipe e responsabile, degli individui al cospetto di questo tema cruciale per la loro stessa esistenza.

Il nuovo modello introduce le comunità dell'energia, quelle comunità che hanno come obiettivo la soluzione del loro problema energetico, in termini di generazione, di efficienza e risparmio energetico, di gestione (bilanciamento di domanda e offerta) e di compravendita. Quest'ultimo aspetto risulta di particolare importanza in un momento di transizione nel quale si propongono regole di un modello distribuito con generazioni locali e sistemi di autoconsumo. Appare evidente che le caratteristiche dell'approccio di una comunità si fonda sui principi di sovranità e di vocazionalità del territorio dove la comunità opera. In definitiva, un atteggiamento attento alle esigenze del territorio.

Avere obiettivi comuni per un gruppo di persone significa partecipare attivamente alla vita sociale in una strategia collaborativa; avere il ruolo di produttore di energia, oltre a quello di consumatore, significa intervenire direttamente sulle attività gestionali, condividendo all'interno della comunità i meccanismi di uso efficiente dell'energia e di risparmio energetico. Attraverso la produzione di energia, si svilupperanno infatti i metodi, si formuleranno i prezzi e si acquisirà definitivamente il concetto di valore dell'energia, cosa che all'utenza è stata alienata negli ultimi decenni. Inoltre i programmi delle comunità dell'energia possono aiutare a trasformare il modo con cui si utilizza l'energia, progressivamente riferendosi a modalità per la sua riduzione, per esempio sfruttando i periodi di surplus, oppure valorizzando l'energia da fonte rinnovabile con impieghi ad essa collegati. I costi per le infrastrutture saranno ridotti al minimo e potranno rientrare nell'economia di quel territorio dove insistono.

Il ruolo strategico della pianificazione energetica

Il futuro in campo energetico si basa su una programmazione a medio-lungo termine che promuova l'uso intelligente delle nuove tecnologie e la consapevolezza e la responsabilità delle istituzioni e degli individui.

Una programmazione che deve dettare le forme di una transizione verso un modello energetico diverso, così come diverso dovrà essere il modello economico e quello sociale. Ancora oggi nonostante l'intensificazione degli sforzi da parte della comunità tecnico-scientifica, non si è giunti

ad una definizione condivisa di un modello energetico. Si è però certi che questo debba affrontare in modo innovativo ed unitario l'interazione tra consumi elettrici, termici e dei trasporti, debba considerare come priorità le differenti opzioni sulle reti e sull'accumulo per creare quella flessibilità necessaria ad una coerente penetrazione delle energie rinnovabili e, soprattutto, sia parte integrante in un nuovo modello economico e sociale capace di attivare l'impegno di ogni individuo.

Le ultime barriere interposte verso una de-carbonizzazione dell'energia e dell'economia sembrano ormai abbattute, anche se su tempistiche e *road-map* per un definitivo progressivo abbandono delle fonti fossili non c'è una condivisione e soprattutto manca una strategia certa. In definitiva manca un ripensamento e una riprogettazione del sistema energetico sia dal lato della produzione che dal lato dei consumi e mancano le regole di ingaggio della transizione, tali da permettere un completo e definitivo abbandono delle modalità e delle procedure di un modello non più sostenibile.

Esistono tuttavia degli elementi comuni che, in mancanza di un quadro organico, delineano le caratteristiche delle mutazioni profonde cui andiamo incontro (comunità dell'energia, *smart cities*, la creazione in Europa della *Energy Union* e di un mercato comune dell'energia ecc.) e dal punto di vista operativo sono state avanzate alcune linee programmatiche: revisione della struttura tariffaria per abbassare i costi delle bollette e favorire l'efficienza energetica, innovazione delle reti per intensificare lo sviluppo della generazione distribuita, superamento della logica dei grandi impianti di produzione favorendo lo sviluppo di distretti energetici ambientali locali, incentivazione dell'efficienza energetica con il potenziamento di strumenti tecnici quali contabilizzazione individuale, diagnosi energetica, certificazione degli operatori del settore. Il settore energetico-ambientale può essere di supporto a tutti gli altri settori produttivi: dell'edilizia, delle agro-energie, della manifattura, della chiusura virtuosa del ciclo dei rifiuti e quindi con questi deve essere integrato. Il mondo industriale, soprattutto delle PMI, deve partecipare attivamente alla modificazione del sistema industriale riconvertito alle tecnologie del nuovo modello in tema di occupazione e di produzione.

La programmazione deve in modo ordinato e organico individuare le azioni necessarie per assistere un cambiamento del modello di sviluppo.

Molti studi descrivono il potenziale inespresso dell'Italia nel settore dell'energia, partendo dalla stima del mercato dell'efficienza energetica, inteso come ammontare degli investimenti potenzialmente necessari al raggiungimento degli obiettivi del pacchetto Clima-Energia della UE. In particolare il volume di investimenti nel periodo 2015-2020 risulta compreso tra 350-530 miliardi di euro, e di questi la maggior parte (150-250 miliardi di euro) è previsto per 4 Paesi (UK, Francia, Spagna e Italia) con una quota considerevole per l'Italia (55-75 miliardi di euro). Il nostro Paese, benché presenti una filiera piuttosto matura, è caratterizzato da un quadro economico e finanziario ancora inespresso³.

Il PES intende programmare una transizione verso la de-carbonizzazione dell'economia e dell'energia, verso la sicurezza energetica, verso un nuovo mercato dell'energia poggiato su efficienza energetica e uso delle fonti rinnovabili di energia.

³ Il potenziale dell'energia come driver di sviluppo deve riguardare il mondo delle imprese, del sindacato, delle istituzioni, coinvolgendoli strutturalmente sulle tematiche riguardanti: gli strumenti ICT connessi con i servizi energetici, gli strumenti per considerare la sostenibilità come vantaggio competitivo (diagnosi energetica, efficienza nei processi produttivi, ecosostenibilità come elemento chiave nella valutazione delle scelte aziendali, energia come leva organizzativa), i modelli di business degli operatori dei servizi energetici (quali i soggetti nel mercato dell'efficienza energetica) e come potenziare le tipologie di finanziamento e di contratto).

Il ruolo strategico della pianificazione energetica di Sapienza

Il documento PES propone una visione strategica della Sapienza riguardante il suo ruolo ed i suoi compiti. Il primo compito è quello di sviluppare una comunità aperta, facendo leva sul suo carattere generalista e multi/inter-disciplinare, capace di sviluppare qualità e competenze da parte dei suoi studenti, dei suoi ricercatori, del suo personale. Il secondo compito è quello di sviluppare investimenti strategici in tema di energia per il territorio e per la nazione, includendo aspetti innovativi di carattere economico-finanziario e sociale. Il terzo compito è quello di partecipare al network internazionale delle università più attente alla sostenibilità in termini di elevato grado di ricerca, elevata qualità didattica e di adozione di azioni incisive di trasferimento tecnologico.

In modo trasversale il PES vuole sottolineare l'attenzione del ruolo sociale di Sapienza sia attraverso l'educazione delle giovani generazioni sulla base di azioni sostenibili concrete, fattibili, misurabili, sia irrobustendo la sua presenza sul territorio ed il suo legame con tutte le istituzioni culturali e politiche più significative.

La visione strategica del PES è fondata su 4 ambiti di sviluppo (*l'energia per gli edifici, l'integrazione energetica con la città, la mobilità sostenibile e la chiusura virtuosa del ciclo di vita dei prodotti*), ognuno dei quali fa riferimento a due criteri generali che caratterizzano la creazione di una comunità dell'energia: *la generazione distribuita dell'energia e il processo di partecipazione*.

L'interazione degli ambiti di sviluppo con i criteri generali permetterà la creazione di un ateneo che segue i canoni di un sistema di gestione dell'energia, vedi paragrafo 4.1.

Il ruolo della generazione distribuita dell'energia

In Italia i temi dell'energia sono posti al margine del dibattito politico e non intervengono concretamente nelle proposte per fuoriuscire dalla crisi. Questo, malgrado l'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) abbia reso noto che "le concentrazioni di CO₂, metano e ossidi di azoto sono arrivate a livelli mai raggiunti, per lo meno negli ultimi 800 anni" e che, con una probabilità stimata fra il 95-100%, "le azioni umane sono state la causa dominante del riscaldamento osservato a partire dalla metà del XX secolo". Visto che la ripresa economica, la strategia energetica e i rischi legati ai cambiamenti climatici sono strettamente connessi, su questi aspetti occorre coordinare le azioni che in questo momento si presentano frammentate e incoerenti. Le esperienze internazionali si basano spesso su una visione e una programmazione di lungo termine, che impongono un cambio globale. Il cambiamento sarà tale solo se caratterizzato da una visione di sistema che consideri contestualmente, in un'ottica di crescita, l'efficienza energetica, il basso contenuto di carbonio dei beni e dei servizi, le energie rinnovabili, l'ottimizzazione d'uso delle materie prime e del ciclo integrato dei rifiuti, la pianificazione dell'uso del territorio e dei trasporti, rendendo possibile esplorare le potenzialità di un mercato diverso, che caratterizzerà la società del XXI secolo.

L'espansione finanziaria è divenuta nel tempo il motore del processo di creazione del valore, sostituendo nel processo di accumulazione della ricchezza – unico strumento per lo sviluppo, in una visione capitalistica della società – la crescita dei mercati ottenuta quasi esclusivamente con l'aumento dei consumi individuali. Tale processo, alla base della crisi odierna, ha indebolito il già tenue radicamento sociale e territoriale delle attività economiche, proiettandole su sfere di deregulation globali e globalizzanti.

Constatata l'impossibilità di una crescita e di uno sviluppo su tali basi, occorre individuare un percorso diverso, caratterizzato dalla riappropriazione del concetto di società, di responsabilità individuale e sociale, di comunità. Il nuovo modello, che sarà economico e sociale, dovrà riassegnare

il valore all'individuo, e quindi al lavoro dell'individuo, in un'ottica di società della conoscenza e della cultura, delle scelte condivise e partecipate, della collaborazione e della visione unitaria e non parziale, in cui valorizzare la qualità in contrapposizione alla quantità. In tale contesto, il sistema tecnico-economico verrà indirizzato inevitabilmente verso livelli di creatività, di efficienza e innovazione, di nuove opportunità di mercato, quei livelli cioè che faranno la differenza in relazione alla qualità delle persone, dei luoghi, delle istituzioni.

Il nuovo modello richiede un'economia che non potrà più crescere a prescindere dalla società, ma un'economia intimamente inserita nella società, che significa eliminazione degli sprechi, valorizzazione delle risorse, riduzione delle rendite, incentivazione delle capacità individuali se indirizzate a fini sociali, esaltazione della bellezza e ancora: interventi mirati alla revisione delle regole dei mercati finanziari, alla redistribuzione delle ricchezze, e, soprattutto, un cambiamento dei nostri stili di vita e dei nostri comportamenti. In una parola: diventare parte attiva della nostra stessa vita. La soluzione va quindi ricercata esclusivamente su scala territoriale.

Il settore dell'energia e dell'ambiente meglio descrive l'importanza di una decentralizzazione di poteri dallo Stato, in un principio di sussidiarietà, verso la società intesa come gruppi di utenti legati al proprio contesto, al proprio territorio e alla propria cultura di appartenenza. L'importante è proporre piani fattibili, finanziabili ed efficienti dal punto di vista del risparmio e del ritorno d'investimento, quali la riorganizzazione energetica delle città, il recupero delle attività agricole in funzione dell'energia, la pianificazione urbanistica, l'eliminazione del concetto stesso di rifiuto attraverso un processo di transizione che è un processo sociale oltre che industriale.

Le proposte, però, non mascherano, dietro la facciata tecnica delle soluzioni concrete, aspirazioni politico-sociali: il *web* dell'energia, la creazione di una rete di nodi entro la quale si svolge la produzione, la distribuzione e il consumo di elettricità e calore, il ruolo attivo degli individui e non più solamente passivo di semplici consumatori, mirano a rovesciare l'attuale modello autoritario (centralistico-gerarchico) di gestione delle risorse energetiche in nome di una *democratizzazione comunitaria* e di un'ampia *federalizzazione* delle risorse.

Con una rete energetica in cui i nodi – intelligentemente interconnessi in una *smart grid* – rappresentano non solo centri di consumo ma anche di produzione di energia, viene data risposta al tema della responsabilità permanente delle istituzioni e dell'accesso universale ai diritti da parte di ogni individuo e si fornisce una strumentazione tecnica necessaria per rendere effettivo l'*empowerment* delle comunità locali. Le istituzioni dello Stato, come prevede lo stesso principio di sussidiarietà presente nella Costituzione, hanno il compito di supportare le organizzazioni civiche e di responsabilizzare i cittadini che si occupano dell'interesse generale, surrogando le loro debolezze strutturali soprattutto in ambito territoriale, e continuando ad esercitare il diritto di indicare le linee generali in tema di energia.

L'effetto principale del modello della generazione distribuita dell'energia riguarderà ovviamente la rete di distribuzione, che – storicamente di tipo passivo, cioè priva di impianti di produzione – assumerà nel tempo un carattere sempre più attivo, in modo che i flussi di energia, un tempo solamente unidirezionali (dalla produzione all'utilizzo), potranno transitare in modo bi-direzionale, dalla produzione all'utilizzo e dall'utilizzo alla produzione. L'unico sistema topologico in grado di supportare tecnicamente questa nuova prerogativa sarà quello della rete, formata da nodi (i *prosumers*) e le connessione tra nodi.

L'evoluzione della rete del futuro dovrà pertanto affrontare innanzitutto due problemi: la transizione verso una topologia di rete e lo sviluppo di nuovi sistemi di gestione e controllo. Vi sarà un graduale passaggio dalla rete radiale a quella a maglia, in cui l'efficacia del sistema di generazione

distribuito raggiungerà livelli molto alti grazie ad un migliore equilibrio tra generatori e utilizzatori. Tutto ciò sarà accompagnato dall'evoluzione dei sistemi di controllo, che dovranno gestire problematiche più complesse di protezione e dispacciamento. Questa evoluzione è ovviamente a sua volta legata allo sviluppo di nuove tecniche, nuove imprese e nuove professionalità su scala locale, tali da poter promuovere anche il conseguente sviluppo economico.

Il modello distributivo utilizza una rete a maglia, con nodi e connessioni tra nodi. In linea teorica, ogni nodo produce e utilizza energia – che può essere elettrica, termica o frigorifera – e può fornire o ricevere energia dai nodi ad esso interconnessi. In pratica però, come si è già detto, sarà bene strutturare la rete a maglia in insiemi topologici costituiti da comunità aventi gli stessi obiettivi.

La costituzione delle comunità dell'energia agevolerà il processo di transizione e farà riferimento a diverse tipologie di produzione di energia, in sottoinsiemi (microgenerazione) che ovviamente privilegiano la parte rinnovabile delle fonti energetiche a disposizione del territorio sul quale insiste. Risulta in tal modo evidente il carattere fortemente *territoriale* della scelta energetica, che privilegia e valorizza l'identità locale, contrariamente all'omologazione generata dalla grande centrale. Questo approccio permette l'ottimizzazione dell'energia prodotta, limita gli sprechi, e consente un'integrazione reale con le fonti rinnovabili, creando nel contempo un importante indotto di alta tecnologia sul territorio.

Il PES definisce le azioni da intraprendere a livello locale secondo:

1. un nuovo modello energetico distribuito, che permetta di raggiungere la necessaria massa critica a partire dalle fonti rinnovabili secondo uno schema di rete e di comunità;
2. un nuovo modello per la chiusura del ciclo di vita dei prodotti, che sviluppi quelle attività in grado di risparmiare, riciclare e riusare secondo i principi di “rifiuti zero”;
3. un nuovo modello urbanistico, che invece di alimentare il consumo del territorio, riqualifichi e migliori le condizioni delle strutture esistenti.

Il PES promuove, a partire dal livello locale, un'economia reale, in opposizione a quella virtuale e speculativa. Un'economia capace di valorizzare la produzione effettiva di beni e servizi per la comunità, attraverso la riduzione di emissioni climalteranti, rifiuti, intermediazione parassitaria, disoccupazione, devastazione del territorio.

Il PES e il processo di partecipazione

Il PES è lo strumento di programmazione strategica in cui vengono definite le modalità del contributo di Sapienza agli impegni comunitari al 2020 e al 2030 in coerenza con gli obiettivi di sviluppo delle fonti rinnovabili individuati per le Regioni (attraverso il cosiddetto “Decreto Burden Sharing”), con la Programmazione Comunitaria 2014-2020 e con gli obiettivi della Comunità Europea al 2030.

IL PES contiene previsioni sul medio termine e deve essere aggiornato costantemente in funzione di un monitoraggio che assume un ruolo importante nell'applicazione del Piano.

Il PES determina:

- i fabbisogni energetici di Sapienza e le linee di azione, con riferimento alla riduzione delle emissioni di gas responsabili dei cambiamenti climatici, allo sviluppo della produzione di energia da fonti rinnovabili, al contenimento dei consumi energetici nei vari degli edifici e della mobilità, al miglioramento dell'efficienza energetica;

- le linee d'azione per promuovere le modifiche del mercato dell'energia secondo la legislazione vigente e il contenimento e la riduzione dei costi dell'energia;
- i criteri e le metodologie per esprimere la valutazione di sostenibilità dei nuovi impianti, in termini di *best available technology*, rispetto del territorio e la diversificazione delle fonti energetiche utilizzate;
- le modalità per il raggiungimento degli obiettivi di copertura da fonti energetiche rinnovabili sul consumo finale lordo di energia;
- l'indicazione delle linee di ricerca e della promozione della didattica applicata nel settore delle fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica.

Le azioni del PES includono, come detto, le attività di monitoraggio per verificare gli impatti significativi sull'ambiente derivanti dall'attuazione del Piano.

Il documento raccoglie un primo quadro di obiettivi, strategie ed azioni. Tale documentazione viene messa a disposizione, in fase preliminare, per dare modo di raccogliere eventuali contributi e osservazioni in sede di confronto con i Dipartimenti e le Facoltà. In questa ottica devono pertanto essere inseriti nell'attività di predisposizione del documento preliminare una serie di incontri con il coinvolgimento di operatori ed esperti interni a Sapienza, ma anche esterni, che in questo modo, di fatto, potranno dare il loro diretto contributo allo sviluppo della pianificazione.

La governance della sostenibilità

Per strutturare le azioni di gestione dell'energia, le attività di ricerca in questo settore, l'educazione specialistica e i servizi verso il territorio, viene costituito un working group dedicato al tema energetico-ambientale, definito per realizzare quanto descritto nel PES. Il gruppo di lavoro, aperto a tutti i contributi provenienti dai Dipartimenti interessati, è formato dai seguenti membri, nominati dal rettore:

- un coordinatore,
- un referente per l'energia,
- un referente per la mobilità sostenibile,
- un referente per la gestione dei rifiuti.

Il gruppo di lavoro avrà il compito di mantenere i contatti con i network universitari internazionali, con la rete delle università italiane, con le istituzioni locali e nazionali.

1 Contesto normativo di riferimento: obiettivi europei al 2020 (e al 2030) e strategia energetica nazionale SEN

1.1 Priorità di intervento relative all'efficienza energetica e allo sviluppo delle fonti di energia rinnovabile

Ogni pianificazione energetica si inserisce in un quadro complessivo che comprende le Direttive Comunitarie sull'efficienza energetica (2012/27/CE), sullo sviluppo delle FER, fonti di energia rinnovabile (2009/28/CE), sulla prestazione energetica degli edifici (2010/31/CE) e la Strategia Energetica Nazionale (SEN) approvata dal Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE) e dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) con decreto interministeriale dell'8 marzo 2013.

Nel 2008 l'Unione Europea ha varato il "Pacchetto Clima – Energia 20-20-20" con i seguenti obiettivi energetici e climatici al 2020:

- riduzione del 20% delle emissioni di gas a effetto serra rispetto al 1990;
- aumento dell'efficienza energetica per ottenere una riduzione dell'utilizzo dell'energia primaria nei termini del 20%;
- ottenere il 20% di energia da fonti rinnovabili sul totale dei consumi energetici dell'Unione Europea.

Ogni Stato Membro dovrà contribuire al raggiungimento di tale obiettivo e per ciascuno è stata decisa una precisa quota, che nel caso dell'Italia è pari al 17%.

Il 22 gennaio 2014 è stato presentato un comunicato stampa della Commissione Europea dove è indicato il nuovo quadro strategico UE in materia di clima e energia per il 2030. Gli obiettivi sono complessivamente meno esigenti di quanto richiesto per il 2020:

- una riduzione del gas ad effetto serra (GHG) del 40% rispetto ai livelli del 1990;
- una quota di energia da fonti rinnovabili del 27%;
- un miglioramento in materia di efficienza energetica (27% poi innalzato al 30%).

A livello comunitario verrà introdotta una nuova *governance* che prevede che gli Stati Membri definiscano ogni anno i rispettivi piani energetici e climatici nazionali, che saranno valutati e monitorati dalla Commissione Europea con l'obiettivo di arrivare ad un'economia europea a basse emissioni di carbonio entro il 2050, attraverso la riduzione dell'80-95% delle emissioni di gas ad effetto serra rispetto al 1990. L' *Energy Roadmap 2050* pone come obiettivo a lungo termine un'economia de-carbonizzata, alla quale devono concorrere tutti i settori, quello energetico, quello dell'edilizia, dell'industria, dei trasporti e dell'agricoltura all'interno di un modello energetico basato su principi e metodi completamente diversi rispetto a quello attuale. Solo qualora fossimo in grado di produrre energia a impatto zero potremo avere una rilevante riduzione del livello complessivo delle emissioni, compatibile con gli scenari meno catastrofici relativi al cambiamento climatico.

Tra i pilastri su cui si fonda il nuovo modello energetico previsto dalla *Roadmap 2050* ci sono ancora l'efficienza energetica, la diminuzione dei consumi finali di energia e l'aumento della quota di energia prodotta da fonti rinnovabili.

L'emanazione di norme, Direttive, Protocolli e Comunicazioni da parte della Comunità e del Parlamento Europei in materia di energia ha avuto un impulso notevole negli ultimi dieci anni e la fase è ancora in grande espansione.

Tra i documenti più significativi, la Direttiva 2009/28/CE sulle FER (recepita in Italia dal D.Lgs.28/2011) tra l'altro si riferisce ad una attribuzione differenziata ed obbligatoria per ogni Stato membro dell'obiettivo complessivo del 20% di FER sul consumo globale di energia da raggiungere entro il 2020. Vengono introdotte anche quote crescenti di rinnovabili sui fabbisogni di un edificio nuovo o ristrutturato (che dal 1 gennaio 2017 sarà posto definitivamente pari al 50%).

La Direttiva 2010/31/CE sulla prestazione energetica degli edifici (*Recasting della direttiva EPBD*) riguarda invece le prospettive e le linee di indirizzo per il recupero energetico del patrimonio pubblico (in Italia D.Lgs.63/13 convertito nella L.90/2013 con successive importanti modificazioni ed integrazioni). In particolare, è determinata l'introduzione dell'edificio cosiddetto nZEB (*nearly Zero Energy Building*), un edificio ad energia quasi zero, con scadenze ravvicinate (dal 31/12/2018 per i nuovi edifici della PA e dal 1/1/2021 per tutti i nuovi edifici).

La Direttiva 2012/27/CE sull'efficienza energetica (attuata con D.Lgs. 102/2014) invece sollecita tra l'altro il settore pubblico ad esercitare un ruolo di esempio e guida attraverso riqualificazioni energetiche obbligatorie con tasso minimo annuo del 3% (con superficie maggiore di 250 m²).

La SEN (2013) si occupa di alcuni obiettivi di carattere strategico, come quello di raggiungere e superare gli obiettivi fissati dal pacchetto europeo Clima-Energia 2020, in termini di efficienza energetica, riduzione delle emissioni e quote FER sui consumi globali di energia, e quello di favorire la crescita economica e sostenibile attraverso lo sviluppo del settore energetico. Nel breve periodo la SEN individua uno scenario al 2020 con, tra l'altro, la priorità di promuovere l'efficienza energetica, per la quale si prevedeva un superamento degli obiettivi europei, e lo sviluppo sostenibile delle energie rinnovabili, anche qui con un superamento degli obiettivi europei.

Nella Figura 1.1 sono riportati gli impegni assunti dalla SEN.

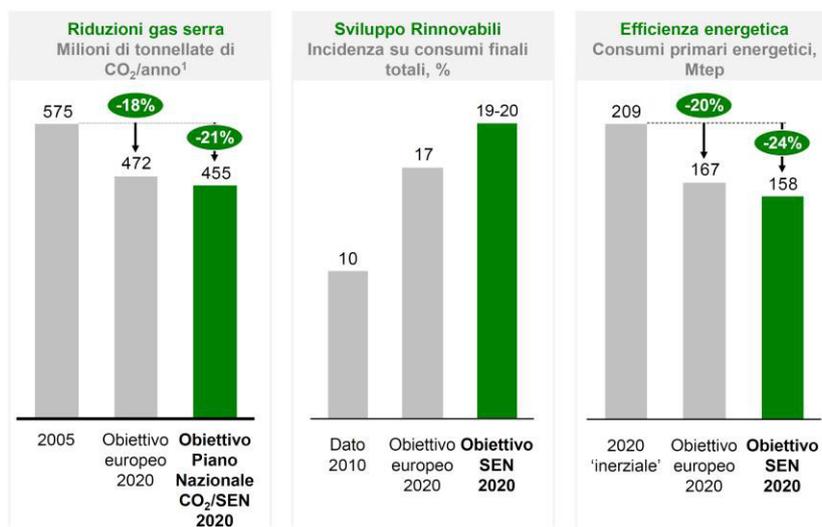


Figura 1.1 – Superamento degli impegni ambientali europei al 2020 (SEN, 2013).

Per raggiungere questi risultati le azioni da mettere in campo devono essere molteplici e coordinate. Occorre in primo luogo completare il processo di liberalizzazione del settore elettrico e del gas, favorire l'efficienza energetica e sviluppare in modo sostenibile e coerente l'uso delle fonti rinnovabili, con l'obiettivo di diversificare coerentemente il mix di fonti energetiche. In conformità alle indicazioni di direttive e regolamenti europei e, in riferimento a singoli settori dell'energia (elettricità, gas, rinnovabili ecc.), sono stati disposti diversi strumenti di pianificazione e orientamento in materia energetica:

- il Piano d’Azione Nazionale per le Energie Rinnovabili (PAN), previsto dalla direttiva 2009/28/CE, è un documento programmatico che definisce le indicazioni dettagliate per raggiungere entro il 2020 l’obiettivo assegnato dall’Europa, vincolante per l’Italia, di coprire i consumi lordi nazionali con energia prodotta da fonti rinnovabili. Il Piano di Azione Nazionale dell’Italia, trasmesso alla Commissione Europea il 28 luglio 2010, illustra la strategia nello sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili e disegna le principali linee d’azione per ciascuna area di intervento (Elettricità, Riscaldamento - Raffreddamento e Trasporti) sul consumo energetico lordo complessivo. Contiene, inoltre, l’insieme delle misure (economiche, non economiche, di supporto e di cooperazione internazionale) necessarie per raggiungere gli obiettivi;
- il 28 marzo 2011 è stato pubblicato in Gazzetta Ufficiale il decreto legislativo n.28 del 03/03/2011 per il recepimento della Direttiva 2009/28/CE sullo sviluppo delle fonti rinnovabili, che indica i mezzi e i meccanismi operativi per l’attuazione delle metodologie di sviluppo delle rinnovabili e di avanzamento dell’efficienza energetica;
- il Decreto Ministeriale 15 marzo 2012 (Burden Sharing) per la definizione e la qualificazione degli obiettivi regionali in materia di fonti rinnovabili e definizione delle modalità di gestione dei casi di mancato raggiungimento degli obiettivi da parte delle regioni;
- il Decreto Ministeriale 10 settembre 2010 riguardante le Linee Guida Nazionali per l’autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, dove è stato esplicitamente stabilito al punto 1.2 che *“le sole regioni e le province autonome possono porre limitazioni e divieti in atti di tipo programmatico o pianificatorio per l’installazione di specifiche tipologie di impianti alimentati a fonti rinnovabili”* secondo particolari parametri, consegnando così la possibilità alle Regioni di regolare nel specifico la materia; le regioni possono individuare aree o siti non idonei alla installazione di impianti alimentati da fonti rinnovabili;
- il Piano d’Azione per l’Efficienza Energetica (PAEE), che, in attuazione al D.lgs.115/2008 descrive gli obiettivi di efficienza energetica fissati dall’Italia al 2020, in particolare riporta gli obiettivi nazionali di riduzione dei consumi dell’energia primaria e finale, e specifica i risparmi negli usi finali di energia attesi al 2020 per singolo settore economico; la più recente versione del PAEE è datata 2014.

La grandezza di riferimento per quantificare l’obiettivo di efficienza energetica secondo la 2012/27/CE è il consumo interno di energia primaria (per l’Italia: 166 Mtep per il 2014).

La grandezza di riferimento per quantificare l’obiettivo di FER secondo la 2009/28/CE è il consumo finale lordo (CFL, per l’Italia: 120 Mtep per il 2014).

In sede europea è in fase di discussione una serie di provvedimenti (Winter Package) relativi a:

- Clean Energy For All Europeans
- Electricity market and consumers
- Energy Efficiency Directive
- Energy efficiency of buildings
- Renewables & bioenergy sustainability
- Energy prices and costs
- Energy funding
- Communication on a European strategy on cooperative, intelligent transport systems

Tabella 1.1 – Consumo finale lordo di energia in Italia totale e per settore [Mtep]

FONTE	2010	2011	2012	2013	2014	2015 (STIME PRELIMINARI)
FER – Elettricità	5,9	7,0	8,0	8,9	9,2	9,4
FER – Termico	10,0	8,1	10,2	10,6	9,9	10,6
FER – Trasporti	1,4	1,4	1,4	1,3	1,1	1,2
FER - Totale Consumi	17,4	16,5	19,6	20,7	20,2	21,1
Consumi Finali Lordi	133,3	128,2	127,1	123,9	118,6	122,2
Quota FER/Consumi finali lordi	13,0%	12,9%	15,4%	16,7%	17,1%	17,3%

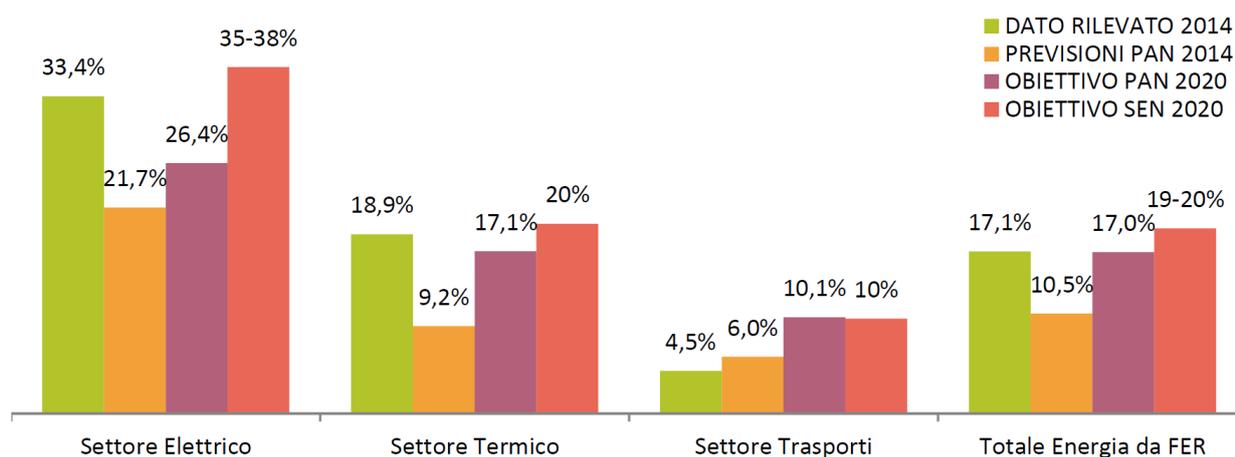


Figura 1.2 - Quota dei consumi finali da fonti rinnovabili e target 2020.

In linea con i principi della SEN, il PES intende perseguire gli obiettivi nel breve periodo di promuovere l'efficienza energetica e lo sviluppo sostenibile delle energie rinnovabili, con un allineamento agli obiettivi europei.

1.2 Promozione dell'efficienza energetica

L'efficienza energetica è il tema fondamentale su cui sviluppare una pianificazione energetica ed ambientale. Anche la SEN ha ribadito che l'efficienza energetica contribuisce al raggiungimento di una serie contestuale di obiettivi: riduzione dei costi, aumento della competitività, aumento della sicurezza e dell'accesso all'energia, crescita e qualità dell'ambiente.

Si ricorda (cfr. Figura 1.1) che la forchetta degli obiettivi nazionali al 2020 rispetto allo scenario "inerziale" del consumo interno di energia primaria oscilla tra -20% e -24%.

Rapportando il valore del consumo finale lordo CFL con il numero di abitanti e PIL dell'Italia è possibile ricavare due parametri significativi sul valore dell'efficienza energetica nel nostro Paese. Otterremo rispettivamente:

- un consumo energetico pro-capite pari a circa 2 tep/abitante;
- un'intensità energetica pari a circa $80 \cdot 10^{-6}$ tep/€;

valori che insieme all'indice di trasformazione (CFL/consumo interno di energia primaria, Figura 1.3) dimostrano comunque una buona posizione del sistema Italia sul tema dell'efficienza energetica, anche se l'obiettivo al 2020 non sarà raggiunto.

Su quest'ultimo aspetto, il Parlamento europeo si è espresso in termini di preoccupazione⁴ ed è prevista a breve una nuova edizione della Direttiva sull'efficienza energetica contenente compiti ed azioni più stringenti per gli Stati Membri.

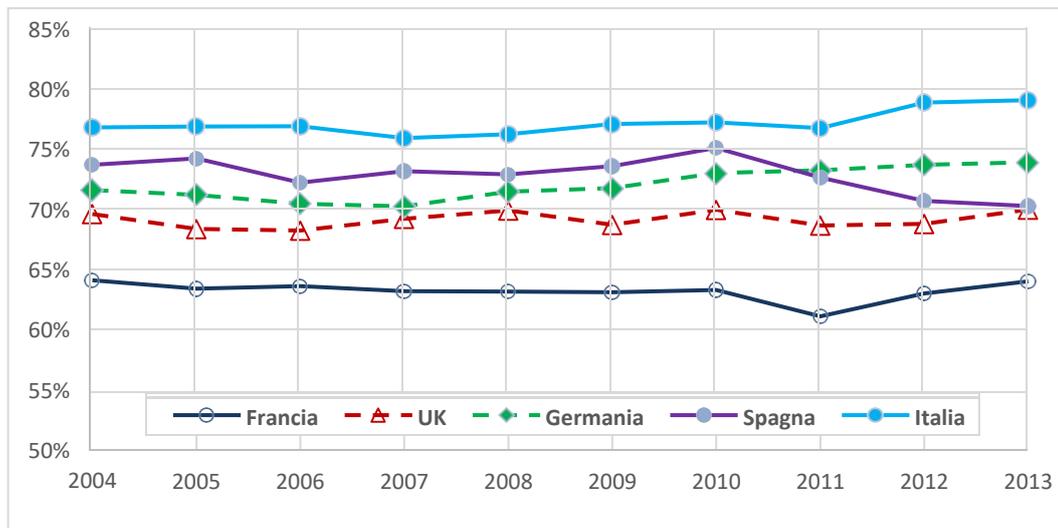


Figura 1.3 – Indice di trasformazione nei principali paesi UE (elaborazioni GSE, Unità Studi e Statistiche)

Per superare le barriere che al momento sono presenti per raggiungere gli obiettivi (si ricorda che già nel pacchetto clima-ambiente 20-20-20 gli obiettivi per l'efficienza non erano vincolanti, come non sono previsti esserlo per il 2030), è necessario agire a livello normativo e a livello procedurale. Nel primo caso occorre potenziare gli strumenti a disposizione, semplificando e razionalizzando quanto attualmente esistente; nel caso particolare è necessario armonizzare la serie di incentivi oggi a disposizione e dare compiuta pubblicizzazione delle potenzialità esistenti, come ad esempio il nuovo Conto termico, aperto anche agli interventi della PA, il meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica TEE (certificati bianchi), con l'introduzione di nuove schede e l'inclusione di nuove aree di intervento e le detrazioni fiscali. Nel secondo caso occorre prevedere il rafforzamento del ruolo delle ESCo (Energy Service Companies), la comunicazione e la sensibilizzazione degli utenti (cittadini ed imprese), il supporto alla ricerca e alla innovazione.

Argomenti questi ultimi che si intendono includere nella programmazione di Sapienza.

Un dispositivo molto importante in tal senso, come detto, è il D.Lgs.102/2014, che deve avere un forte impatto sulla pianificazione energetica locale. Infatti tra l'altro:

- si prevede l'impegno da parte degli Stati membri nella riqualificazione energetica del parco edilizio, sia pubblico che privato,
- si assegna un ruolo esemplare agli edifici di proprietà della PA centrale; dal 2014 al 2020 deve essere prevista la realizzazione di interventi di riqualificazione energetica su edifici della PA per il 3% annuo della superficie utile climatizzata;
- si ricorda il ruolo significativo dei requisiti di efficienza energetica per l'acquisto dei prodotti della PA (GPP *green public procurement*),
- i Titoli di Efficienza Energetica (TEE) devono essere considerati lo strumento principale per raggiungere (almeno il 60%) l'obiettivo di efficienza energetica a livello nazionale;

⁴ La risoluzione del Parlamento Europeo P8_TA(2016)0293 23-6-26 ammette che le Direttive su efficienza energetica ed edifici non troveranno completa esecuzione al 2020 e che per l'efficienza energetica occorrerebbe rivedere i target obbligatori al 2030 (-40%)

- viene introdotto l'obbligo da parte delle grandi imprese di sottoporsi a diagnosi energetica entro il 2015, e viene espressamente detto che anche le PMI devono essere incentivate a farlo con contributi regionali;
- è prevista l'installazione presso gli impianti di riscaldamento e raffrescamento centralizzati di sistemi per la contabilizzazione del calore diretta ed indiretta per ciascuna unità servita,
- si assegna l'obbligo da parte degli Stati membri di definire il potenziale di applicazione della cogenerazione ad alto rendimento nonché del teleriscaldamento e teleraffreddamento, con l'individuazione di una metodologia di valutazione eseguita anche con una analisi costi-benefici;
- viene previsto la revisione del regime tariffario elettrico attuale da parte dell'AEEGSI per il settore domestico;
- vengono date disposizioni per la qualificazione, l'accreditamento, la certificazione degli operatori, e l'informazione e la formazione verso gli utenti.

Argomenti anche questi che sono stati inclusi nella programmazione di Sapienza.

2 Baseline degli usi energetici finali

2.1 Consumi energetici degli edifici della Città Universitaria (CU) e delle Sedi Esterne (SE)

E' stata effettuata una raccolta dei consumi energetici degli edifici, sulla base dei dati di consumo forniti dall'Amministrazione riguardanti i consumi di energia elettrica e i consumi di energia termica.

2.1.1 Consumi di energia elettrica

Negli anni 2011-2016, i consumi di energia elettrica della Sapienza sono stati mediamente pari a 35 milioni di kWh all'anno, con scostamenti rispetto al valore medio inferiori al 5%.

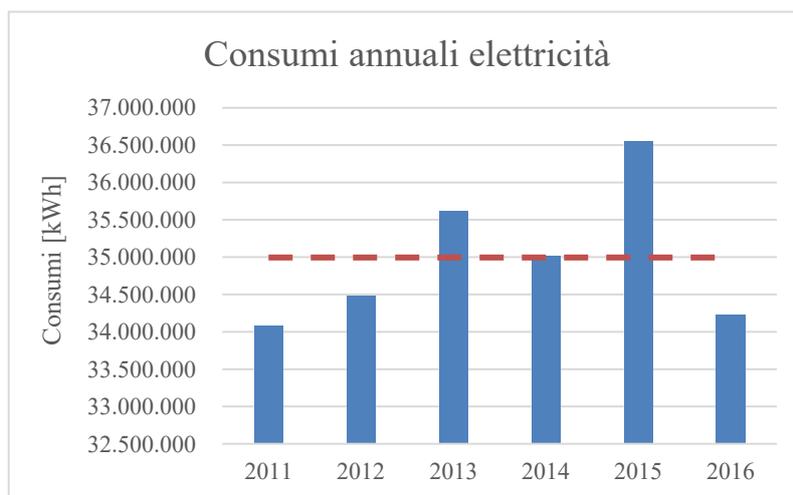


Figura 2.1 – Consumi annui di energia elettrica.

Mensilmente i consumi sono all'incirca pari a 3 milioni di kWh, con eccezioni legate alla stagionalità e rappresentate generalmente da un minor numero di giorni lavorativi o dall'accensione estiva degli impianti di climatizzazione.

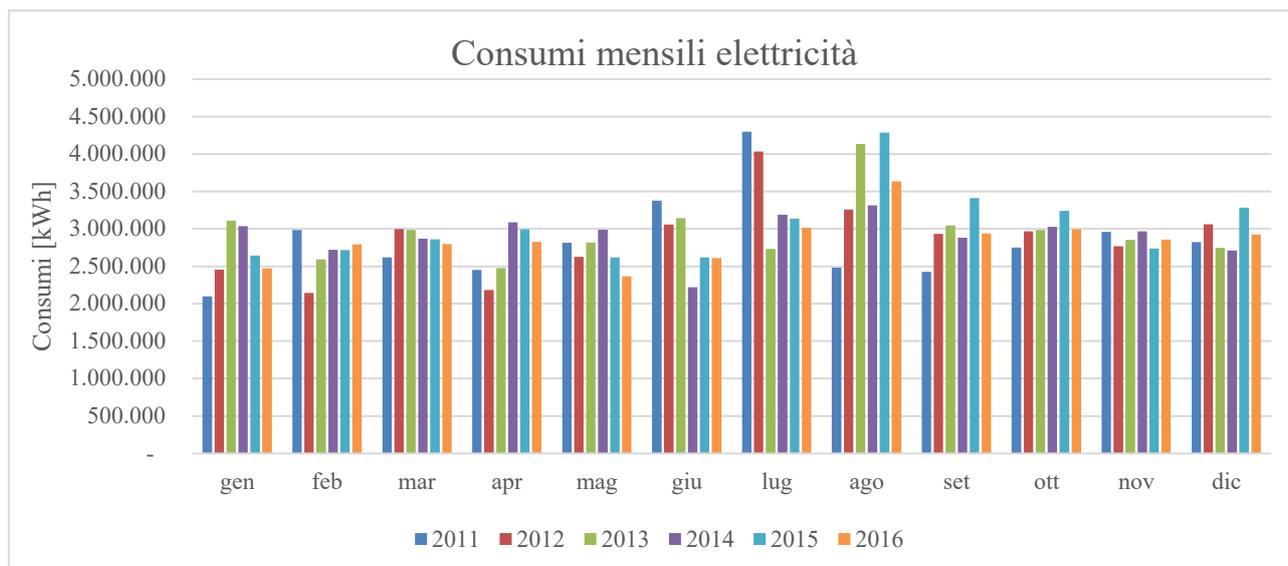


Figura 2.2 – Consumi mensili di energia elettrica.

Il costo unitario dell'energia elettrica negli anni ha subito una diminuzione. Il valore massimo si è avuto nel 2012 ed è stato pari a 0,2281 €/kWh; rispetto a quel valore, il costo unitario del 2015, pari a 0,1838 €/kWh, è inferiore del 19,4% e il costo stimato per il 2016, pari a 0,1807 €/kWh, è inferiore del 20,8%.

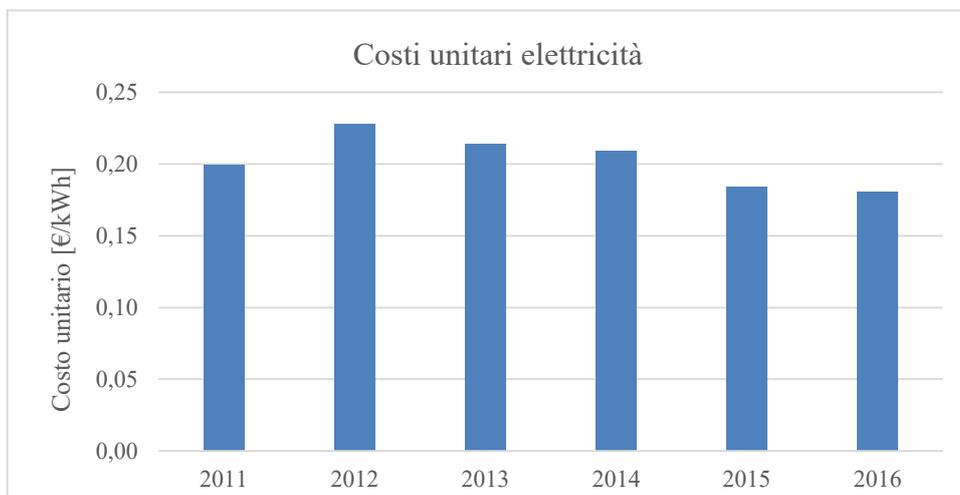


Figura 2.3 – Costo unitario dell'energia elettrica.

La diminuzione dei costi unitari ha comportato una diminuzione della spesa complessivamente sostenuta per l'acquisto dell'energia elettrica. A fronte di una spesa media annua di circa 7 milioni di kWh, per l'anno 2016 è stata stimata una spesa di circa 6,2 milioni di euro, inferiore del 21% rispetto al valore massimo del 2011 e inferiore del 13% rispetto al valore medio.

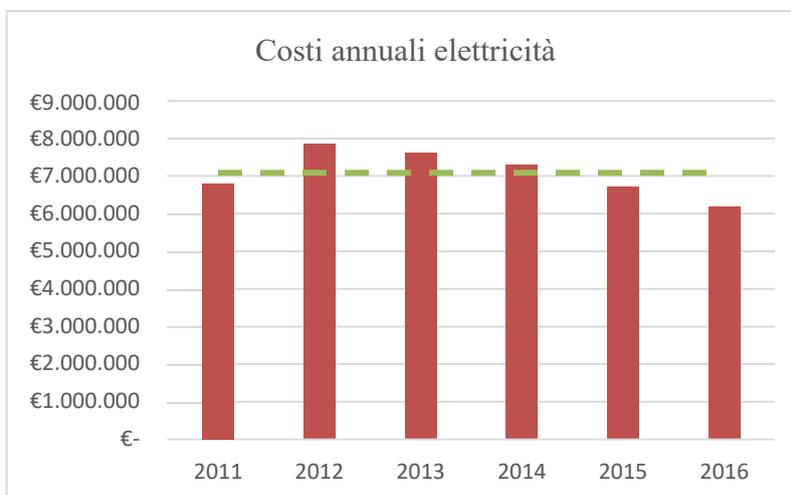


Figura 2.4 – Spesa annua per l'acquisto di energia elettrica.

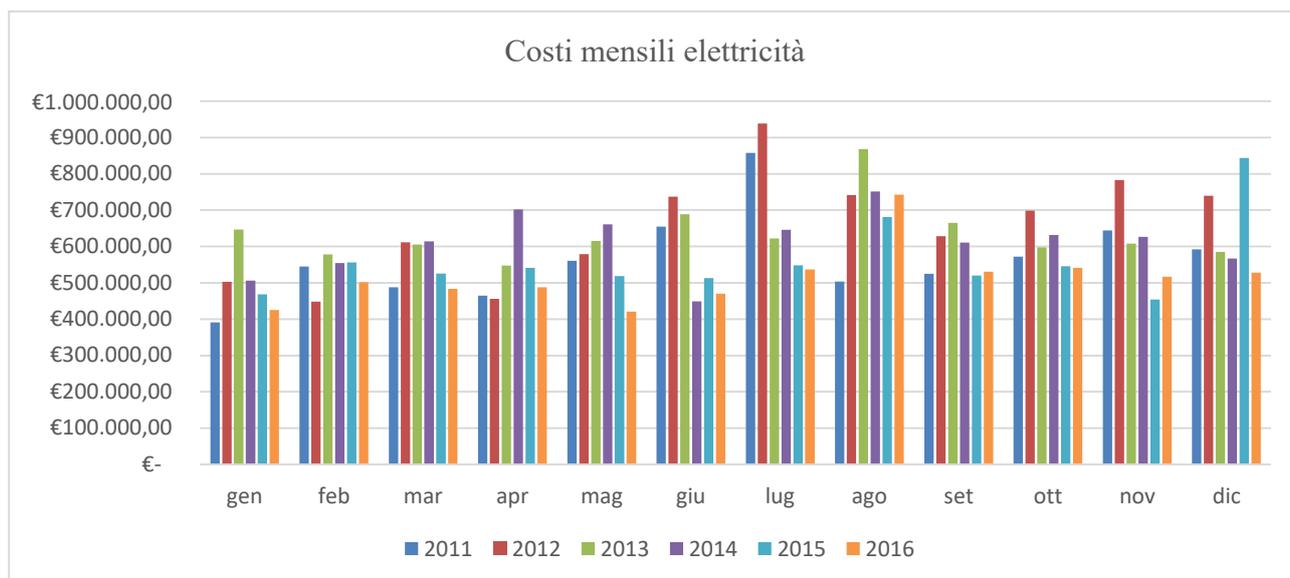


Figura 2.5 – Spesa mensile per l’acquisto di energia elettrica.

2.1.1 Consumi di energia termica

I consumi di energia termica delle ultime tre stagioni di riscaldamento sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 2.1 – Consumi di gas metano delle varie sedi.

EDIFICIO		CONSUMO			
		2013-14 Nm ³	2014-15 Nm ³	2015-16 Nm ³	media Nm ³
Fac. Lettere e Filosofia	Via Carlo Fea 2	27.128	30.006	12.451	23.195
Orto Botanico	L.go Cristina di Svezia 24	5.824	6.212	16.464	9.500
Facoltà di Architettura	Via A. Gramsci 53	33.681	33.816	4.147	23.881
Anatomia Umana	Via A. Borelli 50	26.507	27.221	26.862	26.863
Facoltà di Architettura	Via Flaminia 70	17.978	14.322	27.804	20.035
Facoltà di Ingegneria	Via Tiburtina 205	9.401	5.431	17.741	10.858
Fac. Economia e Commercio	Via del Castro Laurenziano 9	118.788	109.843	5.477	78.036
Facoltà di Ingegneria	Via Scarpa	22.514	17.905	101.096	47.172
Ex Silvio Pellico	Via Ariosto 25	27.629	19.934	25.630	24.398
Facoltà di Architettura	P.zza Borghese 9	12.764	12.082	25.262	16.703
Facoltà di Architettura	Via E. Gianturco	14.228	11.450	13.824	13.167
Facoltà di Ingegneria	Via Eudossiana 18	96.099	87.853	13.728	65.893
Palazzo Baleani	Corso Vittorio Emanuele 244	17.029	17.335	81.221	38.528
Progetto S. Marco	Via Salaria 851 – Uffici	11.040	10.621	17.680	13.114
Progetto S. Marco	Via Salaria 851 – Laboratori	402	1.764	10.414	4.193
Ufficio Amministrazione Latina	Via XXIV Maggio	3.669	2.804	3.428	3.300
Fac. Ingegneria Latina	Via Andrea Doria 3	10.875	7.892	8.944	9.237
Centro Studenti Facoltà Ing.	Via delle Sette Sale 29	928	1.066	100	698
Facoltà Psicologia	Via degli Apuli 4	52.366	69.242	52.272	57.960
Pal. Alloggio Custodi	Piazzale A. Moro, 5	10.214	10.308	10.308	10.277
Città Universitaria	Complesso Ex Regina Elena	965.736	939.719	897.157	934.204
TOTALE		1.484.800	1.436.826	1.372.011	1.431.212

Nota: i consumi indicati sono quelli risultanti dalle letture periodiche del distributore e possono non corrispondere agli effettivi consumi dell’anno.

Mediamente i consumi di gas per riscaldamento sono stati pari a circa 1,4 milioni di metri cubi di gas metano all’anno, con variazioni legate alla stagionalità e rappresentate generalmente dalla presenza di stagioni di riscaldamento più o meno miti.

I costi sostenuti per l’approvvigionamento di gas metano sono stati elaborati sulla base dei dati medi di costo forniti dall’Autorità per l’Energia Elettrica, il Gas e il Sistema Idrico. Analogamente a

quanto visto per l'energia elettrica, anche il costo unitario del gas negli anni ha subito una diminuzione. Il valore massimo, relativamente alle tre stagioni di riscaldamento considerate, si è avuto nella stagione 2013-14 ed è stato pari a 0,8571 €/Nm³; rispetto a quel valore, il costo unitario della stagione 2014-15, pari a 0,8073 €/Nm³, è stato inferiore del 5,2% e il costo unitario della stagione 2015-16, pari a 0,7530 €/Nm³, è stato inferiore dell'11,6%.

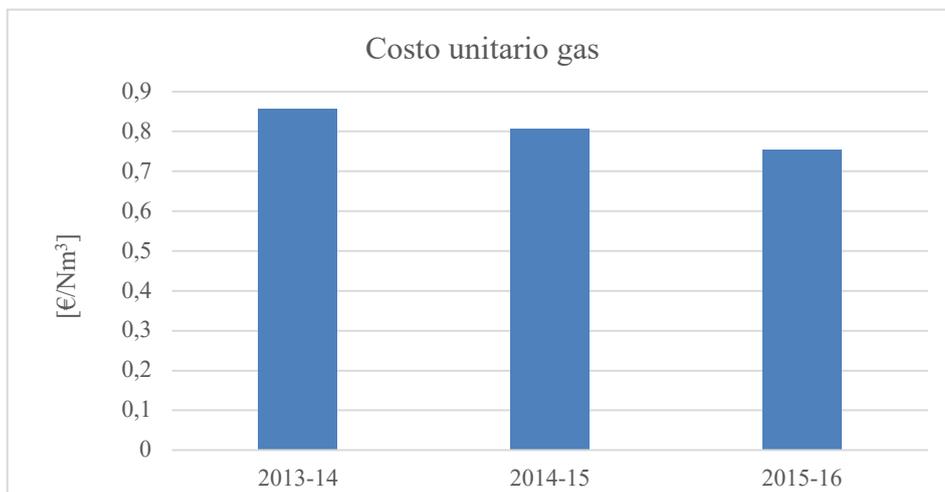


Figura 2.6 – Costo unitario acquisto gas.

Sulla base dei costi unitari elaborati, sono stati calcolati i costi sostenuti per le stagioni di riscaldamento considerate. L'effetto congiunto di un calo dei consumi e del minor costo unitario ha prodotto un costo complessivo decrescente da una stagione all'altra, passando da circa 1.270.000 € della stagione 2013-14 a circa 1.030.000 € della stagione 2015-16, con una diminuzione del 18,8%.

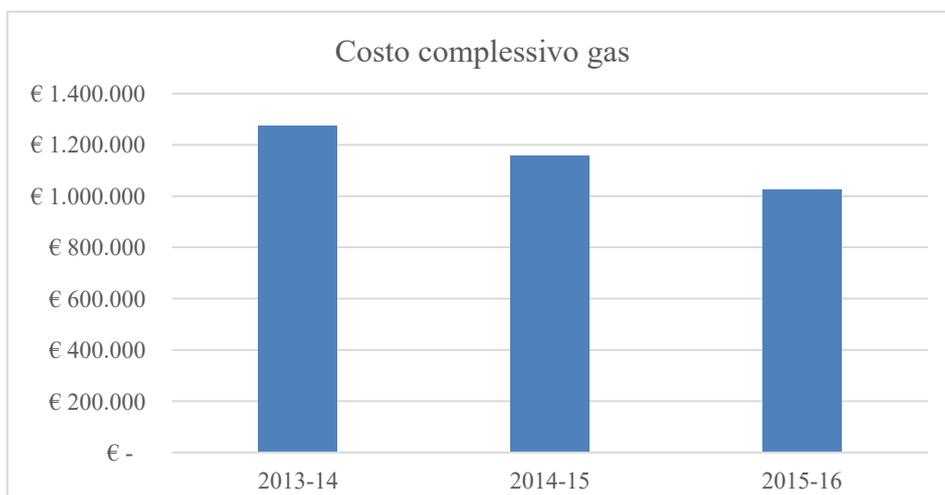


Figura 2.7 – Costo complessivo acquisto gas.

2.1.2 Ripartizione tra vettori energetici dei consumi e dei costi

Sulla base dei consumi e dei costi di elettricità e gas indicati nei paragrafi precedenti è stata effettuata una valutazione complessiva dei consumi medi e dei costi energetici medi della Sapienza, dopo aver effettuato la necessaria conversione in termini di energia primaria (totale, non rinnovabile e rinnovabile), ottenuta applicando i pertinenti fattori di conversione, così come riportati nel D.M.26/6/2015 (Tabella 2.2).

Tabella 2.2 – Fattori di conversione in energia primaria.

Vettore energetico	$f_{p,nren}$	$f_{p,ren}$	$f_{p,tot}$
Gas naturale (valori aggiornati ogni 2 anni su base dati GSE)	1,05	0	1,05
GPL	1,05	0	1,05
Gasolio e olio combustibile	1,07	0	1,07
Carbone	1,10	0	1,10
Biomasse solide (come da All. X del D.Lgs. 3 aprile 2006 n.156)	0,2	0,8	1
Biomasse liquide e gassose (come da All. X del D.Lgs. 3 aprile 2006 n.156)	0,4	0,6	1
Energia elettrica da rete (fonte GSE dati aggiornati ogni 2 anni)	1,95	0,47	2,42
Teleriscaldamento (in assenza di valori dichiarati dal fornitore e asseverati da parte terza)	1,5	0	1,5
Rifiuti solidi urbani	0,2	0,2	0,4
Teleraffrescamento (in assenza di valori dichiarati dal fornitore o da parte terza)	0,5	0	0,5
Energia termica da collettori solari (valori convenzionali)	0	1	1
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico, mini-eolico e mini-idraulico (valori convenzionali)	0	1	1
Energia termica dall'ambiente esterno – free cooling (valori convenzionali)	0	1	1
Energia termica dall'ambiente esterno - pompa di calore (valori convenzionali)	0	1	1

I due grafici della figura seguente riportano chiaramente come la Sapienza sia principalmente un consumatore di elettricità (84,5% del totale) e di conseguenza i costi sostenuti sono in larga parte connessi alla bolletta elettrica (86% del totale).

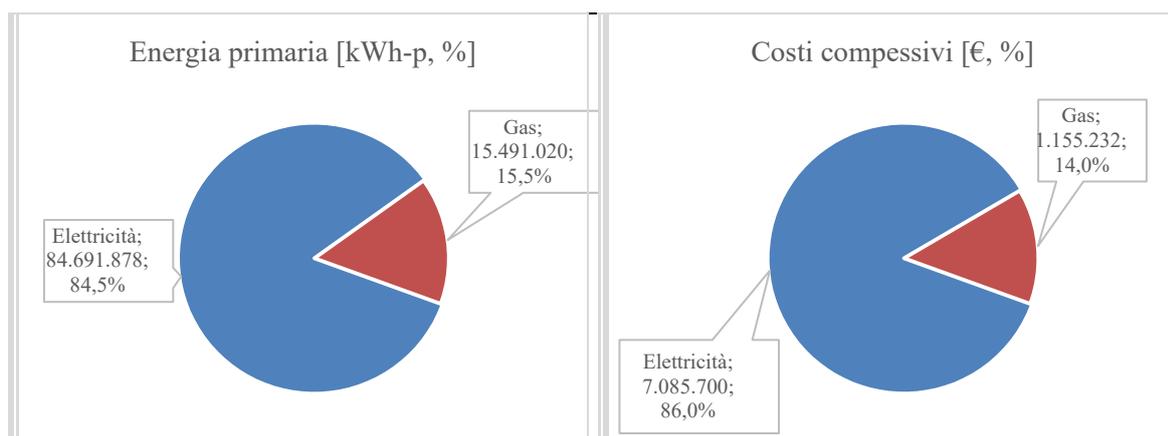


Figura 2.8 – Ripartizione per vettori energetici – Energia primaria, a sinistra – Costi complessivi, a destra.

La leggera sproporzione tra la ripartizione dei consumi e dei costi mostra come per la Sapienza i costi unitari di acquisto dell'energia elettrica siano leggermente più alti dei costi unitari di acquisto del gas.

Complessivamente i consumi di energia primaria totali di Sapienza sono pari a circa 100 milioni di kWh/anno.

2.2 Analisi parametrica dei consumi di energia elettrica e di gas

Contrariamente a quanto accade per le scuole, settore molto studiato per ragioni legate alla sicurezza delle strutture e per la relativa semplicità di caratterizzazione del patrimonio, ad oggi la letteratura scientifica è povera di ricerche che approfondiscano il tema della prestazione energetica su edifici a destinazione universitaria poiché è estremamente difficile accertare la consistenza dello stock edilizio e modellare un “edificio tipo” sufficientemente affidabile, flessibile e di validità generale. Inoltre, l'articolazione in Centri di Ricerca, Dipartimenti e Facoltà rende l'Università

un'istituzione complessa e poco schematizzabile, soprattutto se di dimensioni quali quelle della Sapienza.

A livello parametrico, per le sedi della Sapienza:

- i consumi elettrici per unità di superficie risultano pari a 68,2 kWh/m²anno;
- i consumi di gas per unità di superficie risultano pari a 3,29 Nm³/m²anno; considerando un potere calorifico del gas metano pari a 9,6 kWh/Nm³ i consumi termici per unità di superficie risultano pari a 31,5 kWh/m²anno.

In merito ai consumi elettrici, assumendo come valore di riferimento quello di edifici scolastici pari a 15 kWh/m²anno⁵, si può affermare che il consumo della Sapienza, pari a 68,2 kWh/m²anno e quindi ben superiore al valore di riferimento, risulta sicuramente alto, sebbene debba essere considerata una dotazione tecnologica decisamente maggiore e orari più lunghi di occupazione degli edifici.

In merito ai consumi termici per unità di volume, assumendo come valori di riferimento quelli dell'edilizia residenziale (87 kWh/m²anno) e scolastica della città di Roma (54 kWh/m²anno)⁶ si può affermare che il consumo della Sapienza, pari a 31,5 kWh/m²anno e quindi pari al 36,3% del valore di riferimento residenziale e pari al 58,4% del valore di riferimento scolastico, risulta sicuramente basso.

Con riferimento ai consumi termici il grafico di figura seguente riporta i consumi specifici per gli edifici della Città Universitaria complessivamente e per le Sedi Esterne singolarmente.

⁵ RSE, Ricerca di Sistema su edifici tipo, indici di benchmark di consumo per tipologie di edificio, ad uso scolastico (medie superiori e istituti tecnici) applicabilità di tecnologie innovative nei diversi climi italiani, S. P. Corgnati, E. Fabrizio, F. Ariaudo, L. Rollino, 2010

⁶ Riqualificazione dell'edilizia residenziale di una città: il caso Roma, L. de Santoli, F. Mancini, M. Cecconi, AiCARR Journal, n.1, 2010.

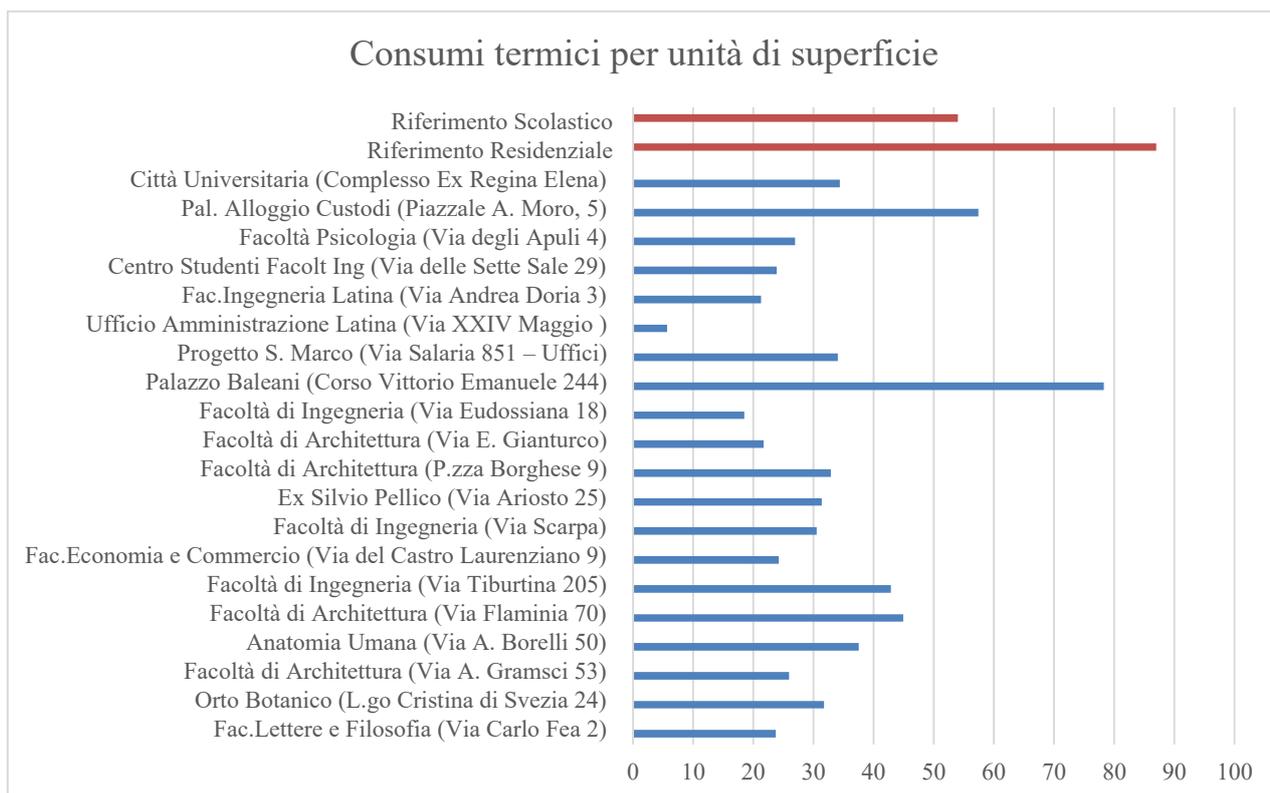


Figura 2.9 – Consumi termici per unità di superficie [kWh/m²/anno].

In quasi tutti i casi si hanno consumi specifici inferiori ai due riferimenti utilizzati.

Avendo l'analisi parametrica evidenziato consumi degli edifici della Sapienza molto inferiori ai valori di riferimento utilizzati, benché sia da considerarsi la non completa appropriatezza dei confronti, si individua la necessità di un approfondimento volto a individuarne le ragioni.

La prima operazione da effettuare è senz'altro una ricognizione puntuale dei volumi e delle superfici degli edifici volta a confermare i dati utilizzati per questa analisi parametrica, con indicazione delle destinazioni d'uso e con particolare attenzione alle superfici e ai volumi effettivamente riscaldati e alla tipologia di impianto utilizzato.

A seguire qualora si avesse una conferma dei dati sopra esposti si procederà con una simulazione energetica (statica o dinamica) di alcuni edifici campione.

In generale, per facilitare il controllo della prestazione energetica degli edifici, si deve pianificare l'introduzione di sistemi di contabilizzazione dell'energia per macroutenze, incrementando il numero di punti di misura e quindi di conoscenza degli edifici. In questa maniera eventuali scostamenti rispetto ai valori di riferimento potrebbero risultare più evidenti e più facili da correggere.

2.2.1 Considerazioni sulla distribuzione oraria dei consumi di energia elettrica

E' stata eseguita un'analisi sui consumi elettrici della Città Universitaria e delle Sedi Esterne (per il periodo che va da gennaio 2014 a luglio 2016), volta a stimare la distribuzione oraria dei prelievi di energia elettrica.

In via preliminare, è stata effettuata una suddivisione dei consumi sulla base della ripartizione in fasce utilizzata per la tariffazione dell'energia elettrica, secondo la quale si ha:

- Fascia F1 (ore di punta), dal lunedì al venerdì dalle ore 8.00 alle ore 19.00, escluse le festività nazionali;

- Fascia F2 (ore intermedie), dal lunedì al venerdì dalle ore 7.00 alle ore 8.00 e dalle ore 19.00 alle ore 23.00, escluse le festività nazionali; il sabato dalle ore 7.00 alle ore 23.00, escluse le festività nazionali;
- Fascia F3 (ore fuori punta), dal lunedì al sabato dalle ore 00.00 alle ore 7.00 e dalle ore 23.00 dalle ore 24.00; la domenica e i festivi tutte le ore della giornata.

I grafici delle figure seguenti illustrano i risultati dell'analisi effettuata, con dettaglio mensile ed annuale, separatamente per la Città Universitaria e per le Sedi Esterne.

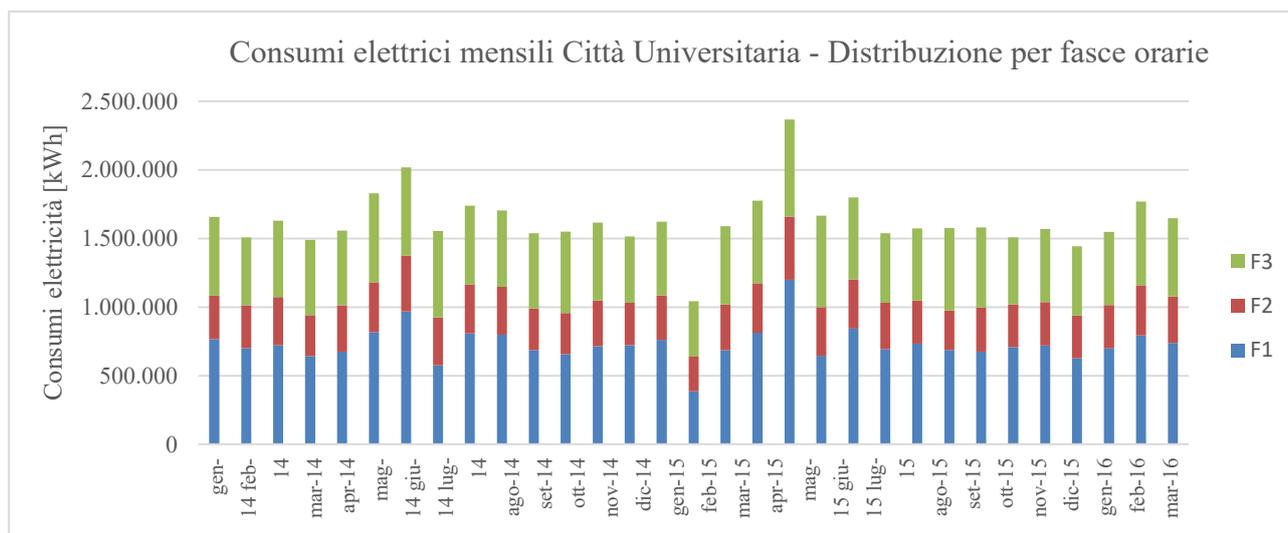


Figura 2.10 – Consumi elettrici mensili Città Universitaria - Distribuzione per fasce orarie.

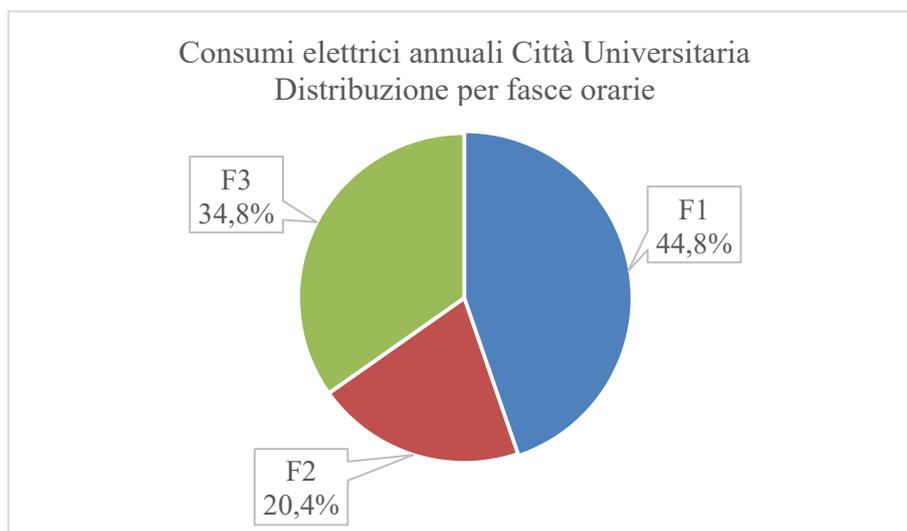


Figura 2.11 – Consumi elettrici annuali Città Universitaria - Distribuzione per fasce orarie.

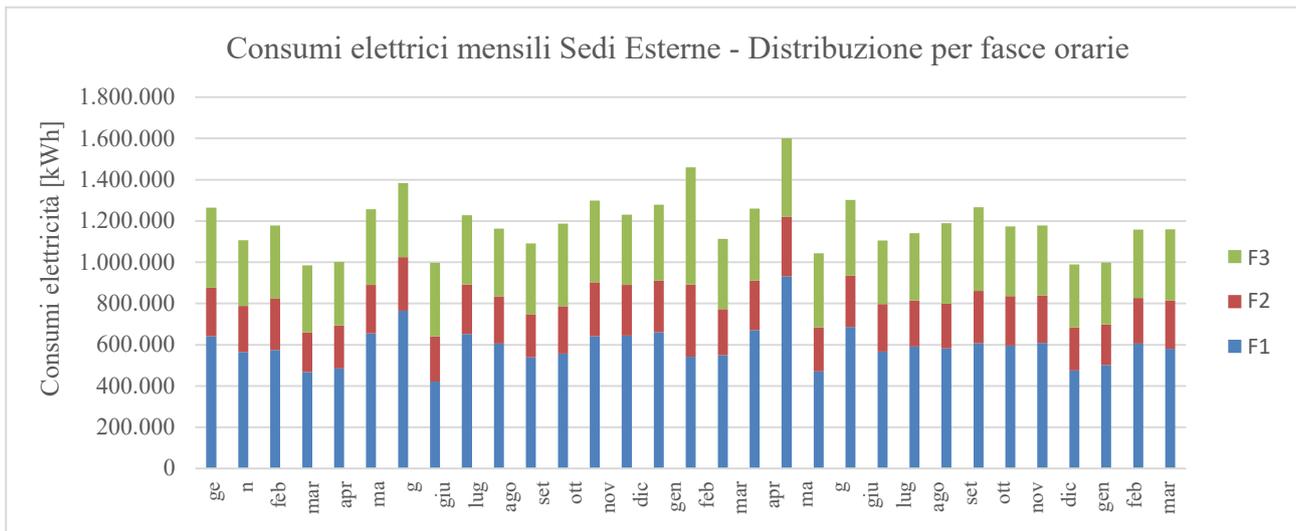


Figura 2.12 – Consumi elettrici mensili sedi Esterne - Distribuzione per fasce orarie.

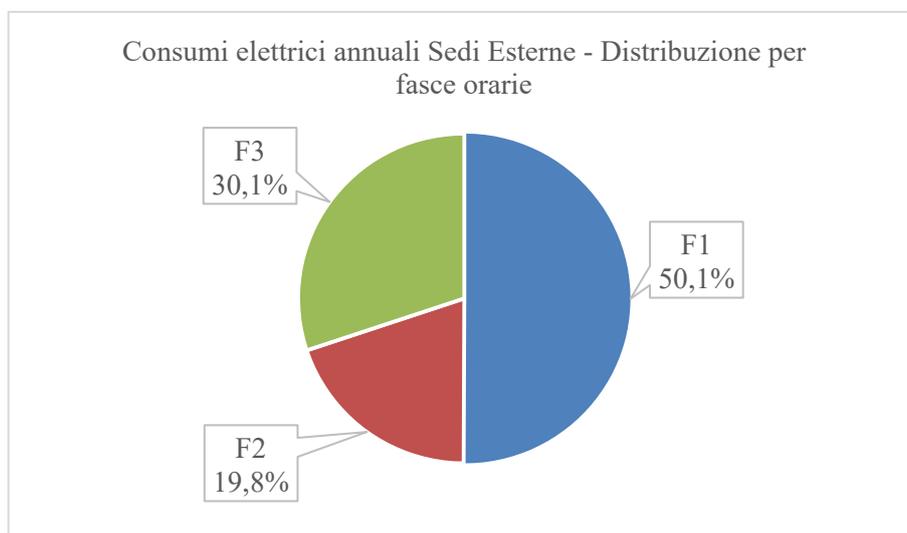


Figura 2.13 – Consumi elettrici annuali Sedi Esterne - Distribuzione per fasce orarie.

Con poche differenze tra un mese e l'altro, l'analisi evidenzia, sia per la CU sia per le SE, una prevalenza dei consumi elettrici nella fascia di punta (44,8% per la CU e 50,1% per le SE).

Tuttavia, appare degna di nota l'elevata incidenza dei consumi in fascia F3, ovvero nelle ore serali e nei giorni semifestivi e festivi (34,8% per la CU e 30,1% per le SE).

Considerando il numero di ore annue di ciascuna fascia oraria (per l'anno medio) è possibile individuare l'impegno medio di potenza elettrica per ciascuna fascia oraria.

Le tabelle seguente riporta i risultati di questo calcolo, dal quale si evince che:

- per la CU nelle ore vuote si ha un impegno medio di potenza di 1747 kW, pari al 55% dell'impegno medio di potenza nelle ore di punta;
- per le SE nelle ore vuote si ha un impegno medio di potenza di 1095 kW, pari al 43% dell'impegno medio di potenza nelle ore di punta.

Tabella 2.3 – Consumi e impegni suddivisi per fasce orarie.

	Città Universitaria			Sedi Esterne		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3
Consumi elettrici	8.753.514	3.998.954	6.805.345	7.093.895	2.811.299	4.265.406
Ore	2772	2092	3896	2772	2092	3896
Impegno medio di potenza	3158	1912	1747	2559	1344	1095
% rispetto alla fascia F1	100%	61%	55%	100%	53%	43%

Non esistono in letteratura dati di riferimento riguardanti le curve di consumo di edifici universitari, data la varietà di destinazioni d'uso considerate.

Tuttavia, si ritiene di dover porre attenzione sui consumi in fascia F3, all'interno dei quali potrebbero facilmente essere presenti i consumi di utenze trascurate.

La ripartizione dei consumi per fasce orarie sopra sviluppata risulta utile alla ottimizzazione dei contratti di acquisto dell'energia elettrica, essendo la tariffazione dell'energia elettrica diversificata per fasce orarie.

2.2.2 Considerazioni sulla variazione stagionale dei consumi termici

Si è visto come le tre ultime stagioni di riscaldamento siano state caratterizzate da consumi in calo. Al fine di verificare la motivazione di tale diminuzione dei consumi è stata effettuata una valutazione volta a correlare i consumi energetici alle condizioni climatiche effettive delle tre stagioni considerate. L'archivio utilizzato per i dati climatici delle stagioni considerate è quello della stazione meteorologica di Roma Ciampino.

Il grafico della figura seguente mostra le temperature medie mensili per i diversi mesi dell'anno e le temperature medie mensili dell'anno standard tratto dalla Norma UNI 10349.

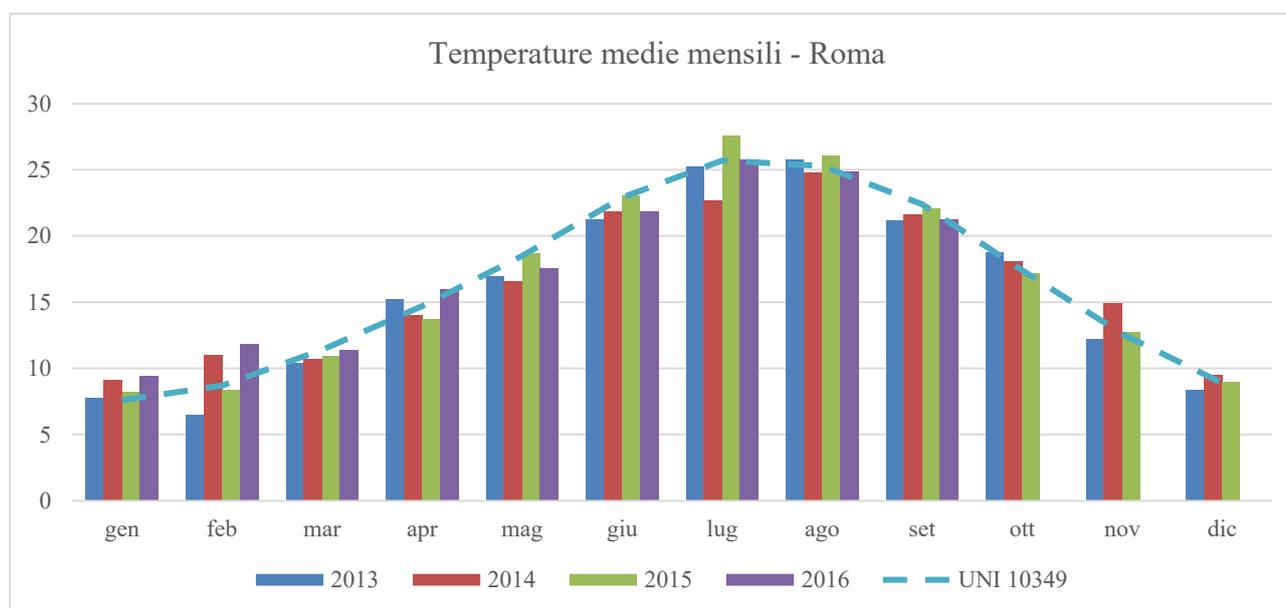


Figura 2.14 – temperature medie mensili città di Roma.

Rispetto all'anno standard ci sono state variazioni in positivo o in negativo della temperatura media mensile. Ricordando che la stagione di riscaldamento per la zona climatica di Roma inizia il primo di novembre e termina il 15 aprile, sono stati calcolati i gradi giorno delle tre stagioni di riscaldamento considerate.

Tabella 2.4 – Gradi giorno delle ultime stagioni di riscaldamento.

	2013-2014	2014-2015	2015-2016	UNI 10349
Gradi Giorno	1362,6	1346,5	1245,6	1415

Il risultato è che tutte le stagioni sono state meno fredde della stagione standard, con particolare riferimento alla stagione 2015-2016.

Elaborando i consumi delle tre stagioni, si ottengono i consumi che si sarebbero avuti in corrispondenza dell'anno standard, che risultano sostanzialmente uguali, così come mostrato nella tabella seguente.

Tabella 2.5 – Rielaborazione dei consumi di gas.

	2013-2014	2014-2015	2015-2016
Consumi stagionali [Nm ³]	1.541.899	1.509.921	1.558.602

Questo significa che, in generale, gli impianti di riscaldamento sono regolati e gestiti in maniera tale da riuscire a seguire in maniera abbastanza fedele le evoluzioni della temperatura esterna.

Alla luce di quanto riportato in questo paragrafo, il confronto con i benchmarks effettuato in precedenza deve essere in parte aggiornato, con un incremento del 7,6% dei consumi termici per unità di superficie della Sapienza, che porta il consumo specifico da 31,5 a 33,9 kWh/m²anno, rimanendo comunque al di sotto dei benchmarks residenziale e scolastico utilizzati per il confronto.

2.2.3 Considerazioni sul costo della bolletta energetica

Si è visto, nei paragrafi precedenti, come Sapienza abbia beneficiato negli ultimi anni di una bolletta energetica più leggera grazie soprattutto ad una diminuzione dei costi di acquisto dell'energia elettrica e del gas e grazie a delle stagioni di riscaldamento particolarmente miti.

La diminuzione dei costi è comune a tutte le tipologie di consumatori ed è una conseguenza da un lato dell'elevata quota di produzione da fonti rinnovabili e dall'altro dal calo dei consumi.

Tuttavia molti indicatori lasciano presagire un incremento dei costi unitari dell'energia; il grafico della figura seguente riporta l'andamento del Prezzo Unico Nazionale (PUN) dell'energia elettrica, evidenziando la tendenza al calo iniziata nel 2012 ed evidenziando anche una crescita negli ultimi mesi del 2016.

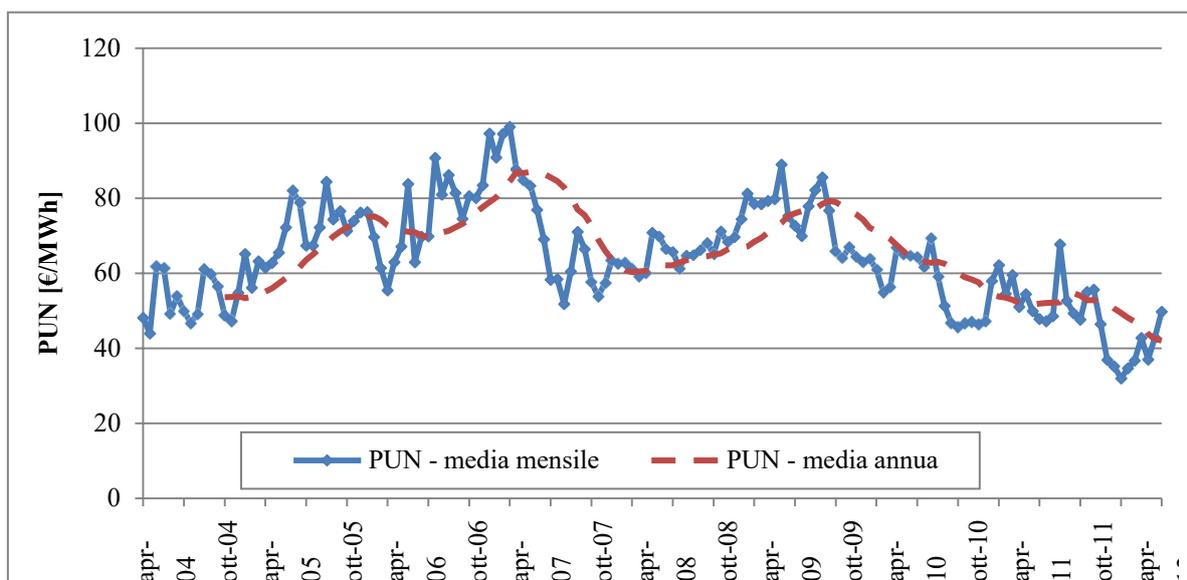


Figura 2.15 – Andamento del PUN.

Per quanto sopra affermato, si segnala la necessità di considerare nelle previsioni di spesa la possibilità di un incremento dei costi di acquisto dell'energia.

2.2.1 Attività preliminari per la riduzioni degli sprechi

Le analisi e le considerazioni sviluppate a partire dai consumi energetici della Sapienza suggeriscono alcune attività da intraprendere volte ad una maggiore conoscenza e alla eliminazione dei consumi di utenze trascurate, che possono essere riassunte secondo il seguente elenco:

- diffusione di una circolare periodica volta alla sensibilizzazione del personale e degli utenti di Sapienza, al fine di una ottimizzazione generale dei consumi energetici e di una riduzione significativa dei consumi, con particolare riferimento a quelli di energia elettrica in fascia F3;
- periodica comunicazione ed informazione dell'energy manager agli utenti;
- programmazione nel tempo per l'implementazione di sistemi di rilievo automatico dei consumi delle componenti impiantistiche, per un monitoraggio sia nella stagione invernale che in quella estiva;
- spegnimento automatico utenze inattive con particolare attenzione ai computer;
- monitoraggio e gestione dei consumi idrici e progressivo miglioramento delle reti di adduzione e degli scarichi;
- attenzione ai mercati dell'energia con l'obiettivo di una ottimizzazione dei contratti di fornitura, eventualmente con una differenziazione tra le sedi.

2.3 Usi energetici finali per la mobilità: consumi di combustibile associati alla mobilità con mezzo privato

Per completezza d'informazione, una stima dei consumi associati al trasporto privato è stata elaborata considerando la percentuale di studenti dei docenti e del personale tecnico-amministrativo (suddivisi in funzione della loro provenienza) che utilizza il mezzo privato ed ipotizzando il numero di km percorsi ogni giorno da ciascuna delle categorie per un numero di giorni complessivi nell'anno in cui il mezzo viene utilizzato.

In una prima stima sommaria, il numero totale di km complessivamente percorsi in un anno (vedi tabella seguente) risulta pari a circa 170 milioni, per un consumo di circa 12 milioni di litri di combustibile.

Tabella 2.6 – Stima delle percorrenza annua del mezzo privato.

Totale degli studenti		97.011						
Classificazione		Numero totale per categoria	Utilizzo del mezzo privato	Studenti che utilizzano il mezzo privato	Km percorsi al giorno a studente	Totale km percorsi al giorno	Giorni annui di utilizzo	Totale km percorsi all'anno
Stranieri	5%	4.851	0%	0	15	0	150	0
In sede	36%	34.924	30%	10.477	15	157.158	150	23.573.673
Fuori comune	17%	16.492	50%	8.246	50	412.297	150	61.844.513
Fuori provincia	13%	12.611	30%	3.783	100	378.343	150	56.751.435
Fuori regione	29%	28.133	10%	2.813	15	42.200	150	6.329.968
Totale del Personale TAB e Docenti		8.000						
Classificazione		Numero totale per categoria	Utilizzo del mezzo privato	Personale che utilizza il mezzo privato	Km percorsi al giorno a persona	Totale km percorsi al giorno	Giorni annui di utilizzo	Totale km percorsi all'anno
Docenti	50%	4.000	80%	3.200	15	48.000	250	12.000.000
Personale TAB	48%	3.840	80%	3.072	15	46.080	300	13.824.000
Altro personale	2%	160	80%	128	15	1.920	300	576.000

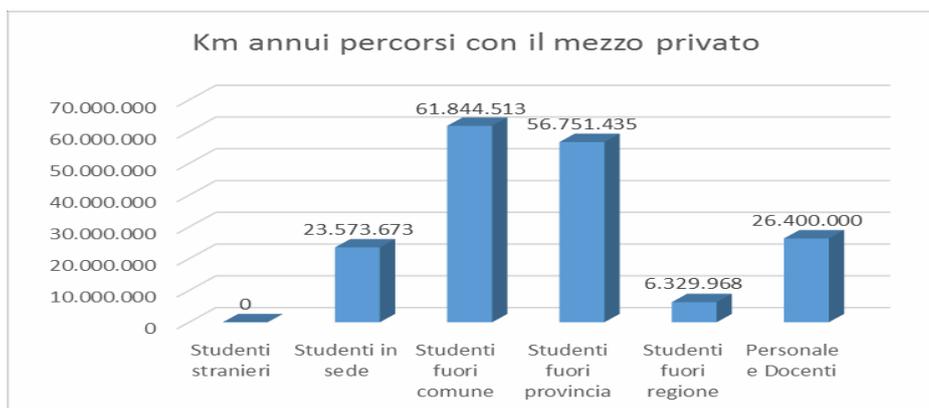


Figura 2.16 – Stima della quantità di km annui percorsi con mezzo privato dagli studenti, docenti e personale tecnico amministrativo della Sapienza.

2.4 Produzione di rifiuti

Sulla base dei dati forniti da AMA, ricavati in via indiretta sulla base dei contenitori a servizio della Sapienza, tenendo conto del tipo di attività e dei riflessi sulla composizione dei rifiuti (sentita la cooperativa che effettua il servizio della raccolta differenziata) è possibile definire la seguente stima:

- Carta/cartone: 210.000 kg/anno;
- Multimateriale: 160.000 kg/anno;
- Organico: 72.000 kg/anno;
- Vetro: 5.000 kg/anno;
- Indifferenziato 1.000.000 kg/anno.

Considerando poi i dati sulle mense universitarie esistenti e in programmazione:

- Mensa di Economia: 1.400 pasti/giorno;
- Mensa di Ingegneria: 400 pasti/giorno;
- Mensa di Via de Lollis: 2.500 pasti/giorno;
- Mensa di Poste san Lorenzo (in fase di realizzazione): 3.000 pasti/giorno,

per un totale di circa 7.000 pasti/giorno che corrispondono a circa 400.000 kg/anno di rifiuto organico.

Dai dati forniti emerge che i rifiuti organici rappresentano circa un terzo di tutti i rifiuti prodotti. Se si riuscisse a differenziarli e raccogliarli in modo corretto si riuscirebbe a limitare le emissioni in atmosfera di gas serra, tra cui la CO₂.

Infatti se questi rifiuti venissero conferiti in discarica il processo di decomposizione produrrebbe biogas, ricco di metano, il quale, disperdendosi in atmosfera, avrebbe un effetto climalterante 21 volte superiore rispetto a quello dell'anidride carbonica.

Su questa base, sarebbe quindi opportuno ipotizzare attività di impiego utile della frazione organica per l'ottenimento e lo sfruttamento di biogas. Su tale attività verrà incentrata una soluzione impiantistica parallelamente ad una sperimentazione con fini di ricerca. Gli altri rifiuti differenziati possono essere destinati ai diversi consorzi di riciclo, i quali attraverso vari processi doneranno una nuova vita ai rifiuti: tale processo va scelto solo quando non è possibile riutilizzare i rifiuti come tali in quanto il riciclo comporta senza dubbio un ulteriore consumo di energia.

In quest'ottica si inserisce la proposta di realizzare, in collaborazione con AMA, un moderno centro di raccolta all'interno dell'università nel quale possano confluire tutti i rifiuti prodotti.

L'idea è quella di realizzare un centro di raccolta nel quale i rifiuti possano essere destinati a varie soluzioni tra cui l'ottenimento di biogas dalla frazione umida, la realizzazione di componenti edilizi da destinare all'edilizia locale e la realizzazione di oggetti ricreativi o di decoro urbano innescando così un processo di economia circolare dei rifiuti.

Quindi il primo strumento che permette di realizzare tale gestione sostenibile dei rifiuti è la raccolta differenziata. Raggiungere elevate percentuali di raccolta differenziata è possibile sensibilizzando studenti e personale attraverso opportune campagne di informazione e mettendo a disposizione un efficiente sistema di raccolta.

Una stima affidabile delle emissioni di CO₂ associate ai rifiuti comporta laboriosi calcoli preceduti da un'attenta analisi della composizione dei rifiuti prodotti e dalle modalità di smaltimento disponibili nel Comune di appartenenza.

Per il conferimento in discarica, ad esempio, la quantificazione delle emissioni di CO₂ non è sempre possibile in quanto andrebbe considerata soltanto la frazione umida dei rifiuti trattati (ricca di carbonio) e pertanto si potrebbe procedere solo con una stima grossolana (1/3 degli RSU) in mancanza di dati più precisi.

Tale stima risulterebbe poco significativa e pertanto non verrà considerata nel calcolo della Carbon Footprint, di seguito riportato.

Su questa base, è possibile ipotizzare attività di impiego utile della frazione organica per l'ottenimento di biogas. Su tale attività verrà incentrata, come detto, una soluzione impiantistica parallelamente ad una sperimentazione con fini di ricerca (vedi paragrafo 6.2).

2.5 Calcolo dell'impronta di carbonio (carbon footprint) di Sapienza

Al fine di misurare gli impatti che hanno le attività antropiche sulla capacità ecologica del pianeta, sono state messe a punto diverse procedure fra le quali *l'impronta ecologica*⁷ che “*misura quanto l'umanità richiede alla biosfera in termini di terra e acqua biologicamente produttive, necessarie per fornire le risorse utilizzate e per assorbire i rifiuti prodotti. Quest'area viene espressa in ettari globali, ettari cioè con una produttività biologica media globale*”.

Dalla definizione si evince che è possibile suddividere l'impronta ecologica in comparti quali: acqua, emissioni di gas serra, rifiuti, ecc. e procedere alla stima di ogni singolo comparto; tale suddivisione, disaggregando i dati, agevola la lettura dei risultati evidenziando il comparto più critico.

Essendo di norma l'impronta di carbonio il 40-50% di tutta l'impronta ecologica, la sua riduzione è essenziale ai fini dell'utilizzo “sostenibile” delle risorse. La *carbon footprint*, secondo la definizione del *Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare*, è una misura che esprime in tonnellate di CO₂ equivalente il totale delle emissioni di *gas ad effetto serra* associate direttamente o indirettamente ad un prodotto, un'organizzazione o un servizio.

Nel calcolo dell'impronta di carbonio debbono essere considerate le emissioni di tutti i gas ad effetto serra, convertite in CO₂ equivalente attraverso parametri stabiliti a livello mondiale dall'IPCC, *l'Intergovernmental Panel on Climate Change*, organismo delle Nazioni Unite.

La procedura di calcolo della *carbon footprint* è standardizzata a livello internazionale al fine di ottenere risultati confrontabili. I metodi di calcolo seguono le specifiche e i contenuti della norma UNI ISO 14064 (basata sul GHG Protocol: *The Green House Gas Protocol - A Corporate Accounting and Reporting Standard*), applicabile ad ogni tipo di organizzazione (stabilimenti produttivi, enti, società, ecc.).

La norma definisce i principi ed i requisiti per progettare, sviluppare, gestire, monitorare, rendicontare e verificare inventari di gas ad effetto serra (GHG) a livello di organizzazione e di impresa. Si divide in tre parti:

- 1) *Quantificazione e rendicontazione delle emissioni di gas ad effetto serra e della loro rimozione*: comprende i requisiti per determinare i confini delle emissioni di GHG, per quantificare le emissioni di GHG di un'organizzazione e la loro rimozione, per identificare specifiche azioni o attività di un'impresa finalizzate a migliorare la gestione del GHG;
- 2) *Quantificazione, monitoraggio e rendicontazione delle riduzioni delle emissioni di gas ad effetto serra*: si focalizza su progetti relativi alla riduzione dei GHG o attività basate su progetti specificamente intesi a ridurre le emissioni di GHG o ad aumentare la rimozione di GHG, al fine di ottenere i crediti per la riduzione della CO₂ validati e verificati (ad esempio i VER - Verified Emission Reduction);
- 3) *Validazione e verifica* delle asserzioni relative ai gas ad effetto serra: norma l'intervento dell'Ente terzo chiamato per la validazione. (cfr. Figura 2.17).

⁷ parametro introdotto nel 1996 da Mathis Wackernagel e William Rees

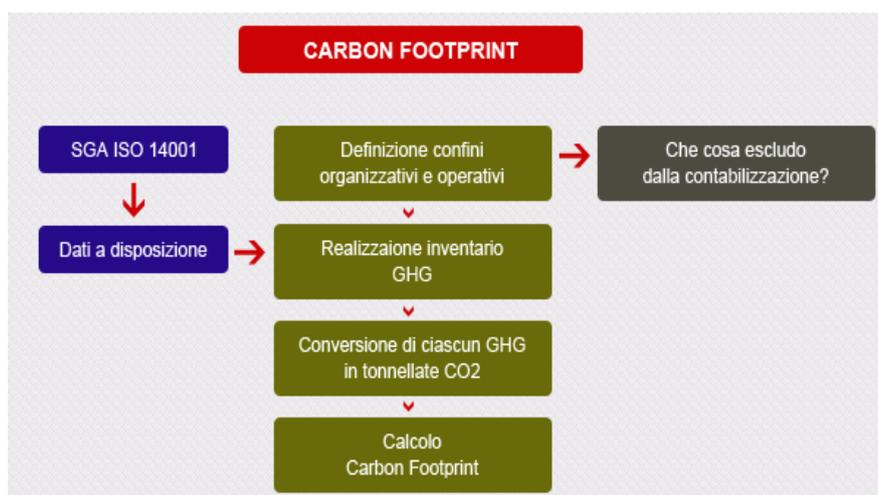


Figura 2.17 – Fasi di elaborazione previste dal metodo di calcolo della *carbon footprint* di un'organizzazione.

2.5.1 La valutazione della carbon footprint della Sapienza di Roma.

Sapienza ha circa 100.000 studenti, con 30.000 studenti fuorisede provenienti da altre regioni italiane, con 8.000 studenti stranieri e 3.000 studenti in mobilità internazionale; 8.000 persone formano lo staff dell'Ateneo (personale TAB e docenti)⁸.

Il vastissimo patrimonio immobiliare (11 Facoltà coordinano oltre 60 Dipartimenti, 59 biblioteche e 21 musei) occupa un'area di sedime pari a circa 119.537 m².

Nel calcolo della *carbon footprint*, in termini di tonnellate di CO₂ equivalente riconducibili all'intero Ateneo, si è tenuto conto di due categorie di consumo: quella relativa ai consumi energetici degli edifici e quella relativa al trasporto privato in quanto entrambe costituiscono le fonti di emissioni di CO₂ più significative.

Ai fini della quantificazione complessiva è stato necessario considerare il numero di utenti dell'Ateneo, l'area occupata dagli edifici e quella degli spazi aperti.

Per quanto riguarda i consumi energetici, termici ed elettrici, degli edifici, i dati utilizzati, le modalità di calcolo e le ipotesi assunte sono state illustrate nei paragrafi precedenti, Infine, per i trasporti con mezzo privato è stata ipotizzata la percorrenza annua per ogni categoria di utenti, il carburante consumato ed il numero di giorni annui di utilizzo del mezzo privato utilizzato.

- a) Calcolo delle aree (area di sedime e spazi aperti)

La superficie dell'area di sedime degli edifici è di circa 119.537 m².

La superficie degli spazi aperti è di circa 290.823 m².

Nel complesso la Sapienza occupa una area pari a circa 410.360 m² (191.118 m² Sedi Esterne e a 219.242 m² Città Universitaria).

- b) Calcolo degli utenti

Studenti⁹: 97.011

Personale Docente e TAB: 8.000

Totale utenti: 105.011

⁸ cfr. <http://www.university.it/index.php/ateneo/22>.

⁹ Il totale degli studenti presenti durante l'anno accademico è stato calcolato tenendo conto degli iscritti alle diverse facoltà (Architettura, 4663 – Economia, 7918 - Farmacia e Medicina, 11559 – Giurisprudenza, 6741 - Ingegneria Civile e Industriale, 9721 - Ingegneria dell'Informazione, Informatica e statistica, 6349 - Lettere e Filosofia, 16804 - Medicina e Odontoiatria, 8984 - Medicina e Psicologia, 7212 - Scienze matematiche, fisiche e naturali, 7773 - Scienze politiche, sociologia e comunicazione, 9287)

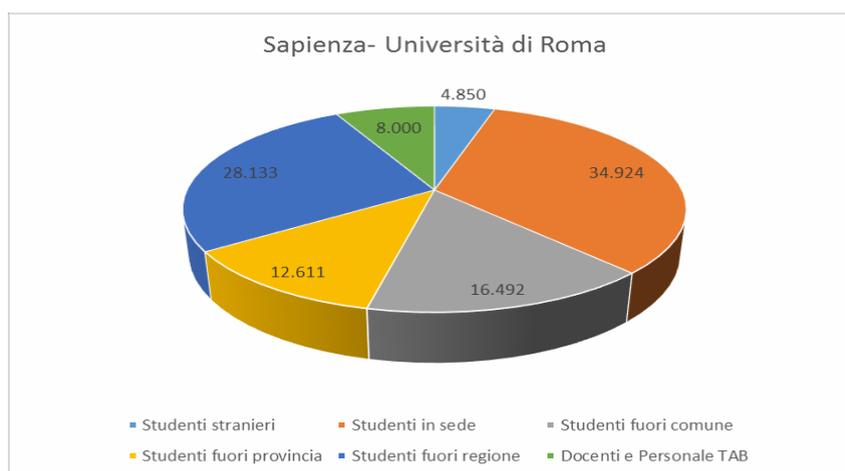


Figura 2.18 –Studenti della Sapienza: distribuzione percentuale in funzione della distanza casa-università percorsa

c) Consumi energetici degli edifici e calcolo delle emissioni di CO₂ associate

Negli anni 2011-2016, i consumi di energia elettrica della Sapienza sono stati mediamente pari a 35 milioni di kWh all'anno (ripartiti in circa 19.737.186 kWh della Città Universitaria e a 14435791 kWh delle Sedi Esterne). Mediamente i consumi di gas per riscaldamento sono stati pari a circa 1,4 milioni di metri cubi di gas metano, calcolati negli anni 2013-2016. Il dato relativo alla media degli anni 2013-2015 è di circa 1.431.212 m³/anno.

d) Calcolo delle emissioni di CO₂ associate ai consumi elettrici.

La stima delle emissioni associate ai consumi elettrici, di circa 10.189 ton CO₂ equivalente all'anno, è stata elaborata considerando la composizione del mix energetico nazionale e la CO₂ emessa per kWh di energia elettrica prodotta in funzione del combustibile utilizzato (Tabella 2.7).

Tabella 2.7 – Stima delle emissioni di CO₂ associate ai consumi elettrici (anno di riferimento 2015).

Mix energetico Italia 2015		gr. co2 per kWh di e.e.	298,1723	grammi di co2 per kWh	
Fonti rinnovabili	41,6%	0	Consumo di energia elettrica kWh	kg di co2 per kWh	
Carbone	19,6%	883,1		34.172.977	Ton CO2 equivalente
Gas Naturale	29,3%	369,6			
Prodotti petroliferi	1,3%	622,8			
Nucleare	5,1%	0			
Altre fonti	3,1%	280,5			
Font: GSE		Fonte: ENEA			

e) Calcolo delle emissioni di CO₂ associate ai consumi di energia termica

Per quanto attiene infine alle emissioni di CO₂ associate ai consumi di gas metano per la produzione di energia termica il valore stimato è di circa 2.791 ton CO₂ equivalente. (1431212 m³ * 1,95 kg di CO₂).

f) Consumi di combustibile ed emissioni di CO₂ associate alla mobilità con mezzo privato

La stima delle emissioni di CO₂ associate al trasporto privato è stata elaborata considerando la percentuale di studenti dei docenti e del personale tecnico-amministrativo (suddivisi in funzione della loro provenienza) che utilizza il mezzo privato; ipotizzando la percorrenza giornaliera ed il totale dei giorni ogni anno di utilizzo del mezzo.

In funzione dei parametri e delle ipotesi assunte, sono state stimate le emissioni di CO₂ utilizzando i coefficienti (in kg di CO₂ per km/passeggero), per diverse tipologie di mezzo di trasporto. (cfr.Tabella 2.8).

Tabella 2.8 – Stima delle emissioni di CO₂ per i trasporti privati

Totale degli studenti		97.011									
Classificazione		Numero totale per categoria	Utilizzo del mezzo privato	Studenti che utilizzano il mezzo privato	Km percorsi al giorno a studente	Totale km percorsi al giorno	Giorni annui di utilizzo	Totale km percorsi all'anno	Kg CO2 equivalente		
Stranieri	5%	4.851	0%	0	15	0	150	0	0		
In sede	36%	34.924	30%	10.477	15	157.158	150	23.573.673	2.337.565		
Fuori comune	17%	16.492	50%	8.246	50	412.297	150	61.844.513	6.132.502		
Fuori provincia	13%	12.611	30%	3.783	100	378.343	150	56.751.435	5.627.472		
Fuori regione	29%	28.133	10%	2.813	15	42.200	150	6.329.968	627.680		
Totale del Personale TAB e Docenti		8.000									
Classificazione		Numero totale per categoria	Utilizzo del mezzo privato	Personale che utilizza il mezzo privato	Km percorsi al giorno a persona	Totale km percorsi al giorno	Giorni annui di utilizzo	Totale km percorsi all'anno	Kg CO2 equivalente		
Docenti	50%	4.000	80%	3.200	15	48.000	250	12.000.000	1.189.920		
Personale TAB	48%	3.840	80%	3.072	15	46.080	300	13.824.000	1.370.788		
Altro personale	2%	160	80%	128	15	1.920	300	576.000	57.116		
Kg di CO2 per Km per passeggero		Media ponderata	0,09916		Kg CO2 totale studenti	Kg CO2 totale personale	Kg CO2 totale	Ton CO2 totale			
Ciclomotore	0,073	43%	Dati Co2nnect.org		14.725.219	2.617.824	17.343.043	17.343			
Motocicletta	0,094	2%									
Auto elettrica	0,043	1%									
Auto piccola	0,11	30%									
Auto media	0,133	15%									
Auto grande	0,183	5%									
Auto ibrida	0,084	4%									

g) Calcolo della carbon footprint causata dai consumi energetici totali (edifici e trasporti privati)

Il totale delle emissioni associate ai consumi energetici degli edifici ed alla mobilità con mezzo privato è di circa 30.323 tonnellate di CO₂ eq all'anno. Nel dettaglio, come evidenziato nel grafico seguente, le emissioni annue causate dai consumi di energia durante la fase di esercizio degli edifici sono circa 10,2 ton CO₂ equivalente per i consumi di energia elettrica e circa 2,8 ton CO₂ equivalente per i consumi di gas naturale; il trasporto con mezzo privato degli studenti, docenti e personale tecnico-amministrativo è responsabile delle emissioni di 17,3 ton CO₂ equivalente.

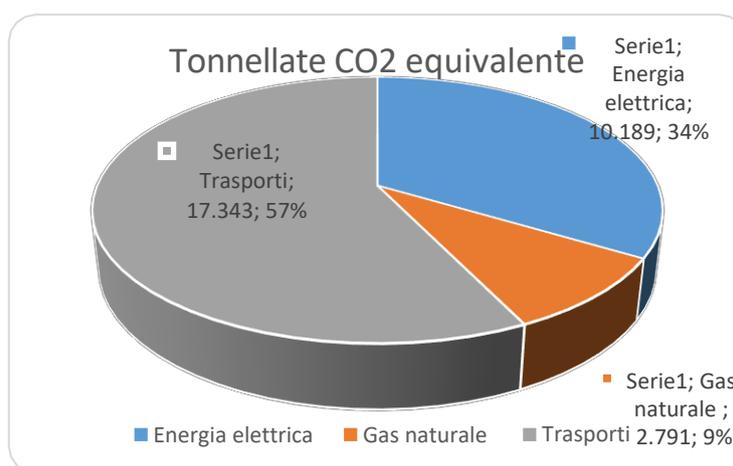


Figura 2.19 – Emissioni in tonnellate di CO₂ equivalente causate dai consumi energetici degli edifici e dai trasporti.

Con questo valore è possibile procedere alla stima della *carbon footprint* utilizzando l'indice di superficie di spazio aperto per ogni singola persona $290.823 / 105.011 = 2,77$:

$(30323/2,77) = 10.947$ ton CO₂ equivalente riferite allo spazio occupato da ogni persona.

2.5.2 Confronto con altre Università

Le emissioni pro-capite e per unità di superficie da consumi elettrici e da riscaldamento degli edifici stimate per tutto l'Ateneo sono state confrontate con quelle di atenei stranieri e italiani. I dati utilizzati per il confronto sono stati raccolti da fonti bibliografiche e da informazioni inviate dagli Energy Manager degli Atenei, ottenendo un campione totale di 46 università.

Le figure seguenti riportano il confronto con altre università italiane, europee, extra-europee ed in particolare con il Politecnico di Milano.

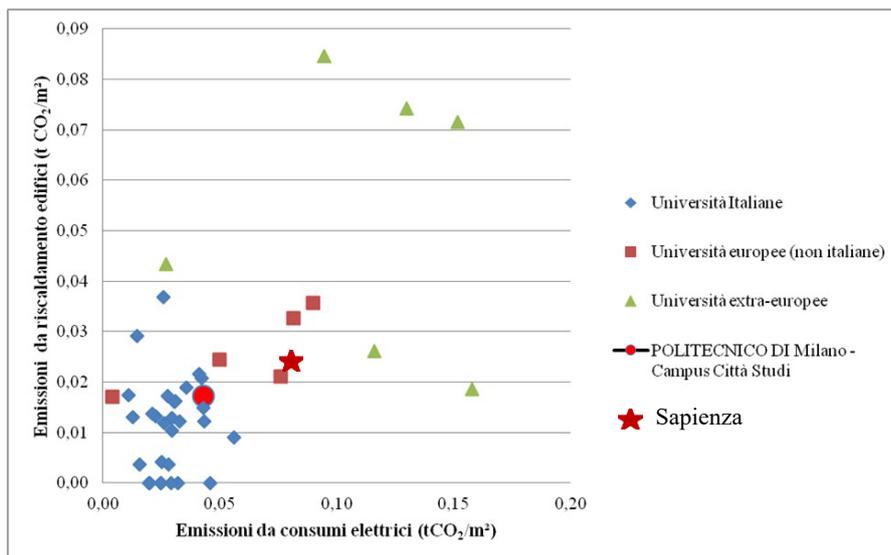


Figura 2.20 – Emissioni da consumi per unità di superficie.

Per la Sapienza i dati calcolati per le emissioni da riscaldamento degli edifici è di 0,023 tCO₂/m² e per le emissioni da consumi elettrici di 0,085 tCO₂/m².

Dal confronto è emerso che la Sapienza, per le emissioni per unità di superficie degli edifici, si posiziona su un livello medio nel panorama italiano, più basso rispetto alle altre università europee non italiane e su un livello nettamente inferiore rispetto alle altre università extra-europee.

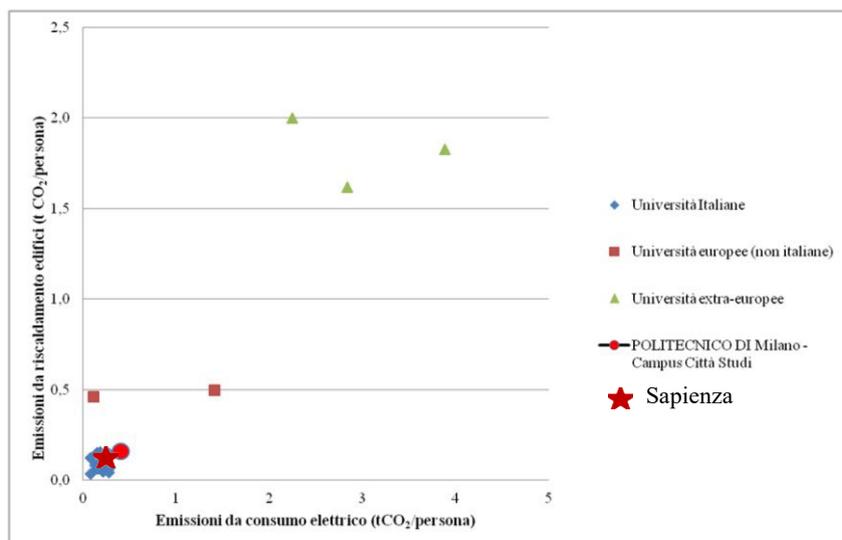


Figura 2.21 – Emissioni da consumi pro-capite.

2.6 Consumi idrici

L'*Ecological Footprint Analysis* (EFA) è un indicatore della pressione esercitata dall'uomo sugli ecosistemi attraverso la quantificazione degli ettari di terreno produttivo e di risorse idriche che la popolazione umana necessita per produrre beni e servizi e assorbirne i rifiuti generati; è evidente che l'elaborazione di un tale indicatore richiede una numerosa quantità di dati in grado di misurare l'utilizzo di risorse naturali e la loro disponibilità nel tempo.

Per quanto attiene alla risorsa acqua è stato elaborato, in modo analogo all'EFA, il concetto di impronta idrica o *water footprint* (WF) per definire il volume totale di risorse idriche utilizzate da un paese per produrre i beni e i servizi consumati dalla sua popolazione; essa comprende l'acqua, prelevata da fiumi, laghi e falde acquifere (acque superficiali e sotterranee) impiegata nei settori produttivi e l'acqua delle precipitazioni piovose utilizzata prevalentemente in agricoltura.

Il concetto di impronta idrica¹⁰ è quindi un indicatore dell'appropriazione da parte dell'umanità di acqua *dolce* espresso in volumi di acqua consumati e/o inquinati; rappresenta l'unità di misura dell'acqua necessaria per produrre beni e servizi e può essere utilizzata per misurare un singolo processo, prodotto o un singolo consumatore.

Il concetto di impronta idrica, inoltre, considera non solo il luogo da cui l'acqua proviene ma vi aggiunge anche una componente qualitativa; ciò che genericamente è denominato acqua viene diviso infatti in tre tipi: acqua blu (acque superficiali e sotterranee di un determinato bacino, maggiore del 70% del totale), acqua verde (acqua piovana per l'agricoltura, minore del 10%) e acqua grigia (da processi produttivi, minore del 20%).

Molto diverso invece il dato "comunemente utilizzato" che emerge dai diversi rapporti sui consumi; ad esempio nel 2012 in Italia sono stati immessi giornalmente nelle reti comunali di distribuzione dell'acqua potabile 385 litri per abitante, in aumento rispetto ai 373 litri registrati nel 2008. Il consumo pro capite giornaliero di acqua invece è stato pari a 241 litri. Non tutta l'acqua immessa in rete, pertanto, arriva agli utenti finali: le dispersioni delle reti comunali di distribuzione dell'acqua potabile risultano pari in media al 37,4 per cento (dato Istat, 2015).

Da ciò si evince che per una corretta gestione della risorsa acqua è necessario tenere conto di entrambi i dati e del fatto che i volumi giornalieri pro capite immessi in rete presentano una forte variabilità territoriale.

L'impronta idrica può quindi essere analizzata tenendo conto sia dei dati di *consumo* sia dei dati di *produzione*.

Nello specifico della Sapienza, per quanto attiene alla impronta idrica (composta da due voci: consumi e produzione) si è tenuto conto dei dati relativi al consumo; successivi studi e approfondimenti potranno fornire indicazioni circa i dati di produzione.

Questa scelta è stata operata tenendo conto dal fatto che i dati sui consumi idrici costituiscono un importante indicatore di sostenibilità ed inoltre sono uno dei parametri utilizzati nel ranking internazionale Greenmetric (Water, WR); per tale motivo fra gli obiettivi del campus universitario, al fine di proteggere gli habitat naturali, ci sono a) la quantificazione/monitoraggio dei consumi idrici; b) la predisposizione di un programma di riduzione dei consumi e conservazione della risorsa contenenti misure per il trattamento ed il riciclo; c) creazione di percorsi formativi sul tema della risorsa acqua.

¹⁰ sviluppato da Arjen Hoekstra nei primi anni 2000

Con queste premesse per quanto attiene al punto *a) quantificazione/monitoraggio dei consumi idrici*, le 75 utenze a contatore della Sapienza hanno un consumo medio annuo (calcolato tra il 2012 e il 2016 in base ai dati disponibili) di 365.625 mc. In tale consumo sono inclusi circa 32.000 mc/anno di acqua non potabile ad uso irrigazione.

Le 23 utenze a bocca tarata hanno un consumo annuo contrattuale di 157.868 mc. Alcune utenze a bocca tarata sono in via di cessazione; tale cessazione porterà i consumi annui a circa 100.000 mc.

Le utenze antincendio si possono assumere trascurabili in termini di consumo.

Per quanto attiene al punto *b) predisposizione di un programma di riduzione dei consumi e conservazione della risorsa contenenti misure per il trattamento ed il riciclo*, occorre tenere presente che risultati significativi si possono ottenere agendo sia alla scala dei singoli edifici (e del singolo ambiente) sia alla scala del complesso insediativo. Saranno predisposti indicatori e dispositivi per la limitazione del volume d'acqua ad usi civili e per il recupero delle acque grigie; invece per l'intero edificio occorrerà prevedere nuovamente dispositivi per il recupero di acque grigie e anche per il recupero delle acque meteoriche e l'ottimizzazione della distribuzione idrica; infine a livello del complesso insediativo, dovrà essere garantito il recupero e la gestione delle acque meteoriche e la massimizzazione della percentuale di superficie drenante.

Inoltre, il programma di gestione della risorsa acqua, oltre a predisporre azioni (e relativo monitoraggio) alle diverse scale di intervento, utilizzando le migliori tecnologie disponibili, dovrebbe includere iniziative volte a modificare i comportamenti degli utenti (studenti, docenti e personale tecnico amministrativo) attraverso la formazione con programmi educativi specifici.

Le diverse tecnologie attualmente disponibili possono, in prima approssimazione, essere suddivise in due categorie: a) tecniche per la riduzione dei consumi indoor e b) tecniche per la raccolta e riutilizzo delle acque meteoriche.

Per entrambe le categorie di interventi occorre procedere con una analisi costi-benefici utilizzando un approccio *di ciclo di vita*.

Inoltre, l'analisi delle tecnologie disponibili in grado di minimizzare i consumi dovrebbe essere condotta tenendo presente il *binomio innovazione tecnologica-comportamento dell'utente*:

- sistemi innovativi, tradizionali o mix per il contenimento dei consumi
- sistemi innovativi, tradizionali o mix per l'informazione/comunicazione dell'utente
- ricognizione delle tecnologie oggi adottate; loro valutazione; limiti e potenzialità registrati
- mix di diverse tecnologie;
- i tempi per una loro utilizzazione;
- eventuali limiti ed ulteriori possibili potenzialità.

a) Le tecniche per il risparmio idrico indoor includono:

- soluzioni per gli erogatori (rubinetti monocomando, i rubinetti con temporizzatore, con chiusura elettronica, riduttori di flusso, interruttori di flusso. Inoltre, frangigetto convenzionale (erogazione circa 12 litri/minuto), frangigetto a basso consumo (erogazione da 5-10 litri/minuto);
- limitatori di flusso: dispositivi che permettono di regolare il flusso dell'acqua in funzione delle richieste e della pressione; generalmente in grado di modificare il flusso massimo fino ad un 50%;

- frangigetto/frangiflutto: dispositivi di regolazione che controllano il flusso di acqua in uscita dalle rubinetterie a prescindere dalla pressione della rete; consentono di ridurre il consumo d'acqua dal 30 al 70%;
- limitatori di flusso per docce/soffioni: apparecchi a valvola per ridurre il consumo di acqua, senza modificare la funzionalità idrosanitaria. Alcuni dispositivi limitando la portata a circa 8 litri/minuto, consentono un risparmio d'acqua pari fino al 40%. Particolarmente adatti per utenze con elevati consumi;
- interruttori meccanici di flusso dispositivi che si chiudono o si aprono, semplicemente, azionando una leva, permettono d'interrompere il flusso dell'acqua senza necessità di regolare nuovamente la temperatura. Il risparmio che si può ottenere varia in funzione dell'utilizzo da parte dell'utente, dato che sarà lui ad interrompere il flusso azionando il dispositivo. Tuttavia è possibile ipotizzare una riduzione del consumo d'acqua che varia dal 10 al 30%;
- rubinetti con temporizzatore: interrompono il flusso automaticamente, dopo un determinato periodo di tempo; regolano il tempo d'uscita dell'acqua da 5-7 secondi fino a 40-45 secondi. I risparmi d'acqua possono costituire una quota pari al 30-40% per le docce e al 20-30% per i lavandini;
- rubinetti elettronici: interrompono automaticamente il flusso, nel caso dei lavandini, ogni volta che si ritirano le mani; consentono di risparmiare circa un 40-50% del consumo dell'acqua;
- rubinetti termostatici: rubinetti, utilizzati soprattutto nelle docce, consentono risparmi idrici ed energetici legati all'uso (minori sprechi per ottenere la temperatura richiesta, possibilità di chiudere l'erogazione e poter ritrovare la temperatura richiesta) con riduzione del consumo d'acqua fino al 50%.

b) Tecniche per la raccolta e riutilizzo delle acque meteoriche.

I sistemi di raccolta di pioggia si basano fondamentalmente su tre elementi: il sistema di intercettazione, ovvero la rete che raccoglie le acque dalla superficie drenata e le filtra prima di immetterle nella cisterna; il serbatoio; il sistema di sollevamento e distribuzione delle acque per gli usi previsti.

Per ognuno dei tre sistemi sono possibili diverse soluzioni - dimensionate in funzione degli aspetti idrici ed ambientali - di volta in volta scelte in seguito ad una analisi costi-benefici. La valutazione dell'efficienza dei sistemi di raccolta deve tenere anche conto della scala dell'intervento: in ambiente urbano, in edifici singoli e/o multipiano, in singoli ambienti.

c) Creazione di percorsi formativi sul tema della risorsa acqua

Al fine di diffondere e promuovere le buone pratiche occorre predisporre percorsi formativi in grado di approfondire il tema dell'impronta idrica e far comprendere agli utenti dell'Ateneo metodi e modi per partecipare al cambiamento e influire, attraverso uno stile di vita sostenibile, all'uso e gestione efficiente dell'acqua. In estrema sintesi, tali percorsi dovrebbero operare per sensibilizzare ed educare al tema dell'impronta idrica e della riduzione "giornaliera" degli sprechi.

3 Obiettivi al 2030

I consumi energetici della Sapienza, per gli anni considerati, si possono ritenere stabili, con piccole variazioni legate alle condizioni climatiche e a variazione dei profili di occupazione.

Un obiettivo ambizioso, ma comunque praticabile, di riduzione dei consumi energetici degli edifici potrebbe prevedere una riduzione dei consumi energetici significativa (30%) con un orizzonte temporale di medio periodo (2030).

Per raggiungere l'obiettivo è necessaria una riduzione annua dei consumi del 2% all'anno, che porterebbe ad una programmazione dei risparmi e delle riduzioni dei consumi così come di seguito indicato:

- Anno 2020: -8,6% (Base 2016); Energia primaria 90 GWh-p – Base 2016 98,4 GWh-p;
- Anno 2025: -19,3% (Base 2016); Energia primaria 79,5 GWh-p – Base 2016 98,4 GWh-p;
- Anno 2030: -30% (Base 2016); Energia primaria 68,9 GWh-p – Base 2016 98,4 GWh-p.

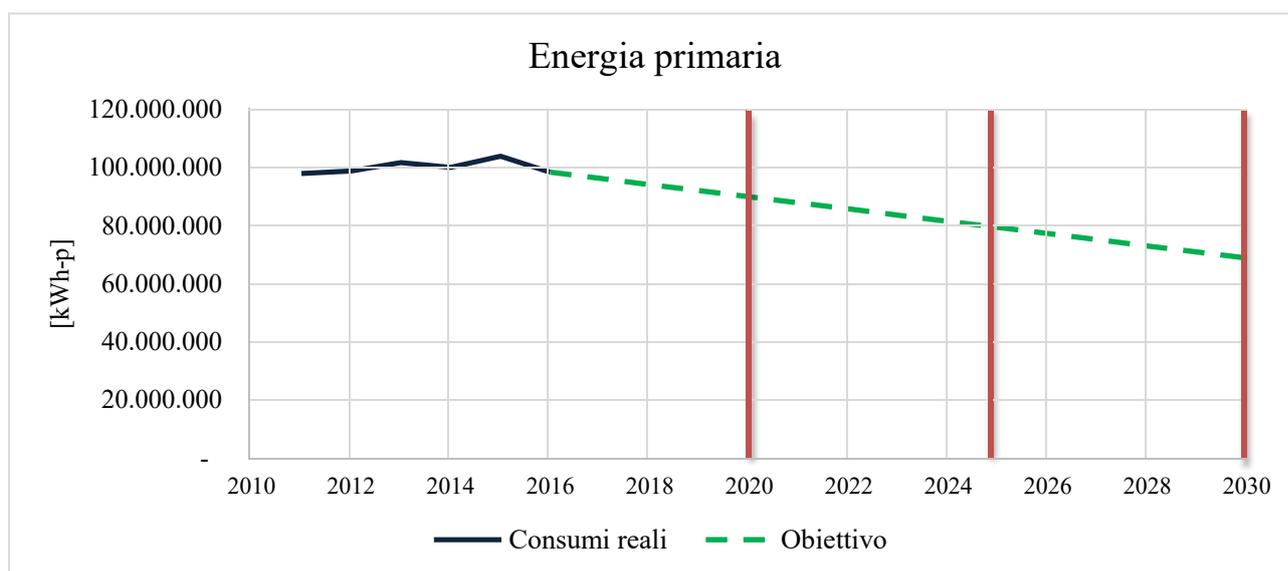


Figura 3.1 – Energia primaria – Dati reali e obiettivo.

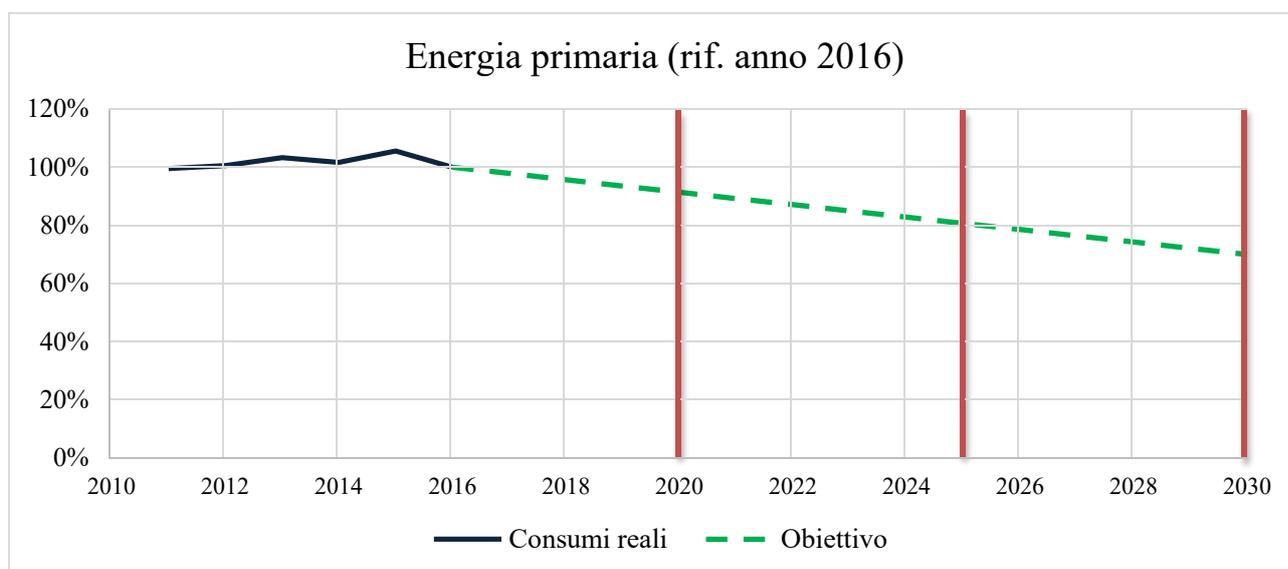


Figura 3.2 – Energia primaria – Dati reali e obiettivo – Variazione percentuale rispetto all'anno 2016.

Un altro obiettivo da raggiungere è l'incremento della quota di energia rinnovabile, che dal valore attuale del 17,7% (rappresentato prevalentemente dalla quota rinnovabile connessa all'utilizzo di energia elettrica dalla rete pubblica e, in quantitativo molto minore, dalla produzione degli impianti fotovoltaici attualmente presenti e dalla risorsa aerotermica impiegata dalle pompe di calore) potrebbe arrivare ad una quota del 20% con il medesimo orizzonte temporale di medio periodo (2030). In questa analisi occorre tenere in conto tutte le cautele inerenti alla modalità di calcolo della quota rinnovabile così come stabilito dalla normativa vigente che considera solo gli usi energetici relativi al riscaldamento, al raffrescamento, alla preparazione dell'acqua calda sanitaria, all'illuminazione e ai sistemi elevatori, cioè a tutti i servizi dell'edificio per i quali è previsto un calcolo normato.

Per raggiungere l'obiettivo è necessario un incremento della quota di circa lo 0,16% all'anno, che porterebbe ad una programmazione così come di seguito indicato:

- Anno 2020: quota del 18,4% di energia rinnovabile;
- Anno 2025: quota del 19,2% di energia rinnovabile;
- Anno 2030: quota del 20% di energia rinnovabile.

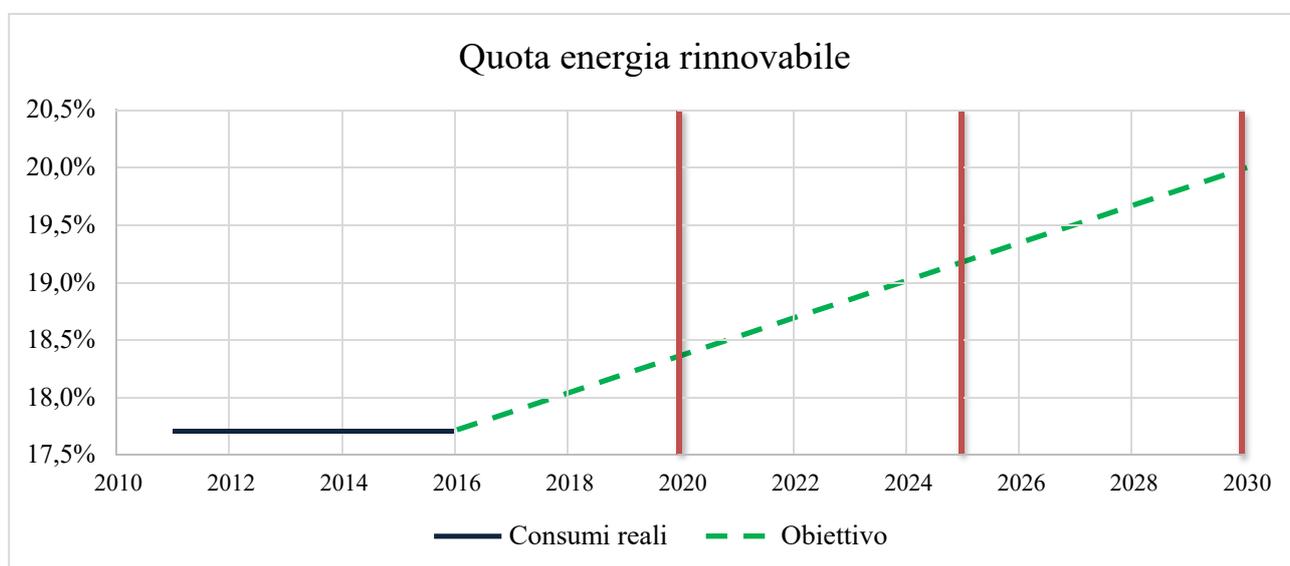


Figura 3.3 – Quota di energia rinnovabile– Dati reali e obiettivo.

4 Gli strumenti per l'efficienza energetica e le fonti rinnovabili

Dopo l'entrata in vigore del decreto legislativo 102/2014, che recepisce quanto disposto dalla UE in tema di efficienza energetica in edilizia, quest'ultima rappresenta una priorità anche nel nostro Paese, in linea con la SEN Strategia Energetica Nazionale (2013). In particolare si rivolge ad un settore, quello dell'edilizia, che come è noto è responsabile del 40% dei consumi e delle emissioni nazionali, un settore che in Italia rappresenta oltre il 6% dell'economia, impiega oltre 1.200 lavoratori dipendenti, poco meno di 700 mila autonomi, 830 mila imprese per lo più piccole e piccolissime. Un settore che con un fatturato complessivo di oltre 300 miliardi di euro rappresenta, nonostante la crisi degli ultimi anni, un sostanziale contributo al PIL nazionale.

Il decreto 102/2014 si inserisce in un quadro complesso ed articolato che deve essere affrontato in maniera unitaria. In particolare occorre una integrazione operativa delle tre Direttive Comunitarie (la Direttiva 2009/28/CE sulle FER recepita dal D.Lgs.28/2011, la Direttiva 2010/31/CE sulla prestazione energetica degli edifici con l'introduzione dell'edificio nZEB (nearly Zero Energy Building), la Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica). Inoltre la complessità del quadro sia legislativo sia normativo esistente in tematica di efficienza energetica degli edifici, rende oggi difficile avere interpretazioni univoche su ciò che si deve fare dal punto di vista tecnico. La mancanza di chiarezza e di uniformità a livello nazionale nella regolamentazione legislativa dell'efficienza energetica nell'edilizia, la necessità di attuare una semplificazione legislativa nei confronti degli obblighi comunitari (ad esempio 3% del patrimonio PPAA centrali), l'obbligo di assicurare agli utenti maggior certezza sulle prestazioni energetiche dichiarate e sull'energia consumata richiede uno strumento operativo a supporto della legislazione caratterizzato da semplificazione e trasparenza. E questo:

- nel Regolamento Unico Nazionale, che tutti i Comuni dovranno adottare adeguando e potenziando l'aspetto energetico nei regolamenti edilizi;
- nell'interazione con modifiche al Testo Unico dell'edilizia 380/2001;
- nell'integrazione con i principi in materia di politiche pubbliche territoriali e di trasformazione urbana.

In particolare, per quest'ultimo aspetto, le politiche territoriali devono rappresentare un'occasione per promuovere in modo efficace politiche di efficienza energetica strutturali.

Risulta molto importante contemplare i principi che garantiscano la riduzione dei consumi di energia su scala territoriale (riferiti alle aree di trasformazione) ovvero principi di perequazione energetica. La riqualificazione del territorio in termini ambientali ed energetici rappresenta un ambito all'interno del quale si possano promuovere determinate politiche di carattere strutturale: si esce quindi dalla logica di intervento sul singolo edificio per entrare nella logica di intervento su scala più ampia (ad esempio *Smart Cities*).

Su questa base, le linee strategiche per una programmazione coerente con gli obiettivi è definita per grandi linee e su base nazionale come di seguito descritto.

- Una *road-map* verso una diminuzione dei consumi energetici. Già al 2030 si potrà prevedere una domanda affrontata per almeno la metà con il potenziale tecnico delle fonti rinnovabili in linea con una tendenza sempre più marcata di disaccoppiamento tra crescita e consumi.
- Una elettrificazione spinta del sistema energetico nazionale. Si prevede già nel breve periodo un incremento dell'uso del vettore elettrico, che è diventato elemento di sostenibilità ambientale in quanto integrabile con tutte le fonti di energia primaria che si possono convertire in elettricità,

soprattutto quelle rinnovabili. È un vettore energeticamente efficiente, che consente applicazioni di efficienza energetica e risparmio addirittura negli usi domestici. Inoltre ha un elevato grado di integrabilità con tutte le tecnologie ICT e con un nuovo modello energetico basato sulla generazione distribuita di energia.. L'elettificazione degli usi finali dovrebbe raggiungere una penetrazione al 2050 superiore al 40% (vedi figura seguente).

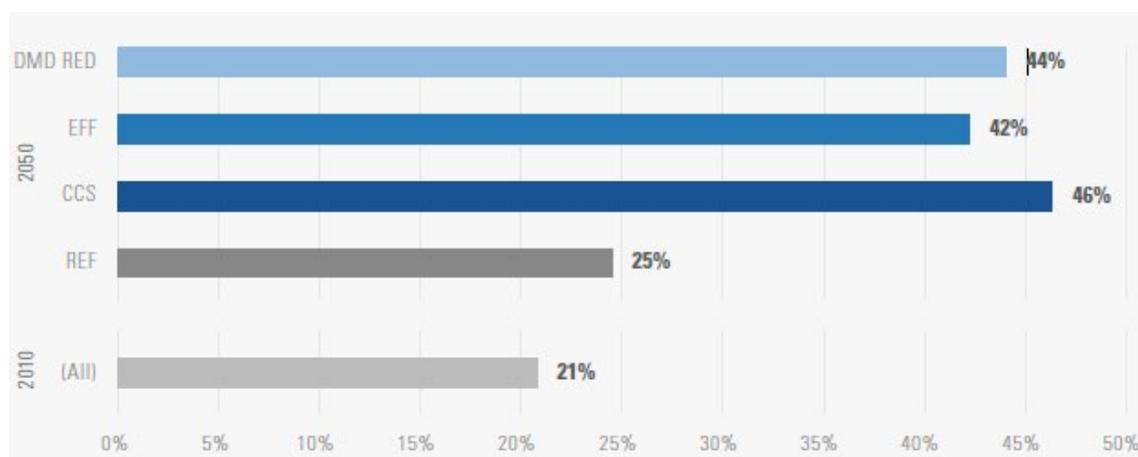


Figura 4.1 – Elettificazione dei consumi finali per diverse strategie al 2050, ENEA, Pathways for a deep decarbonization of energy, 2015 (REF: Reference Scenario; CCS: CO₂ capture and storages; EFF: Energy Efficiency scenario; DMD RED: Demand Reduction scenario)

- Il completamento del programma basato sulla diffusione della generazione distribuita dell'energia
- Una rapida evoluzione dei sistemi di accumulo. A partire dagli ultimi decenni del secolo scorso il settore ha preso vitalità soprattutto grazie all'adozione di nanotecnologie per caratterizzare i materiali degli elettrodi, che hanno dato il via a innovazioni tecnologiche radicali: a ioni di litio, a sodio-zolfo, al cloruro di sodio – nichel, ecc. Sono stati inseriti nel mercato sistemi di accumulo modulari a partire da 100 kWh fino a 10 MWh di capacità e sistemi di accumulo studiati recentemente per le residenze sono disponibili nella taglia da 10 kWh con costi contenuti. Inoltre c'è da esplorare il potenziale del vettore idrogeno. Oltre a rendere programmabili eolico e fotovoltaico, gli accumuli modificheranno in misura rilevante la situazione attuale, anche sotto il profilo del rischio: l'evento estremo che la regolazione dovrà risolvere, non sarà più il *blackout*, ma il *burnout* (evitare che nello stesso istante troppi accumuli immettano energia in rete).
- Lo sviluppo della mobilità elettrica
- La connessione delle reti dell'energia con le reti informatiche: Virtual Power Plant VPP, *energy cloud*, Internet of Things, utilizzo della banda ultra larga.

E' su queste linee strategiche che si inserisce la programmazione del PES.

4.1 Sapienza come Sistema di Gestione dell'Energia secondo la ISO-EN 50001 del 2011

La crescente necessità di risparmio energetico, efficienza negli usi e inserimento delle fonti rinnovabili nell'attuale architettura energetica comporta difficoltà nell'ottimizzazione tra offerta e domanda dell'energia. A tal proposito, sono stati definiti degli strumenti specifici, denominati Sistemi di Gestione dell'Energia (SGE) applicabili nei campi della pianificazione territoriale, della gestione

dei consumi energetici residenziali e anche in ambito industriale. La principale norma in ambito internazionale in materia di SGE è lo standard ISO 50001:2011, che permette di creare, avviare, mantenere e migliorare un sistema di gestione dell'energia rispettando le disposizioni cogenti in materia energetica. La norma si basa su una metodologia consolidata (ciclo di Deming), basata sul principio del miglioramento continuo, nota come PDCA (Plan, Do, Check, Act), comune ai più diffusi sistemi di gestione. Secondo il ciclo di Deming, per affrontare i problemi energetici si devono individuare gli aspetti energetici dell'organizzazione, scegliendo quelli che si reputano più significativi, analizzare le criticità e i punti deboli. In seguito vanno definite le scelte operative e si deve agire sulla base degli obiettivi individuati (PLAN). Dopo aver realizzato le misure individuate (DO), viene valutata l'efficienza di questi provvedimenti (CHECK) e vengono analizzati eventuali nuovi punti deboli. Sulla base di questa fase di controllo ricomincia il ciclo di pianificazione definendo nuovi obiettivi (ACT).

Pur essendo concepito specificatamente per gli SGE a livello di organizzazione, lo schema dettato dallo standard può essere replicato sia in ambito di pianificazione territoriale che residenziale. Lo standard sollecita lo sviluppo di una politica energetica che, partendo dall'identificazione dei consumi energetici passati e presenti, definisce gli obiettivi di miglioramento futuri che saranno tenuti sotto controllo attraverso appropriati piani di monitoraggio.

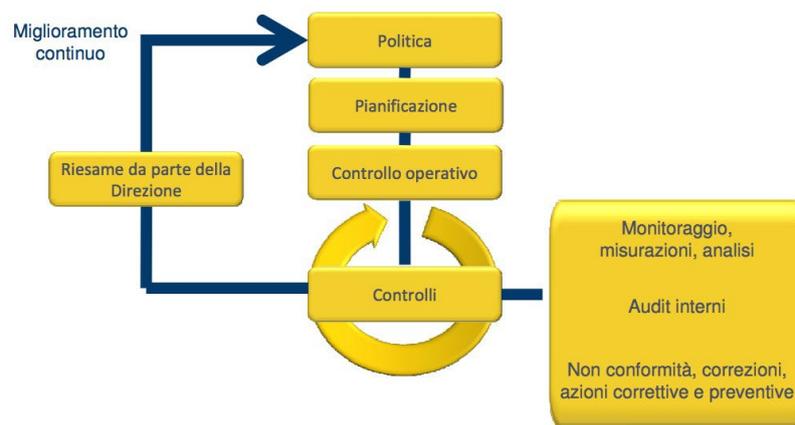


Figura 4.2 – Ciclo di Deming.

Un Sistema di Gestione dell'Energia (SGE) consente quindi di:

- avere un approccio sistemico nella definizione di obiettivi energetici e nell'individuazione degli strumenti adatti al loro raggiungimento;
- identificare le opportunità di miglioramento;
- assicurare il rispetto di tutti i requisiti cogenti;
- ridurre i costi legati ai consumi energetici.

Il primo passo è la diagnosi energetica dell'ambito di interesse, al fine di delineare il quadro dettagliato della situazione esistente. Il passo successivo risiede nell'individuazione degli usi energetici a maggiore impatto sui consumi totali (Energy Baseline). Infine occorre valutare le azioni che possano riguardare un miglioramento delle tecnologie impiegate e/o delle prassi gestionali delle principali variabili energetiche individuate e monitorare nel tempo gli effetti delle azioni di miglioramento, mediante la creazione di appropriati Indicatori di Prestazione Energetica (EnPIs). La

comparazione degli EnPI offre informazioni utili per mettere in atto piani di miglioramento dell'efficienza energetica, con conseguente riduzione dei costi per l'energia e delle emissioni di GHG.

Per quanto riguarda l'acquisizione dei dati sono attualmente a disposizione strumenti impiegati in abito dello smart metering e del rilevamento e della diagnosi dei guasti (FDD). Per quanto riguarda

l'analisi dei dati esistono diversi metodi per la definizione degli EnPI che vanno da semplici correlazioni fino ad arrivare a complesse analisi multivariate. Per quanto riguarda gli strumenti intelligenti per la gestione energetica, questi sono su software per la modellazione energetica non-stazionaria, sistemi energetici ibridi costituiti da due o più fonti di energia rinnovabili utilizzate congiuntamente (HRES) e dei sistemi di accumulo energetico basati su differenti principi di funzionamento.

Lo smart metering è un sistema di controllo basato su reti di sensori (wireless, Plc, RS485) per il monitoraggio in tempo reale dei consumi, il quale rende immediata la lettura dei dati e l'individuazione dei picchi di consumo e della loro collocazione spaziale. Grazie alla possibilità di interfaccia con le tecnologie informatiche e di comunicazione, esso consente di intervenire sugli impianti regolando lo scambio sia di energia sia di informazioni sul funzionamento dell'impianto, offrendo anche la possibilità di intervenire in caso di problematiche o guasti in modalità immediata, senza dover ricorrere all'intervento sul posto. Le tecnologie di cui si compone lo smart metering, in particolare la sensoristica, sono tecnologie già mature e ampiamente diffuse sul mercato e accessibili a prezzi contenuti.

L'automazione dei processi di Fault Detection & Diagnosis, cioè i processi di rilevazione e diagnosi dei guasti è fondamentale per assicurare interventi tempestivi di controllo nella rete elettrica e per la gestione del bilancio tra domanda e offerta di energia. Gli approcci computerizzati (computer-aided), detti Algoritmi di FDD, sono caratterizzati da una vasta gamma di tecniche, come i diagrammi ad albero dei guasti (fault trees), approcci analitici, e sistemi basati sulla "conoscenza-a-priori" o sulle Reti Neurali (Neural networks). Dal punto di vista della modellazione, ci sono metodi che richiedono accurati modelli di processo, modelli semi-quantitativi o modelli qualitativi.

Un EnPI è definito dalla ISO 50001 come "Valore quantitativo o misura della prestazione energetica come definito dall'organizzazione". La ISO 50001 definisce l'EnPI come : "Valore quantitativo o misura della prestazione energetica come definito dall'organizzazione". Un EnPI, in quanto valore numerico, consente di monitorare nel tempo le prestazioni energetiche. Possono essere valutate diverse tipologie di indicatori che vanno dal semplice parametro fino a più complessi modelli ingegneristici. La scelta dell' EnPI non può essere intesa in senso "assoluto" ma dipende da caso a caso: lo stesso aspetto energetico di due organizzazioni può essere rappresentato da due EnPI differenti. Può essere utilizzato come indice il semplice consumo energetico complessivo (caso raramente applicabile) oppure si può ricorrere ad una funzione che fornisca un legame tra i consumi energetici e le variabili che influenzano questi consumi (Energy Drivers). Le principali metodologie attualmente utilizzate per definire un EnPI (ordinate per grado di complessità) sono:

- consumo energetico assoluto
- rapporto semplice
- regressione lineare semplice
- regressione lineare multipla.

Considerando la complessità che caratterizza i sistemi energetici, specialmente se caratterizzati da fonti distribuite di generazione da fonti rinnovabili, appare essenziale affrontarne l'analisi simulandone il funzionamento con dei software per l'analisi non-stazionaria, i quali permettono di

analizzare con maggiore facilità diverse soluzioni impiantistiche a diversi livelli temporali. L'uso di strumenti di modellistica complessa viene visto come passaggio intermedio, tra la definizione dell'ingegneria preliminare e quella definitiva, in grado di fornire informazioni quantitative sulle prestazioni reali del sistema nell'intero intervallo di esercizio (tipicamente lontano dal punto di esercizio nominale) e con questo suggerire le configurazioni dimensionali dei componenti ottimali come anche un disegno del matching dei componenti in grado di ottimizzare le prestazioni di sistema. Lo sviluppo di modelli non stazionari consente quindi di risolvere il problema di progettazione in condizioni di impiego non convenzionali, facilitando l'esame dettagliato di fattori energetici, economici e di emissioni inquinanti e/o le modalità di controllo e gestione del sistema stesso.

Il PES ha tra gli obiettivi principali quello di considerare Sapienza come Sistema di Gestione dell'Energia secondo la ISO-EN 50001.

4.2 Lo sviluppo di sistemi intelligenti per l'energia

Il modello energetico attuale si basa sull'uso di fonti fossili (carbone, petrolio, gas) e sulle infrastrutture capaci di trasportare tali fonti su grandi distanze, sulla centralizzazione della produzione dell'energia elettrica in grandi centrali termoelettriche, considerando l'affidabilità e la flessibilità dell'intero sistema alle caratteristiche favorevoli del petrolio in termini di densità energetica (circa 10 kWh/kg). La flessibilità, in particolare, si riferisce alla disponibilità della fonte fossile a far fronte alla domanda esattamente nel momento e nel luogo in cui viene formulata.

E' possibile creare un modello ugualmente, se non più, flessibile, basato su efficienza energetica e sull'energia rinnovabile che è tipicamente non programmabile e che assume generalmente bassi valori di densità energetica?

Molti studi sono stati fatti di recente sulle caratteristiche che deve avere un sistema decarbonizzato, sulle ricadute che tale sistema ha in termini di sicurezza energetica e di mitigazione delle emissioni di gas serra, sulle modalità operative di una sua penetrazione coerente con la modificazione progressiva delle reti. Non sono invece molte nella formulazione di proposte operative richieste dai cosiddetti *smart energy systems*; sicuramente per questi occorre una integrazione tra: ICT, smart metering, teleriscaldamento e teleraffreddamento in applicazioni stand-alone o connessi alla rete, accumuli elettrici e termici, cogenerazione e microcogenerazione CHP, applicazioni power-to-gas (produzione di combustibile da energia elettrica).

Ma anche quando vengono collegati, molto frequentemente, gli ambiti delle *smart grid* ai concetti di *smart cities e smart communities*, questo avviene quasi esclusivamente per la rete elettrica e per edifici singoli, mentre dovrebbero essere considerati nell'ambito di una riprogettazione completa dell'intero modello energetico includendo, così come richiesto dagli standard internazionali, contestualmente le richieste di energia termica, elettrica e di energia necessaria per i trasporti.

Mentre il settore termico e quello elettrico possono essere interconnessi utilizzando tecnologie come pompe di calore su larga scala (per fornire energia termica su reti di teleriscaldamento o teleraffreddamento) o sistemi di accumulo termico, le riflessioni da fare per il settore dei trasporti non possono basarsi sulle soluzioni attuali (anche utilizzando biofuel o biomasse) ma necessitano di un approccio inter-settoriale soprattutto per rendere operativa una eventuale larga disponibilità delle fonti rinnovabili elettriche.

Nella generazione distribuita dell'energia si sostituisce la grande centrale termoelettrica con una serie di centrali più piccole localizzate sul territorio; i sistemi di accumulo dell'energia elettrica

devono essere in grado di supportare l'inserimento delle rinnovabili e devono, in una fase di transizione, devono essere progettati e realizzati su grande scala (a servizio delle reti elettriche principali) e su piccola scala.

Studi specifici sono stati recentemente condotti per individuare nella mobilità elettrica forme di accumulo elettrico costituito direttamente dalle vetture (la cosiddetta modalità *vehicle-to-grid*, V2G), oppure in cui l'idrogeno viene proposto in miscela con il metano (idrometano, H2NG) come alimentazione della micro-CHP. L'uso dell'idrogeno diventerà sempre più importante all'aumentare della quota di rinnovabile del sistema, anche perché attraverso gli elettrolizzatori è possibile far fronte, oltre al fabbisogno termico attraverso sistemi di produzione combinata (*power-to-gas*), anche a quello del settore trasporti con combustibili derivati da biomasse.

Le fonti energia utilizzabili in una fase di transizione verso il nuovo modello distribuito faranno uso ovviamente di biomasse e biogas per usi termici (cogenerazione, teleriscaldamento ma anche usi locali per l'industria e le aziende agricole), in un ambito di utilizzo locale per la valorizzazione di risorse territoriali. In questa strategia rientrano i sistemi di riscaldamento/raffreddamento locali che devono prevedere immediatamente una elettrificazione via via crescente dell'utenza (civile ed industriale) agevolata da una idonea tariffazione e gli nZEB (*nearly zero energy buildings*) e le potenzialità connesse con una loro programmazione su scala urbana e sub-urbana. In particolare, per la riqualificazione degli edifici occorre considerare in maniera organica la riduzione dei consumi conseguenti al miglioramento termofisico dell'involucro edilizio, la quota di energia da fonte rinnovabile assegnata e la interconnessione con edifici adiacenti per gestire in modo intelligente i surplus/deficit di energia autoprodotta.

Nel settore dei trasporti deve essere gestita una fase di elettrificazione più ampia possibile, non solo per una coerente penetrazione di quote crescenti di rinnovabili elettriche, ma anche per il miglioramento in termini di rendimento dei veicoli elettrici tale da garantire una riduzione significativa del corrispondente utilizzo di combustibile fossile. In una prima fase occorre puntare sulla sostituzione graduale delle vetture private con auto elettriche fino alla soglia del 25-30% a regime. La restante parte verrà assicurata sempre per via elettrica da biometano, biometanolo e gas di sintesi.

Su queste linee generali si deve inserire la pianificazione di Sapienza.

4.3 Prime disposizioni per il nuovo modello energetico

Per pensare alla Comunità di Sapienza come un Sistema di Gestione dell'Energia (paragrafo 4.1) occorre caratterizzarlo, con riferimento alle *smart grid* (paragrafo 4.2), con tecnologie e strumenti già presenti nel quadro normativo esistente, ma che hanno la necessità, per quanto detto in precedenza, di misure di sostegno e di inquadramento regolatorio coerente con gli obiettivi definiti in una pianificazione energetica.

Scopo del PES è quello di definire ed implementare il nuovo modello energetico in un quadro unitario di tecnologie e strumenti già disponibili, con obiettivi e strategie coerenti: la microgenerazione distribuita, i sistemi di telecontrollo e telegestione, anche utilizzando la banda ultralarga, nuovi operatori del settore dell'energia (aggregatori).

4.3.1 La microgenerazione distribuita

La diffusione di impianti di microgenerazione (< 50 kW) e piccola cogenerazione (50 kW – 1 MW) risulta molto limitata sul territorio italiano a dispetto delle grandi potenzialità del settore e

utilizza prevalentemente biogas (81,3%) e gas naturale (8%) e viene realizzata per il 98% tramite motori a combustione interna con recupero di calore. Per permettere uno sfruttamento significativo del grande potenziale, le condizioni tecniche ed economiche previste dalla normativa dello Scambio sul Posto (SSP) e del Ritiro dedicato (RID) per l'immissione in rete dell'energia derivante da un impianto cogenerativo di piccola taglia necessitano di una importante revisione.

Inoltre, occorre programmare una serie di interventi che fanno capo alla microgenerazione distribuita in contesti territoriali capaci di sfruttare una propria vocazione energetica. Solo con le applicazioni e lo sfruttamento delle migliori tecnologie disponibili in un'ottica di efficienza energetica e risparmio energetico, sarà possibile trainare il comparto regolatorio verso le modifiche strutturali necessarie per una più ampia e diffusa applicazione. Tali applicazioni necessitano di Comunità leader che possano incidere nel panorama italiano (si ricordi che la Direttiva europea sull'efficienza energetica fa espresso riferimento al potenziale della cogenerazione ad alto rendimento, CAR).

La cogenerazione è definita dalla Direttiva Europea 2004/8/CE e successive varianti fino alla più recente Direttiva sull'efficienza energetica 2012/27/EU come un processo di produzione combinata di energia elettrica e di energia termica utile (CHP), esemplificato dallo schema concettuale di Figura 4.3.

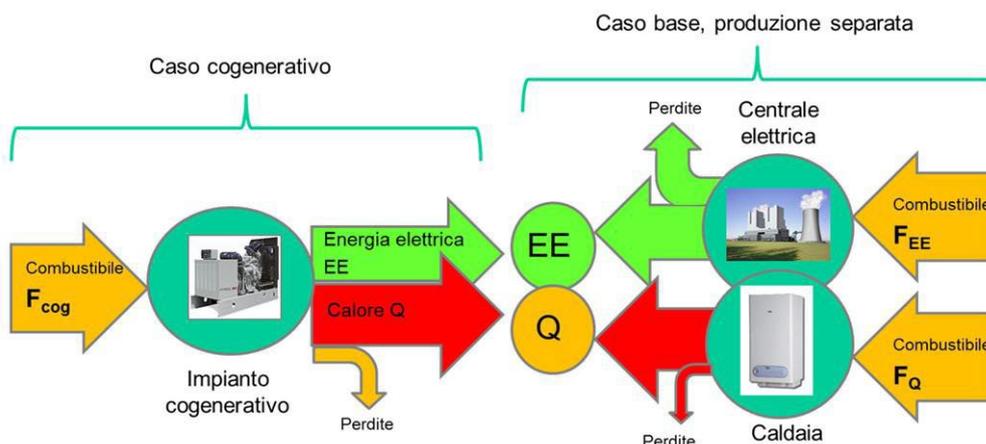


Figura 4.3 – Schema concettuale di un impianto cogenerativo. Il risparmio energetico può essere valutato dal confronto tra F_{cog} (energia primaria in input al cogeneratore) e la somma tra F_{EE} ed F_Q (energia primaria necessaria per la produzione separata dei medesimi volumi di EE e Q).

I benefici derivanti dalla cogenerazione possono essere quantificati con l'ausilio di indici di efficienza energetica, riferiti generalmente a grandezze integrate su base annua e al netto dei consumi ausiliari di impianto. Mediante tali indici può essere stabilito se un impianto cogenerativo possa essere classificato nell'ambito della Cogenerazione ad Alto Rendimento (CAR) con la possibilità di accedere ad una serie di benefici.

Oltre alla defiscalizzazione del combustibile, prevista per tutti gli impianti di cogenerazione, il riconoscimento della qualifica CAR consente di accedere ad altri benefici:

- ottenimento dei Certificati Bianchi: spettano all'energia risparmiata afferente alla sola CAR che, come detto, può essere conseguita per l'intero impianto o per una sua parte virtuale;
- priorità di dispacciamento per l'energia immessa in rete. Spetta all'intera quantità di energia elettrica immessa dall'impianto nel caso in cui la frazione dell'energia elettrica prodotta dall'unità CHP sia almeno pari al 50% dell'intera produzione di energia elettrica dell'impianto;

- parziale esonero dagli oneri generali di sistema per tutta l'energia elettrica autoconsumata istantaneamente, purché l'impianto di piccola cogenerazione sia direttamente collegato all'unità di consumo di un unico cliente finale e purché l'intero sistema (costituito dall'impianto di produzione, dall'unità di consumo e dal relativo collegamento) sia realizzato all'interno dell'area nella piena disponibilità del medesimo cliente finale (cioè qualora la configurazione sia classificabile come SEU (Sistemi Efficienti di Utente) ai sensi della regolazione vigente. Anche tale beneficio spetta all'intera quantità di energia elettrica immessa dall'impianto nel caso in cui la frazione dell'energia elettrica prodotta dall'unità CHP sia almeno pari al 50% dell'intera produzione di energia elettrica dell'impianto;
- scambio sul posto, limitatamente agli impianti di potenza fino a 200 kW.

Nel caso della cogenerazione ad alto rendimento, l'accesso allo scambio sul posto (SSP) è limitato agli impianti di potenza inferiore a 200 kW (poi aumentato a 500 kW per i soli impianti alimentati da fonti rinnovabili entrati in esercizio dall'1 gennaio 2015) e consente loro di scambiare energia con la rete mediante immissione nel momento della produzione e prelievo in un momento successivo, utilizzando la stessa come un serbatoio virtuale di energia elettrica con costi di utilizzo limitati.

Il ritiro dedicato RID si propone come alternativa allo SSP o alla vendita secondo le regole del mercato libero. Possono accedere a questo strumento tutti gli impianti, rinnovabili e non, aventi potenza apparente nominale inferiore a 10 MVA, oltre agli impianti alimentati da fonti rinnovabili non programmabili di taglia qualunque. Il RID non risulta compatibile né con lo Scambio Sul Posto, né con la Tariffa Onnicomprensiva prevista nel caso di impianti FER.

Il confronto tra i meccanismi del RID e dello SSP richiede ovviamente l'analisi puntuale delle caratteristiche dell'utenza, ma è comunque abbastanza intuitivo attendersi un maggior vantaggio economico nel caso di scambio sul posto, rispetto al ritiro dedicato o alla vendita a un trader. Lo scambio sul posto include infatti un incentivo implicito (derivante dalla restituzione di alcune componenti tariffarie e diversificato in funzione del valore di esse) mentre il ritiro dedicato, come anche la vendita a un trader, non include nessun tipo di incentivo.

Indipendentemente dal meccanismo di cessione considerato, la situazione di massimo vantaggio corrisponde all'autoconsumo istantaneo in sito di tutte l'energia elettrica prodotta: in questo caso infatti, qualora la configurazione sia riconducibile a un SEU, l'energia elettrica consumata non risulta gravata da alcuna tariffa. Se invece la configurazione non fosse riconducibile a un SEU, tutta l'energia elettrica consumata sarebbe gravata dagli oneri generali di sistema (ma non dalle tariffe di trasporto).

4.3.2 I sistemi di regolazione e controllo automatico degli impianti (UNI EN 15232)

Gli edifici della Sapienza sono in generale sprovvisti di sistemi di automazione per il controllo degli impianti tecnologici e delle loro prestazioni.

Per valutare i risparmi energetici che possono essere ottenuti grazie all'impiego di sistemi di automazione e controllo degli edifici si può fare riferimento alla norma UNI EN15232; tale norma riporta le modalità di calcolo di sistemi aventi la funzione di massimizzare l'efficienza energetica degli impianti tecnici in relazione alle condizioni ambientali esterne e ai differenti profili di utilizzo e occupazione dei singoli ambienti dell'edificio, comportando una riduzione dei consumi energetici e fornendo nel contempo i massimi livelli di comfort, sicurezza e qualità. Gli impianti considerati sono quelli di riscaldamento, di preparazione acqua calda sanitaria, di raffrescamento, di ventilazione e condizionamento, di illuminazione, di controllo delle schermature solari, di gestione tecnica dell'edificio. La norma introduce una classificazione in 4 classi di efficienza energetica delle funzioni di controllo degli impianti tecnici degli edifici, così come riportato nella tabella che segue.

La classe C è considerata dal normatore la classe di riferimento, sebbene gli edifici esistenti, come quelli della Sapienza, nei quali pochissime funzioni risultano automatizzate, si possano considerare mediamente in Classe D.

Tabella 4.1 – Classificazione dei sistemi di automazione secondo UNI EN15232.

Classe D NON ENERGY EFFICIENT	Comprende gli impianti tecnici tradizionali e privi di automazione e controllo, non efficienti dal punto di vista energetico
Classe C STANDARD	Corrisponde agli impianti dotati di sistemi di automazione e controllo degli edifici (BACS) “tradizionali”, eventualmente dotati di BUS di comunicazione, comunque a livelli prestazionali minimi rispetto alle loro reali potenzialità
Classe B ADVANCED	Comprende gli impianti dotati di un sistema di automazione e controllo (BACS) avanzato e dotati anche di alcune funzioni di gestione degli impianti tecnici di edificio (TBM) specifiche per una gestione centralizzata e coordinata dei singoli impianti
Classe A HIGH ENERGY PERFORMANCE	Corrisponde a sistemi BAC e TBM “ad alte prestazioni energetiche” cioè con livelli di precisione e completezza del controllo automatico tali da garantire elevate prestazioni energetiche all’impianto
BACS: “Building Automation and Control Systems” – Sistemi di automazione e controllo degli edifici TBM: “Technical Building Management” - Gestione tecnica dell’edificio.	

Per stimare l’impatto dei sistemi di automazione e controllo sulle prestazioni energetiche degli edifici si può fare riferimento al metodo semplificato, detto anche metodo dei fattori BAC; questo metodo si basa su una procedura tabellare che permette una stima rapida dell’impatto delle funzioni BAC (*building automation and control systems*) e TBM (*technical building management*) sui consumi energetici degli impianti tecnici dell’edificio.

Di seguito sono riportate le tabelle dei fattori BAC (per l’energia termica e elettrica) e le relative stime di risparmio energetico in percentuale, ottenibile passando da una classe di efficienza energetica attiva (A, B, C o D) all’altra.

Gli elevati margini di miglioramento possono rendere interessante l’installazione di un sistema integrato di monitoraggio e gestione degli edifici.

Tabella 4.2 – Energia termica in edifici non residenziali.

	Classi e fattori di efficienza BAC				Risparmio (rif. Classe D)			Risparmio (rif. Classe C)	
	D	C (rif.)	B	A	C/D	B/D	A/D	B/C	A/C
	Senza automazione	Automazione standard	Automazione avanzata	Alta efficienza					
Uffici	1,51	1,00	0,80	0,70	34%	47%	54%	20%	30%
Sale conferenze	1,24	1,00	0,75	0,50	19%	40%	60%	24%	50%
Scuole	1,20	1,00	0,88	0,80	17%	27%	33%	12%	20%

Tabella 4.3 – Energia elettrica in edifici non residenziali.

	Classi e fattori di efficienza BAC				Risparmio (rif. Classe D)			Risparmio (rif. Classe C)	
	D	C (rif.)	B	A	C/D	B/D	A/D	B/C	A/C
	Senza automazione	Automazione standard	Automazione avanzata	Alta efficienza					
Uffici	1,10	1,00	0,93	0,87	9%	15%	21%	7%	13%
Sale conferenze	1,06	1,00	0,94	0,89	6%	11%	16%	6%	11%
Scuole	1,07	1,00	0,93	0,86	7%	13%	20%	7%	14%

L’evoluzione dell’applicazione del modello di generazione distribuita trova nelle applicazioni gestionali integrate e automatizzate il più importante livello di ricerca e funzionalità. Questo perché

mentre l'hardware è ormai consolidato, le soluzioni software sono ancora in fase di definizione e costituiscono il più alto potenziale per l'ottimizzazione della rete che si viene a costruire.

Il sistema di monitoraggio deve presentare le seguenti caratteristiche:

- ottimizzare la qualità delle prestazioni ambientali dell'edificio;
- massimizzare l'efficienza impiantistica;
- monitorare le grandezze di riferimento ambientali ed energetiche;
- interagire con gli altri sistemi edificio/impianto;
- riferire agli addetti della gestione in tempo reale;
- rispondere e ottimizzare il sistema complessivo;
- intervenire e monitorare la sicurezza;
- fornire la gestione del ciclo vita e pianificazione delle manutenzioni (Lyfecycle/Maintenance Management Systems);
- calcolare i principali indicatori del livello di servizio offerto (Service Level Management);
- pubblicare dashboard in tempo reale, reportistica periodica e integrazione con sistemi gestionali ERP (SAP, Oracle, etc...).

Il sistema sarà costituito da una parte hardware e da una parte software. L'hardware dovrà prevedere l'allocazione di sensori di campo (ambientali ed energetici), dei computer di campo e di un computer centrale, una rete di trasmissione dati. Il software dovrà prevedere un sistema di monitoraggio dei fattori critici per la sicurezza, logiche di implementazione e supervisione delle prestazioni ambientali, logiche di implementazione e supervisione delle prestazioni energetiche, la predisposizione di rapporti specifici agli addetti della gestione e l'attivazione di azioni per l'integrazione di tutti i sistemi edifici impianto.

La logica di funzionamento del sistema consentirà di integrare e correlare tra loro centinaia di segnali e informazioni che dovranno essere elaborate per migliorare le prestazioni e ridurre i consumi, con lo scopo di avvicinarsi il più possibile all'autonomia energetica del sistema università.

La struttura si baserà su un modello replicabile, sulla base di un singolo edificio: sensori, computer, logica, interfaccia con gli altri edifici, a sua volta inserito nel sistema integrato di tutto il sistema universitario, che avrà la precedenza totale nell'implementazione delle attività da mettere in campo. Si potranno conoscere in tempo reale i consumi, ma anche le prestazioni ambientali e, soprattutto, la produzione dei centri di generazione che insistono sulla struttura, privilegiando di volta in volta le diverse fonti a disposizione, gli eventuali sistemi di accumulo, e riducendo gli sprechi laddove non sussistono le condizioni di necessario funzionamento.

Tale sistema agirà su livelli prioritari: la sicurezza innanzitutto, nel senso di "safety", il sistema complessivo e a scalare gli edifici e le zone funzionali all'interno degli edifici. Dovrà consentire agli operatori di monitorare in continuo e di poter agire a remoto per tutti gli interventi. Dovrà poi essere in grado di intervenire autonomamente e prendere decisioni di tipo superiore per rendere tutto il sistema completamente autonomo.

Nel seguito (Capitolo 5) sono indicate le azioni da intraprendere in materia di controllo e gestione automatica degli impianti per la Sapienza.

4.3.3 La contabilizzazione del calore

I decreti di attuazione della direttiva comunitaria sull'efficienza impongono la salvaguardia di ogni utente per permettergli di essere parte attiva nel modello energetico, mediante una reale consapevolezza di quanto consuma e una concreta capacità di intervento diretto.

Negli edifici della Sapienza lo spirito della direttiva può essere raccolto attraverso una misurazione dei consumi il più possibile prossima all'utente finale (ad esempio contabilizzazione di piano, di edificio, di Dipartimento) che dovrà essere informato dei consumi energetici della propria struttura.

Si ritiene, infatti, che sia fondamentale la disponibilità diretta (attraverso display o interfacce) del dato di misura per gli utenti per consentire la piena consapevolezza dei propri consumi e per poter adottare logiche di risparmio energetico. Infatti, l'obiettivo dichiarato è quello di ottenere, attraverso la conoscenza dei consumi individuali e la possibilità di gestire l'energia, una maggiore responsabilizzazione da parte degli utenti tale da indurre a comportamenti più virtuosi e di ridurre gli sprechi energetici.

La contabilizzazione del calore può risultare uno stimolo per massimizzare l'efficacia delle campagne di sensibilizzazione e un elemento essenziale di conoscenza per qualunque sistema di automazione (vedi Capitolo 5).

4.3.4 Oltre la telegestione

L'efficienza energetica è condizione necessaria nel concetto di "smart city" strutturata per le necessità dei suoi utenti. Partendo dalla implementazione di una rete intelligente di illuminazione esterna (street lighting), è possibile la creazione di nuovi sistemi interconnessi:

- efficienti, che usano molti vantaggi resi disponibili dai ballast elettronici;
- tele-gestibili, che usano specifici sistemi di comunicazione;
- open-source per la libera e completa gestione delle informazioni non proprietarie, come ad esempio i consumi energetici.

Questo perché lo street lighting è un sistema capillare ed integrato con l'ambiente, poiché copre l'intera area urbana e versatile perché ogni sua componente può diventare utile per la vita del territorio nel quale è inserita in relazione alle interazioni con altri network.

Infatti, una piattaforma di comunicazione di network diversi (pluralità di contatori, segnali, ecc.), per esempio fondata sulla base di una trasmissione radio con standard Wireless-M-Bus (secondo i protocolli europei), rende possibile il ruolo fondamentale della gestione dei servizi territoriali per una Smart City: soluzioni intelligenti che si integrano su web con applicazioni quotidiane. Esempi di reti interconnesse sono:

- tele-management dell'illuminazione esterna;
- video sorveglianza;
- stazioni di ricarica di veicoli elettrici;
- Pannelli informativi;
- Terminali interattivi;
- accessi pubblici ad internet;
- misure e previsioni meteo;
- misure dei parametri termo-fisici (consumi, temperature, umidità, qualità dell'aria);

La rete dell'illuminazione esterna può rappresentare la risorsa principale per trasferire i dati di una area urbana. Il sistema di gestione di ogni corpo illuminante garantisce il funzionamento della

rete 24 ore al giorno e, allo stesso tempo, la sua accensione e il suo spegnimento quando necessario. Il sistema di comunicazione può permettere lo scambio dei dati sensibili dell'area sotto osservazione con un pannello che funziona da gateway verso una connessione internet. Questo significa collazionare dati provenienti da oggetti vicini al corpo illuminante che è dotato di alimentazione propria (quindi non necessita di cablaggi e fornitura di energia) e installato capillarmente nell'area (quindi copre in modo diffuso l'area di pertinenza). Per esempio, è possibile costruire una rete intelligente per la distribuzione ed i consumi di energia elettrica, di acqua e di gas. L'uso di uno standard Wireless M-Bus della EC per il cosiddetto servizio di Smart Metering è indicato come obbligatorio e permette vantaggi sia per gli utenti, i proprietari della rete di illuminazione pubblica, sia per i distributori di energia (che non necessitano di una rete secondaria di distribuzione dell'energia per installare i propri contatori), sia per gli utenti stessi (che diventano attori attivi e consapevoli nei confronti dei propri consumi). Ogni utente sarà capace di controllare il suo uso di energia e quindi realizzare il suo impegno consapevole, caratteristica principale di una smart city.

Questa attività Sapienza la porterà avanti in collaborazione con le aziende cittadine alle quali fanno capo le reti di distribuzione elettriche, del gas e dell'acqua.

4.3.5 La Sapienza e la banda ultra-larga (BUL)

Recenti studi riconoscono il notevole potenziale insito nello sviluppo della banda larga e ultra larga e delle applicazioni ad essa associate (Big Data Analysis) per il rilancio del settore dell'efficienza energetica. Le tecnologie e i servizi digitali stanno, infatti, assumendo una importanza crescente in tutti gli ambiti economici e sociali e ciò avrà ricadute importanti anche nel settore energetico e dell'efficienza energetica. Infatti, i dispositivi e software di controllo e monitoraggio permetteranno sempre più una gestione ottimale in tempo reale dei flussi e dei consumi energetici¹¹.

Una definizione largamente accettata di trasmissione a banda larga riguarda la sua caratteristica principale della trasmissione dati sulla stessa linea ad una velocità superiore rispetto ai precedenti sistemi di telecomunicazione, possibilmente, ma non necessariamente, maggiore di 2Mbit/s. Come banda ultralarga invece, si considerano tutte quelle connessioni che permettono di scaricare a 30 Mbps o più.

Le soluzioni *internet of things* (IoT) possono giocare un ruolo rilevante e si osservano già alcune esperienze nella scala di edificio. Si tratta di soluzioni per la riduzione dei consumi (ad esempio grazie alla regolazione dell'illuminazione sulla base delle reali necessità) e per la salubrità dell'ambiente (ad esempio regolando l'impianto di ricambio d'aria sulla base della concentrazione di CO₂ negli ambienti).

In alcuni casi, gli investimenti sono remunerativi in termini di ritorno economici: è quanto avviene per le soluzioni di telegestione dei carichi elettrici, che consentono di ridurli, razionalizzando, del 10%-30% i consumi complessivi.

La rivoluzione tecnologica dell'IoT ha senza dubbio delle importanti ricadute positive anche sul settore dell'efficienza energetica: se è vero che molto spesso le tecnologie IoT non sono progettate specificatamente a tal fine, è altrettanto vero che esse producono risparmi energetici di dimensioni rilevanti. Infatti, i dispositivi intelligenti, grazie alla loro capacità di analizzare i parametri di funzionamento, di elaborare e di condividere questi dati con il sistema, consentono di controllare e ottimizzare il consumo di energia in molti contesti.

¹¹ "Strategia italiana per la banda ultralarga" prodotto dalla Presidenza del Consiglio, insieme al Ministero dello Sviluppo Economico, all'Agenzia per l'Italia Digitale e all'Agenzia per la Coesione e approvato nel marzo 2016

Il punto di partenza è rappresentato da varie tipologie di sensori che ci consentono, ad esempio, di monitorare l'ambiente circostante (temperatura, umidità, ecc.) e raccogliere una grande quantità di informazioni che vengono inviate attraverso un'infrastruttura di rete. A seconda dei dispositivi, si può ricorrere a connessione a banda larga, via cavo o wireless o a sistemi di collegamento a corto raggio, ad esempio Bluetooth o Rfid (Radio-Frequency IDentification). I dati raccolti devono poi essere elaborati attraverso piattaforme dedicate, che li sfruttano per il controllo delle apparecchiature collegate. Attualmente le proprietà degli oggetti connessi sono essenzialmente due: il monitoraggio e il controllo. Monitoraggio vuol dire che l'oggetto può comportarsi come sensore, ovvero essere in grado di produrre informazioni su di sé o sull'ambiente circostante (ad esempio: un corpo illuminante non solo può rivelare se la propria lampada è funzionante oppure no, ma potrebbe anche analizzare il livello di inquinamento dell'aria, ecc). Controllo vuol dire che gli oggetti possono essere comandati a distanza senza tecnologie particolari, ma attraverso internet.

L'introduzione del 5G porterà alla definizione di nuove applicazioni, ancora non attuabili con le reti oggi a disposizione, in diversi settori "verticali" primo fra tutti il settore energetico. Nello specifico, le reti elettriche di futura generazione dovranno essere in grado di supportare l'introduzione di fonti rinnovabili, per loro natura intermittenti, senza compromettere la stabilità complessiva, abilitare la comunicazione bidirezionale tra la rete e l'utente che non è più visto come un elemento passivo (consumer) ma come elemento attivo e in grado di produrre energia (prosumer). La rete, inoltre, dovrà rendere disponibili gli elementi funzionali e di controllo al fine di consentire un monitoraggio affidabile delle grandezze in gioco. Poiché il numero delle sorgenti diffuse è destinato ad aumentare, è necessario avere anche questi dati in tempo "quasi reale", col fine di disporre di una stima dello stato delle reti e avere la capacità di prevedere i comportamenti di produzione/consumo per garantirne le stabilità. Le applicazioni che più risentiranno di tale evoluzione possono dividersi in due tipologie: da un lato quelle più prettamente legate alla gestione e controllo della rete (*Smart Grid Application*) e dall'altro quelle più legate all'automazione e acquisizione dei dati dell'utente (*Smart Meter Application*). La rete 5G sarà in grado di soddisfare i requisiti di entrambe le tipologie.

Per le applicazioni destinate ad avere una larga diffusione nei prossimi anni, come ad esempio gli *smart meter*, si sta invece valutando quali frequenze trasmissive adoperare per ottenere al tempo stesso un adeguato livello di copertura e di capacità trasmissiva. La loro numerosità pone dei vincoli sul dimensionamento della rete; la disponibilità della fibra ottica potrebbe risolvere il problema, tuttavia dal punto di vista costi/benefici, una corretta integrazione tra reti fisse e mobili potrebbe risolvere efficientemente il problema della copertura e della capacità. La soluzione 5G, oltre che funzionale agli *smart meter* e più in generale alle applicazioni quantitativamente consistenti, incarna tra le proprie caratteristiche peculiari l'integrazione di reti eterogenee.

In definitiva, la rete 5G permetterà di realizzare gli *Smart Energy Services* di prossimo futuro e al tempo stesso, grazie alla connessione offerta insieme alla capacità di acquisizione di dati eterogenei in tempo reale, di promuovere soluzioni per il monitoraggio di informazioni provenienti anche da altre utilities (gas, acqua) avviando un processo più ampio di digitalizzazione dei consumi in ottica *Smart Cities*.

La rivoluzione tecnologica dell'IoT, senza dubbio, ha delle importanti ricadute positive sul settore dell'efficienza energetica. In particolare, si hanno quando:

- nel settore delle utilities, contribuiscono ad ottimizzare i processi di trasmissione e distribuzione di energia attraverso il monitoraggio e la diagnostica real-time della rete (Smart Grid). Nell'ultimo decennio, la rete elettrica viene utilizzata secondo nuove modalità e, non essendo state concepite per rispondere a tali nuove esigenze, esse non sono in grado di offrire prestazioni

soddisfacenti a lungo termine. È necessaria un'evoluzione globale e capillare. Tra le caratteristiche di una Smart Grid, infatti, è inclusa la integrazione delle tecnologie di comunicazione in grado di permettere ingenti scambi di dati tra i dispositivi intelligenti distribuiti nel sistema elettrico.

- nella Smart Transportation, favoriscono l'efficienza in termini di riduzione di CO₂ in quanto pianificano l'itinerario ottimale che fa consumare meno combustibile fossile. L'efficienza energetica è il risultato dell'implementazione di motori più efficienti (elettrici o ibridi) e di un software che gestisca l'itinerario e controlli le performance energetiche durante il viaggio. Attualmente, sono disponibili sul mercato diverse soluzioni tecnologiche che consentono un miglioramento dell'efficienza energetica anche per la Smart Mobility che si focalizza sul Trasporto Pubblico Locale. Ad esempio, per risparmiare carburante nel trasporto con autobus è possibile installare sistemi di monitoraggio della pressione pneumatici che, mediante sensori, rilevano i valori di pressione e temperatura e li comunicano all'autista o al gestore della flotta.
- negli Smart Building, integrano dispositivi intelligenti che controllano il consumo di energia dei vari impianti di un edificio e permettono all'utente di gestire i parametri di funzionamento in maniera semplificata anche da remoto. L'efficienza energetica degli edifici può essere ottenuta attraverso l'installazione di sistemi di Smart Building, dotati di soluzioni IoT per il monitoraggio e la gestione dei consumi energetici. I consumi potranno essere ridotti grazie a tecnologie di risparmio energetico, quali sistemi di controllo intelligenti in grado di regolare la temperatura del riscaldamento, l'illuminazione e il consumo energetico degli elettrodomestici in base alle esigenze reali. L'introduzione della rete 5G sarà in grado di soddisfare la promozione di nuovi servizi di metering ad esempio nell'ambito di introduzione del contatore di nuova generazione (Delibera 87/2016 dell'Autorità per l'energia elettrica, il gas e il sistema idrico): tale elemento sarà in grado di fornire, oltre ai dati dei consumi con frequenze più elevate rispetto alle attuali, anche dei parametri aggiuntivi che diano indicazioni sulla qualità della potenza misurata proponendo così soluzioni personalizzate e più rispondenti alle esigenze di ciascun consumatore.

Questa importante attività verrà condotta da Sapienza in collaborazione con le aziende cittadine alle quali fanno capo le reti di telefonia, mobile e fissa.

4.3.6 I rischi cibernetici provenienti dall'infrastruttura energetica

L'approvvigionamento energetico sta virando rapidamente verso la completa informatizzazione. Questo è dovuto principalmente alla disponibilità di strumenti di monitoraggio/profilazione dei consumi che rende possibile una efficace politica di efficientamento energetico. Queste tecniche consentono risparmi che sfiorano il 40% per le grandi imprese/amministrazioni, di conseguenza, se ne prevede l'adozione completa nel giro di pochi anni.

L'evoluzione porta con sé nuovi rischi cibernetici, derivanti dall'uso della tecnologia. In particolare:

- incremento della superficie di attacco, qualora sistemi di monitoraggio energetico condividano la rete informatica dell'organizzazione monitorata possono essere attaccati e causare disservizi di varia natura all'organizzazione ovvero essere a loro volta usati per compiere attacchi (si vedano i recenti attacchi DDoS condotti tramite dispositivi IoT);
- controllo involontario e malevolo (es. spegnimento) di porzioni dell'infrastruttura energetica. I moderni sistemi di efficientamento possono disattivare i dispositivi se non utilizzati (insegne

luminose, postazioni, luci ecc..). Questo vuol dire che un attaccante potrebbe fare le medesime operazioni una volta indebolite le difese;

ed eredita quelli esistenti come:

- dipendenza da un numero ristretto di fornitori energetici: i fornitori energetici sono dei capifiliera, che a loro volta acquistano servizi da innumerevoli fornitori. Non è inverosimile che attacchi cyber ai capifiliera o a uno dei componenti della loro filiera abbia conseguenze importanti per l'organizzazione che acquista energia
- esposizione di dati energetici con conseguente perdita di reputazione. Se i fornitori di servizi energetici non sono sufficientemente preparati dal punto di vista della sicurezza i dati relativi ai consumi e alla profilazione utente possono essere trafugati e divulgati.

Si noti che il Framework Nazionale per la Cybersecurity (www.cybersecurityframework.it), pubblicato dal Centro di Ricerca di Cyber Intelligence e Information Security di Sapienza, rimarca a più riprese l'importanza della sicurezza informatica dei fornitori (siano questi di servizi o prodotti) e dello specificare il loro ruolo e responsabilità all'interno della catena di fornitura.

Sebbene un'infrastruttura legacy, con scarsissimo controllo informatico, sia da considerare più sicura rispetto a una di nuova generazione, non si può immaginare che questa non subisca la sua naturale evoluzione.

Durante questa evoluzione, i rischi di natura cibernetica vanno affrontati contemporaneamente con la modifica delle infrastrutture esistenti, in modo da sviluppare procedure di sicurezza che siano legate indissolubilmente ai sistemi stessi.

È importante inoltre valutare attentamente i rischi cibernetici dei sistemi esistenti e di valutare l'impatto di possibili disservizi dovuti non solo ad attacchi diretti ma anche ad attacchi indiretti, perpetrati attraverso i fornitori.

4.3.7 Il ruolo dell'aggregatore dell'energia

Negli ultimi anni il sistema elettrico italiano ha visto un significativo incremento di energia elettrica prodotta con fonti rinnovabili distribuite (fotovoltaico, eolico, biomassa...), raggiungendo una serie importante di obiettivi, quali la riduzione delle emissioni di gas serra, l'incremento della produzione di energia da fonti rinnovabili e l'incremento complessivo dell'efficienza energetica delle reti di distribuzione, in virtù dell'avvicinamento fisico tra i punti di produzione e i punti di consumo.

Tuttavia, la crescente quota di generazione rinnovabile distribuita, soprattutto se derivante da fonti non programmabili (solare, eolico, ma anche idraulico sia pure in forma minore) collegate alla rete elettrica anche sui tratti di media e bassa tensione, rende di fatto le reti di distribuzione dell'energia elettrica più difficili da gestire rispetto al passato, e richiede modalità innovative di monitoraggio e di controllo in tempo reale.

Con l'obiettivo di coniugare libertà dei comportamenti individuali e efficienza di sistema, integrazione delle risorse energetiche distribuite e sicurezza di fornitura, utilizzo prioritario delle fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica, programmabilità delle condizioni di rete, diventa necessario individuare politiche e meccanismi di gestione della domanda energetica (*demand response*), veicolati attraverso la presenza di un intermediario tra il distributore di energia ed il consumatore (aggregatore); tali tecniche sono finalizzate a offrire la necessaria flessibilità (attraverso la variazione programmata dei consumi) all'operatore elettrico al fine del bilanciamento ottimale dei carichi sulla rete.

E', quindi, necessario individuare modalità di funzionamento di un aggregatore di energia secondo quanto disposto dal Decreto Legislativo 102/2014 di recepimento della Direttiva europea sull'efficienza energetica, e fornire dati utili anche per la delibera dell'AEEGSI prevista sull'argomento.

L'aggregatore (consorzio fra operatori nell'ambito territoriale, utility, trader) avrebbe il compito di gestire l'insieme degli impianti, partecipando al mercato elettrico su mandato e per conto dei singoli operatori e, successivamente, governarne la produzione in modo da soddisfare gli impegni contrattuali. Fra le funzioni dell'aggregatore rientrerebbe anche la gestione attiva della domanda. In simili aggregazioni per la legge dei grandi numeri l'effetto della stocasticità di alcune fonti rinnovabili sulla generazione elettrica diminuirebbe al crescere del numero di impianti integrati e della loro distribuzione territoriale, fino a rendere le caratteristiche della produzione non dissimili (in termini di qualità e quantità) da quelle della produzione tradizionale. L'aggiunta di back-up con sistemi di accumulo elettrochimico o termico renderebbe ancora più programmabile l'offerta.

Si veda sull'argomento il paragrafo 5.10.

5 Misure per la riduzione degli usi energetici finali

I complessi universitari sono, in generale, costituiti da edifici a media complessità tecnologica, che includono ambienti caratterizzati da varie destinazioni d'uso (aule, uffici amministrativi, laboratori).

Le enormi potenzialità della riqualificazione energetica di queste tipologie di edifici, come edifici strategici pubblici, votati a ricoprire un ruolo esemplare nell'avviamento di un programma di recupero energetico del patrimonio esistente, possono tradursi in volano per l'innovazione di prodotto e di processo.

E' fondamentale un'analisi energetica che consideri le particolari caratteristiche tipologiche e morfologiche, nonché la tipologia d'utenza e il regime di funzionamento diversificato sia dal punto di vista temporale (affollamento dell'edificio variabile in concomitanza di sessioni d'esame o dei corsi) che dal punto di vista spaziale e funzionale (alcuni nuclei funzionali sono occupati con continuità ed altri con discontinuità durante l'anno). Altro aspetto fondamentale, nel caso specifico, consiste nella configurazione della Città Universitaria, composta da un raggruppamento di edifici in forma di distretto, ad elevato valore storico. L'efficienza energetica dei singoli edifici, se concepita in maniera integrata con soluzioni impiantistiche intelligenti volte alla creazione di *smart grid*, può consentire la realizzazione di distretti energetici efficienti, con effetti di ricaduta sul territorio e sulla qualità dell'alta formazione degli utenti.

E' altresì importante che l'analisi energetica sia affiancata da uno studio delle caratteristiche storiche e architettoniche, in maniera tale da preservare l'identità e il valore degli edifici storici.

Dovranno quindi essere previste strategie di intervento diversificate, con obiettivi diversi per gli edifici sottoposti a vincolo, per i quali anche la normativa vigente prevede delle deroghe, ma solo "nei casi in cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe un'alterazione inaccettabile delle loro istanze storiche e/o estetiche"; questa possibilità, troppo spesso interpretata come deroga generale, potrebbe al contrario costituire uno stimolo alla ricerca di soluzioni innovative e di esempio per l'edilizia storica.

5.1 Ripartizione per usi dei consumi energetici e costi relativi

Prima di valutare eventuali interventi volti alla riduzione dei consumi energetici conviene effettuare una ripartizione più dettagliata degli usi energetici e dei relativi costi.

Tale ripartizione sarà effettuata utilizzando:

- i consumi energetici medi derivanti dalle bollette e riportati in precedenza, con una standardizzazione dei consumi di gas effettuata con riferimento all'anno climatico standard;
- i costi medi dell'energia elettrica e del gas derivanti dalle bollette e riportati in precedenza;
- quanto riportato in letteratura circa i consumi elettrici del settore terziario¹².

La tabella e i grafici seguenti riepilogano i risultati della ripartizione effettuata.

¹² A. Gelmini, F. Lanati, F. Polidoro, S. Vitale - Scenari elettro-energetici – RSE 2014.

Tabella 5.1 – Ripartizione per usi dell'energia primaria e dei costi.

	Energia primaria		Spesa energetica	
	[kWh-p]	[%]	[€]	[%]
Riscaldamento ambienti	21.821.028	21,8%	1.770.257	21,3%
Climatizzazione ambienti	6.223.263	6,2%	520.666	6,3%
Acqua calda sanitaria	4.664.778	4,7%	390.276	4,7%
Apparecchiature per uffici	19.737.243	19,7%	1.651.306	19,8%
Illuminazione	30.283.698	30,2%	2.533.669	30,4%
Altri servizi	17.452.889	17,4%	1.460.187	17,5%
TOTALE	100.182.898	100,0%	8.326.361	100,0%

Il principale consumo di energia si ha per l'illuminazione degli ambienti; seguono le apparecchiature per ufficio, il riscaldamento e gli altri usi secondo quanto riportato in tabella.

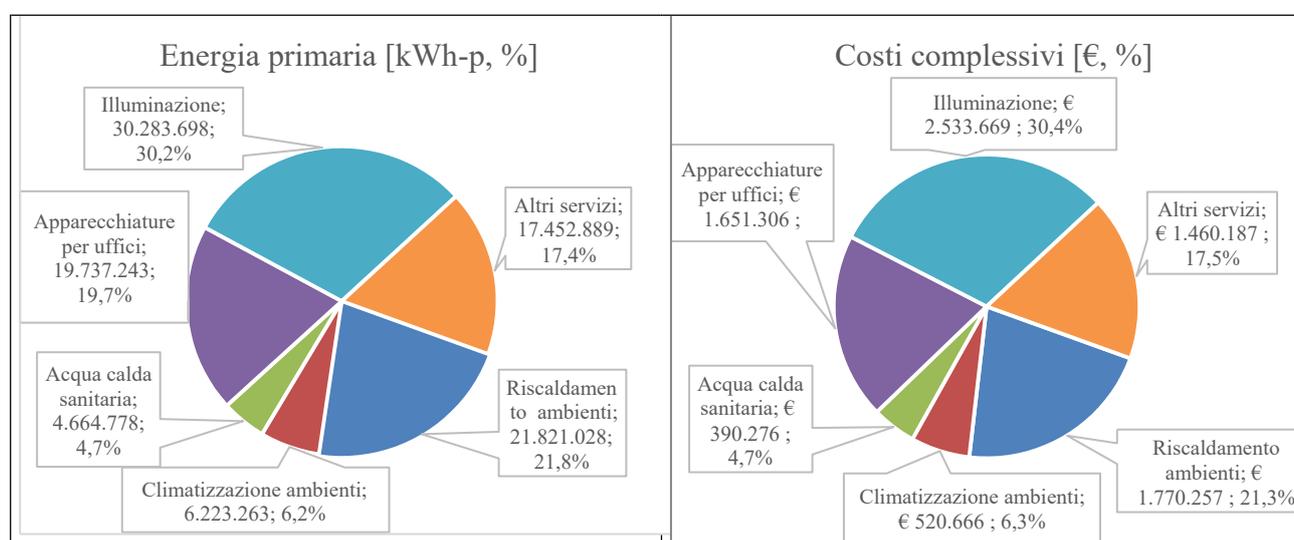


Figura 5.1 – Energia primaria e costi – Ripartizione per usi.

Per ognuno degli usi energetici è possibile prevedere strategie di intervento volte alla riduzione dei consumi energetici.

5.2 Campagne di sensibilizzazione del personale

Elemento fondamentale per l'attuazione delle azioni del PES è una campagna periodica di formazione del personale sui temi del risparmio energetico in ambito lavorativo e domestico.

L'abitudine a comportamenti energeticamente sostenibili è sicuramente il primo passo per raggiungere ogni obiettivo di risparmio energetico, nella consapevolezza che il contributo di ognuno può fare la differenza, senza stravolgere abitudini consolidate, ma semplicemente imparando ad usare meglio l'energia.

Per risparmiare sull'illuminazione:

- sfruttare al massimo la luce naturale;
- calibrare l'illuminazione in base alle reali necessità;

- spegnere le luci quando si esce dall'ufficio e dagli ambienti comuni (bagni, corridoi, sale riunioni, ecc.);
- utilizzare lampade a risparmio energetico.

Per risparmiare nell'uso del computer:

- attivare la funzione stand-by o da tastiera o dalle impostazioni del sistema operativo;
- regolare il tempo di spegnimento del monitor, di disattivazione dei dischi rigidi o di attivazione della modalità standby del PC;
- ricordarsi di spegnere il computer al termine della giornata lavorativa.

Per risparmiare nell'uso di stampanti o fotocopiatrici:

- ricordarsi di spegnere la stampante/fotocopiatrice, dell'ufficio o di rete, alla fine dell'orario di ufficio;
- utilizzare quando possibile la modalità di stampa a bassa risoluzione ("economy", "draft", o "bozza");
- stampare e duplicare con l'opzione fronte/retro e/o inserendo più pagine nella stessa facciata, quando è possibile su carta riciclata;
- usare l'opzione "Anteprima di stampa" per vedere se l'impaginazione e l'effetto visivo è quello desiderato;
- ridurre i margini della pagina e la dimensione del carattere;
- prima di stampare accertarsi che il documento sia veramente utile.

Per risparmiare sulla climatizzazione:

- evitare di accendere il condizionatore (o il riscaldamento) se non si è in ufficio e ricordarsi di spegnere il condizionatore (o il riscaldamento) quando si aprono le finestre per il ricambio d'aria;
- in estate accendere il condizionatore solo se necessario e regolarlo sul consumo energetico ottimale (26°C)
- in inverno abbassare il riscaldamento se fa troppo caldo, agendo sulla temperatura ambiente;
- in sala riunioni ricordarsi di spegnere il riscaldamento a fine incontro;
- non ostacolare la circolazione dell'aria, coprendo i terminali (radiatori, split, ventilconvettori).

Per risparmiare nell'uso dell'ascensore:

- evitare l'uso dell'ascensore soprattutto per le salite brevi che sono le più dispendiose in termini energetici.

Tali azioni possono essere messe in atto tramite la diffusione e l'affissione di opuscoli informativi simili a quello riportato nella figura seguente.

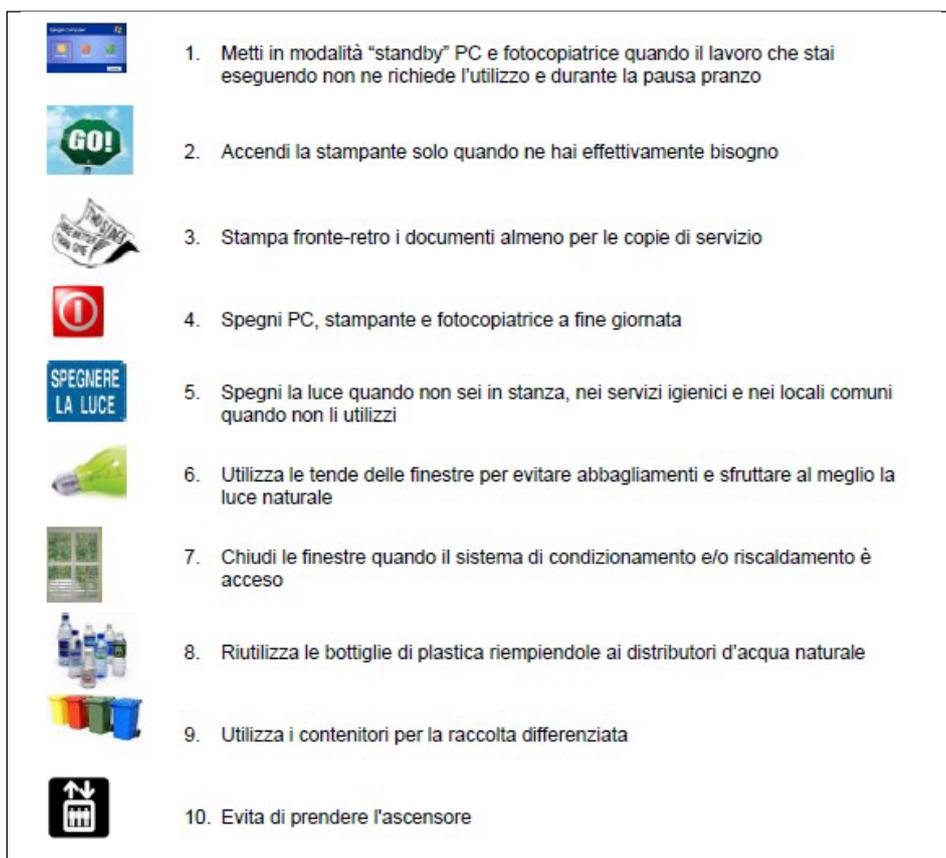


Figura 5.2 – Esempio di opuscolo informativo per il personale.

L'introduzione di sistemi di contabilizzazione e l'informazione agli utenti dei risultati ottenuti amplifica gli effetti delle campagne di sensibilizzazione. Un riscontro sensibile dei risparmi conseguenti ad un cambiamento delle proprie abitudini di consumo consolida i comportamenti virtuosi e introduce un effetto di trascinamento tra tutti gli utenti.

5.3 Consumi energetici per l'illuminazione degli edifici e delle aree esterne

L'illuminazione costituisce la principale fonte di assorbimento energetico del parco immobiliare di Sapienza. L'uso razionale dell'energia per gli impianti di illuminazione consiste nell'adozione di misure attive e passive per la riduzione dell'energia consumata dagli impianti senza ridurne la prestazione ma aumentandone comfort e sicurezza.

La normativa EN 15193 ha introdotto l'indicatore LENI (*lighting energy numeric indicator*) in kWh/m²anno, relativo alla prestazione energetica dei sistemi di illuminazione.

I consumi energetici del sistema illuminazione dipendono da:

- sorgente utilizzata (lampade fluorescenti o LED);
- efficienza degli ausiliari di alimentazione (reattori, ballast o driver);
- ottica dei corpi illuminanti;
- caratteristiche geometriche dei locali;
- sistema di controllo;
- tempi di accensione (diurna e notturna).

Le misure di ottimizzazione della prestazione energetica dei sistemi di illuminazione degli edifici e delle aree esterne possono coinvolgere:

1) l'efficienza dei componenti e dell'impianto, agendo sostanzialmente col fine di ridurre la potenza installata. Tali misure possono essere definite passive e riguardano:

- l'involucro architettonico che contiene gli impianti e le aperture verso l'esterno al fine di ottimizzare i guadagni di luce naturale, ottimizzare la gestione degli spazi, ecc.
- la progettazione degli impianti stessi al fine di garantire i livelli di comfort ottimali evitando inutili eccessi di prestazione laddove non sono necessari,
- l'utilizzo di componenti ad alta efficienza di conversione dell'energia, quali ad esempio sorgenti luminose ad alta efficienza, LED prima fra tutte, ottiche negli apparecchi ad elevato rendimento, alimentatori elettronici a bassissime perdite, ecc.

2) l'efficacia dell'impianto, agendo sostanzialmente col fine di ridurre il tempo di utilizzazione dell'impianto e regolare opportunamente la potenza effettivamente assorbita rispetto a quella installata. In tali misure rientrano anche i piani di manutenzione.

Le misure sull'efficacia possono essere definite attive e riguardano sostanzialmente (vedi 4.3.2) il sistema di gestione e controllo degli impianti (*building energy management system BEMS*) che si avvale di impianti di building automation (*building automation and control systems BACS*) e servizi di gestione tecnica per l'esercizio e la manutenzione degli impianti (*technical building management TBM*).

Risparmi energetici consistenti sono possibili mediante l'adozione di opportuni sistemi di controllo e regolazione che ben si abbinano alla tecnologia LED caratterizzata da una ottimale modulazione della luce emessa. Lo scopo di un sistema di controllo dell'illuminazione è di permettere l'accensione e la regolazione intelligente degli impianti tenendo conto di eventuali guadagni/benefici provenienti dall'esterno per rispondere alle esigenze effettive degli occupanti dell'ambiente riducendo il consumo di energia a quello minimo possibile e mantenendo il livello di illuminazione effettivo pari a quello desiderato (set point). L'impiego dei sistemi di controllo e regolazione migliora anche il comfort e la sicurezza degli impianti.

Con riferimento ai corpi illuminanti, gli edifici della Sapienza sono in larghissima parte dotati di lampade fluorescenti. Queste lampade hanno un'elevata efficienza luminosa ($50 \div 110$ lm/W) e una lunga durata di vita (circa 10.000 ore). Rappresentano un buon punto di partenza, essendo ben indicate per illuminare ambienti interni ed esterni, dove è necessario un uso prolungato e senza accensioni e spegnimenti troppo frequenti; inoltre possono essere dimmerizzate, consentendo una buona regolazione del flusso luminoso (da 10 a 100%).

Tuttavia, l'evoluzione tecnologica delle lampade a LED offre, ad oggi, la possibilità di ottenere un deciso miglioramento in termini prestazionali generali, sia sotto forma di incremento dell'efficienza luminosa ($60 \div 120$ lm/W), sia sotto forma di una vita utile più lunga (30.000 ore), mantenendo la possibilità di regolazione del flusso luminoso.

Per gli edifici della Sapienza si può ipotizzare una graduale introduzione di sistemi di automazione (per il controllo del flusso luminoso, per l'integrazione della luce naturale e per il controllo di presenza) e una graduale sostituzione dei corpi illuminanti a tubi fluorescenti con corpi illuminanti a LED, a partire dalla normale sostituzione dei tubi non più funzionanti.

Il risparmio conseguibile, in funzione della tecnologia adottata e della destinazione d'uso, può variare tra il 20 e il 40%.

Particolare attenzione deve essere rivolta alla illuminazione delle aule universitarie, con riferimento alle relative misurazioni per valutare l'impatto dei sistemi di controllo automatici nella

prestazione energetica. Un progetto di efficienza energetica deve prevedere la realizzazione di un sistema di controllo intelligente per poter aumentare la percentuale di risparmio raggiungibile (30-50%).

In via cautelativa, per gli ambienti interni, in virtù dell'enorme varietà di situazioni esistenti presso le strutture della Sapienza, si può immaginare un potenziale di risparmio del 20% agendo sugli impianti di illuminazione, con sostituzione dei corpi illuminanti, e di un ulteriore 7% con introduzione di sistemi di automazione.

Per quanto riguarda l'illuminazione delle aree esterne, il processo di sostituzione delle lampade con tecnologia LED (iniziato da qualche anno e già in fase avanzata di completamento) sarà concluso nei prossimi 3 anni. Sempre per l'illuminazione esterna andrà invece previsto il completamento dei sistemi di regolazione e controllo automatico da installarsi presso tutti i siti universitari.

5.4 Consumi energetici per il sistema edificio-impianto

A partire da un'analisi dei consumi energetici degli edifici collegati alla climatizzazione (invernale ed estiva) degli edifici possono essere ipotizzate delle misure volte alla riduzione dei consumi stessi.

Gli interventi sull'involucro edilizio e sui sistemi impiantistici al servizio della edifici universitari dovranno essere orientati al raggiungimento di un'elevata efficienza energetica, compatibilmente con la preesistenza, con le esigenze legate alla funzione dell'edificio e con le specificità del luogo.

Per quanto concerne la climatizzazione invernale ed estiva, l'intervento può essere diviso in due parti, una riguardante la prestazione passiva dell'involucro edilizio e l'altra i sistemi impiantistici.

Alla prima parte dovrà essere data grande importanza, nella convinzione che il primo obiettivo deve essere la riduzione dei fabbisogni di energia termica utile e solo successivamente l'introduzione di sistemi impiantistici ad alta efficienza, commisurati alle esigenze dell'involucro riqualificato. A sostegno di quanto affermato si evidenzia anche la maggiore vita utile degli interventi di isolamento termico sull'involucro rispetto ad interventi sui sistemi impiantistici.

In ogni caso, qualsiasi intervento sul sistema edificio-impianto è inquadrato all'interno della Strategia per la Riqualificazione Energetica del Parco Immobiliare Nazionale (STREPIN) redatto da Enea e MiSE (2015) e del Piano di Azione per incrementare gli Edifici ad Energia Quasi Zero (PANZEB) redatto da Enea, RSE, CTI, MiSE (2015).

5.4.1 Interventi migliorativi dell'efficienza energetica passiva degli edifici (involucro edilizio)

Il patrimonio della Sapienza, rilevante per consistenza, articolazione territoriale e qualità architettonica, in alcuni casi anche per valore storico monumentale, si presenta molto variegato nel suo profilo prestazionale edilizio ed energetico e ovviamente non può essere affrontato come un insieme omogeneo.

Gli edifici che rappresentano il patrimonio strumentale della Sapienza devono essere analizzati con modalità differenti in relazione alla qualificazione tecnico costruttiva dei singoli edifici in modo da poterne definire il profilo prestazionale complesso a livello tecnologico ed energetico utile ad individuare la tipologia di intervento migliorativo più efficace in termini di efficientamento energetico, tecnologico e funzionale.

In via preliminare è possibile individuare diverse categorie di edifici con caratteristiche tecnico-costruttive simili e profili di efficienza energetica comparabili, ovvero:

1. Città Universitaria – Edifici storici impianto Giovannoniano 1908-1909-1930

2. Città Universitaria – Edifici storici impianto Piacentiniano 1932-1935
3. Città Universitaria – Edifici moderni completamento Campus
4. Edifici storici esterni alla città universitaria
5. Edifici moderni esterni alla città universitaria (1950-1980 # 2000)
6. Edifici moderni esterni alla città universitaria (2000-2016)
7. Interventi edilizi in corso e programmati (2016-2020)

Le varie famiglie di edifici sono caratterizzate per tipologia edilizia, tecnologie costruttive e sistemi impiantistici impiegati, oltre che storia manutentiva e di trasformazione edilizia tecnico-funzionale.

Attraverso una tassonomia di questo tipo è possibile individuare una strategia di intervento tipizzabile e replicabile per modalità progettuali, attuative e per risultati attesi in termini di efficientamento e valutazione costi/benefici degli interventi ipotizzati.

Gli esiti attendibili sul patrimonio storico e realizzato fino al 1940, quanto i profili prestazionali in termini di requisiti passivi degli elementi tecnici, sono abbastanza omogenei con piccole variazioni legate alla specificità tipologia o insediativa dell'edificio, principalmente in relazione alla prestazione energetica delle tecnologie costruttive utilizzate a livello di involucro opaco (PPV- Pareti perimetrali verticali e coperture).

In molti casi è possibile auspicare la sinergia tra interventi di semplice efficientamento tecnologico degli elementi tecnici con interventi di ripristino o riqualificazione architettonica di parti di edifici monumentali, trasformati negli anni in modo anche spregiudicato, mortificandone la qualità tecnico-costruttiva originale, in ossequio ad una nuova funzionalità necessaria o richiesta dalla variazione di un modello d'uso degli spazi.

Questo tipo di interventi è sicuramente auspicabile sugli edifici storici della Città Universitaria, soprattutto sul sistema delle chiusure trasparenti (infissi e sistemi di facciata) e delle coperture, dove il ripristino dell'immagine originale di alcuni edifici può essere affiancato ad un miglioramento robusto delle prestazioni energetiche del sistema edilizio. Meno significativo potrebbe essere il miglioramento della prestazione energetica delle chiusure opache, già peraltro generalmente di discreto livello, in cui il rapporto prezzo/prestazione tra intervento edilizio e risultato ottenibile forse non giustifica interventi diffusi sulle componenti opache.

Un discorso a parte va fatto per gli edifici realizzati nella seconda fase di espansione della Sapienza, ovvero a partire dagli anni cinquanta del secolo scorso. Questi edifici, realizzati con differenti tecnologie, hanno subito negli anni interventi di "ottimizzazione" funzionale e prestazionale molto importanti, in alcuni casi compromettendo definitivamente la funzionalità del sistema involucro/impianto, condizionando fortemente l'integrità dell'involucro architettonico, in molti casi non privo di qualità, modificando spesso tutti i sistemi di controllo tecnico ambientale (sistemi di apertura, ventilazione, sistemi di schermature, ecc.).

In questi edifici la potenzialità di miglioramento dei sistemi tecnologici in chiave di efficienza energetica è molto rilevante, ma può richiedere interventi molto importanti sia sui sistemi impiantistici che sui sistemi edilizi.

Una strategia di intervento sul patrimonio della Sapienza, non può quindi prescindere dall'integrazione degli interventi edilizi già programmati dall'Ateneo (manutenzione ordinaria, straordinaria, riqualificazione pesante, ecc.) con interventi finalizzati al miglioramento energetico prevedibili per ogni singolo edificio per ottimizzare la gestione degli interventi medesimi e il tempo di ritorno economico degli stessi.

L'analisi comparata del patrimonio edilizio e dei consumi termici ed elettrici dell'Ateneo, conferma in parte l'analisi speditiva esposta precedentemente, distinguendo i livelli di intervento ulteriormente tra interventi mirati all'ottimizzazione della gestione energetica invernale degli edifici e interventi finalizzati alla riduzione dei consumi estivi derivante dalla lettura dei consumi elettrici della stagione.

Pure essendo necessario prevedere una campagna di misurazione dei valori ambientali di esercizio in fase estiva e invernale, e dei parametri termofisici degli elementi tecnici, appare evidente che gli interventi più urgenti, e forse più robusti, dovranno mirare al miglioramento delle condizioni di esercizio e di comfort degli spazi d'uso in fase estiva, intervenendo in modo sinergico sulle prestazioni dei sistemi di involucro opaco, sulle schermature, sulle vetrate e sui sistemi di ventilazione naturale.

Al fine di migliorare la prestazione estiva ed in generale con finalità anti-inquinamento, potranno anche essere impiegate speciali vernici autopulenti e anti microbiche (tipo airlite). Queste vernici a base inorganica (non polimerica) hanno un'efficienza di abbattimento degli inquinanti atmosferici dell'80% e come antimicrobiche del 100%; inoltre se di colore chiaro consentono una mitigazione del carico termico estivo riducendo i consumi energetici connessi alla climatizzazione estiva. Per tali vernici può essere previsto un utilizzo sia esterno che interno; in generale possono essere impiegate laddove si ritenga di migliorare la qualità dell'aria senza intervenire con sistemi impiantistici (abbattimento di aldeidi e composti organici, oltre che di inquinanti e microbi).

Di seguito vengono illustrate le tipologie di interventi auspicabili per il miglioramento delle prestazioni degli elementi tecnici in relazione al miglioramento delle prestazioni energetiche del sistema edilizio.

5.4.1.1 Allegato tecnico con le caratteristiche prestazionali degli interventi per l'efficienza energetica dell'involucro edilizio

Al fine di perseguire gli obiettivi generali di:

- utilizzo razionale delle risorse energetiche e delle risorse idriche;
- riduzione dell'emissione di anidride carbonica e di altre sostanze inquinanti;
- maggiore qualità dell'ambiente interno (termico, luminoso, acustico, qualità dell'aria);

in linea con quanto previsto nei testi legislativi in tema di prestazione energetica nell'edilizia e di inquinamento ambientale, e in particolare le prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e all'efficacia sotto il profilo dei costi, occorre promuovere interventi edilizi volti a:

- ottimizzare le prestazioni energetiche ed ambientali dell'involucro edilizio e dell'ambiente costruito;
- migliorare l'efficienza energetica del sistema edificio-impianti;
- utilizzare fonti rinnovabili di energia;
- contenere i consumi idrici;
- utilizzare materiali bio-compatibili ed eco-compatibili.

Questi obiettivi sono perseguiti attraverso l'introduzione di prescrizioni e attraverso la definizione di livelli prestazionali minimi di qualità, sia per gli edifici di nuova costruzione, sia per gli edifici esistenti sottoposti a ristrutturazione o manutenzione straordinaria.

Nell'ambito della sostenibilità ambientale si definiscono le seguenti esigenze, raggruppate in tre classi:

A) QUALITÀ DELL'AMBIENTE INTERNO

- Benessere termico invernale
- Benessere termico estivo
- Qualità dell'aria interna
- Comfort visivo
- Comfort acustico
- Controllo dell'inquinamento elettromagnetico
- Uso di materiali bio-compatibili (non nocivi)

B) UTILIZZO RAZIONALE DELLE RISORSE

- Contenimento dei consumi energetici
- Utilizzo di fonti rinnovabili di energia
- Contenimento dei consumi idrici
- Uso di materiali eco-compatibili (riciccati o riciclabili, ridotta energia incorporata, dotati di certificazioni ambientali/ecolabels)

C) RIDUZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE

- Riduzione dell'emissione di gas serra
- Riduzione dell'emissione di inquinanti atmosferici
- Ridotta produzione e corretta gestione dei rifiuti solidi
- Ridotta produzione e corretta gestione dei rifiuti liquidi
- Contenimento dell'inquinamento acustico
- Contenimento dell'inquinamento luminoso
- Contenimento dell'impatto visivo

Nell'**Allegato A** sono individuate le caratteristiche prestazionali *minime* considerate per i seguenti interventi:

- Isolamento chiusure verticali esterne: isolamento dall'interno
- Isolamento chiusure verticali esterne: isolamento dall'esterno
- Sostituzione di infissi esistenti
- Interventi di mantenimento di infissi esistenti
- Isolamento chiusure orizzontali inferiori
- Isolamento copertura

5.4.1.2 Città Universitaria – Edifici storici impianto Giovannoniano 1908-1909 - 1930

Gli edifici ricadenti in questa categoria sono molto limitati e sono concentrati tutti lungo viale del Policlinico e le aree immediatamente limitrofe (Dipartimento Scienze biochimiche "Alessandro Rossi Fanelli"; Neurologia e psichiatria; Biologia e Biotecnologie "Charles Darwin").

Si tratta di edifici in muratura portante con aperture molto contenute, chiuse con infissi originariamente in legno e schermati esteriormente con persiane alla romana. Il sistema delle coperture è caratterizzato da coperture continue orizzontali o sub-orizzontali, la cui finitura doveva essere originariamente in marmette chiare, allettate su massetti alleggeriti blandamente isolanti. Le coperture ospitano generalmente elementi di impianto o destinati alla climatizzazione o al servizio specifico di alcune funzioni ospitate.

Questa tipologia di edifici per sua natura è caratterizzata da una discreta inerzia termica delle pareti perimetrali verticali, finite ad intonaco ocra o terra di Siena con modanature, cornicioni e fasce marcapiano con finitura più chiara, a simulare il bianco travertino, una ridotta incidenza di ponti termici dovuti al collegamento tra elementi strutturali orizzontali e chiusure verticali, realizzato per elementi molto minuti (travetti in ferro ...) e all'assenza dei cassonetti degli avvolgibili.

Criticità/Opportunità intervento

I punti deboli di questi edifici su cui potrebbe essere utile intervenire sono gli infissi esterni e le coperture.

Gli infissi esterni dovranno essere verificati per definirne la tipologia del serramento, il profilo prestazionale (isolamento termico e isolamento acustico), la tipologia di vetratura attualmente in uso e la presenza/assenza di schermature solari dedicate alla regolazione del comfort termico e visivo attenzionale.

Le coperture dovranno essere verificate per valutarne lo stato di efficienza, di manutenzione, le prestazioni passive (isolamento termico e acustico), attrezzabilità potenziale (capacità/opportunità di integrazione di dispositivi impiantistici complessi).

Interventi

Il maggior guadagno atteso è certamente quello ottenibile dalla revisione o riqualificazione delle coperture intervenendo in modo radicale sulla stratificazione funzionale, ovvero rinnovando l'intero pacchetto funzionale intervenendo sia sulla massa superficiale della copertura che sulla sua prestazione di isolamento e tenuta, riportando in tutti i casi la finitura chiara originale come elemento utile alla riduzione del carico termico estivo ed elemento unificante dell'immagine architettonica.

Sulle coperture è auspicabile intervenire, dove tecnicamente possibile, con una riqualificazione integrale del pacchetto di copertura con prescrizione di un isolamento massivo al fine di allinearsi con le specifiche della normativa vigente, prevedendo una prestazione di esercizio sicuramente migliorativa, al fine di compensare gli interventi limitati sulle PPV.

Per gli infissi è consigliabile prevedere una campagna di sostituzione e rinnovo graduale, in relazione allo stato di degrado funzionale, alle potenziali interferenze con la funzionalità ordinaria degli spazi, al fine di ottenere una uniformazione tecnologica e formale dei serramenti installati, livelli omogeni di prestazione sia in termini di isolamento termico che acustico e una ottimale interazione con il sistema di schermature interne da rinnovare/integrare.

Per le vetrate è consigliabile prevedere, in reazione all'orientamento delle facciate, stratificazioni funzionali che prevedano il controllo della radiazione solare per ridurre gli apporti solari estivi. L'adeguamento del sistema degli infissi ai limiti di legge per il rispetto dei requisiti acustici passivi oltre a garantire un sostanziale miglioramento della qualità d'uso e della salubrità degli spazi interni, soprattutto in prossimità di assi viari a grande intensità di traffico, garantisce il raggiungimento di prestazioni di isolamento termico molto al di sopra di quanto richiesto dalle attuali normative in materia, permettendo di raggiungere prestazioni molto superiori di quelle previste per la zona climatica di riferimento

5.4.1.3 Città Universitaria – edifici storici impianto Piacentiniano 1932-1935

Gli edifici ricadenti in questa categoria sono generalmente concentrati nelle aree centrali del quadrato piacentiniano e sono caratterizzati da impianti a blocco di grade dimensione, arricchiti da un articolato sistema di corti interne. Tutti gli edifici sono con copertura piana praticabile con finitura in marmette allettate di colore grigio chiaro.

Si tratta di edifici realizzati in parte con struttura continua in muratura portante e in parte con struttura discontinua in calcestruzzo armato, con tamponature in laterizio pieno con differenti apparecchiature murarie e stratificazioni in muratura mista in laterizio e pietrame; il sistema delle chiusure è realizzato con differenti stratificazioni funzionali a supporto di finiture molto raffinate e generalmente in buono stato di conservazione realizzate in lastre di pietra litoceramica oca e intonaco chiaro. Il trattamento cromatico delle superfici sottolinea la gerarchia funzionale e volumetrica dei vari edifici nel complesso della città universitaria ed è una caratteristica quindi che va conservata, e dove necessario rinnovata/recuperata se compromessa da interventi successivi.

Il sistema delle chiusure trasparenti è molto ricco e articolato per geometria, tipologia di materiali utilizzati e integrazione funzionale con gli spazi.

Le schermature presenti sono generalmente realizzate con avvolgibili in legno per la regolazione dell'illuminamento diurno e per l'isolamento notturno e tende interne per la gestione delle condizioni di illuminamento degli spazi operativi.

Questa tipologia di edifici per sua natura è caratterizzata da una discreta inerzia termica delle pareti perimetrali verticali, una incidenza contenuta di ponti termici dovuti allo spessore considerevole delle murature, ma, per contro, i cassonetti degli avvolgibili molto ampi e profondi rappresentano punti critici importanti sia per la gestione energetica degli ambienti sia per la durabilità del sistema delle chiusure opache.

Criticità/Opportunità intervento

I punti deboli di questi edifici su cui potrebbe essere utile intervenire sono gli infissi esterni e le coperture.

In molti degli edifici, in particolare lungo i prospetti monumentali degli spazi centrali della città universitaria, sono ancora in sede gli infissi originali in uno stato di conservazione e di manutenzione discreto. Per contro in molti dei prospetti rivolti verso l'esterno del perimetro del campus gli infissi sono stati sostituiti negli anni '60-'80 con elementi estranei per tecnologia, tipologia di apertura e qualità morfologica al disegno originale, compromettendo gravemente l'immagine del complesso edilizio e in molti casi anche la stabilità geometrica dei rivestimenti delle PPV.

Interventi

Gli infissi esterni dovranno essere verificati per individuare le tipologie ricorrenti, il profilo prestazionale (isolamento termico e isolamento acustico), la tipologia di vetratura attualmente in uso e la presenza/assenza di schermature solari dedicate alla regolazione del comfort termico e visivo attenzionale.

Le tipologie di infisso originariamente in uso sono caratterizzate da serramenti in legno, con apertura a ghigliottina e vasistas integrato, con vetro singolo o vetri accoppiati, per il tamponamento delle bucaure isolate; in molti degli edifici sono anche riscontrabili grandi aperture vetrate, tipiche degli spazi comuni, delle grandi aule e di alcuni corpi scala, realizzate in ferofinestra con differenti sistemi e geometrie di apertura, al variare delle necessità ambientali. Nell'edificio del Rettorato sono presenti anche sistemi di infisso speciali per valenza monumentale e architettonica realizzati con serramenti di grande dimensione in acciaio e in bronzo.

Le coperture dovranno essere verificate per valutarne lo stato di efficienza, di manutenzione, le prestazioni passive (isolamento termico e acustico), l'attrezzabilità potenziale (capacità/opportunità di integrazione di dispositivi impiantistici complessi).

Le coperture sono state tutte interessate da superfetazioni edilizie ed impiantistiche che hanno parzialmente compromesso l'integrità funzionale delle superfici e del sistema di smaltimento delle

acque e gravemente compromesso il profilo volumetrico del complesso edilizio, alterando le proporzioni tra i vari edifici definite dall'impianto piacentiniano. Oltre alle alterazioni volumetriche, le numerose superfetazioni hanno alterato anche l'efficienza tecnologica degli elementi influenzando negativamente sulla durabilità degli elementi stessi e delle stratificazioni funzionali.

Il maggior guadagno atteso è certamente quello ottenibile dalla revisione o riqualificazione delle coperture intervenendo in modo radicale sulla stratificazione funzionale, ovvero rinnovando l'intero pacchetto funzionale intervenendo sia sulla massa superficiale della copertura che sulla sua prestazione di isolamento e tenuta, riportando in tutti i casi la finitura chiara originale come elemento utile alla riduzione del carico termico estivo.

Sulle coperture è auspicabile intervenire, dove tecnicamente possibile, con una riqualificazione integrale del pacchetto di copertura al fine di allinearsi con le specifiche della normativa vigente, prevedendo una prestazione di esercizio sicuramente migliorativa, al fine di compensare gli interventi limitati sulle PPV.

Per gli infissi è consigliabile prevedere una campagna di sostituzione e rinnovo graduale per tutti gli infissi non originali realizzati prevalentemente in alluminio anodizzato privi di taglio termico e giunto aperto, in relazione allo stato di degrado funzionale alle potenziali interferenze con la funzionalità ordinaria degli spazi, al fine di ottenere una uniformazione tecnologico-prestazionale su valori migliorativi e il ripristino dell'immagine architettonica originale, da realizzarsi attraverso una nuova serramentistica appositamente progettata per garantire livelli omogeni di prestazione, sia in termini di isolamento termico che acustico, e una ottimale integrazione con il sistema di schermature interne da rinnovare/integrare.

Per le vetrate è consigliabile prevedere, in reazione all'orientamento delle facciate stratificazioni funzionali che prevedano il controllo della radiazione solare per ridurre gli apporti solari estivi.

L'intervento di sostituzione degli infissi in alluminio anodizzato con infissi con prestazioni di isolamento termo acustico adeguato (isolamento acustico cat B o Cat. E ex D.P.C.M. 5/12/1997) comporta un deciso incremento di prestazione energetica.

5.4.1.4 Città Universitaria – edifici moderni completamento Campus (1940-1980)

Gli edifici ricadenti in questa categoria sono generalmente localizzati nelle aree periferiche del quadrato piacentiniano e sono caratterizzati da impianti di media dimensione, planimetricamente articolati in relazione alla specificità funzionale delle attività contenute.

Questi edifici hanno due tipi di destinazioni differenti che ne caratterizzano fortemente la configurazione, la qualità costruttiva e la dimensione: a questa categoria appartengono alcuni edifici destinati ad ospitare spazi di ricerca, istituti, dipartimenti (Dipartimento di Fisiologia e Farmacologia, Nuovo edificio di fisica "Enrico Fermi", ecc.) o spazi di alcune facoltà (Dipartimento di Chimica e Tecnologie del Farmaco (1956-62) già Facoltà di Farmacia), generalmente di grandi dimensioni, e altri edifici di carattere utilitario o di servizio, di proporzioni più minute realizzate con tecnologie industrializzate aperte o prefabbricate.

Gli edifici destinati a spazi per la ricerca e la didattica sono realizzati con struttura discontinua, in calcestruzzo armato o acciaio, completati con sistemi di chiusure a cortina passante realizzate con tecnologie e sistemi di facciata di differenti. Le chiusure trasparenti e i sistemi di infisso sono realizzati prevalentemente con serramentistica in metallo (alluminio o acciaio) con prestazioni generalmente non in linea con gli attuali parametri di isolamento acustico e termico. Il sistema delle chiusure è integrato con le schermature e i sistemi di infisso, ma le schermature spesso hanno più funzione di oscuramento che di controllo solare e del comfort visivo.

Tutti gli edifici sono con copertura piana praticabile o semplicemente accessibile con finitura in pavimentazione allettate di colore grigio chiaro, ad esclusione di alcuni casi particolari riscontrabili in corrispondenza alle coperture dei alcuni spazi di grande dimensione, grandi aule o grandi spazi comuni, in cui la copertura è a geometria continua suborizzontale, attualmente con finitura realizzata con guaine bituminose con autoprotezione minerale o chimica (resina epossidica grigia o rossa).

Questi edifici sono tutti caratterizzati dalla presenza di elementi di impianto estranei e successivi all'impianto originale posti impropriamente in facciata e in copertura; questi dispositivi, oltre a condizionare in modo molto negativo l'immagine architettonica degli edifici e il generale decoro degli spazi esterni del campus, in molti casi stanno creando problemi sulla durabilità del sistema delle chiusure e delle schermature ad esso integrato.

Criticità/Opportunità intervento

I punti deboli di questi edifici su cui si rende necessario intervenire sono certamente il sistema delle chiusure verticali e delle coperture.

Questi edifici sono stati diffusamente interessati da interventi edilizi per successive ottimizzazioni funzionali richieste dal mutare negli anni del loro modello d'uso, che in molti casi hanno portato al negativo condizionamento della efficacia/efficienza degli elementi tecnici originariamente progettati.

In modo particolare sono stati interessati negativamente da questi interventi gli accorgimenti progettuali originali per il controllo dei parametri ambientali (ventilazione naturale e illuminazione naturale), per cui al variare della configurazione degli spazi interni necessariamente sono seguiti anche interventi di adeguamento impiantistico per la correzione dei parametri ambientali (condizionamento, ventilazione, illuminazione).

Sia gli edifici principali per funzione e per consistenza che gli edifici utilitari e "provvisori" sono stati interessati da interventi successivi di integrazione dei sistemi impiantistici, prevalentemente per il condizionamento estivo o per la gestione ambientale di laboratori con particolari esigenze di microclima. L'inserimento in facciata e in copertura di nuove dotazioni impiantistiche oltre ad aver fortemente condizionato l'aspetto esterno delle chiusure, in molti casi sta compromettendo la continuità geometrica e funzionale dei sistemi di facciata, riducendone notevolmente l'efficienza in termini di tenuta all'aria e all'acqua e di isolamento termo-acustico.

Le coperture sono state tutte interessate da superfetazioni edilizie ed impiantistiche che hanno parzialmente compromesso l'integrità funzionale delle superfici e del sistema di smaltimento delle acque e compromesso il profilo volumetrico dei singoli edifici. Le numerose superfetazioni hanno in parte alterato anche l'efficienza tecnologica degli elementi influenzando negativamente sulla durabilità degli elementi stessi e delle stratificazioni funzionali.

In particolare le superfetazioni tecnologiche realizzate negli anni sulle coperture degli edifici con profili volumetrici più contenuti rispetto agli edifici storici della Città Universitaria e quindi completamente visibili dagli edifici circostanti, compromettono fortemente il profilo paesistico dell'intero campus, oltre ad influenzare le condizioni di microclima urbano (es. edificio del Dipartimento di Scienze anatomiche, istologiche, medico-legali e dell'apparato locomotore; edificio del Dipartimento di Fisiologia e farmacologia "Vittorio Ersamer").

Interventi

La natura non omogenea delle soluzioni tecnologiche caratterizzanti questo gruppo di edifici non permette una tipizzazione sintetica degli interventi da prevedere, ma è naturalmente possibile individuare una strategia di intervento migliorativa comune, da declinare secondo le specificità di ogni edificio. Tutti gli edifici sono stati realizzati precedentemente alle prime normative sulla gestione

energetiche (L. 373/1976) e soprattutto sono state realizzati con tecnologie di involucro con una massa frontale mediamente più bassa di quella degli edifici precedenti e con un profilo prestazionale non sufficiente alle specifiche di esercizio richieste dai quadri esigenziali attuali.

Le coperture dovranno essere verificate per valutarne lo stato di efficienza, di manutenzione, le prestazioni passive (isolamento termico e acustico), l'attrezzabilità potenziale (capacità/opportunità di integrazione di dispositivi impiantistici complessi).

Il maggior guadagno atteso è certamente quello ottenibile dalla revisione o riqualificazione delle coperture intervenendo in modo integrato con quanto necessario sul sistema degli impianti di climatizzazione degli edifici, proponendo il rinnovo completo della stratificazione funzionale, ovvero rinnovando l'intero pacchetto funzionale intervenendo sia sulla massa superficiale della copertura che sulla sua prestazione di isolamento e tenuta, riportando in tutti i casi una finitura chiara come elemento utile alla riduzione del carico termico estivo e del fenomeno dell'isola di calore.

Sulle coperture è auspicabile intervenire, dove tecnicamente possibile, con una riqualificazione integrale del pacchetto di copertura al fine di allinearsi con le specifiche della normativa vigente, prevedendo una prestazione di esercizio sicuramente migliorativa, al fine di migliorare le condizioni di esercizio del sistema edilizio nel suo complesso. Nei casi delle coperture continue suborizzontali realizzate con stratificazione compatta, è certamente consigliabile la valutazione di una stratificazione funzionale con isolamento massivo con manto di rivestimento microventilato. Nel caso delle coperture continue orizzontali, potrebbe essere consigliabile valutare l'integrazione di una stratificazione massiva con finitura minerale o con una soluzione di copertura verde estensiva, per aumentare la massa superficiale della copertura, l'inerzia termica, l'isolamento termico e acustico, il miglioramento del microclima urbano all'intorno.

Per il sistema delle chiusure è necessario procedere preliminarmente con una campagna di valutazione analitica delle prestazioni dei diversi sistemi di facciata utilizzati nei vari edifici. Per alcuni edifici (es. Dip. Chimica e Tecnologie del Farmaco, ex Facoltà di Farmacia) è anche pensabile di procedere con una sostituzione radicale del sistema di facciata (recladding), proponendo un nuovo sistema di facciata rispettoso del disegno originale dell'edificio, ma completamente rinnovato nel profilo prestazionale e studiato in modo completamente integrato con il sistema impiantistico e il sistema delle schermature solari utili alla riduzione dei carichi termici e alla gestione dell'illuminazione naturale negli ambienti interni.

Negli edifici in cui il sistema delle chiusure verticale non è realizzato con sistemi di facciata integrati, è consigliabile programmare una campagna di sostituzione graduale per tutti gli infissi realizzati prevalentemente in alluminio anodizzato privi di taglio termico e giunto aperto o in acciaio, in relazione allo stato di degrado funzionale e alle potenziali interferenze con la funzionalità ordinaria degli spazi, al fine di ottenere una uniformazione tecnologico-prestazionale su valori nettamente migliorativi e conservando l'immagine architettonica originale, attraverso una nuova serramentistica appositamente progettata per garantire livelli omogeni di prestazione, sia in termini di isolamento termico che acustico, e una ottimale integrazione con il sistema di schermature interne da rinnovare/integrare.

Per le vetrate è consigliabile prevedere, in reazione all'orientamento delle facciate stratificazioni funzionali che prevedano il controllo della radiazione solare per ridurre gli apporti solari estivi.

Anche in questo caso l'intervento di sostituzione degli infissi in alluminio anodizzato con infissi con prestazioni di isolamento termo acustico adeguato (isolamento acustico Cat B o Cat. E ex D.P.C.M. 5/12/1997) comporta un sensibile incremento di prestazione energetica.

Soprattutto in questa categoria di edifici, in cui le chiusure sono generalmente caratterizzate da grandi superfici vetrate, l'intervento coordinato sul rinnovo del sistema di involucro trasparente (serramenti e vetrate isolanti e a controllo solare) e sul sistema delle schermature interne e soprattutto esterne, è fondamentale non solo per la riduzione dei consumi energetici per la climatizzazione, ma anche per la razionalizzazione dei consumi elettrici per illuminazione.

Per gli edifici utilitari di piccola dimensione, realizzati con tecnologie prefabbricate ormai arrivate a livelli di obsolescenza tali da rendere eventuali interventi di rinnovo anti economici, potrebbe essere consigliabile la demolizione e la ricostruzione, o la rilocalizzazione delle attività contenute in spazi più idonei (es. "Aule Blu" di Botanica, laboratori e aule adiacenti Palazzina Tuminelli).

5.4.1.5 Edifici storici esterni alla città universitaria

Gli edifici ricadenti in questa categoria sono pochi e si trovano nel centro storico della città, area ricadente nell'area di interesse storico UNESCO; per questo motivo anche quando non interessati da prescrizioni vincolistiche dirette devono essere affrontati in modo puntuale con modalità operative orientate alla valorizzazione dei caratteri architettonici e storico monumentali del singolo edificio e dell'intorno urbano (Sede Architettura Piazza Borghese, Palazzo Baleani, Dipartimento di Ingegneria Informatica Automatica e Gestionale "Antonio Ruberti" in Via Ariosto, ecc.).

A questa famiglia appartengono anche alcuni edifici che ricadono in complessi edilizi composti per consistenza edilizia e fasi di costruzione, ovvero la sede della Facoltà di Architettura di Valle Giulia e la sede della Facoltà di Ingegneria di San Pietro in Vincoli. Questi due complessi edilizi sono cresciuti negli ultimi decenni intorno al loro nucleo storico, per ampliamenti successivi che si sono succeduti fino agli anni '70 e '80. I nuclei storici dei due complessi edilizi ricadono certamente in questa categoria, gli ampliamenti nella successiva categoria.

Si tratta di edifici in muratura portante con aperture molto contenute, chiuse con infissi originariamente in legno e in alcuni casi schermati esteriormente con persiane alla romana. Il sistema delle coperture è caratterizzato da coperture continue orizzontali o sub-orizzontali, la cui finitura doveva essere originariamente in marmette chiare, allettate su massetti alleggeriti blandamente isolanti. In alcuni casi sono presenti anche alcune coperture discontinue con manto in laterizio (tegole e coppi) con microventilazione naturale.

Le coperture ospitano generalmente elementi di impianto o destinati alla climatizzazione o al servizio specifico di alcune funzioni ospitate.

Questa tipologia di edifici per sua natura è caratterizzata da una discreta inerzia termica delle pareti perimetrali verticali, finite ad intonaco ocra chiaro o terra di Siena con modanature, cornicioni e fasce marcapiano con finitura più chiara, a simulare il bianco travertino, una ridotta incidenza di ponti termici dovuti al collegamento tra elementi strutturali orizzontali e chiusure verticali, realizzato per elementi molto minuti (travetti in ferro, solai in legno).

Criticità/Opportunità intervento

I punti deboli di questi edifici su cui potrebbe essere utile intervenire sono gli infissi esterni e le coperture.

Gli infissi esterni dovranno essere verificati per definire la tipologia del serramento, il profilo prestazionale (isolamento termico e isolamento acustico), la tipologia di vetratura attualmente in uso e la presenza/assenza di schermature solari dedicate alla regolazione del comfort termico e visivo.

Le coperture dovranno essere verificate per valutarne lo stato di efficienza, di manutenzione, le prestazioni passive (isolamento termico e acustico), attrezzabilità potenziale (capacità/opportunità di integrazione di dispositivi impiantistici complessi).

Interventi

Il maggior guadagno atteso è certamente quello ottenibile dalla revisione o riqualificazione delle coperture intervenendo in modo radicale sulla stratificazione funzionale, ovvero rinnovando l'intero pacchetto funzionale intervenendo sia sulla massa superficiale della copertura che sulla sua prestazione di isolamento e tenuta, riportando in tutti i casi la finitura chiara originale come elemento utile alla riduzione del carico termico estivo ed elemento unificante dell'immagine architettonica.

Sulle coperture è auspicabile intervenire, dove tecnicamente possibile, con una riqualificazione integrale del pacchetto di copertura con prescrizione di un isolamento massivo al fine di allinearsi con le specifiche della normativa vigente, prevenendo una prestazione di esercizio sicuramente migliorativa, al fine di compensare gli interventi limitati sulle PPV.

Per gli infissi è consigliabile prevedere una campagna di sostituzione e rinnovo graduale, in relazione allo stato di degrado funzionale, alle potenziali interferenze con la funzionalità ordinaria degli spazi, al fine di ottenere una uniformazione tecnologica e formale dei serramenti installati, livelli omogenei di prestazione sia in termini di isolamento termico che acustico e una ottimale interazione con il sistema di schermature interne da rinnovare/integrare.

Per le vetrate è consigliabile prevedere, in reazione all'orientamento delle facciate, stratificazioni funzionali che prevedano il controllo della radiazione solare per ridurre gli apporti solari estivi. L'adeguamento del sistema degli infissi ai limiti di legge per il rispetto dei requisiti acustici passivi oltre a garantire un sostanziale miglioramento della qualità d'uso e della salubrità degli spazi interni, soprattutto in prossimità di assi viari a grande intensità di traffico, garantisce il raggiungimento di prestazioni di isolamento termico molto al di sopra di quanto richiesto dalle attuali normative in materia, permettendo di raggiungere prestazioni superiori comportando un notevole guadagno in termini di efficienza complessiva del sistema.

Per tali interventi occorre seguire le Linee guida per l'efficienza energetica su edifici storici emanate dal Ministero per i Beni Architettonici e Culturali MiBACT e da AiCARR (vedi paragrafo 5.4.1.6).

5.4.1.6 Il ruolo di Sapienza per la conservazione dei beni culturali a Roma

Sapienza, attraverso la sua Scuola di Specializzazione in Restauro dei Monumenti, ha negli anni partecipato alla definizione teorica di restauro, raggiungendo un elevato livello di rigore storico-critico, secondo il quale il restauro non è cieco alle ragioni d'una "lecita modificazione" del bene né alla dialettica conservazione-sviluppo, pur con una declinazione critico-conservativa.

Tale riflessione ha chiarito che il restauro si rivolge a beni di riconosciuto valore culturale, storico o artistico ed al loro tessuto connettivo, urbanistico, territoriale, paesistico in una visione integrata ("conservazione integrata"). Sapienza applica tale metodologia sulla base dell'ampia presenza multidisciplinare, unico modo capace di riconoscere l'impossibilità d'una vera conservazione senza la riutilizzazione del bene.

Sapienza ha affrontato sul campo uno studio accurato delle relazioni fra restauro (derivato da ragioni di memoria e di cultura), riuso, riqualificazione e adeguamento funzionale (mosso invece da ragioni soprattutto economiche e d'uso), fondato su una preventiva analisi storico-critica del

manufatto. In tale ambito Sapienza per prima ha studiato la nuova frontiera dell'efficienza energetica come fondamentale componente della buona ed economica gestione degli edifici storici, dunque una ragione aggiuntiva in favore della loro fruibilità. L'assunzione del concetto di efficienza energetica quale utile strumento di tutela e di buona gestione dei beni architettonici è un valore aggiunto che Sapienza può fornire alla città e al Paese.

Dal punto di vista della formazione, Sapienza ha riconosciuto che nel restauro le competenze culturali e professionali giocano un ruolo determinante, che si estende dall'architetto e dall'ingegnere - progettista, direttore dei lavori o consulente specialistico - fino alle imprese appaltatrici ed alle loro maestranze, ed in tal senso ha orientato i propri corsi di studio. Particolare attenzione viene già ora assegnata alla formazione della committenza, tanto pubblica quanto privata, con la consapevolezza che solo una committenza intelligente potrà imprimere all'iniziativa di restauro la giusta direzione, con la necessità d'un approccio progettuale "integrato".

Uno dei documenti prodotti in collaborazione con il MiBACT in questi ultimi anni (2015) riguarda *Le Linee di Indirizzo per l'Efficienza Energetica dei Beni Culturali*.

Le Linee di Indirizzo per l'Efficienza Energetica dei Beni Culturali forniscono indicazioni per la valutazione e per il miglioramento della prestazione energetica degli edifici storici, nel pieno rispetto dei valori che questi esprimono e con riferimento alla più recente legislazione in materia. La Guida è destinata sia ai progettisti che alle soprintendenze. Ai primi fornisce uno strumento per la diagnosi energetica dell'edificio storico e propone uno schema per il progetto degli eventuali interventi di riqualificazione energetica, concettualmente analogo a quello previsto per le costruzioni non tutelate, ma opportunamente calibrato sulle esigenze e sulle peculiarità del patrimonio culturale. Alle istituzioni preposte alla tutela fornisce invece la possibilità di formulare, nel modo più oggettivo possibile, il giudizio finale sul livello di efficienza energetica conseguito a seguito dell'intervento di recupero nel rispetto dei criteri di conservazione.

Va considerato che ogni qualvolta si debba intervenire in un contesto di beni tutelati o, comunque, di valore culturale, le operazioni da svolgersi rientrano nell'ambito del restauro e le finalità prioritarie sono quelle della *conservazione* e della *trasmissione al futuro* (*Carta del restauro M.P.I., 1972*) di tali beni nelle migliori condizioni possibili.

Anche gli interventi di efficienza energetica devono perseguire tale finalità, il che significa considerare l'efficienza energetica uno strumento di tutela, piuttosto che un processo di riqualificazione in contrapposizione con le esigenze di conservazione. Ne deriva che le scelte progettuali devono essere effettuate all'interno di un effettivo confronto con gli esperti di conservazione. In questo senso sono di prezioso aiuto i criteri contenuti all'interno della Carta del Restauro di Venezia [1964]: compatibilità, minimo intervento, reversibilità, distinguibilità, autenticità espressiva, durabilità e rispetto della materia originale.

Il documento vuole fornire un approfondimento sul tema del rapporto fra restauro e impianti che ancora oggi risulta poco esplorato dal punto di vista teorico, sicuramente meno, ad esempio, del corrispondente rapporto fra restauro ed esigenze di piena accessibilità, o anche fra restauro e opere di consolidamento strutturale.

Anche in questo caso, come per il consolidamento strutturale, occorre però accettare di effettuare un radicale ripensamento concettuale, che si riflette in un nuovo approccio metodologico.

Partendo da quella stessa esperienza che anni addietro ha proposto un dibattito sui problemi interni al processo storico-critico ed al procedimento scientifico-tecnico per le opere di consolidamento connesse negli interventi di restauro, e che ha condotto all'introduzione di una riconosciuta e rigorosa unità di metodo, si vuole proporre questa stessa unità di metodo al tema dell'efficienza energetica di un bene culturale. Emerge infatti anche in questo ambito la necessità di ricomprendere il tema degli impianti nell'alveo del restauro e dei suoi ben noti criteri fondamentali: minimo intervento, reversibilità, compatibilità.

A questo proposito nelle Linee di Indirizzo viene proposto il concetto di "miglioramento" contrapposto a quello di "adeguamento" (alle norme e alle richieste, anche di sicurezza e di *comfort*, attuali), elaborato sulla linea di una "conservazione integrata" (*Carta europea del patrimonio architettonico e Dichiarazione di Amsterdam*, 1975).

Si può proporre di *migliorare* la rispondenza energetica di un edificio storico con accorgimenti appropriati e ben calibrati in funzione di una appropriata integrazione architettonica o paesaggistica. Ciò significa che spesso ci si dovrà accontentare di una integrazione architettonica parziale, invece che totale, come sarebbe auspicabile per gli edifici di nuova costruzione. Il livello di integrazione richiesto deve essere quello in cui gli interventi proposti sono tali da non stravolgere il bene stesso, cosa che invece accade quando ci si ponga l'obiettivo di "adeguarlo" alle norme ed alle esigenze odierne, come se si trattasse di un edificio nuovo. Miglioramento significa effettuare interventi che riducono l'indice di energia primaria dell'edificio considerato, sulla base anche di quanto indicato da AiCARR¹³.

Alla base della metodologia proposta deve essere presente un approccio interdisciplinare, di cui vengono articolati ordinatamente i passi salienti, dai principi generali alla conoscenza dei contesti, dall'analisi dei sistemi impiantistici alla valutazione della qualità ambientale e dei rischi degli edifici storici, alla individuazione delle proposte di intervento relative sia all'edificio che all'impianto.

Per l'applicazione di tali principi, si deve fare riferimento alla normativa esistente con metodologie a carattere non vincolante che, vista la natura di evoluzione nel tempo, potranno e dovranno essere soggette a revisioni e aggiornamenti.

5.4.1.7 Edifici moderni esterni alla città universitaria (1950-1980 sino al 2000)

Gli edifici ricadenti in questa categoria sono localizzati sia nel quadrante urbano Tiburtino - San Lorenzo che in altre aree del centro storico e dei quartieri Salario e Flaminio.

Si tratta di edifici caratterizzati da impianti di media dimensione, planimetricamente articolati in relazione alla specificità funzionale delle attività contenute. Questi edifici hanno due tipi di destinazioni differenti che ne caratterizzano fortemente la configurazione, la qualità costruttiva e la dimensione; a questa categoria appartengono alcuni edifici progettati per ospitare spazi di ricerca, istituti, dipartimenti o sedi di facoltà (es. Facoltà di Economia e Commercio 1961-68), generalmente di grandi dimensioni, e altri edifici acquisiti dall'Ateneo, ma non progettati originariamente per funzioni accademiche specifiche e quindi successivamente adattate (Sede Facoltà di Architettura di Via Gianturco).

Al primo gruppo appartengono edifici realizzati nella seconda fase espansiva della Sapienza a partire dagli anni '50. Come i coevi edifici della città universitaria, sono realizzati con struttura

¹³ AiCARR, Guida sull'efficienza energetica negli edifici storici, 2014

discontinua, in calcestruzzo armato o acciaio, completati con sistemi di chiusure a cortina passante realizzate con tecnologie e sistemi di facciata di differenti. Le chiusure trasparenti e i sistemi di infisso sono realizzati prevalentemente con serramentistica in metallo (alluminio o acciaio) con prestazioni generalmente non in linea con gli attuali parametri di isolamento acustico e termico. Il sistema delle chiusure è integrato con le schermature, ma spesso ha più funzione di oscuramento che di controllo solare e del comfort visivo attenzionale.

Tutti gli edifici sono con copertura piana praticabile o semplicemente accessibile con finitura in pavimentazione allettate di colore grigio chiaro, ad esclusione di alcuni casi particolari riscontrabili in corrispondenza alle coperture di alcuni spazi di grande dimensione, grandi aule o grandi spazi comuni, in cui la copertura è a geometria continua suborizzontale, attualmente con finitura realizzata con guaine bituminose con autoprotezione minerale o chimica.

Al secondo gruppo appartengono edifici originariamente destinati ad ufficio, poi adattati all'uso universitario; le caratteristiche tecnico costruttive sono simili a quelle del primo gruppo, ma sono generalmente caratterizzati da volumetrie più compatte, da quote di interpiano minori rispetto agli edifici universitari.

Questi edifici sono tutti caratterizzati dalla presenza di elementi di impianto estranei e successivi all'impianto originale posti impropriamente in facciata e in copertura; in molti casi questi dispositivi stanno creando problemi alla durabilità del sistema delle chiusure e delle schermature ad esso integrato.

Anche tra gli edifici esterni alla Città Universitaria, soprattutto nei complessi edilizi più rilevanti per dimensioni (Facoltà di Economia, Ingegneria e Architettura) sono presenti alcuni edifici utilitari di piccola dimensione, realizzati con tecnologie prefabbricate ormai arrivate a livelli di obsolescenza tali da rendere interventi di rinnovo antieconomici; si tratta spesso di piccoli laboratori o aule, per cui alla luce del generale ridimensionamento del carico delle attività didattiche potrebbe essere consigliabile la demolizione e la ricostruzione, o la rilocalizzazione delle attività contenute in spazi più idonei (Laboratori Dipartimento Ingegneria strutturale e Geotecnica di Via Gramsci, aule delle Facoltà di Ingegneria ed Economia in via Scarpa, Laboratori di Informatica "Paolo Ercoli" su via Tiburtina).

Criticità/Opportunità intervento

I punti deboli di questi edifici su cui si rende necessario intervenire sono certamente il sistema delle chiusure verticali e delle coperture.

Questi edifici, come quelli all'interno della Città universitaria, sono stati diffusamente interessati da interventi edilizi per successive ottimizzazioni funzionali richieste dal mutare negli anni del loro modello d'uso, che in molti casi hanno portato al negativo condizionamento della efficacia/efficienza degli elementi tecnici originariamente progettati.

In modo particolare sono stati condizionati negativamente da questi interventi gli accorgimenti progettuali originali per il controllo dei parametri ambientali (ventilazione naturale e illuminazione naturale), per cui al variare della configurazione degli spazi interni necessariamente sono seguiti anche interventi di adeguamento impiantistico per la correzione dei parametri ambientali (condizionamento, ventilazione, illuminazione).

L'inserimento in facciata e in copertura di nuove dotazioni impiantistiche oltre ad aver fortemente condizionato l'aspetto esterno delle chiusure, in molti casi sta compromettendo la continuità geometrica e funzionale dei sistemi di facciata, riducendone notevolmente l'efficienza in termini di tenuta all'aria e all'acqua e di isolamento termo-acustico.

Le coperture sono interessate da superfetazioni edilizie ed impiantistiche che hanno parzialmente compromesso l'integrità funzionale delle superfici e del sistema di smaltimento delle acque e compromesso il profilo volumetrico dei singoli edifici. Le numerose superfetazioni hanno in parte alterato anche l'efficienza tecnologica degli elementi influenzando negativamente sulla durabilità degli elementi stessi e delle stratificazioni funzionali.

Interventi

La natura non omogenea delle soluzioni tecnologiche caratterizzanti questo gruppo di edifici non permette una tipizzazione sintetica degli interventi da prevedere, ma è naturalmente possibile individuare una strategia di intervento migliorativa comune, da declinare secondo le specificità di ogni edificio. Tutti gli edifici sono stati progettati e realizzati precedentemente alle prime normative sulla gestione energetiche e soprattutto sono state realizzate con tecnologie di involucro con una massa frontale mediamente più bassa di quella degli edifici precedenti e con un profilo prestazionale non sufficiente in relazione alle specifiche di esercizio richieste dai quadri esigenziali attuali.

Le coperture dovranno essere verificate per valutarne lo stato di efficienza, di manutenzione, le prestazioni passive (isolamento termico e acustico), attrezzabilità potenziale (capacità/opportunità di integrazione di dispositivi impiantistici complessi).

Il maggior guadagno atteso è certamente quello ottenibile dalla revisione o riqualificazione delle coperture intervenendo in modo integrato con quanto necessario sul sistema degli impianti di climatizzazione degli edifici, proponendo il rinnovo completo della stratificazione funzionale, ovvero rinnovando l'intero pacchetto funzionale intervenendo sia sulla massa superficiale della copertura che sulla sua prestazione di isolamento e tenuta, riportando in tutti i casi una finitura chiara come elemento utile alla riduzione del carico termico estivo e del fenomeno dell'isola di calore.

Sulle coperture è auspicabile intervenire, dove tecnicamente possibile, con una riqualificazione integrale del pacchetto di copertura al fine di allinearsi con le specifiche della normativa vigente, prevedendo una prestazione di esercizio sicuramente migliorativa, al fine di migliorare le condizioni di esercizio del sistema edilizio nel suo complesso. Nei casi delle coperture continue suborizzontali realizzate con stratificazione compatta, è certamente consigliabile la valutazione di una stratificazione funzionale con isolamento massivo con manto di rivestimento microventilato.

Per il sistema delle chiusure è necessario procedere preliminarmente con una campagna di valutazione analitica delle prestazioni dei diversi sistemi di facciata utilizzati nei vari edifici.

Negli edifici in cui il sistema delle chiusure verticale non è realizzato con sistemi di facciata integrato, è consigliabile programmare una campagna di sostituzione graduale per tutti gli infissi realizzati prevalentemente in alluminio anodizzato privi di taglio termico e giunto aperto o in acciaio, in relazione allo stato di degrado funzionale alle potenziali interferenze con la funzionalità ordinaria degli spazi, al fine di ottenere una uniformazione tecnologico-prestazionale su valori nettamente migliorativi e conservando dell'immagine architettonica originale, attraverso una nuova serramentistica appositamente progettata per garantire livelli omogeni di prestazione, sia in termini di isolamento termico che acustico, e una ottimale integrazione con il sistema di schermature interne da rinnovare/integrare.

Per le vetrate è consigliabile prevedere, in relazione all'orientamento delle facciate stratificazioni funzionali che prevedano il controllo della radiazione solare per ridurre gli apporti solari estivi.

Anche in questo caso l'intervento di sostituzione degli infissi in alluminio anodizzato con infissi con prestazioni di isolamento termo acustico adeguato comporterebbe un incremento di prestazione.

Soprattutto in questa categoria di edifici, in cui le chiusure sono generalmente caratterizzate da grandi superfici vetrate, l'intervento coordinato sul rinnovo del sistema di involucro trasparente (serramenti e vetrate isolanti e a controllo solare) e sul sistema delle schermature interne e soprattutto esterne, è fondamentale non solo per la riduzione dei consumi energetici per la climatizzazione, ma anche per la razionalizzazione dei consumi elettrici per illuminazione.

Per gli edifici utilitari di piccola dimensione, realizzati con tecnologie prefabbricate ormai arrivate a livelli di obsolescenza tali da rendere interventi di rinnovo anti economici, potrebbe essere consigliabile la demolizione e la ricostruzione, o la rilocalizzazione delle attività contenute in spazi più idonei (es. "Aule Blu" di Botanica, laboratori e aule adiacenti Palazzina Tuminelli).

5.4.1.8 Edifici moderni esterni alla città universitaria (2000-2016)

Dagli anni 2000 in poi l'attività edilizia dell'Ateneo è ripresa gradualmente, realizzando o acquisendo alcuni nuovi edifici o complessi edilizi rinnovati profondamente (es. Ex Vetreria Sciarra, Centro Poste San Lorenzo, ecc.). Questi edifici realizzati già con criteri di gestione energetica integrata non richiedono interventi edilizi particolari, ma la loro gestione dovrà essere coordinata con le prescrizioni generali del piano ed eventualmente andranno programmati gli interventi utili all'integrazione dei dispositivi di controllo dei parametri ambientali ed energetici (BMS) che in questo contesto forse possono essere più velocemente e facilmente integrati che nelle altre categorie di edifici analizzati.

5.4.1.9 Interventi edilizi in corso e programmati (2016-2020)

L'Ateneo ha in programma alcuni rilevanti interventi edilizi di riqualificazione edilizia del patrimonio esistente (riqualificazione Edificio Servizi Generali, ecc.) e di realizzazione di nuovi interventi esterni alla Città Universitaria (Programma Borghetto Flaminio, Campus Via Osoppo, ecc.). Questi interventi dovranno vedere la progettazione integrata strettamente con i principi di questo PES, fin dalle fasi preliminari in modo da indirizzare le nuove realizzazioni secondo principi di efficacia ed efficienza energetica e di riduzione sostanziale delle emissioni, sia in fase di realizzazione che di esercizio. In tutti questi interventi le prescrizioni di cui agli Allegati A e B al PES devono costituire parte integrante degli elaborati progettuali posti a base di gara.

5.4.2 Climatizzazione: utilizzo di sistemi impiantistici ad alta efficienza

Per massimizzare l'efficacia degli interventi sull'involucro proposti (paragrafo 5.4.1), è necessario installare sistemi impiantistici ad alta efficienza, nelle singole parti e nel complesso, focalizzando l'attenzione sulle componenti che consentano i maggiori margini di riqualificazione.

In particolare, gli impianti di riscaldamento attualmente presenti hanno (generalmente) un rendimento medio stagionale che, in termini di energia primaria, può essere stimato pari a circa il 50%. Ciò significa che convertono in energia termica utile il 50% dell'energia termica in ingresso fornita sotto forma di combustibile.

I margini di miglioramento sono evidenti, concentrati nei sottosistemi di produzione, di distribuzione e di regolazione.

5.4.2.1 Allegato tecnico con le caratteristiche prestazionali degli interventi per l'efficienza energetica dei sistemi impiantistici

Al fine di perseguire gli obiettivi generali di:

- utilizzo razionale delle risorse energetiche e delle risorse idriche;

- riduzione dell'emissione di anidride carbonica e di altre sostanze inquinanti;
 - maggiore qualità dell'ambiente interno (termico, luminoso, acustico, qualità dell'aria);
- in linea con quanto previsto nei testi legislativi in tema di prestazione energetica nell'edilizia e di inquinamento ambientale, e in particolare le prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e all'efficacia sotto il profilo dei costi, occorre promuovere interventi edilizi volti a:
- ottimizzare le prestazioni energetiche ed ambientali dell'involucro edilizio e dell'ambiente costruito;
 - migliorare l'efficienza energetica del sistema edificio-impianti;
 - utilizzare fonti rinnovabili di energia;
 - contenere i consumi idrici;
 - utilizzare materiali bio-compatibili ed eco-compatibili.

Questi obiettivi sono perseguiti attraverso l'introduzione di prescrizioni e attraverso la definizione di livelli prestazionali minimi di qualità, sia per gli edifici di nuova costruzione, sia per gli edifici esistenti sottoposti a ristrutturazione o manutenzione straordinaria.

Nell'ambito della sostenibilità ambientale si definiscono le seguenti esigenze, raggruppate in tre classi:

A) QUALITÀ DELL'AMBIENTE INTERNO

- Benessere termico invernale
- Benessere termico estivo
- Qualità dell'aria interna
- Comfort visivo
- Comfort acustico
- Controllo dell'inquinamento elettromagnetico
- Uso di materiali bio-compatibili (non nocivi)

B) UTILIZZO RAZIONALE DELLE RISORSE

- Contenimento dei consumi energetici
- Utilizzo di fonti rinnovabili di energia
- Contenimento dei consumi idrici
- Uso di materiali eco-compatibili (riciccati o riciclabili, ridotta energia incorporata, dotati di certificazioni ambientali/ecolabels)

C) RIDUZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE

- Riduzione dell'emissione di gas serra
- Riduzione dell'emissione di inquinanti atmosferici
- Ridotta produzione e corretta gestione dei rifiuti solidi
- Ridotta produzione e corretta gestione dei rifiuti liquidi
- Contenimento dell'inquinamento acustico
- Contenimento dell'inquinamento luminoso
- Contenimento dell'impatto visivo

Nell'Allegato B sono riportate le caratteristiche prestazionali relative ai seguenti interventi:

- Installazione di caldaia a condensazione
- Installazione di pompa di calore
- Installazione di caldaia a biomasse
- Installazione valvole termostatiche
- Realizzazione di sistema di riscaldamento a pannelli radianti a pavimento

- Sostituzione del sistema di distribuzione
- Realizzazione di impianto solare termico
- Realizzazione di impianto solare fotovoltaico

5.4.2.2 Sottosistemi di regolazione e di distribuzione

La principale causa del basso rendimento degli impianti è imputabile al sottosistema di regolazione; gli impianti di riscaldamento siano in grado di seguire in maniera abbastanza fedele le evoluzioni della temperatura esterna. Ciò avviene grazie a dispositivi di misura presenti nelle centrali o nelle sottocentrali di edificio che adeguano la produzione di calore alla temperatura esterna.

Tuttavia gli impianti sono generalmente privi di dispositivi di misura della temperatura degli ambienti interni e dei conseguenti dispositivi locali di regolazione: la mancanza di tali dispositivi non consente di trarre beneficio dei notevoli apporti gratuiti rappresentati principalmente dalla presenza di persone.

Per larga parte dell'anno la presenza degli studenti in un'aula sarebbe sufficiente a compensare le dispersioni attraverso l'involucro, consentendo di mantenere l'impianto spento o fortemente parzializzato. Diversamente accade che si verificano dei surriscaldamenti con temperature interne che facilmente superano la temperatura ritenuta confortevole nella stagione invernale (20°C).

A livello pratico il miglioramento del sottosistema di regolazione comporta, in ciascun terminale (radiatore nella maggior parte dei casi), la sostituzione della valvola manuale con una valvola termostatica che regola automaticamente l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura impostata.

In abbinamento all'introduzione di sistemi locali di regolazione della temperatura dovranno essere previsti piccoli interventi di adeguamento del sottosistema di distribuzione consistenti nella sostituzione delle pompe di circolazione (a portata costante) con pompe di circolazione a portata variabile.

Si tratta di interventi facili da realizzare, circoscritti ai terminali dell'impianto e ai locali tecnici, che possono essere realizzati senza alcun disturbo alle normali attività dei locali coinvolti.

Il risparmio energetico ottenibile grazie alla realizzazione degli interventi sopra descritti può essere stimato pari al 4% dei consumi di riscaldamento.

5.4.2.3 Sottosistemi di produzione

Il raggiungimento di elevati valori di resistenza termica dell'involucro nella stagione invernale può consentire di massimizzare i vantaggi offerti da sistemi di produzione del calore a bassa temperatura. Tra i diversi sistemi di produzione del calore, dovranno essere considerati:

- caldaie a condensazione a gas;
- sistemi ibridi, con pompe di calore elettriche del tipo aria-aria, ad integrazione degli impianti di riscaldamento esistenti;
- sistemi a pompa di calore aria-acqua, in sostituzione di impianti esistenti, nelle zone sottoposte ad interventi di ristrutturazione importante.

Le pompe di calore potranno offrire anche il raffrescamento estivo in zone attualmente sprovviste; saranno ad alimentazione elettrica e pertanto dovrà essere verificata la disponibilità di potenza delle cabine MT/BT o delle forniture attualmente presenti.

La sostituzione dei generatori di calore con caldaie a condensazione è un intervento circoscritto alla centrale termica di edificio e vale solo per le SE.

L'introduzione di pompe di calore ad integrazione o in sostituzione degli impianti di riscaldamento esistenti, comportando l'installazione di terminali di impianto negli ambienti serviti, può arrecare disturbo alle normali attività lavorative e deve quindi essere programmata con cura; in ogni caso si tratta di piccoli interventi che potrebbero essere realizzati per gruppi di locali e con tempi non superiori a qualche giorno.

A livello energetico, il risparmio che si può ottenere dipende dalla particolare soluzione scelta.

L'introduzione di caldaie a condensazione offre un incremento del rendimento del sistema di produzione dell'ordine del 10-15%; dello stesso ordine di grandezza è il risparmio che si può ottenere, con tempi di ritorno che solitamente la letteratura stima non superiori ai 17 anni (calcolati in assenza di incentivi).

L'introduzione di pompe di calore elettriche condensate ad aria offre un incremento del rendimento del sistema di produzione dell'ordine del 30-40%; dello stesso ordine di grandezza è il risparmio energetico ed economico che si può ottenere, con tempi di ritorno che possono essere anche brevi. Inoltre, l'introduzione di pompe di calore condensate ad aria consente di utilizzare la risorsa rinnovabile aerotermica incrementando la quota di energia rinnovabile utilizzata.

5.5 Consumi energetici delle apparecchiature per uffici

Nel gruppo di prodotti "Apparecchiature per uffici" rientrano diverse tipologie di macchinari comunemente utilizzati negli uffici. Sono considerati i computer fissi e portatili, i monitor, le stampanti, le macchine fotocopiatrici e le cosiddette attrezzature multifunzione, quelle cioè che accorpano in un unico oggetto funzioni diverse come stampare, fotocopiare, inviare un fax o scansionare un documento. Tutte queste attrezzature sono accomunate dall'utilizzo di componenti elettronici e dalla necessità di energia elettrica per funzionare.

All'interno di Sapienza è stato stimato che i consumi elettrici di tali apparecchiature ammontano a circa 8 milioni di chilowattora, con un'incidenza del 20,2% sui consumi di energia primaria e del 19,8% sui costi di acquisto dell'energia.

Rappresentando una tale quota di consumo è evidente come la scelta di prodotti più efficienti potrebbe avere considerevoli ricadute sui consumi della Sapienza. Tale scelta potrà essere effettuata in maniera consapevole, in occasione di ogni acquisto o avvicendamento, dal momento che, nel settore delle apparecchiature elettriche ed elettroniche da uffici, esistono un gran numero di schemi di certificazione e di marchi ecologici, che si configurano come strumenti molto semplici ed efficaci per identificare le caratteristiche ambientali ed energetiche di un prodotto.

In via cautelativa, in virtù dell'enorme varietà di situazioni esistenti presso le strutture della Sapienza, si può immaginare un potenziale di risparmio del 20% agendo sulle apparecchiature per uffici. Altri benefici potrebbero arrivare dalla razionalizzazione gestionale dei servizi e delle apparecchiature, evitando la duplicazione di prodotti in strutture fisicamente prossime.

5.6 Consumi energetici per la preparazione di acqua calda sanitaria

La preparazione dell'acqua calda sanitaria, negli edifici della Sapienza, ha un'importanza limitata. Tuttavia, eventuali interventi volti alla riduzione dei consumi energetici connessi a tale uso possono essere realizzati con facilità e con tempi di ritorno sicuri.

Infatti, nella maggior parte dei casi, la preparazione di acqua calda sanitaria è realizzata con scaldabagni elettrici a resistenza, che spesso sono tenuti accesi in modo continuativo, lasciando al termostato dello scaldabagno la funzione di accensione/spengimento.

Un primo semplice intervento potrebbe essere rappresentato dall'introduzione di temporizzatori di accensione, programmati in maniera tale da accendere lo scaldabagno nelle fasce orarie di minor costo dell'energia elettrica. Un secondo intervento, che potrebbe riguardare le situazioni di maggior consumo, è la sostituzione degli scaldabagni a resistenza con scaldabagni a pompa di calore. In tal caso i risparmi sono considerevoli, con riduzione dei consumi energetici connessi a tale uso del 60%, grazie al deciso incremento del rendimento di produzione. I tempi di ritorno dell'investimento sono legati all'uso e possono essere molto brevi (2-3 anni) in condizioni di uso intenso; mediamente sono stati stimati pari a poco più di 4 anni.

5.7 Utilizzo di fonti di energia elettrica rinnovabile: impianti fotovoltaici

L'introduzione di impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica sulle coperture degli edifici può contribuire in maniera importante alla riduzione dei consumi elettrici.

E' già stato effettuato uno studio per l'introduzione di impianti fotovoltaici sugli edifici della Città Universitaria, volto a quantificare le possibilità di intervento, minimizzando l'impatto sugli edifici, con particolare riguardo agli edifici di pregio architettonico.

Alcuni impianti sono stati già realizzati ed alcuni sono in corso di realizzazione.

In particolare sono stati realizzati:

- Asilo Nido - Potenza di picco 6 kW e producibilità stimata pari a 7.200 kWh;
- Servizi Generali – Potenza di picco di 30,9 kW e producibilità stimata pari a 37.000 kWh.

Sono in corso di realizzazione:

- Rettorato – Potenza di picco 160 kW e producibilità stimata pari a 218.620 kWh;
- Lettere e Matematica potenza di picco 109,5 kW e producibilità stimata pari a 142.620 kWh.

Dallo studio effettuato risulta poi la possibilità di realizzare:

- nella Città Universitaria impianti con potenza di picco complessivamente pari a 289,4 kW e producibilità stimata pari a 377.490 kWh;
- presso le Sedi Esterne impianti con potenza di picco complessivamente pari a 504,3 kW e producibilità stimata pari a 663.620 kWh.

Tabella 5.2 – Impianti fotovoltaici all'interno della Città Universitaria.

Codice impianto	Ubicazione	Potenza di picco	Località	Ore equivalenti	Producibilità
		[kW]		ore	[kWh]
CU03	Geologia	52,2	Roma	1306	68173,2
CU05	Fisica VE	43,2	Roma	1306	56419,2
CU06	Chimica VE	33,2	Roma	1306	43359,2
CU07	Igiene	17,3	Roma	1306	22593,8
CU08	Ortopedia	33,2	Roma	1306	43359,2
CU09	Diritto privato	10,4	Roma	1306	13582,4
CU10	Chimica Farmaceutica	15,5	Roma	1293	20041,5
CU11	Botanica/Genetica	25,9	Roma	1306	33825,4
CU12	Farmacologia	12,0	Roma	1306	15672
CU13	Fisiologia Generale	19,8	Roma	1306	25858,8
CU14	Fisiologia Umana	26,7	Roma	1296	34603,2

Tabella 5.3 – Impianti fotovoltaici per le sedi esterne.

Codice impianto	Ubicazione	Potenza di picco	Località	Ore equivalenti	Producibilità
		[kW]		ore	[kWh]
SE01	Via Borelli	24,2	Roma	1306	31605,2
SE02	Via C. Fea	14,2	Roma	1306	18545,2
SE03	Via Gramsci	19,4	Roma	1306	25336,4
SE04	Via Gianturco	16,4	Roma	1306	21418,4
SE05	Via Scarpa (Zona ABC)	43,5	Roma	1306	56811
SE06	Via Scarpa (Aule L)	23,3	Roma	1306	30429,8
SE07	Via Regina Elena	15,5	Roma	1217	18863,5
SE08	C. Laurenziano (Econ.)	71,2	Roma	1306	92987,2
SE09	C. Laurenziano (Merc.)	16,8	Roma	1306	21940,8
SE10	Via Eudossiana	28,0	Roma	1306	36568
SE11	Via Salaria 851	113,1	Roma	1306	147708,6
SE12	C.so della Repubblica (LT)	28,1	Latina	1356	38103,6
SE13	Via XXIV Maggio (LT)	19,4	Latina	1361	26403,4
SE14	Via A. Doria (LT)	71,2	Latina	1361	96903,2

La quota di energia elettrica rinnovabile da produzione locale, sulla base dei dati sopra esposti, rispetto ai consumi elettrici attuali, risulta:

- pari allo 0,05% allo stato attuale;
- pari allo 0,41% al completamento degli impianti fotovoltaici programmati (2018);
- pari all'1,47% al completamento di tutti gli impianti fotovoltaici studiati (2030).

Le stime al 2018 e al 2030 sono solo indicative in quanto non considerano la diminuzione dei consumi elettrici attuali a seguito delle azioni di efficienza energetica previste. Per avere il dato corretto si veda il paragrafo 5.19; tale dato concorre insieme alla quota di rinnovabile termica al raggiungimento dell'obiettivo FER al 2030 espresso nel Capitolo 3.

5.8 Utilizzo di fonti di energia termica rinnovabile

Il settore delle fonti energetiche rinnovabili di tipo termico include le bioenergie (impiegate per riscaldamento o cogenerazione), il solare termico, impiegato principalmente per la produzione di acqua calda sanitaria, la risorsa geotermica per riscaldamento e le pompe di calore per servizi di riscaldamento e preparazione dell'acqua calda sanitaria (attraverso l'impiego dell'energia rinnovabile aerotermica, idrotermica o geotermica).

L'utilizzo delle rinnovabili termiche da parte della Sapienza è limitato ad oggi all'utilizzo della risorsa aerotermica attraverso pompe di calore, per il riscaldamento degli ambienti.

Tale uso incide per circa il 7% degli usi elettrici complessivi (circa 2.600.000 kWh) e comporta l'impiego della risorsa rinnovabile aerotermica; in prima approssimazione assumendo un COP delle pompe di calore pari a 3 si può stimare un impiego di circa 1.300.000 kWh di energia aerotermica rinnovabile.

Una più ampia diffusione delle pompe di calore, in sostituzione dei generatori a combustione, può decisamente contribuire ad incrementare la quota di energia rinnovabile impiegata dalla Sapienza.

Viste le caratteristiche degli edifici della Sapienza e la loro collocazione, senz'altro più agevole risulta l'installazione di pompe di calore ad aria.

L'impiego di pompe di calore geotermiche risulta invece molto più interessante dal punto di vista scientifico e più efficace in termini di risparmio energetico, soprattutto se si considera anche il funzionamento estivo per il raffrescamento e la climatizzazione degli ambienti.

Gli impianti geotermici per la climatizzazione utilizzano il calore contenuto nel terreno o nelle falde acquifere senza la necessità che esso sia disponibile a temperature elevate, come invece accade per gli impianti di produzione di energia elettrica. Ciò permette di poter applicare questa tecnologia ovunque.

A profondità maggiori di 10-12 m dalla superficie terrestre, la temperatura del terreno non risente di variazioni climatiche giornaliere e stagionali, rimanendo praticamente costante durante tutto l'arco dell'anno con un valore pari alla temperatura media del sito considerato (12-14°C in Italia centrale). Un sistema che utilizza le pompe di calore permette di sfruttare questa proprietà del terreno, utilizzandolo quindi come serbatoio termico:

- in inverno il terreno fornisce calore per riscaldare un determinato ambiente;
- d'estate assorbe il calore estratto da quello stesso ambiente per il suo raffrescamento.

Lo stesso può essere fatto utilizzando acqua di falda, anch'essa caratterizzata da una temperatura all'incirca costante durante tutto l'anno. Tuttavia, non è necessario avere a disposizione una falda acquifera o raggiungere profondità eccessive per alimentare un impianto geotermico a pompa di calore. Infatti, nei primi metri di profondità dalla superficie terrestre (1-4 m), il terreno risente delle variazioni climatiche stagionali con un certo ritardo: quindi, d'inverno la sua temperatura (a quella profondità) è superiore a quella media dell'ambiente esterno, mentre d'estate è inferiore. Questo può essere sfruttato ancora da un sistema a pompa di calore.

Indipendentemente dalla profondità e dal tipo di fonte di calore utilizzato, gli impianti geotermici a pompa di calore sono piuttosto semplici, molto affidabili e richiedono pochissima manutenzione.

Date le basse temperature necessarie, le relativamente basse profondità da raggiungere, la diversità delle fonti termiche utilizzabili (terreno o acqua di falda), e le diverse configurazioni disponibili (a sonde verticali o orizzontali), fanno sì che lo sfruttamento della geotermia a bassa entalpia attraverso pompe di calore sia applicabile praticamente ovunque, con interventi realizzabili anche su edifici già esistenti. L'economicità dell'investimento risulta maggiore o minore a seconda delle proprietà termiche dei materiali naturali attraversati dalle sonde geotermiche.

La quota di energia termica rinnovabile, sulla base dei dati sopra esposti, rispetto ai consumi termici attuali, risulta pari al 3,8%.

5.9 Introduzione di sistemi di automazione degli edifici-impianti

Per la definizione di un programma di implementazione a medio termine di un sistema di controllo attivo che gestisca in modo armonizzato tutte le utenze del corpo edilizio universitario si fa di seguito riferimento alla normativa CEN UNI EN15232, che classifica i sistemi di Building Automation (il cui acronimo maggiormente utilizzato è BEMS Building Energy Managements System).

L'implementazione di un sistema BEMS risponde all'esigenza strategica mettere in atto strategie per il perseguimento dell'Efficienza Energetica Attiva, terminologia nella quale l'aggettivo "Attiva" sta ad indicare una gestione energetica che sia efficiente non solamente in termini nominali, ma soprattutto sia efficiente al variare delle condizioni di base dell'edificio (quindi in funzione di affollamento, temperatura esterna, luminosità naturale, ecc.). Il comportamento energetico di ogni edificio è infatti caratterizzato, ora per ora ed istante per istante, da parametri dinamici che i

tradizionali sistemi di gestione a punto fisso non riescono a tenere in considerazione, generando inefficienza. Tali parametri dinamici sono essenzialmente tre: comportamento termico, utilizzazione dell'edificio e intermittenza dell'utilizzo degli impianti dell'edificio stesso.

I dispositivi che compongono un BEMS, e che quindi devono garantire la possibilità di monitorare e controllare il funzionamento dei tre parametri dinamici sopradescritti, devono essere in grado di controllare (almeno) riscaldamento, raffreddamento, ventilazione meccanica, produzione di ACS, illuminazione, schermature solari, con rilevamento dei consumi istantanei.

Nella norma tecnica citata, nella quale si specificano le prestazioni funzionali di tali sistemi, i sistemi BEMS vengono classificati in funzione del loro grado di impatto sui consumi, indicando 4 classi (di cui la classe A è la più performante).

In considerazione del fatto che il DM 26 giugno 2015 Requisiti Minimi, recante «Attuazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici», determina che tutti i nuovi edifici della Pubblica Amministrazione con permesso edilizio posteriore al 1 Gennaio 2019 dovranno prevedere sistemi BEMS almeno classificati in classe B, si determina nel presente piano strategico la necessità di adeguare tutti i sistemi di gestione del parco edilizio almeno alla classe C “STANDARD” identificata dalla CEN UNI EN15232.

Si specifica inoltre che dovrà essere implementato un sistema di telecontrollo universale che riesca a raccogliere i dati di tutti i singoli sistemi BEMS. Da tale sistema di telecontrollo verranno analizzati i dati nell'ottica di miglioramento continuo dei set-point dinamici dei singoli sistemi.

La soluzione tecnologica sarà costituita da elementi hardware (HW), software (SW) e da sensori, in grado di analizzare e controllare on-line ed in tempo reale l'efficienza di centrali termiche, centrali frigorifere, pompe di calore, unità di trattamento dell'aria ad altri impianti di trasformazione dell'energia. L'esigenza di ottenere dati oggettivi e continui per valutare il reale stato degli impianti, programmare la necessaria manutenzione ordinaria e gli eventuali interventi di “efficientamento”, potendo finalmente disporre di una sicura base-dati costituita da misure oggettive, è valido presupposto per ogni valutazione e decisione riguardante gli impianti in osservazione. Conoscere il reale rendimento medio stagionale di una centrale termica e le effettive inefficienze occorse nel suo funzionamento, permette all'Amministrazione di stabilire gli eventuali interventi più opportuni ed i relativi tempi effettivi di ritorno dell'investimento.

Tali tipologie costituiscono la piattaforma per le procedure e gli obblighi normativi derivanti dalle esigenze di Diagnosi Energetica (Dlgs 102/2014) oltre che per semplici controlli nella gestione degli impianti. I dati raccolti in continuo costituiscono un valido supporto operativo di base-dati per l'EGE (Esperto in Gestione dell'Energia), in accordo con le Linee Guida ENEA, l'Energy Manager, le ESCo (Energy Service Company). Tra i parametri raccolti ed elaborati in continuo dalla piattaforma figurano la storicizzazione dei dati, la tracciatura automatica della firma energetica del sistema edificio-impianto, i diagrammi dell'andamento dell'efficienza nel tempo, l'andamento temporale dei consumi elettrici e termici, la mappa oraria di distribuzione dell'energia consumata con indicazione dei valori anomali riscontrati, l'indicazione dei livelli di produzione energetica nel tempo.

Un livello ulteriore di sviluppo del sistema, è costituito dalla opzione di controllare il sistema edificio-impianto in base ai dati predittivi meteo (temperatura, umidità relativa, velocità del vento e irraggiamento solare), e continuamente aggiornati, con la possibilità di ottenere significative diminuzioni dei tempi di accensione delle Centrali Termiche con conseguenti risparmi gestionali.

Tutto ciò per:

- Perseguire gli obiettivi indicati nella Direttiva 2012/27/UE sulla efficienza energetica e della relativa legislazione attuativa del Dlgs 102/2014, in conformità all'Allegato 2 (“audit di qualità basati su dati operativi relativi al consumo di energia, aggiornati, misurati e tracciabili”), alle Linee Guida ENEA ed AiCARR per l’Audit, il Monitoraggio Energetico e l’Efficientamento continuo dei soggetti obbligati
- Ottemperare ai contenuti del documento ENEA “Elementi su come elaborare la documentazione necessaria al rispetto degli obblighi previsti nell’art. 8 del Dlgs 102/2014 in tema di diagnosi energetica”
- Effettuare la Diagnosi Energetica obbligatoria in tutti i casi di sostituzione dei Generatori > 100 kW (art. 4 del DPR 59/2009)
- Facilitare la progettazione della riqualificazione ad Edifici nZEB, secondo la Direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell’edilizia e della legislazione attuativa, costituita dal DL 63/2013 e dalla L 90 del 3/8/2013, per tutti i casi di “ristrutturazioni importanti di primo e secondo livello”
- Supportare il perseguimento della strategia STREPIN “Strategia per la riqualificazione energetica del parco immobiliare nazionale”, del piano d’azione PANZEB “Piano d’azione nazionale per incrementare gli edifici a energia quasi zero” e del PREPAC “Programma di riqualificazione energetica della Pubblica Amministrazione centrale”, così come stabilito dal Dlgs 102/2014
- Guidare le decisioni di investimento nella riqualificazione, supportando le stime dei risparmi energetici attesi
- Monitorare lo stato effettivo di funzionalità degli impianti ai fini della programmazione manutentiva
- Coadiuvare la realizzazione ed il mantenimento dei Sistemi di Gestione dell’Energia secondo UNI CEI EN ISO 50001, in base ai principi del miglioramento continuo dell’efficienza.

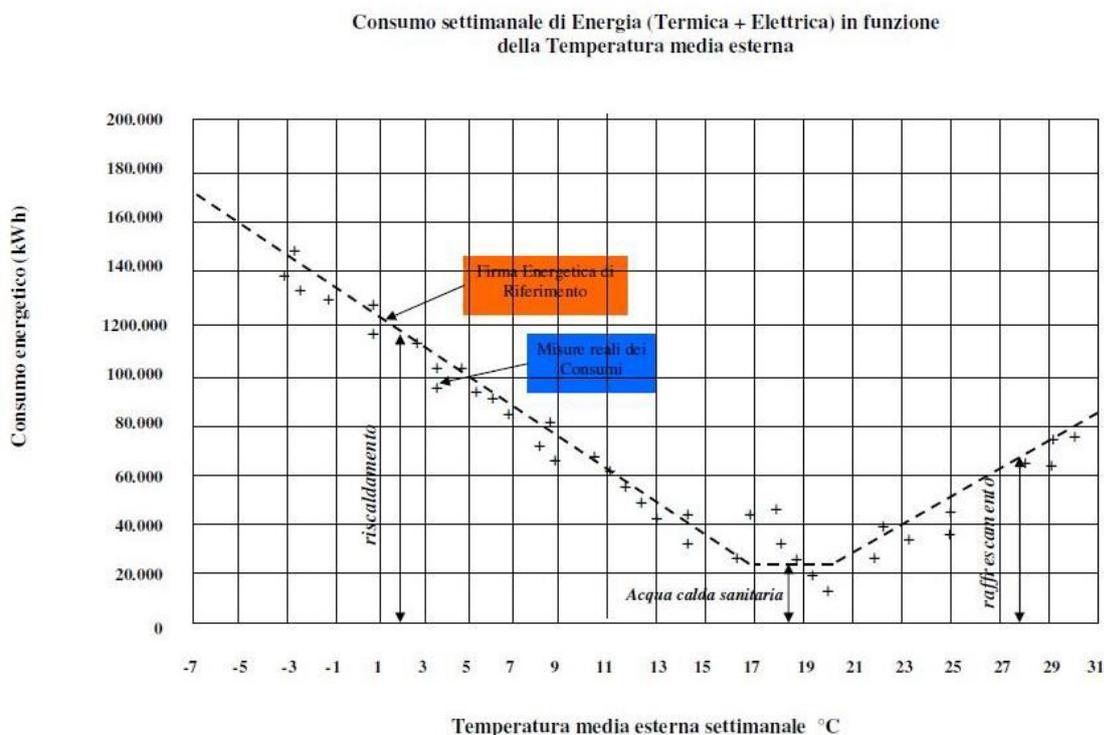


Figura 5.3 – Andamento dei consumi energetici in funzione della temperatura esterna.

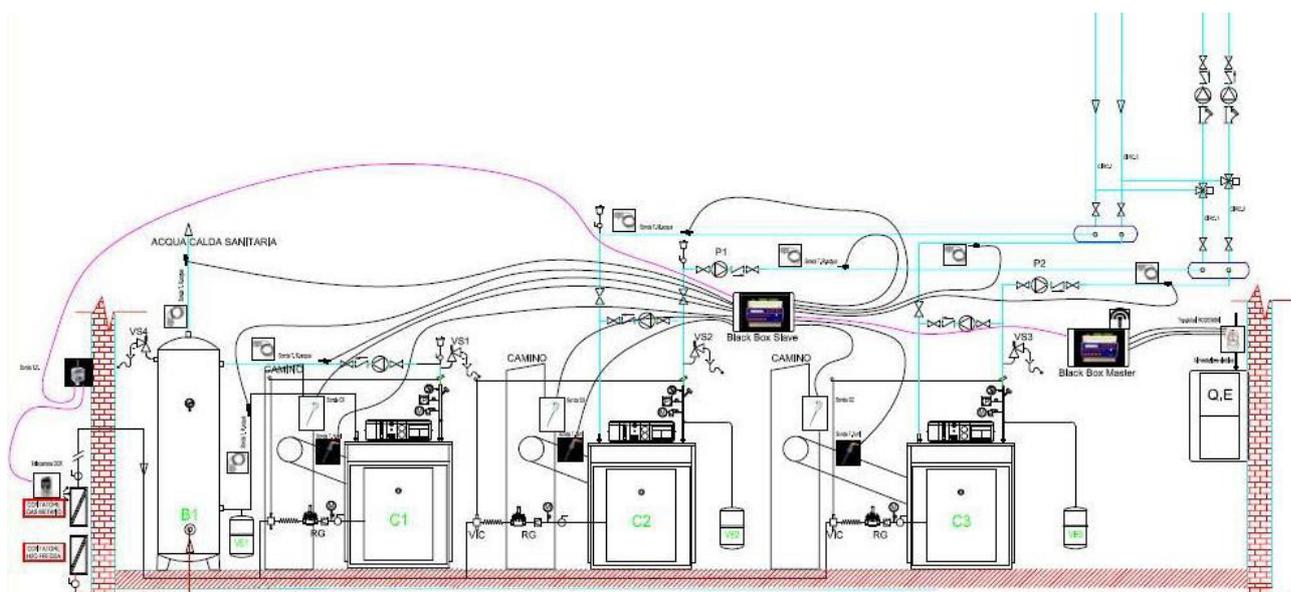


Figura 5.4 – Esempio di strumentazione di una centrale termica.

5.10 La Sapienza come aggregatore di utenze

Il sistema elettrico italiano sta evolvendo verso un mix di generazione più decentrata e caratterizzata da una minore prevedibilità e controllabilità, soprattutto a seguito della massiccia integrazione delle fonti energetiche rinnovabili. Per abilitare l'integrazione su larga scala delle energie rinnovabili, al fine di procedere alla de-carbonizzazione dei sistemi elettrici senza mettere in pericolo la sicurezza degli approvvigionamenti, è necessario che sia fornita una maggiore flessibilità dal lato della domanda, attraverso programmi di *demand response* (DR), che prevedono l'introduzione di una nuova figura di utente/consumatore, che aggregando consumi elettrici diversi possa fornire al sistema la flessibilità necessaria in particolari condizioni di criticità delle rete.

L'aggregatore somma le diverse flessibilità dei consumatori per costruire un servizio di DR affidabile e può negoziare accordi anche con consumatori di categorie diverse (industriali, commerciali, residenziali; per massimizzare i vantaggi dell'aggregazione è necessaria una certa diversità del portafoglio aggregato), creando un carico controllabile complessivo, fatto di tante piccole utenze, e vendendolo come una singola entità.

Per questo obiettivo l'aggregatore deve:

- identificare e selezionare potenziali gruppi di consumatori che vogliono vendere la propria flessibilità; per fare questo in modo efficiente, l'aggregatore deve avere una buona conoscenza dei propri consumatori in modo da poterli classificare e dividere in base al profilo di consumo e alla disponibilità a modificare il proprio consumo energetico;
- identificare e selezionare la distribuzione geografica dei propri consumatori; avere un volume minimo di consumatori per ogni data zona geografica consente di sviluppare un'attività sostenibile sia tecnicamente che economicamente.

Il servizio di DR può essere di tipo esplicito o di tipo implicito.

Negli schemi di DR di tipo esplicito (incentive-based) il carico aggregato è scambiato nei mercati dell'energia elettrica, unitamente a servizi analoghi sul lato dell'offerta, e riceve gli stessi prezzi. Di solito questo avviene all'interno dei mercati di bilanciamento; i consumatori ricevono pagamenti

diretti per cambiare il loro consumo a seguito di una richiesta, che in genere è innescata dall'attivazione di servizi di bilanciamento, di differenze nei prezzi dell'energia elettrica o di un vincolo sulla rete. I consumatori possono guadagnare dalla loro flessibilità nel consumo di energia elettrica singolarmente o contraendo attraverso un aggregatore.

Negli schemi di DR di tipo implicito (prices-based) i consumatori che hanno scelto di essere esposti a prezzi variabili nel tempo dell'energia elettrica o delle tariffe di rete (o entrambi) reagiscono a queste differenze di prezzo a seconda delle proprie possibilità e dei propri vincoli (senza impegno).

È importante notare che i due schemi di Demand Response non sono l'uno il sostituto dell'altro. I consumatori possono partecipare alla DR esplicita attraverso un aggregatore, e, allo stesso tempo, partecipano anche al programma di DR implicita, attraverso tariffe più o meno dinamiche. I requisiti e vantaggi di ciascuno sono diversi e si possono sommare, dal momento che i due schemi hanno scopi diversi all'interno dei mercati e sono valutati in modo diverso. Mentre i consumatori in genere ricevono una bolletta più bassa in un sistema di tariffazione dinamica, ricevono un pagamento diretto per la partecipazione a un programma di DR esplicita.

In altri termini, la DR esplicita fornisce uno strumento operativo valido e affidabile per i gestori del sistema di regolare il carico e di risolvere i problemi operativi. Diversamente, la DR implicita non è uno strumento operativo, ma piuttosto permette ai consumatori di beneficiare di fluttuazioni di prezzo nei mercati all'ingrosso dell'energia nella misura in cui sono disposti e in grado di farlo. Inoltre, un programma di tariffazione dinamica non consente a un consumatore di partecipare al mercato di bilanciamento, che attualmente rappresenta una grossa fonte di reddito e non offre servizi di dispacciamento utili al Gestore della Rete di Trasmissione e al Distributore. D'altra parte, la DR esplicita non ha la stessa portata di mercato di un programma di tariffazione dinamica. Entrambe le forme risultano pertanto utili e consentono ai consumatori di partecipare a pieno titolo ai mercati e di trarre beneficio dalla loro flessibilità.

La DR implicita richiede adeguate tecnologie di comunicazione e di misurazione per ogni consumatore, strutture di fatturazione da parte del rivenditore e meccanismi di feedback e di comunicazione per i consumatori. La DR esplicita richiede adeguate regole di partecipazione al programma, adeguate tecnologie di comunicazione e di misurazione, e la creazione di processi standardizzati tra il Responsabile del Servizio di Bilanciamento e gli aggregatori indipendenti.

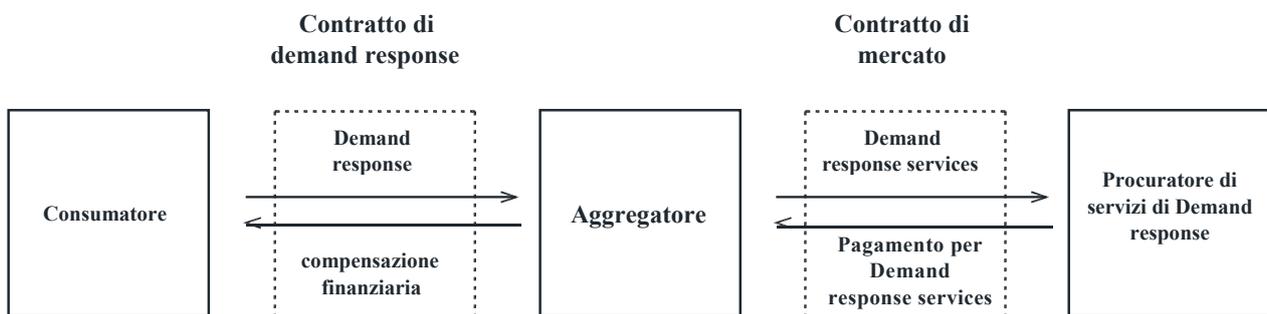


Figura 5.5 - Interazione tra consumatori, intermediari e procuratori di servizi di demand response.

La Sapienza, essendo un grosso consumatore di energia elettrica e avendo diversi centri di consumo, potrebbe svolgere la funzione di aggregatore, fornendo al sistema flessibilità e usando la flessibilità per ottimizzare le proprie attività.

Il beneficio che la Sapienza potrebbe ottenere come aggregatore è quello derivante dalla vendita di tale servizio nei mercati dell'energia elettrica, unitamente a servizi analoghi già esistenti sul lato dell'offerta. In Italia tale servizio non è ancora regolamentato; di solito, la negoziazione avviene all'interno dei mercati di bilanciamento; gli aggregatori ricevono pagamenti diretti per cambiare il loro consumo a seguito di una richiesta, che in genere è innescata dall'attivazione di servizi di bilanciamento, di differenze nei prezzi dell'energia elettrica o di un vincolo sulla rete.

Occorre in questo campo seguire l'evoluzione normativa. Allo stato attuale infatti, la Sapienza non potrebbe svolgere il ruolo di aggregatore, in mancanza di adeguate tecnologie di comunicazione, di misurazione e di automazione nei propri centri di consumo.

Questo è uno dei motivi per procedere sistematicamente e progressivamente con l'introduzione di sistemi di automazione e con l'implementazione di nuovi impianti, necessaria potenziale opzione nell'ambito dei sistemi energetici.

5.11 Smart grid alla Sapienza

La sfida dell'industria dell'energia in questi anni (soprattutto nel settore elettrico) è stata quella iniziare una transizione capace di definire sistemi (gli *smart energy systems SES*) in grado di superare i limiti del sistema attuale:

- unidirezionalità del sistema generazione-trasmissione-distribuzione
 - consumatori non in grado di interagire con i decisori
- e nel contempo continuare ad assicurare:
- garanzia di stabilità ed affidabilità della fornitura

I fattori che hanno agevolato questa sfida sono stati:

- gli obiettivi di de-carbonizzazione;
- l'invecchiamento delle reti;
- la necessità di rispondere ad una domanda di energia sempre in aumento;
- la volatilità dei prezzi di elettricità e dei combustibili fossili;
- l'importanza sempre crescente a livello politico, sociale e psicologico dei sistemi energetici.

Questione centrale in questa mutazione è il ruolo delle *smart grid*.

Attualmente tutti gli attori che sono parte del sistema elettrico (consumatori inclusi) hanno la necessità di modificare il loro approccio al sistema energetico, soprattutto in considerazione dell'aumento del numero di impianti di generazione da fonte rinnovabile (per sua natura intermittente, poco densa, difficilmente accumulabile) e della necessità di gestire la domanda in modo diverso. La mancanza di partecipazione dei consumatori al mercato dell'energia ha generato un disaccoppiamento tra le tariffe (molto volatili) della conversione dell'energia (generazione) con le tariffe dell'energia (consumo).

Tra le definizioni di *smart grid*, quella che segue è tratta dal CEER (*Council of European Energy Regulators, CEER Status Review on European Regulatory Approaches Enabling Smart Grids Solutions and Smart Regulation*)¹⁴:

“A smart grid is an electricity network that can cost-efficiently integrate the behaviour and actions of all users connected to it – generators, consumers and those that do both – in order to ensure

¹⁴ Rapporto C13-EQS-57-04, 18 febbraio 2014

economically efficient, sustainable power systems with low losses and high levels of quality and security of supply and safety.”

Sapienza in virtù dei suoi rilevanti consumi energetici deve essere parte attiva in questo processo, iniziato con nel 2007 con il progetto “isole energetiche alla Città Universitaria della Sapienza”. Deve accettare la sfida di riuscire ad integrare il proprio fabbisogno energetico nel complesso quadro che è il sistema di distribuzione e dispacciamento dell’energia, armonizzando i propri consumi rispetto alle necessità della rete, ovvero consolidando il proprio ruolo di prosumer, e questo sulla base dei recenti sviluppi tecnologici sopravvenuti dal 2007 ad oggi.

Innanzitutto, il collegamento degli ambiti delle *smart grid* con i concetti di *smart cities* non deve riguardare quasi esclusivamente la rete elettrica, ma dovrebbe essere visto considerando, così come richiesto dagli standard internazionali, contestualmente le richieste di energia termica, elettrica e di energia necessaria per i trasporti.

Allora è possibile definire tre diverse smart grids e dalla loro combinazione con le tecnologie disponibili per gli accumuli termici ed elettrici è possibile prevedere uno scenario che teoricamente può essere così descritto (Figura 5.6):

- una smart grid elettrica, capace di connettere quote sempre più consistenti di rinnovabili elettriche alle pompe di calore e ai veicoli elettrici;
- una smart grid termica (teleriscaldamento e teleraffreddamento) per interconnettere il settore del riscaldamento con quello elettrico. A tale rete faranno capo i sistemi di cogenerazione e microcogenerazione; la rete deve prevedere sistemi di accumulo termico e può includere una serie di componenti di produzione di energia locale per gli edifici (assorbitori per la produzione di energia frigorifera), sempre in uno schema che prevede l’interconnessione degli edifici stessi;
- una smart grid del gas (anche: gas di sintesi, biogas) per connettere il settore del riscaldamento, il settore elettrico e quello dei trasporti, capace di integrare in modo intelligente le utenze con le produzioni, facendo uso di idonei sistemi di accumulo.

Basandosi su queste fondamentali infrastrutture, il modello energetico completamente diverso che fa riferimento ad una generazione distribuita deve prevedere una combinazione di reti intelligenti coordinate tra loro e con i sistemi di accumulo per raggiungere una soluzione ottimale per ogni singolo settore così come per l’intero sistema.

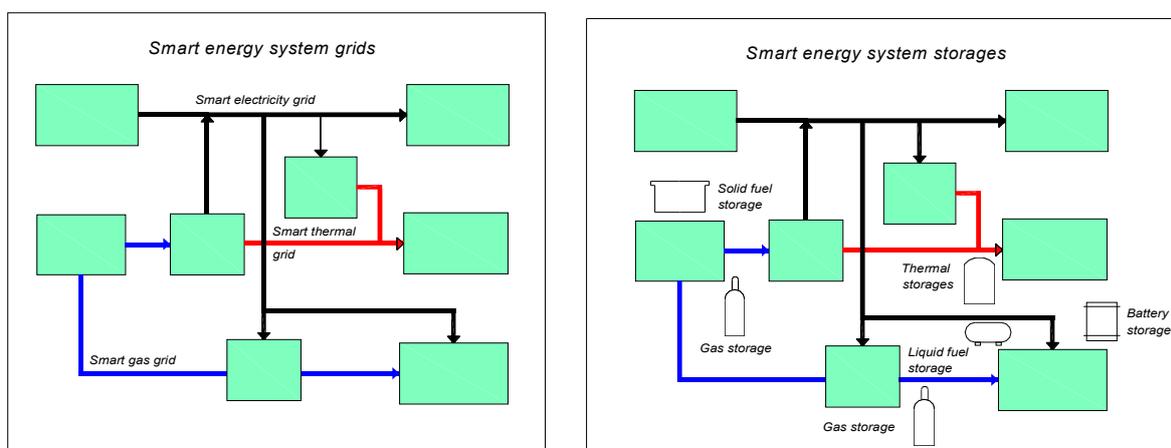


Figura 5.6 - Interazione tra smart grid elettrica, termica e del gas.

Si dovranno installare sistemi per l’armonizzazione dei consumi dei differenti edifici che sono parte del parco edilizio; per farlo sarà necessario implementare una rete coerente ed universale di

EMS Energy Management System capace di scambiare informazioni bi-direzionalmente per rendere possibile da un lato la comunicazione esatta del profilo tempificato del consumo energetico dell'utenza al gestore della rete, dall'altro per ottenere una pianificazione dei sistemi di generazione più congrua alla domanda. Verrà quindi monitorato il comportamento energetico di ogni edificio, istantaneamente; ogni edificio dovrà avere il proprio EMS Energy Management System, ed ogni EMS dovrà essere in grado di inviare dati al sistema di controllo centrale.

Oltre al ruolo di monitoring, tali sistemi EMS dovranno essere programmati ovvero per minimizzare i problemi di rete dovuti a:

- Fenomeni armonici;
- Gestione di potenze reattive;
- Flussi inversi;
- Sbilanciamento dei carichi;
- Eccessi di correnti neutre;
- Regolazione di tensione.

5.12 Analisi dei programmi di manutenzione

Ogni intervento edilizio da realizzarsi deve provvedere, già nella fase di progettazione, una attività di manutenzione programmata. L'efficienza energetica complessiva di un edificio è funzione anche del livello di manutenzione operato, con particolare riferimento, come è ovvio, per la gestione e manutenzione degli impianti tecnici.

Il servizio di manutenzione è costituito da un mix di attività integrate, finalizzate a garantire il mantenimento e l'eventuale miglioramento di beni edilizi, beni urbani, impianti. La caratteristica di un servizio di manutenzione è che, oltre agli interventi di manutenzione veri e propri, prevede anche altre attività, quali quelle finalizzate alla conoscenza dei beni oggetto dell'appalto (anagrafe), quelle che concernono le modalità di conservazione dei beni, quelle che descrivono il corretto funzionamento dei beni (piano di manutenzione), quelle di misura, analisi e controllo e, appunto, quelle di progettazione e attuazione degli interventi di efficienza energetica.

Le norme cogenti in tema di manutenzione sono:

- il DPR 380/2001, che all'art. 3 definisce gli interventi di manutenzione ordinaria come gli interventi che riguardano le opere di riparazione, rinnovamento e sostituzione delle finiture degli edifici e quelle necessarie ad integrare o mantenere in efficienza gli impianti tecnologici esistenti e gli interventi di manutenzione straordinaria come le opere e le modifiche necessarie per rinnovare e sostituire parti anche strutturali degli edifici, nonché per realizzare ed integrare i servizi igienico-sanitari e tecnologici, sempre che non alterino i volumi e le superfici delle singole unità immobiliari e non comportino modifiche delle destinazioni di uso;
- il DPR 207/2010, che all'art. 3 definisce la manutenzione come la combinazione di tutte le azioni tecniche, specialistiche ed amministrative, incluse le azioni di supervisione, volte a mantenere o a riportare un'opera o un impianto nella condizione di svolgere la funzione prevista dal provvedimento di approvazione del progetto.

Esistono poi norme che in materia chiariscono il concetto di servizio di manutenzione in sostanziale coerenza con la legislazione vigente. Tra queste, vanno ricordate:

- la UNI 11136 (UNI, 2011), che definisce il Global Service di sola manutenzione come il sistema integrato di attività di manutenzione immobiliare, per un periodo di tempo definito, (contratto riferito ad una pluralità di servizi sostitutivi delle normali attività di manutenzione) finalizzate a

garantire la disponibilità di un immobile o di un patrimonio immobiliare, con piena responsabilità da parte dell'assuntore sui risultati in termini di raggiungimento/mantenimento di livelli prestazionali prestabiliti dal committente;

- la UNI 10992 (UNI, 2002), che definisce la manutenzione immobiliare come il complesso di attività e servizi finalizzati a garantire l'utilizzo di un bene immobiliare, mantenendone il valore patrimoniale e le prestazioni iniziali entro limiti accettabili per tutta la vita utile e favorendone l'adeguamento tecnico e normativo alle iniziali o nuove prestazioni tecniche scelte dal gestore o richieste dalla legislazione e il servizio di manutenzione come l'insieme di funzioni per la manutenzione offerte ad un utilizzatore da una organizzazione;
- la UNI EN 13306 (UNI, 2010), che definisce la manutenzione come la combinazione di tutte le attività tecniche, amministrative e gestionali, durante il ciclo di vita di una entità, volte a mantenerla o a riportarla in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta;
- la UNI EN 15331 (UNI, 2011c).

Nel caso di interventi di recupero edilizio, quali i progetti di manutenzione associati ai progetti di costruzione, devono essere disponibili le informazioni necessarie al servizio di manutenzione, progressivamente raccolte in forma sistematica e guidata e archiviate opportunamente per successivi controlli.

Nel caso di interventi su edifici storici, la stesura del programma di manutenzione deve essere preceduta da un'attenta ricognizione della documentazione di progetto per quanto disponibile, e da un suo confronto con lo stato di fatto dell'immobile.

I sistemi di condizionamento dell'aria e di ventilazione devono essere progettati, costruiti e installati in modo tale da consentire la pulizia di tutte le superfici interne e di tutti i componenti, in conformità con le disposizioni della norma UNI 12097 (UNI, 2007) e delle Linee Guida per la definizione di protocolli tecnici di manutenzione predittiva degli impianti di climatizzazione (Ministero della Salute, 2006) nelle quali, tra l'altro, vengono indicate le figure professionali per il personale operativo, categoria B, e per i responsabili dell'igiene, categoria A. Ciò costituisce premessa indispensabile affinché tali sistemi possano funzionare ed essere mantenuti in modo tale che i requisiti igienici siano permanentemente rispettati. A questo proposito devono essere effettuate ispezioni tecniche e manutentive regolari oltre che frequenti controlli igienici da parte di personale specializzato, all'uopo incaricato. Occorre pertanto prevedere l'istituzione di un Registro per la documentazione degli interventi di manutenzione, ordinari e straordinari, sugli impianti idrici e di climatizzazione. Il primo controllo deve avvenire contestualmente all'attivazione dell'impianto al fine di accertare che sia stato posto in opera pulito e sanificato da eventuali impurità, quali detriti e polvere di cantiere. I successivi controlli devono avere cadenza regolare e, se si rivelasse necessario, gli impianti devono essere puliti da personale qualificato.

5.13 Realizzazione di impianti di cogenerazione in CU e Regina Elena

L'appalto in corso per le termogestioni prevedeva la realizzazione di tre impianti di cogenerazione al servizio della Città Universitaria:

- impianto di cogenerazione costituito da un motore a gas da 285 kW_e all'interno del complesso ex Regina Elena;
- impianto di cogenerazione costituito da un motore a gas da 579 kW_e da realizzarsi nella zona dell'edificio di Ortopedia della CU;

- un impianto di cogenerazione costituito da un motore a olio vegetale da 903 kW_e posizionato nella zona del teatro Ateneo.

Gli impianti alimentati a gas saranno realizzati nei prossimi due anni (2018), mentre l'impianto alimentato a olio vegetale non sarà realizzato.

Tali impianti produrranno energia elettrica e termica che saranno immesse nelle reti interne alla Città Universitaria. L'energia elettrica sarà integralmente assorbita dalle utenze elettriche della Sapienza. L'energia termica, nella stagione invernale sarà assorbita dalle utilizzazioni termiche della Sapienza, mentre nella stagione estiva potrà essere utilizzata, introducendo dei refrigeratori ad assorbimento per la produzione di energia frigorifera (777 kW_f) da utilizzare nelle prossimità della centrale oppure da immettere in una rete di distribuzione al servizio della intera Città Universitaria.

Immaginando un funzionamento per 8000 ore l'anno, l'introduzione dei due cogeneratori potrà consentire un risparmio di circa 8.000.000 kWh di energia elettrica a fronte di un incremento dei consumi di gas metano di circa 1.600.000 Nm³.

5.14 Razionalizzazione della infrastruttura di trasformazione e distribuzione elettrica

L'infrastruttura deputata alla ricezione, trasformazione e distribuzione dell'energia elettrica di proprietà dell'Università è di cruciale importanza per garantire sicurezza e qualità alla fornitura di energia elettrica.

La crescente richiesta di adeguamento degli spazi per gli studenti, anche in termini di microclima e di comfort ambientale, con conseguente incremento della domanda di energia elettrica, ha accelerato l'esigenza di adeguamento delle principali cabine elettriche di trasformazione MT/BT e delle apparecchiature in esse presenti.

In tale ottica l'Ufficio Manutenzioni Impiantistiche, come si evince dalla tabella di seguito riportata, si è adoperato negli ultimi anni, considerati i tempi di espletamento delle procedure di gara, per programmare interventi di adeguamento e di riqualificazione impiantistica delle cabine elettriche di trasformazione MT/BT della CU e delle SE.

Le priorità di intervento sono state definite sulla base delle criticità per gli edifici più rappresentativi e di strategica importanza.

Tabella 5.4 – Interventi cabine elettriche di trasformazione.

Programmazione	Denominazione
Presente nel Piano Opere Pubbliche Anno 2016	Adeguamento normativo Cabine esistenti (CEI 0-16) Accordo Quadro aggiudicato
Presente nel Piano Opere Pubbliche Anno 2016	Riqualificazione e adeguamento Cabina MT/BT Palazzo Baleani Appalto aggiudicato
Presente nel Piano Opere Pubbliche Anno 2016	Nuova Cabina MT/BT Complesso ex Regina Elena Appalto aggiudicato
Programmazione opere	Riqualificazione e adeguamento Cabina MT/BT Rettorato
Programmazione opere	Riqualificazione e adeguamento Cabina MT/BT Fisica Nuovo Edificio – Locale CED
Programmazione opere	Riqualificazione ed adeguamento Cabina MT/BT Geologia

In tale ambito di necessità di adeguamento (tecnico-normativo) e di efficientamento energetico si inserisce l'intervento di realizzazione all'interno della Città Universitaria di un anello di distribuzione

della linea di Media Tensione (MT) e del suo monitoraggio (telecontrollo) che sarà dimensionato per alimentare le quasi venti cabine MT/BT in uso ed afferenti agli edifici del campus universitario.

Tale intervento, unito alle attività puntuali di messa in sicurezza degli impianti, consentirà di ottenere una serie di vantaggi tra cui la razionalizzazione delle utenze (eliminazione di tutte quelle in BT), la riduzione dei costi di manutenzione e l'ottimizzazione della qualità della fornitura di energia elettrica lato utente. Attualmente, infatti, sono presenti numerose forniture elettriche all'interno della CU e, per le Sedi Esterne, a volte anche all'interno di uno stesso edificio. Sebbene originate da motivazioni diverse e spesso non più rintracciabili, oggi costituiscono un elemento di spesa per l'impegno di potenza di ognuna delle utenze.

A ciò si aggiunge che l'infrastruttura così realizzata (con almeno due punti esclusivi di fornitura in MT) potrà sopperire all'ausilio dei diversi gruppi elettrogeni ad oggi posizionati in modo puntuale sulla rete, con evidenti risparmi dal punto di vista gestionale e dei relativi costi di manutenzione.

In termini energetici, il completamento dell'attività, può garantire un risparmio sui consumi di energia elettrica pari al 5-10%.

In termini meramente economici, l'accorpamento delle forniture può consentire una decisa diminuzione dei costi sostenuti per l'impegno di potenza, che oggi sono proporzionali ai massimi impegni mensili di ogni utenza e che, una volta accorpate le forniture saranno proporzionali al massimo contemporaneo (inferiore alla somma dei singoli massimi).

5.14.1 Piano di razionalizzazione e sviluppo dell'alimentazione di energia elettrica: strategie di intervento

L'utenza elettrica del complesso Città Universitaria Sapienza, come e più di ogni altra tipologia di impianto utilizzatore, con la continua evoluzione tecnologica dei componenti e l'aumento delle richieste di prestazioni, necessita di un sempre maggiore livello di sicurezza, qualità ed affidabilità, nonché del conseguimento di una più razionale utilizzazione dell'energia, finalizzata al contenimento della spesa energetica ed alla riduzione degli sprechi.

Tenuto conto della particolarità dell'utenza ed in riferimento all'impianto di distribuzione elettrica esistente, si potrà attuare un piano di razionalizzazione e di sviluppo del sistema di alimentazione dell'energia elettrica da coordinare con la garanzia del mantenimento del servizio, mirato a soddisfare le esigenze di adeguamento delle prestazioni e potenziamento della qualità. Un obiettivo strategico del piano sarà riuscire ad effettuare un piano comune di razionalizzazione con il contiguo Policlinico Umberto I in considerazione di una parziale complementarietà delle utilizzazioni di energia tra i due complessi di utenze.

5.14.2 Configurazione della rete di distribuzione MT

Una soluzione che rappresenta un giusto compromesso tra affidabilità, selettività delle protezioni e semplicità di gestione prevede la realizzazione di una distribuzione primaria MT e la revisione della distribuzione secondaria MT.

In altri termini, la soluzione prevede due livelli di alimentazione MT: uno primario che va a distribuire l'alimentazione nelle sub-aree da più punti di allaccio ed uno secondario che da ciascun nodo di sub-area provvede all'alimentazione dei singoli anelli, con un numero limitato di cabine al fine di garantire un elevato grado di affidabilità e disponibilità.

La logica della configurazione ad isole consente di limitare la zona interessata da un eventuale guasto e di semplificare le operazioni inerenti l'esercizio e la manutenzione.

La realizzazione di una rete primaria MT magliata, tra gli altri vantaggi, crea una via comune di distribuzione dell'alimentazione all'intera utenza e garantisce un non trascurabile valore di fabbisogno permanente di assorbimento elettrico giornaliero dell'intero complesso che costituisce la base del diagramma di carico. Si rende possibile, pertanto, in modo più semplificato ed efficiente l'installazione di una cogenerazione o trigenerazione, tenuto conto dei consistenti fabbisogni termici di calore, di vapore e di condizionamento.

5.14.3 Analisi dettagliata dei carichi elettrici e definizione della potenza elettrica complessiva

Al fine di poter effettuare uno studio di fattibilità del piano di razionalizzazione e sviluppo, appare certamente indispensabile poter disporre del rilievo dello stato di fatto degli impianti attualmente in esercizio. E' opportuno procedere quindi all'analisi dei carichi elettrici per la definizione della potenza elettrica complessiva.

5.14.4 Requisiti di continuità dell'alimentazione ed integrità degli impianti: molteplicità delle sorgenti di alimentazione e strutturazione degli impianti

L'esigenza della elevata disponibilità e "integrità" dei carichi, o parte di essi, è soddisfatta utilizzando:

- più sorgenti quali distributore pubblico, cogenerazione e alimentazioni di emergenza, quali gruppi elettrogeni locali e UPS.
- modellando opportunamente il sistema di distribuzione.

Le alimentazioni di emergenza (gruppi elettrogeni locali e UPS) devono comunque essere previste per far fronte con la classe di continuità richiesta ed adeguata a perturbazioni e disalimentazioni temporanee e comunque per situazioni di decadimento locale dell'integrità della rete.

5.14.5 Interventi per il risparmio energetico

Un provvedimento radicale per la riduzione della potenza impegnata dalla rete elettrica pubblica ed un uso più razionale dell'energia elettrica e termica, è certamente quello di ricorrere ad una autoproduzione di energia in cogenerazione. Sarà fondamentale a questo scopo riuscire a effettuare il piano comune di razionalizzazione con il contiguo Policlinico Umberto I, tenuto conto dell'elevato assorbimento continuo del complesso ospedaliero.

Il criterio di dimensionamento del sistema di cogenerazione consiste nel ridurre la richiesta di energia elettrica dalla rete effettuando un taglio alla base del diagramma di carico autoproducendo una quota costante della potenza elettrica impegnata dall'impianto.

E' indispensabile inoltre effettuare un rilievo della situazione impiantistica termica oltre che elettrica ed eventualmente effettuare e coordinare interventi sugli impianti termici, in modo da utilizzare in piena efficienza il calore reso disponibile dal sistema cogenerativo, realizzando integrazioni alla rete di distribuzione dei fluidi termici.

L'ottimizzazione, a livello teorico, si potrebbe raggiungere individuando nelle varie zone servite dai sistemi cogenerativi, uno zoccolo di potenza termica minima durante il ciclo giornaliero e dimensionare il generatore sulla base di tale fabbisogno termico, cioè lasciando l'"elettrico a seguire".

Il margine di convenienza economica della autoproduzione diventa molto più ampio se al ciclo di produzione dell'energia elettrica si combina la produzione di calore. Tale produzione combinata presenta una economicità crescente con il numero delle ore di produzione. Una sufficiente domanda

locale di calore sotto forma di acqua calda, presumibilmente anche nelle ore notturne, favorisce in modo marcato la convenienza dell'operazione.

A tal fine per poter ottimizzare la progettazione del sistema co/tri-generativo appare senz'altro opportuno poter analizzare i profili di carico non solo elettrici ma anche termici del complesso di utenze.

L'investimento già valido sotto il profilo tecnico-economico prevede inoltre incentivi dalla normativa vigente inerente i titoli di efficienza energetica (certificati bianchi).

5.14.6 Sistemi di supervisione e gestione del sistema elettrico e dei flussi energetici

Un sistema di supervisione, controllo e gestione è quindi indispensabile perché, operando sulle unità di media tensione controllate, consentirà di configurare l'impianto nell'assetto ottimale, tenendo in conto la disponibilità dei gruppi elettrogeni al momento del disservizio e le effettive esigenze di carico. Sono disponibili e si stanno diffondendo sempre più sistemi intelligenti di supervisione per vari servizi di sicurezza (Building Automation Systems BAS) e per la gestione degli impianti (Energy Management Systems EMS).

E' opportuno prevedere la predisposizione per la realizzazione graduale di un sistema di supervisione generale in grado di controllare tutti gli impianti tecnologici e di sicurezza presenti e previsti all'interno dell'area della città universitaria Sapienza. Il sistema avrà la caratteristica di integrare tutti i sottosistemi di gestione, regolazione e telecontrollo presenti.

Alcuni interventi presentano una più naturale adozione, se non una incentivazione, nell'ambito di un agglomerato di utilizzazione che non in ogni singolo impianto utilizzatore componente.

5.14.7 Rapporti con l'ente distributore

In considerazione della riconfigurazione dei punti di consegna della rete e della possibilità di installazione di sistemi di autoproduzione, sarà opportuno rivedere i rapporti con l'Acea per definire protocolli di intesa:

1. *per l'esercizio normale*, con il perfezionamento ed il potenziamento della affidabilità dell'alimentazione da rete della città universitaria Sapienza;
2. *per la gestione in emergenza*, con la possibilità di assorbire l'intera potenza elettrica da uno solo dei punti di consegna;
3. *per la possibilità di allaccio di impianto di autoproduzione eserciti in parallelo*, in conformità della normativa, che prevede i criteri generali di allacciamento e di funzionamento in parallelo con la rete del distributore.

5.15 Realizzazione di un impianto di cogenerazione per il Sant'Andrea

Gli ospedali rappresentano dei centri consumo notevoli sia dal punto di vista elettrico che termico, dal momento che le configurazioni attuali prevedono grossi prelievi di energia elettrica mediante allacci in Media Tensione e di gas con fornitura dalla rete pubblica a cui si sommano costi di gestione considerevoli.

E' stata verificata la fattibilità tecnico-economica di eventuali migliorie dei sistemi impiantistici attualmente installati presso l'ospedale S.Andrea, che consentano da un lato di superare le criticità emerse in termini di efficienza impiantistica e dall'altro di diminuire i costi di gestione energetica del complesso, con l'obiettivo di ottenere una razionalizzazione e un contenimento dei consumi energetici del complesso ospedaliero.

A partire dalla configurazione impiantistica attuale, sono state esaminate diverse soluzioni per la produzione e la distribuzione di energia termica ed elettrica a servizio dell'intero complesso ospedaliero e universitario, ponendo come fine ultimo la minimizzazione dei consumi di energia primaria e dei costi d'acquisto dell'energia. Nell'individuare le possibili soluzioni alternative la linea d'intervento è quella di arrivare ad un'implementazione della configurazione impiantistica attuale, con degli interventi che non provochino stravolgimenti nè sulla configurazione architettonica nè su quella impiantistica. Lo studio del fabbisogno energetico viene effettuato facendo riferimento ai consumi mensili medi elettrici e di gas ricavati dalle bollette energetiche, alla distribuzione delle fasce orarie, per la ricostruzione delle curve di carico giornaliero riguardanti i consumi elettrici e ai dati climatici della località ed alla letteratura tecnica riguardante installazioni analoghe, per la ricostruzione delle curve di carico giornaliero riguardanti i consumi termici e frigoriferi.

Il grosso quantitativo di energia consumata, sia elettrica che termica, unito alla contemporaneità di utilizzo dell'energia elettrica e termica, inducono a considerare l'eventualità di installare un impianto di cogenerazione alimentato a gas metano, in grado di produrre localmente l'energia elettrica e di indirizzare i cascami caldi verso le utilizzazioni termiche del complesso relativo alla didattica e a quello ospedaliero.

La definizione della dimensione ottimale del gruppo di cogenerazione si basa in prima analisi su calcoli di convenienza economica che richiedono un'analisi dei carichi elettrici e termici necessari, delle tariffe dell'elettricità e del combustibile, per giungere ad una valutazione economica: si deve quindi tenere conto del costo dell'energia autoprodotta che verrà dedotta dal consumo specifico netto del combustibile, considerando i costi di quest'ultimo. Se ne deduce che il ricavo del processo di cogenerazione deriva dalla differenza tra il costo dell'energia acquistata e quello dell'energia autoprodotta. Il ricavo così calcolato va poi messo a confronto con i costi di investimento dovuti alle macchine, agli ausiliari e alle opere civili del sistema che dovrà essere realizzato; nel calcolo dei costi di investimento rientrano, accreditati per differenza, i costi dell'impianto o delle parti d'impianto che dovrebbero essere comunque affrontati in alternativa all'impianto tradizionale non prevedendo la cogenerazione.

Per l'Ospedale S.Andrea (circa 450 posti letto) è stata condotta una caratterizzazione energetica volta ad individuare la taglia ottimale di un impianto di cogenerazione, che è risultata pari a 1200 kWe. Nella tabella che segue sono riportati i risparmi annui conseguibili con l'impianto di cogenerazione, per confronto con la situazione esistente.

Tabella 5.5 – Risparmi conseguibili con l'impianto di cogenerazione.

	Consumi energetici [TEP]	Bolletta energetica [k€]	Emissioni inquinanti [ton CO ₂ equiv.]
Situazione esistente	5645	2260	12332
Cogenerazione 1200 kWe	4395	1880	10750
Differenza	-1250 (-22%)	-380 (-17%)	-1582(-13%)

Per questa taglia i risparmi annui stimati, rispetto alla soluzione attuale, sono dell'ordine di 320-380.000 Euro. I costi di installazione del sistema di cogenerazione, comprensivo di opere civili, meccaniche ed elettriche risulta di circa 1,5 milioni di euro. Nel caso si volessero installare gruppi frigoriferi supplementari ad assorbimento per la produzione di 2 MWf e per un più efficace utilizzo del calore cogenerato in estate, si avrebbero costi complessivi pari a circa 2 milioni di euro.

Le maggiori incertezze sono relative alle opere civili, meccaniche ed elettriche, i cui costi sono fortemente dipendenti dalla esatta localizzazione dell'impianto rispetto ai punti di collegamento ed alla situazione degli spazi interessati.

Alla luce dei costi indicati, l'investimento per la realizzazione di un impianto di cogenerazione presenta un tempo di ritorno breve dell'investimento, stimabile intorno ai 5 anni.

5.16 Trigenerazione solare per la climatizzazione dell'aula magna del Rettorato

L'Aula Magna del Rettorato è attualmente servita da un impianto di condizionamento in grado di trattare 24.000 m³/h di aria. L'impianto di condizionamento è di recente installazione ed è costituito da un gruppo frigo (338 kWf) di recente installazione e due gruppi frigo (210 e 394 kWf) ubicati nella centrale frigorifera. Il gruppo da 394 kWf è dotato di desurriscaldatore per il recupero di 90 kWt.

Inoltre la sala consiliare è servita da una unità di trattamento dell'aria da 6500 m³/h.

Le sezioni termiche di queste due unità sono generalmente servite dalla rete di teleriscaldamento generale che fa capo alla centrale termica ubicata negli edifici universitari del Regina Elena.

Per poter rendere completamente autonoma la gestione dell'Aula Magna e della Sala Consiliare del Rettorato, si vuole inserire un sistema di generazione dell'energia autonomo ed efficiente, che permetta di utilizzare gli spazi indipendentemente dal funzionamento della centrale termica.

I dati di riferimento sono:

Aula Magna

- Portata d'aria totale 24.000 m³/h (16.000 m³/h aria esterna, 8.000 m³/h aria ricircolata);
- Potenza frigorifera richiesta dall'UTA 310 kW;
- Potenza termica richiesta dall'UTA 260 kW.

Sala consiliare:

- Portata d'aria totale 6.500 m³/h;
- Potenza frigorifera richiesta dall'UTA 60 kW;
- Potenza termica richiesta dall'UTA 60 kW.

In questa proposta viene presentata concettualmente la possibile realizzazione di un sistema di microgenerazione complesso, che integra al proprio interno cicli termici ed impianti di conversione da fonti rinnovabili. Il carattere di innovazione è garantito dalla coesistenza di impianti tecnologici di nuova generazione che non sono prototipi sperimentali, ma che sono già disponibili in versioni commerciali pronte per essere testate sul campo al fine valutarne l'effettiva efficienza ed affidabilità in condizioni di esercizio continuative.

Il sistema ibrido previsto dovrebbe rientrare nella categoria degli impianti di microgenerazione distribuita. Nello specifico, le soluzioni tecnologiche da adottare, coerentemente con gli esiti di un opportuno studio di fattibilità, possono essere riassunte come segue:

- a) Impianto di microgenerazione a gas per la produzione di energia elettrica e calore. Quest'ultimo è da utilizzare nell'esistente impianto di teleriscaldamento durante il periodo invernale e nelle batterie di post-riscaldamento della UTA per il condizionamento dell'aria nel periodo estivo;
- b) Connessione elettrica in serie al cogeneratore di una pompa di calore doppio stadio oppure di una pompa di calore elettrica a CO₂ transcritica. In questo secondo caso la sorgente termica fredda sarà costituita da acqua calda a 50° prodotta dal recupero del residuo calore sensibile al camino dell'impianto di cogenerazione. In alternativa, per svincolare la taglia della pompa di calore da quella dell'impianto di cogenerazione può essere prevista un'integrazione di energia termica

proveniente dal recupero termico di una matrice di collettori solari Ibridi (PVT). Dal punto di vista impiantistico è da prevedersi, inoltre, un serbatoio di accumulo che ha il compito di livellare termicamente le produzioni di acqua calda del cogeneratore e dei collettori PVT.

- c) Impianto fotovoltaico tradizionale da installare in copertura, al fine di garantire energia elettrica a basso costo soprattutto per l'alimentazione del gruppo Frigo esistente che provvede al condizionamento dell'Aula Magna durante il periodo estivo.
- d) Completano il sistema ibrido due serbatoi di accumulo con materiali a transizione di fase (PCM) di tipo paraffinico, per lo stoccaggio di acqua calda ed acqua refrigerata, allo scopo di rendere l'Aula Magna indipendente dagli orari di funzionamento degli impianti centralizzati esistenti.

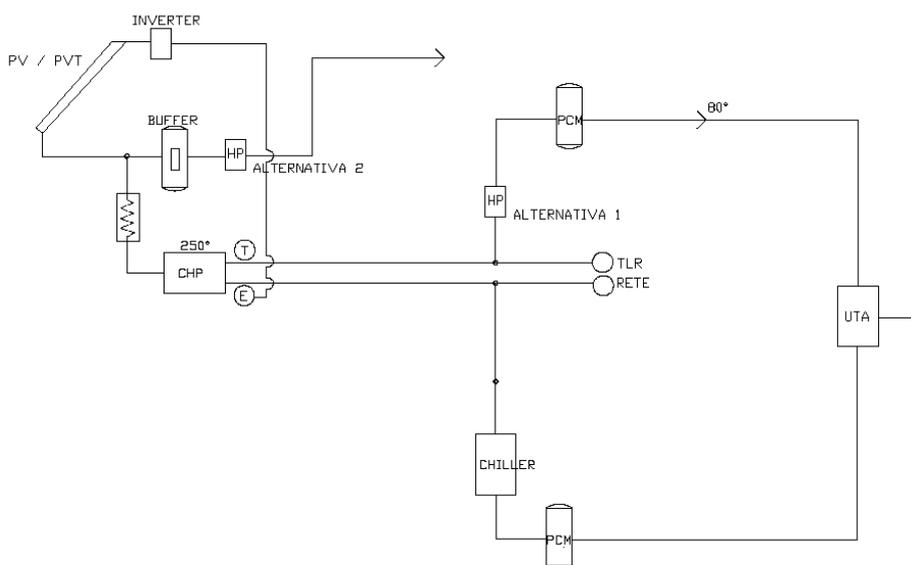


Figura 5.7 – Schema dell'impianto di climatizzazione dell'aula magna del Rettorato.

5.17 Razionalizzazione e bonifica dei sistemi impiantistici esistenti

Ogni edificio, nel corso della sua vita utile, può subire evoluzioni e cambiamenti a causa di variazioni delle destinazioni d'uso e delle dotazioni impiantistiche.

Anche gli edifici della Sapienza hanno, in parte, subito tali evoluzioni, con una proliferazione e una stratificazione delle dotazioni impiantistiche che non sempre è stata organica e che non sempre ha contemplato una fase di razionalizzazione o di bonifica delle dotazioni.

Il risultato è, talvolta, la sovrapposizione di dotazione impiantistiche, la duplicazione di funzioni o anche l'abbondono di parti di impianto o di impianti interi.

Tale circostanza può costituire un motivo di spesa qualora nasca la necessità di eseguire operazioni di manutenzione su elementi duplicati oppure quando nella scelta del tipo di impianto, in mancanza di indicazioni, l'utente scelga quello più energivoro o ne scelga più d'uno (si pensi all'alternativa tra radiatori o pompe di calore per il servizio di riscaldamento).

Diversamente, la presenza di impianti abbandonati o non funzionanti viene percepita come un elemento di degrado degli edifici, che risulta particolarmente fastidiosa in ambienti destinati alla ricerca, all'innovazione ed all'educazione.

Molto sgradevole dal punto di vista estetico è anche la presenza di numerose unità esterne di condizionatori autonomi, posizionate in modo disordinato e disorganico sulle facciate degli edifici,

anche di quelli di pregio architettonico. Tali unità potrebbero essere ricollocate in parti di edificio meno visibili dalle zone di comune accesso.

Per quanto sopra affermato si dovrebbe procedere ad una ricognizione delle utenze sopra descritte volta alla pianificazione di interventi di razionalizzazione e bonifica.

5.18 Valutazione dei contratti di fornitura dell'energia

Le attività riguardanti la contrattualistica per la fornitura dell'energia devono tenere in conto la conoscenza dello stato attuale del mercato del gas e dell'energia elettrica. L'analisi deve determinare modelli e clausole contrattuali con riferimento al quadro normativo esistente, le tariffe, le dinamiche di mercato, le politiche di regolazione, la revisione dei contratti alla luce delle modifiche al Codice di Consumo.

Per quanto riguarda il gas e l'energia elettrica pertanto occorrerà:

- effettuare la comparazione fra diversi contratti/offerte di fornitura
- strutturare e calcolare gli importi fattura di fornitura

Un particolare riferimento contrattuale è quello dell'*Energy Performance Contract* EPC (contratto di rendimento energetico), previsto dal DL 102/14 e da confrontarsi con i contratti CONSIP.

In base al comma 449 della Legge n. 296/2006, sono obbligate ad approvvigionarsi utilizzando convenzioni quadro Consip “tutte le amministrazioni statali centrali e periferiche, ivi compresi gli istituti e le scuole di ogni ordine e grado, le istituzioni educative e le istituzioni universitarie, nonché gli enti nazionali di previdenza e assistenza sociale pubblici e le agenzie fiscali di cui al decreto legislativo 30 luglio 1999, n. 300”.

La Sapienza rientra pertanto tra i soggetti obbligati.

Rimane in ogni caso la possibilità di verificare eventuali forniture alternative, che potrebbero risultare più convenienti in ragione dell'elevato potere contrattuale (rappresentato dagli elevati consumi di Sapienza) ed eventualmente chiedere una deroga.

5.19 Riepilogo delle aree di intervento proposte nel periodo (2020-2030)

Gli interventi dei paragrafi precedenti possono essere così succintamente riassunti.

Attività preliminari per la riduzione degli consumi

- Comunicazione e informazione
- Riduzione consumi idrici
- Programma di disattivazione automatica dei computer inattivi
- Potenziamento del GPP green public procurement

L'energia degli edifici

L'efficienza energetica è uno dei pilastri dell'Energy Union. L'obiettivo è quello di ridurre i consumi di energia primaria.

- Potenziamento del sistema di micro-cogenerazione distribuita della CU e delle SE
- Diffusione della trigenerazione
- Incremento dell'uso di fonti energetiche rinnovabili elettriche (fotovoltaico)
- Incremento dell'uso di fonti rinnovabili termiche (pompe di calore areotermiche e geotermiche, biomassa e biogas)
- Graduale sostituzione degli impianti di illuminazione con sistemi ad elevata efficienza
- Efficienza energetica delle reti elettriche della CU
- Interventi programmati riguardanti l'efficienza energetica degli involucri edilizi
- Interventi programmati riguardanti l'efficienza energetica dei sistemi impiantistici; sostituzione di impianti singoli con impianti centralizzati per la produzione del freddo; introduzione di un sistema di automazione per il controllo e il monitoraggio degli impianti)
- Programma di controllo automatico del sistema edificio-impianto (BAC, building automation control) e di gestione tecnica degli edifici (TBM, technical building management)
- Cogenerazione al Sant'Andrea

Interventi sul territorio

Il dialogo con le istituzioni locali deve essere fortemente incoraggiato per supportare lo sviluppo di strategie comuni inerenti i temi di crescita economica del territorio e di servizi per i cittadini.

- Sviluppo territoriale della banda ultra-larga
- Creazione di un network energetico con Policlinico, Ministero dell'Aeronautica
- Sviluppo territoriale della telefonia mobile
- Sviluppo di un network integrato per le reti di distribuzione di energia, gas ed acqua

Mobilità sostenibile

La mobilità sostenibile dall'esterno all'interno dell'Ateneo e tra le sedi dell'Ateneo deve essere sviluppata in termini energetici-ambientali delle tecnologie messe a disposizione dall'innovazione tecnologica.

- Ottimizzazione dell'uso e dell'accesso ai servizi di trasporto pubblico

- Organizzazione coerente di aree di ricarica dei veicoli elettrici per promuovere il loro uso tra il personale e gli studenti, nel campus e nelle sedi esterne, in accordo con le istituzioni locali competenti
- Organizzazione di un sistema open-source delle informazioni riguardanti la mobilità ed il sistema dei trasporti cittadini e regionali, in accordo con le istituzioni competenti
- Incremento e promozione per gli studenti ed il personale della mobilità sostenibile interna attraverso il car-sharing elettrico e il car-pooling
- Organizzazione di una mobilità tra le varie sedi di Sapienza
- Sperimentazione di sistemi innovativi di mobilità sostenibile (idrometano con motori a combustione interna, idrogeno con celle a combustibile)

Chiusura virtuosa del ciclo di vita dei prodotti

Il rapporto con le istituzioni locali competenti deve prevedere un programma comune sulle attività di riduzione, riciclo e riuso dei rifiuti, attraverso l'applicazione di protocolli GPP predisposti ad-hoc.

- Condivisione di protocolli GPP
- Promozione dell'uso corretto circa l'uso di prodotti verdi per la pulizia, il recupero e il riuso dei materiali di scarto (carta, toner, batterie, RAEE)
- Utilizzo degli scarti organici per la produzione di biogas
- Collaborazione con le autorità locali per l'utilizzo degli scarti organici per la produzione di biogas

5.20 Riepilogo degli interventi proposti nel periodo (2017-2030)

La tabella seguente riporta un riepilogo degli interventi di risparmio energetico descritti in precedenza, con indicazione del risparmio potenziale, dei costi di investimento calcolati parametricamente e con una preliminare programmazione temporale.

La valutazione preliminare dei costi è stata fatta sulla base dei seguenti parametri:

- Illuminazione a LED : potenza installata pari a 15 W/m² e costo di sostituzione pari a 0,7€/W;
- Sostituzione infissi: 500 €/m² ed estensione delle superfici degli infissi pari a 1/8 della superficie in pianta degli edifici;
- Isolamento delle coperture: 130 €/m²;
- Regolazione impianti di riscaldamento 6 €/m²;
- Sostituzione generatori: 120 €/kW e potenza installata pari a 60 W/m²;
- Pompe di calore: 250 €/kW e potenza installata pari a 60 W/m²
- Produzione ACS: 1000 €/punto;
- Fotovoltaico: 2500 €/kWp (considerando la natura degli edifici di Sapienza);
- Automazione impianti (BAC e BMS): 50.000-150.000 € per ogni centrale/sottocentrale

Si precisa che gli interventi in tabella corrispondono al complesso delle attività potenziali ritenute più vantaggiose per l'Ateneo. Da tale riepilogo emerge un ventaglio di azioni ampio con risparmi potenziali anche superiori agli obiettivi prefissati (riportati nel capitolo 3).

Tabella 5.6 – Riepilogo degli interventi proposti con risparmi potenziali e costi parametrici

		Risparmio potenziale				Investimento [€]
		Gas		Elettricità		
		[%]	[Nm ³]	[%]	[kWh]	
Formazione e sensibilizzazione del personale (2000 ore)		10%		10%		50 €/ora
Illuminazione					2.502.785	15 W/m ² - 0,7 €/W
Riscaldamento e raffrescamento	Sostituzione infissi		356.539		1.203.454	500 €/m ²
	Isolamento coperture		189.027		638.038	130 €/m ²
	Regolazione impianti	4%		4%		6 €/m ²
	Sostituzione generatori	15%		15%		120 €/kW
	Pompe di calore	-1/ η (cambio vettore energetico)		+1/COP (cambio vettore energetico)		250 €/kW
Produzione acqua calda sanitaria					1.156.557	1000 €/punto
Avvicendamento apparecchiature uffici				20%		
Fotovoltaico	già appaltato				361.240	2500 €/kW
	stima sugli altri edifici				1.041.110	2500 €/kW
Automazione BAC, BMS (classe da D a C)		15%		7%		50.000-150.000 € per ogni centrale/sottocentrale
Razionalizzazione della infrastruttura di trasformazione e distribuzione elettrica				5%		
Impianti di cogenerazione nella CU e Regina Elena	in corso di appalto		-1.600.000 (maggior consumo)		8.000.000	
Realizzazione di un impianto di cogenerazione per il Sant'Andrea ¹⁵	in coordinamento con Regione Lazio		-2.200.000 (maggior consumo)		11.000.000	
Trigenerazione solare per la climatizzazione dell'aula magna del Rettorato	in corso di sponsorizzazione con scopi di sperimentazione					700.000 € (da sponsor)

Come detto, la realizzazione di tutti gli interventi considerati può consentire un'importante riduzione dei consumi elettrici e di gas della Sapienza.

Con riferimento all'anno 2016 risulta (vedi anche **Allegato C** di calcolo):

- i consumi di energia elettrica possono passare da 34.232.840 a 12.658.077 kWh/anno, con una riduzione del 63,0%;
- i consumi di gas possono passare da 1.547.705 a 1.792.788 Nm³/anno con un incremento del 15,8%, conseguenza da un lato dei risparmi e dall'altro dell'introduzione degli impianti di cogenerazione;
- i consumi di energia primaria possono passare da 98.444.337 a 48.703.848 kWh-p/anno, con una riduzione del 50,5%;
- la quota di energia rinnovabile può arrivare al 24,5%¹⁶.

¹⁵ Attività da finanziarsi con fondi regionali perché inerente soprattutto la struttura ospedaliera

¹⁶ Nel conteggio della quota di energia primaria da fonte rinnovabile l'energia elettrica prodotta dal cogeneratore è stata assunta in prima approssimazione con una quota rinnovabile pari a quella dell'energia elettrica prelevata dalla rete (vedi coefficienti di energia primaria rinnovabile).

A fronte di un risparmio energetico del 50,5%, in termini economici invece il risparmio conseguibile (valutato ai costi attuali), considerando anche la cogenerazione, è pari a 4.160.320 €/anno, con una riduzione del 51,0%.

5.21 Obiettivi al 2030 e priorità degli interventi

Si è visto che la realizzazione completa degli interventi di risparmio energetico può consentire di raggiungere un risparmio del 50,5%.

In via preliminare, immaginando una realizzazione prioritaria per gli interventi che possono essere realizzati più facilmente (per esempio senza interrompere le normali attività degli edifici), si può ipotizzare di raggiungere l'obiettivo riportato nel capitolo 3, attuando una parte degli interventi come descritto nella tabella che segue (colonna delle percentuali di attuazione degli interventi al 2030), ove è anche stata ipotizzata una possibile programmazione temporale.

Tabella 5.7 – Riepilogo degli interventi proposti selezionati.

	Attuazione intervento al 2030	Programmazione temporale														
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
	[%]															
Formazione e sensibilizzazione del personale (2000 ore)	100%	■														
Illuminazione	60%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Riscaldamento e raffrescamento	Sostituzione infissi	10%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Isolamento coperture	10%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Regolazione impianti	50%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Sostituzione generatori	10%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Pompe di calore	15%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Produzione acqua calda sanitaria	100%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Avvicendamento apparecchiature uffici	40%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Fotovoltaico	già appaltato	100%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	stima sugli altri edifici	100%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Automazione BAC, BMS (classe da D a C)	15%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Razionalizzazione della infrastruttura di trasformazione e distribuzione elettrica	100%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Impianti di cogenerazione (ad esclusione del S.Andrea)	100%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

La selezione degli interventi indicata in tabella consente di raggiungere l'obiettivo di riduzione dei consumi energetici del 32% e di una quota rinnovabile pari al 21%, così come riportato nei grafici seguenti (vedi **Allegato C** di calcolo).

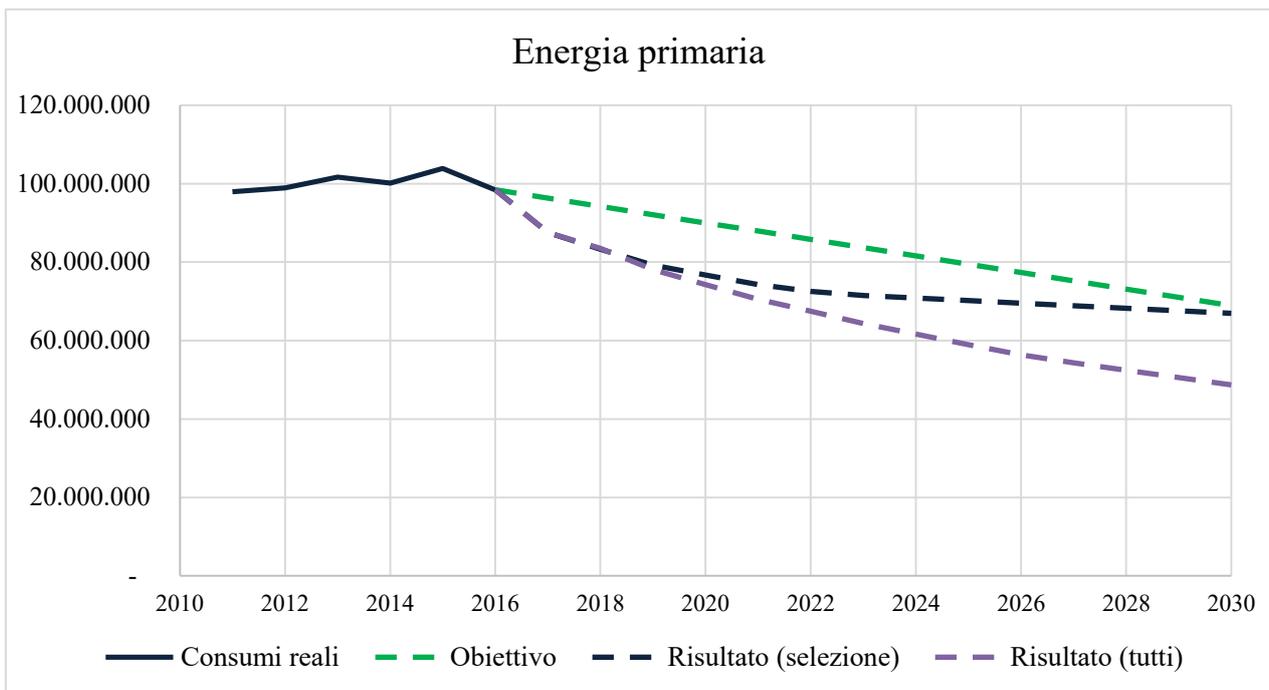


Figura 5.8 – Energia primaria – Dati reali e proiezioni.

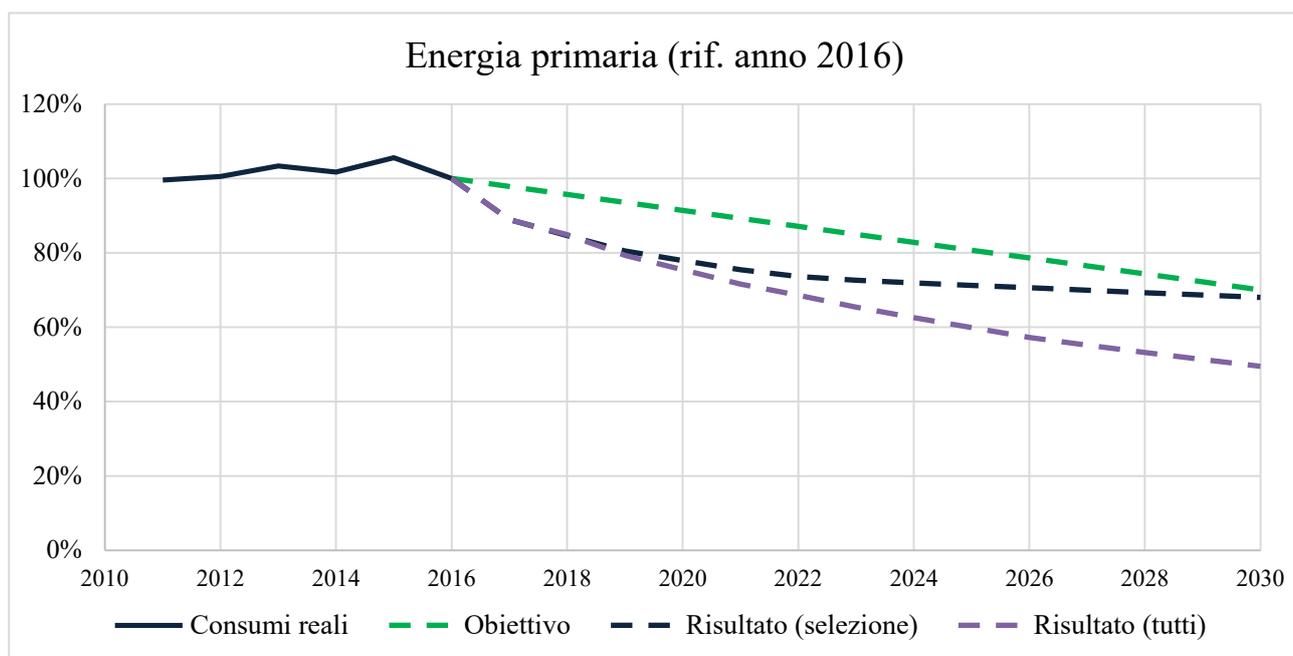


Figura 5.9 – Energia primaria – Dati reali e proiezioni – Variazione percentuale rispetto all'anno 2016.

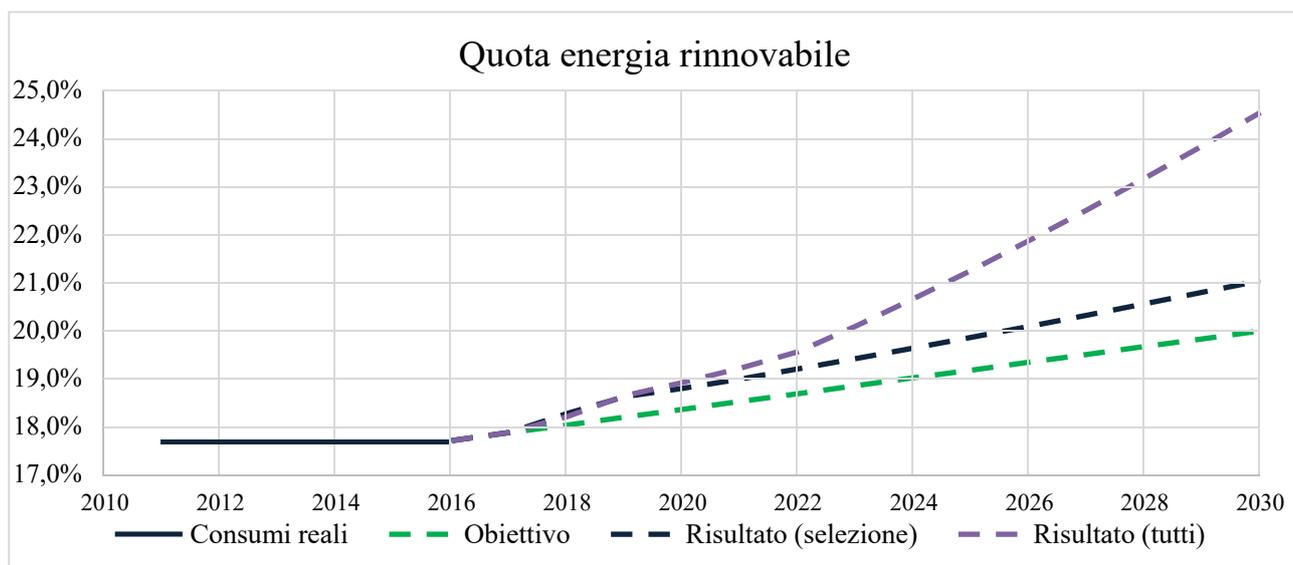


Figura 5.10 – Energia primaria – Quota energia rinnovabile.

La tabella che segue riporta una stima preliminare del costo complessivo degli interventi proposti.

Tabella 5.8 – Stima preliminare del costo degli interventi proposti.

Interventi	Costo unitario		Quantità	Costo totale	% realizz.	Costo totale	€/kWh risp.
Campagne di sensibilizzazione				€ 100.000	100%	100.000 €	0,010
illuminazione a LED	0,7	€/W	6.600.000	€ 4.620.000	60%	2.772.000 €	0,763
sostituzione infissi	500	€/m ²	55.000	€ 27.500.000	10%	2.750.000 €	4,227
isolamento coperture	130	€/m ²	220.000	€ 28.600.000	10%	2.860.000 €	8,291
regolazione riscaldamento	6	€/m ²	440.000	€ 2.640.000	50%	1.320.000 €	4,231
rendimento produzione riscaldamento	120	€/kW	26.400	€ 3.168.000	10%	316.800 €	1,354
Pompe di calore	250	€/kW	26.400	€ 6.600.000	15%	990.000 €	1,826
Produzione acs	1000	€/punto	1.000	€ 1.000.000	100%	1.000.000 €	0,357
Fotovoltaico appaltato	2500	€/kW	289,4	€ 723.500	100%	0 €	0,828
Fotovoltaico studiato	2500	€/kW	504,3	€ 1.260.750	100%	1.260.750 €	0,500
Sistemi di automazione				€ 5.000.000	15%	750.000 €	0,639
Avvicendamento apparecchiature					40%	0 €	-
Cabine elettriche e anello MT CU				€ 1.500.000	100%	1.500.000 €	0,362
Cogenerazione							-
				€ 82.712.250		15.619.550 €	0,010

I risparmi economici conseguibili grazie alla selezione di interventi considerata sono pari a circa 2.700.000 €/anno (vedi **Allegato C** di calcolo).

Gli interventi selezionati devono considerarsi come interventi minimi per il raggiungimento di un obiettivo ritenuto essenziale per Sapienza. Nella tabella precedente, ad esempio, non sono stati considerati gli interventi dei capitoli 6,8, e 9.

6 Il coordinamento con le altre pianificazioni territoriali

6.1 Proposte per la mobilità sostenibile

6.1.1 Potenziamento del Mobility Management di Ateneo

Il progetto prevede che vengano aggiornate le competenze dell'ufficio del Mobility Manager (MM) di Ateneo e le funzioni della struttura a cui fa capo, nonché l'istituzione dei diversi Mobility Manager delle varie Facoltà e sedi decentrate con l'obiettivo di gestire e razionalizzare gli spostamenti sistematici che quotidianamente tutto il personale docente ed amministrativo, nonché ovviamente gli studenti, sono soliti fare per raggiungere le proprie sedi di appartenenza dalle rispettive abitazioni.

Il MM avrà quindi un ruolo fondamentale nella redazione, individuazione, nella gestione e nell'ottimizzazione degli spostamenti casa-lavoro e casa-studio (PSCL/PSCS), analizzando accuratamente la domanda di mobilità dei lavoratori e studenti, e promuoverà modalità di trasporto sostenibili.

Il progetto prevede, come sopra accennato, l'aggiornamento delle competenze e delle funzioni dell'Ufficio di Coordinamento del MM di Ateneo con i vari MM di facoltà. Il MM di Ateneo avrà il ruolo fondamentale di coordinare i MM di facoltà e avviare tutte le attività e i servizi utili all'organizzazione e alla gestione degli spostamenti sistematici sia dei dipendenti che degli studenti verso i rispettivi istituti.

Con il supporto dei necessari strumenti informatici, i vari MM, con l'armonizzazione ed il coordinamento del MM di ateneo, potranno analizzare le abitudini di spostamento verso l'Università, misurando e quantificando la ripartizione modale degli spostamenti di tutta la popolazione universitaria. Partendo da questa base si potrà tracciare un quadro dettagliato delle abitudini di mobilità, delle loro personali esigenze e della loro attitudine al cambiamento verso soluzioni alternative e più sostenibili, il tutto cercando di limitare l'utilizzo del mezzo privato, causa di congestione e stress urbano.

Una volta effettuata questa fase di analisi dei diversi scenari, si potranno pianificare i diversi interventi di "Mobilità Sostenibile", parte dei quali citati a seguire e per i quali si è riscontrato un forte interesse da parte degli studenti nonché dal personale docente ed amministrativo.

6.1.2 Sistema di premiazione ed incentivazione della mobilità sostenibile

Il progetto prevede di mettere a disposizione degli utenti una "App" per il monitoraggio e l'incentivazione dei comportamenti virtuosi di mobilità. Questa applicazione potrà essere personalizzata per rispondere alle esigenze nello specifico ed è in grado di incentivare il comportamento sostenibile dei dipendenti attraverso un sistema premiante legato alla scelta di autobus, bicicletta, carpooling, treno, bike sharing, ecc. Questa applicazione è integrata con un software che analizza i comportamenti attuali degli utenti e la piattaforma web incentiva a cambiarli tramite l'assegnazione di punti e premi a comportamenti sostenibili secondo i seguenti parametri:

- Mezzo di trasporto utilizzato
- Tempo impiegato o km percorsi su mezzi sostenibili (TPL, carpooling, car sharing, navette aziendali, bicicletta, bike sharing, piedi, treno, ecc)
- Cambio di abitudini

Il presente intervento ci fornisce i seguenti vantaggi:

- Uso della tecnologia e incentivazione al cambiamento tramite sistemi non coercitivi ma premianti
- Possibilità per il mobility manager di Ateneo di dotarsi di strumenti che permettano anche nel futuro di analizzare e gestire i dati sugli spostamenti sistematici
- Possibilità di monitorare i risultati ottenuti e quantificare numericamente la riduzione delle emissioni legate agli spostamenti, certificandone i miglioramenti

Si sottolinea inoltre che l'utilizzo significativo dell'applicazione telematica potrà consentire come risultato non secondario il rilievo puntuale dei consumi energetici legati alle attività di spostamento (riucavati nel par. 2.3 del presente Piano attraverso estrapolazione dai dati d'insieme) e la valutazione dei fattori di risparmio conseguenti all'implementazione di buone pratiche di efficientamento.

6.1.3 Mobilità Elettrica: Retrofit del parco auto e rete di sistemi di ricarica

Il Decreto dell' **1 dicembre 2015, n. 219** o "sistema di riqualificazione elettrica" sul retrofit elettrico consente di trasformare un veicolo nato e circolante con motore endotermico in un veicolo con esclusiva trazione elettrica.

Questa possibilità ha tra i tanti motivi due particolari vantaggi:

- Ammodernamento di mezzi già in possesso dell' Ateneo: una volta riqualificati elettricamente, questi mezzi anche se particolarmente obsoleti possono essere considerati praticamente come nuovi.
- Riduzione al minimo della manutenzione meccanica rispetto ai motori a combustione.
- Abbattimento locale delle emissioni inquinanti. In caso di generazione da fonti rinnovabili diventa un abbattimento totale.

A sostegno dei mezzi elettrici (anche convertiti), sarà necessaria la realizzazione di una rete di punti di ricarica rapida AC/DC DC/DC come una concreta possibilità di sviluppo e sperimentazione di tecnologie d'avanguardia nel campo della mobilità e della sostenibilità energetica ed ambientale.

D'altra parte la crescente domanda di sistemi di ricarica rapida per favorire la diffusione di veicoli elettrici in diverse zone del territorio porterà alla non adeguatezza del sistema di distribuzione dell'energia elettrica da parte delle utility e renderà necessario il ricorso ai sistemi di accumulo e all'implementazione del concetto di smart grid per equilibrare la rete stessa.

Dal punto di vista delle infrastrutture di mobilità elettrica, considerando anche le stazioni di ricarica rapida, le microgrid diventeranno a tutti gli effetti nodi di scambio, assumendo il ruolo di siti nevralgici dell'intero sistema di trasporto, sia dal punto di vista della gestione energetica, sia dal punto di vista delle telecomunicazioni e dei sistemi ICT di monitoraggio, controllo e servizio, compresi gli aspetti inerenti la sicurezza.

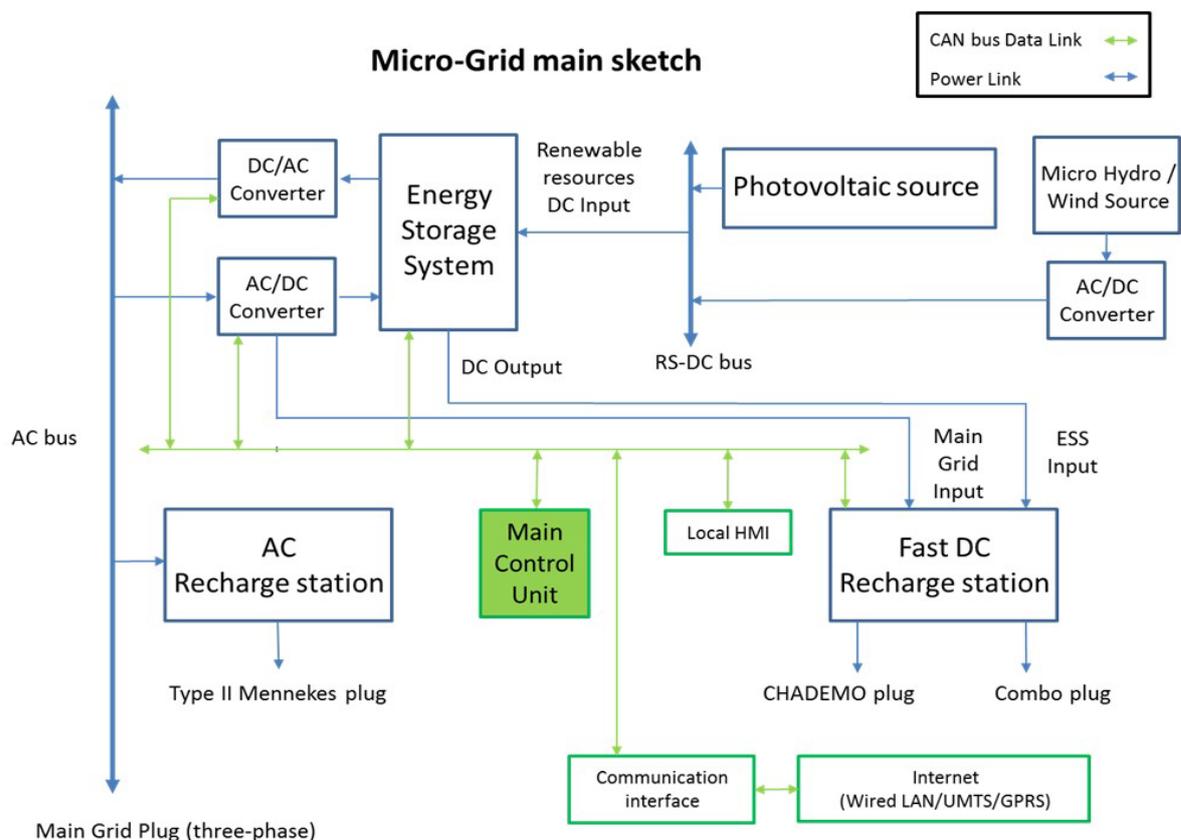
Al fine di definire la struttura della smart grid sarà opportuno considerare il pacco batteria dei veicoli come parte integrante dell'energia immagazzinata, anche in considerazione della taglia dei pacchi stessi (spesso alcune decine di kWh), elaborando dei protocolli e delle tecnologie che consentano la "bidirezionalità" dei sistemi di ricarica (V2G, Vehicle to Grid).

Appare pertanto evidente che le aree tecnologiche che sono state e sono tuttora obiettivo di sostanziali sviluppi innovativi sono le seguenti:

1. Sistemi per la ricarica rapida di veicoli elettrici;
2. Sistemi di accumulo energetico;
3. Gestione efficiente dei flussi energetici in una Micro Grid;
4. Monitoraggio, controllo e gestione intelligente della rete di distribuzione dell'energia elettrica (Smart Grids);
5. Modulo di ricarica rapida da integrare nella riqualificazione elettrica dei veicoli termici (Retrofit elettrico);
6. Sistemi "Vehicle to Grid" (V2G) che offrano la possibilità di sfruttare il pacco batterie del veicolo come una estensione del sistema di accumulo stazionario.

La Micro-Grid è definita come sistema integrato composto dai seguenti elementi, come si evince dalla sottostante figura:

- Una o più colonnine di ricarica rapida in DC o in AC
- Uno o più generatori da fonte rinnovabile (fotovoltaico, mini eolico, mini hydro ecc.).
- Un sistema di accumulo, dotato di BMS.
- Un sistema di controllo principale (MCU).
- Un sistema di interfaccia uomo-macchina locale (HMI), tramite il quale è possibile monitorare ed impostare i parametri di funzionamento del sistema (dashboard touchscreen).
- Una interfaccia di comunicazione, per il monitoraggio e controllo remoto della microgrid tramite web application.



6.1.4 Bike e car sharing, Car pooling

Per quanto attiene ai trasporti, operare nell'ambito della mobilità sostenibile, in un contesto complesso come quello universitario, significa adattare continuamente le caratteristiche dei progetti alle reali esigenze degli utenti, collaborando con le diverse realtà presenti sul territorio (enti locali, aziende del trasporto pubblico locale, media).

Significa anche incidere sugli stili di vita degli individui, tentando di modificare abitudini consolidate. Le problematiche da affrontare non sono mai, quindi, di tipo esclusivamente tecnico: è sempre indispensabile, a monte, un intervento di tipo culturale.

Un'innovazione al servizio di Bike e Car sharing può essere rappresentata dall'utilizzo di veicoli leggeri come i LEV (Light Electric Vehicles) che accolgono vantaggi intermedi tra i due sistemi di trasporto.

Fra le iniziative già in atto in Sapienza è possibile citare (cfr. dati Amministrazione):

Servizio carpooling

Tra le iniziative in fase di realizzazione, si segnala il Servizio carpooling, un servizio online di formazione e organizzazione degli equipaggi per gli spostamenti casa-università o per altri percorsi. Il servizio, è stato attivato di recente e, dopo la fase di start up, necessita di un potenziamento sviluppato secondo le risultanze della sperimentazione. La collaborazione con una agenzia specializzata nel carpooling universitario permetterà di collegarsi alla piattaforma del servizio per ottimizzare la condivisione con altri utenti registrati dei tragitti in automobile verso le sedi universitarie a seguito di prenotazione tramite pc o smartphone e tablet, grazie a una App dedicata.

Agevolazioni abbonamento carsharing

Nella sezione "Mobility manager aziendali" del sito dell'Agenzia della mobilità di Roma è stato inserito il modulo che consente di ottenere lo sconto di euro 26.00 (fino a esaurimento fondi) sull'abbonamento annuale al carsharing a tutti i dipendenti di aziende che abbiano il Mobility Manager. Tale sconto è cumulabile con l'agevolazione di ulteriori euro 26.00 (per un totale di euro 52.00) per chi è in possesso della Metrebus Card. Il modulo di richiesta dell'incentivo per l'utilizzo del servizio carsharing deve essere sottoscritto dal Mobility Manager. Le agevolazioni negli abbonamenti carsharing sono uno degli aspetti del più ampio progetto Car Sharing al quale nel 2008 l'Università aderisce; sempre nel 2008, conclusa l'esperienza di "Minerva si muove", viene attivato un nuovo servizio di trasporto gratuito per studenti e dipendenti, senza alcun cofinanziamento. Una linea collega la Città Universitaria con le stazioni ferroviarie: partenze ogni 20 minuti con navette elettriche.

Ed infine, da citare la recentissima indagine nazionale sulla mobilità da casa al posto di lavoro promossa dal Coordinamento Nazionale dei Mobility Manager delle Università italiane, alla quale Sapienza ha aderito, e che invita gli studenti, i docenti e il personale tecnico e amministrativo fino al 24 ottobre 2016, a rispondere alle domande sui mezzi di trasporto utilizzati più di frequente, sulle difficoltà incontrate negli spostamenti casa-lavoro e sulla percezione e soddisfazione del viaggio.

I risultati del questionario, realizzato per la prima volta a livello nazionale, saranno pubblicati sul primo Rapporto nazionale sullo sviluppo della sharingmobility in Italia, presentato entro e non oltre la fine del 2016. Si tratta della prima esperienza di coordinamento tra tutti gli Atenei italiani impegnati sui temi della sostenibilità ambientale e della responsabilità sociale, di cui il Coordinamento Nazionale dei Mobility Manager è parte integrante.

Una ultima annotazione al fine di ricordare che ai fini del raggiungimento degli obiettivi è indispensabile la sensibilizzazione degli utenti attraverso una corretta informazione, formazione e comunicazione ambientale.

6.1.5 Mobilità a metano e idrometano

L'intervento riguarda la realizzazione di un sistema di trasporto a servizio delle SE e del loro collegamento con la CU, con autobus alimentati ad idrometano (miscela di idrogeno e metano). La sperimentazione riguarda sistemi e metodologie di mobilità sostenibile innovativi che coinvolgono l'utilizzo di energie rinnovabili (per la produzione di idrogeno) e che comprendono tutti i percorsi autorizzativi e infrastrutturali necessari. Sono previste anche campagne di sensibilizzazione e di formazione per gli utenti, studenti e personale, compresa la preparazione al lavoro degli operatori necessari.

L'idrogeno è prodotto da fonte rinnovabile e la rete infrastrutturale comprenderà la realizzazione di uno/due distributori di idrometano.

Le ricadute di tale attività sono lo sviluppo sistemi di alimentazione ibrida, la individuazione delle procedure di omologazione, l'occupazione, oltreché la riduzione di emissioni di gas climalteranti.

I costi sono in funzione dei autobus e delle stazioni di ricarica da installare.

6.1.6 Servizi integrati di mobilità sostenibile con piattaforma di back-end per la gestione di infrastrutture intelligenti, monitoraggio di veicoli e fornitura di servizi smart correlati

La mobilità sostenibile è il modello di sistema di trasporti che riduce al minimo l'impatto ambientale, massimizzando l'efficienza, la rapidità degli spostamenti e l'interazione tra gli utenti. Il settore dei trasporti consuma larga parte dell'energia primaria utilizzata da Sapienza (vedi paragrafo 2.3), anche se questi sono stati calcolati in modo indiretto attraverso i percorsi cittadini, regionali ed extraregionali di studenti e personale. La riduzione del consumo di fonte fossili significa stimolare l'economia, contrastare il cambiamento climatico, ridurre il Pm10 da traffico veicolare che secondo tutti gli studi scientifici è collegato a gravi danni alla salute, e costituire un *driver* per la ricerca. Per avvicinarsi al modello di mobilità sostenibile serve infatti più informatica, più connettività, più intermodalità, più design, più tecnologia, smart city, infrastrutture moderne, progressiva elettrificazione delle automobili, una disponibilità personale a cambiare le proprie abitudini e informarsi sui progressi nel settore e su tutte le nuove opportunità.

La proposta di infrastrutturare 4 delle sedi di Sapienza riguarda la realizzazione di un sistema intelligente di mobilità comprendente stazioni di ricarica intelligenti per veicoli elettrici (auto, bici, scooter) e/o ibridi plug-in supportate da una piattaforma di back-end che sfrutti un'avanzata tecnologia ICT.

Il sistema consente la gestione di veicoli elettrici 24h/24h ed ha la prerogativa di fornire un servizio innovativo che possa servire il maggior numero di utenze possibili, grazie all'utilizzo di strumenti tecnologici avanzati che siano conformi alle normative europee del settore e che, infine, possa fornire una serie di servizi integrati.

L'infrastruttura proposta verrà monitorata da uno specifico amministratore di sistema in tutte le sue funzioni, in modo da evitare che eventuali malfunzionamenti ne determinino il fuori servizio ed il conseguente mancato rispetto del business plans individuato.

Un possibile sistema progettuale prevede di sfruttare le potenzialità della piattaforma e interessa le seguenti sedi unitamente ad un Business Plan:

- Rettorato, Piazzale Aldo Moro.

- 2 infrastrutture intelligenti di ricarica rapida per auto elettriche e/o ibride plug-in integrate da sistemi di accumulo in configurazione mini-grid;
- 1 auto elettrica per implementazione servizio di car sharing;
- 2 retrofit elettrico
- 2 Light Electric Vehicles
- 3 barre di ricarica intelligenti per biciclette elettriche e/o scooter elettrici;
- 12 biciclette elettriche a pedalata assistita per implementazione servizio di bike sharing.
- 2 cargo bike a pedalata assistita per implementazione di un servizio di trasporto interno
- Facoltà di Economia, Via Castro Laurenziano.
 - 2 infrastrutture intelligenti di ricarica rapida per auto elettriche e/o ibride plug-in integrate da sistemi di accumulo in configurazione mini-grid;
 - 1 auto elettrica per implementazione servizio di car sharing.
- Facoltà di Architettura, Valle Giulia.
 - 2 infrastrutture intelligenti di ricarica rapida per auto elettriche e/o ibride plug-in integrate da sistemi di accumulo in configurazione mini-grid;
 - 1 auto elettrica per implementazione servizio di car sharing.
- Facoltà di Ingegneria, Via Eudossiana
 - 2 infrastrutture intelligenti di ricarica rapida per auto elettriche e/o ibride plug-in integrate da sistemi di accumulo in configurazione mini-grid;
 - 1 auto elettrica per implementazione servizio di car sharing.

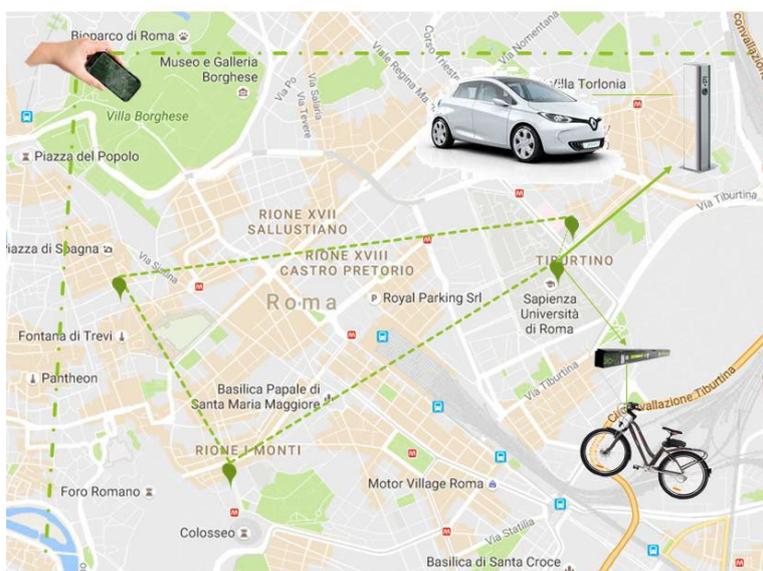


Figura 6.1 – Localizzazione infrastrutture per la mobilità sostenibile.

L'operazione può essere condotta con l'intervento di una ESCo che la finanzia a fronte di una remunerazione effettuata attraverso la gestione del servizio. Il finanziamento complessivo, per una attività di sei anni risulta pari a circa 550.000 €.

6.2 Proposta per un impianto per produzione di energia elettrica e calore da biomassa residuale

Fa parte del progetto la realizzazione di un impianto innovativo di pirogassificazione, con produzione di energia elettrica e calore, di piccola taglia, alimentato da materiale organico di origine prevalentemente vegetale (rifiuti delle mense integrati da altri rifiuti di origine vegetale).

In tale settore Sapienza (attraverso i suoi Dipartimenti) vanta collaborazioni con aziende e contratti di ricerca, che hanno portato alla progettazione e messa in funzione di vari impianti (un impianto per produzione di energia elettrica mediante gassificazione di biomasse in fase di commercializzazione in Argentina; un impianto di liquefazione di biomasse per produzione diretta di gasolio operativo in Cina).

Le materie prime, al fine di essere impiegate, sono preliminarmente sottoposte ad un trattamento di essiccazione, realizzato mediante un processo particolarmente innovativo finalizzato alla ottimizzazione del consumo energetico.

La biomassa viene, quindi, sottoposta a gassificazione in due fasi successive: inizialmente, mediante uno stadio di pirolisi in assenza di ossigeno e, successivamente, mediante un processo di completa riduzione a basso contenuto di ossigeno. Il risultato di tale processo chimico-fisico è un gas (SYNGAS) combustibile composto principalmente da idrogeno (H_2), monossido di carbonio (CO), metano (CH_4), anidride carbonica (CO_2) e azoto (N_2).

Il processo è stato concepito allo scopo di ottenere i seguenti risultati:

- Unità compatta
- Altissima efficienza di conversione (fino al 30%)
- Possibilità di caricare una gamma ampissima di materiali organici diversi sia per forma che per composizione, allo scopo di valorizzare scarti (materiale organico di origine animale, paglia, residui vegetali, digestato, sansa, melassa, etc...) e non solo materie prime
- Possibilità di utilizzare materiale organico con presenze significative di componenti bassofondenti (manganese, potassio, silice presente per esempio in paglia, pollina, etc...)
- Possibilità di utilizzare materiale organico con presenze significative di cloro, zolfo, azoto
- Produzione di ceneri completamente esauste, senza alcun potere calorifico residuo, assolutamente stabili
- Produzione di un SYNGAS dal notevole potere calorifico (tipicamente, 2 kWh/Nm^3) con un dew-point dei catrami (Tars) inferiore a 10°C ed un contenuto di inquinanti (composti di S, Cl, N, metalli pesanti) ampiamente entro i parametri di legge

L'impianto è composto dalle seguenti sezioni:

- Stoccaggio, pretrattamento, omogeneizzazione e caricamento della biomassa;
- Modulo di pulizia della biomassa;
- Modulo di essiccazione;
- Modulo di gassificazione;
- Centrale termica ottimizzazione utenze termiche;
- Sistema di raffreddamento e depurazione gas di sintesi;
- Quadro elettrico comando e controllo;
- Quadro di parallelo rete elettrica;
- Gasometro di accumulo SYNGAS;
- Motogeneratore elettrico dotato di sistema di filtrazione fumi di scarico;

- Sistema di trasformazione energia elettrica BT/MT.

In Figura 6.2 è riportato un layout di riferimento.

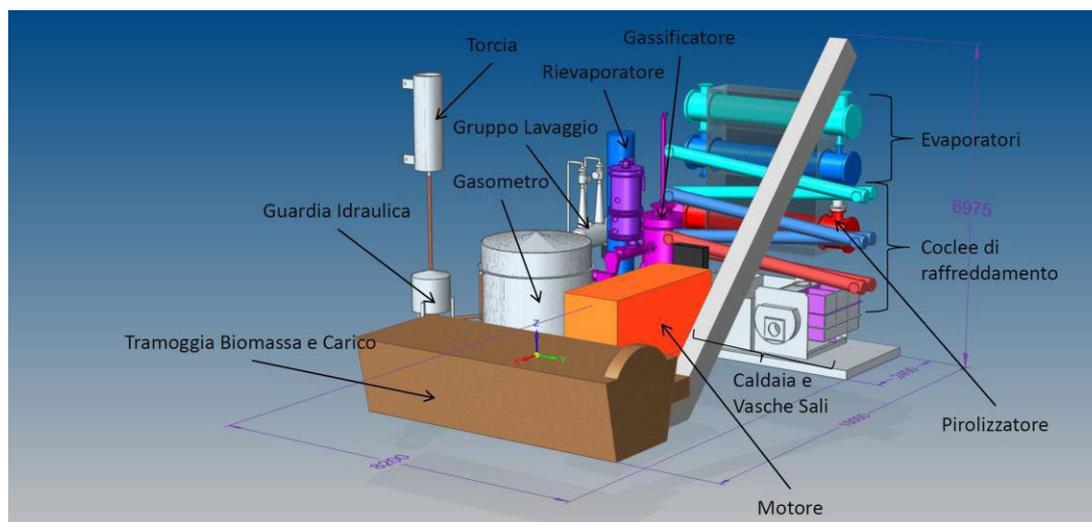


Figura 6.2 –Layout di riferimento per un impianto di gassificazione da biomasse

La taglia prevista per l’impianto è per il trattamento di 2.000 t/anno di rifiuto organico, in parte costituito dai rifiuti della mensa dell’Università “Sapienza” di Roma (rifiuto particolarmente ricco di umidità) ed in parte costituito da altro materiale organico di rifiuto, con umidità inferiore, conferito dal territorio circostante.

In Tabella 6.1 sono riportati dei dati indicativi sull’impianto previsto.

Il costo dell’impianto, inclusa la progettazione e la sperimentazione, ammonta a 450.000 euro. I risultati positivi della sperimentazione saranno molto utili per ulteriori applicazioni, riferite anche a taglie molto superiori, con costi unitari di investimento inferiori ed una produzione di energia che potrà giungere ad essere competitiva anche in un mercato non sussidiato.

Tabella 6.1 – Dati indicativi dell’impianto a biomassa.

Ore di funzionamento all'anno	7.260	ore/anno
Potere calorifico superiore materiale in ingresso	3,7	kWh/kg
Umidità materiale in ingresso	60-65	%
Potere calorifico inferiore materiale in ingresso (umidità 65%)	0,9	kWh/kg
Portata biomassa (umidità 65%)	275	kg/h
Efficienza gassificatore	75	%
Efficienza elettrica generatore	38	%
Potenza netta immessa in rete (NETTA)	50	kW
Efficienza termica	38	%
Potenza termica disponibile	95	kW
Efficienza complessiva	58	%

Per ottenere la biomassa necessaria per l’alimentazione dell’impianto (2.000 t/anno), oltre ad utilizzare la frazione organica dei residui provenienti dalle mense di Sapienza (500 t/anno)occorrerà provvedere a siglare un protocollo con AMA e Municipio 2; sarà inoltre necessario, con le parti interessate, trovare un’idonea collocazione all’interno del Municipio stesso (1.000 m²).

6.3 Interazioni con il Municipio 2

Nell'ambito delle attività della Commissione Enti Locali di Sapienza è intercorso un confronto con l'amministrazione locale del secondo Municipio che prevede scambi di iniziative culturali e gestionali. Tra queste attività, parte importante è rappresentata dalle azioni del PES previste sul territorio, maggiormente incentrate, come risulta evidente, nel quartiere di San Lorenzo:

- Sviluppo territoriale della banda ultra-larga
- Creazione di un network energetico con Policlinico, Ministero dell'Aeronautica
- Sviluppo territoriale della telefonia mobile
- Sviluppo di un network integrato per le reti di distribuzione di energia, gas ed acqua
- Utilizzo delle biomasse per produzione di biogas
- Mobilità sostenibile

6.4 Compatibilità con il PAES di Roma Capitale

Il Piano di Azione dell'Energia Sostenibile (PAES) di Roma Capitale, approvato dal Consiglio Comunale nel marzo del 2014 e dalla Commissione europea nel maggio del 2016 (www.eumayors.eu/about/signatories_en.html?city_id=741&seap), aveva come scopo il raggiungimento, nel periodo 2011-2020, di una serie di obiettivi:

- riduzione delle emissioni di CO₂ al 2020 pari a 20% rispetto ai valori del 2003 (11 milioni di ton CO₂), corrispondenti a circa 2,2 milioni di tonnellate all'anno
- complessivamente, investimenti previsti per il raggiungimento degli obiettivi del SEAP, nei dieci anni di attività, pari a circa 5 miliardi di Euro.

Le azioni previste si riferivano agli ambiti tematici efficienza energetica (40%), Trasporti (35%), FER (25%).

Le amministrazioni comunali succedutesi dal 2011 in poi non hanno, nonostante le approvazioni ufficiali, dato seguito alle azioni necessarie per l'adesione della città di Roma al Patto dei Sindaci, ed il Piano dovrebbe essere soggetto a revisione ed aggiornamento. Nonostante ciò, molte delle azioni del PAES sono in linea con quanto previsto nel PES ed una attuazione di quest'ultimo potrebbe dare nuovo impulso ad attività di carattere più esteso a livello cittadino.

Infatti tra le azioni del PAES si possono elencare:

T01 - Fluidificazione del traffico privato e nuova regolamentazione soste
T03 - Potenziamento bike sharing e realizzazione piste ciclabili
T05 - Realizzazione infrastrutture per la ricarica auto elettriche
T07 - Potenziamento servizio car-sharing
T08 - Mobilità idrometano
EE2 - Interventi su edilizia pubblica
EE5 - Cogenerazione ospedali
EE6 - Efficientamento scuole
EE9 - Illuminazione pubblica
EE10 - Illuminazione edifici
EE 11 - Microcogenerazione impianti natatori
EE12 - Piano riassetto rete elettrica comunale
EE13 - Smart grid alla Sapienza
FER1 - 1 GWp di fotovoltaico
FER2 - uso di biocombustibili
FER3 - utilizzo delle biomasse

7 Il finanziamento delle azioni del PES

Il Fondo Europeo per l'Efficienza Energetica (EEEF)

www.eeef.eu/home-it/html

Il Fondo è un innovativo partenariato pubblico-privato per sostenere la lotta al cambiamento climatico attraverso misure di efficienza energetica e mediante l'utilizzo di fonti rinnovabili negli Stati Membri della Unione Europea. Prevede il finanziamento dell'efficienza energetica, dell'energia rinnovabile e del trasporto urbano sostenibile in progetti di enti locali e regionali, di società pubbliche e private operanti per conto dei suddetti enti anche per importi superiori ai 2 milioni di euro.

Le istituzioni che supportano il Fondo sono: la Commissione Europea, la Banca Europea degli Investimenti (BEI), la Cassa Depositi e Prestiti Spa.

I beneficiari finali dell'EEEF possono ricevere investimenti diretti (che comprendono progetti da promotori di progetti, dalle società dei servizi energetici ESCo, da agenzie di distribuzione che servono i mercati dell'energia) oppure investimenti indiretti da istituti finanziari (che comprendono gli investimenti da banche locali, società di leasing e altri enti finanziari).

Gli investimenti si riferiscono a tre categorie di progetti:

- per il risparmio energetico e l'efficienza energetica, con interventi sugli edifici, compresi quelli che utilizzano azioni ICT, produzione combinata di energia elettrica e calore, compresa la microgenerazione, l'illuminazione ad alta efficienza, i sistemi di accumulo, le smart grid e lo smart metering, le best available technologies;
- per le fonti di energia rinnovabile, con interventi sulle smart grid, sugli accumuli, per il biogas prodotto localmente con l'inserimento nelle reti esistenti, per la microgenerazione da fonte rinnovabile;
- per il trasporto urbano sostenibile, con interventi anche su vetture elettriche e ad idrogeno.

Strumenti incentivanti

Allo stato attuale i dispositivi per la realizzazione delle attività finanziate sono:

- i titoli di efficienza energetica TEE (certificati bianchi). Il meccanismo incentiva gli impianti termici nell'ambito della categoria di intervento CIV-T (produzione caldo/freddo, produzione di acqua calda sanitaria) e con il D.M. 05/09/2011 si è avuto il riconoscimento dei TEE anche per la cogenerazione ad alto rendimento CAR; il decreto fissa le condizioni di accesso al regime di sostegno specificando che il rilascio dei TEE è commisurato al risparmio di energia primaria realizzato per ogni anno in cui sono rispettati i requisiti;
- il conto termico, che finanzia la produzione di energia termica da impianti FER e l'incremento dell'efficienza energetica; recentemente una revisione del D.M. ha potenziato l'efficacia del meccanismo (conto termico 2.0) attraverso una sua semplificazione, l'ampliamento della tipologia degli interventi ammessi all'incentivo, l'adeguamento del livello dell'incentivo;
- gli incentivi per le rinnovabili elettriche e per il biometano;
- il fondo nazionale per l'efficienza energetica, rivolto alla riqualificazione degli edifici della PA e degli edifici residenziali, alla realizzazioni di reti di teleriscaldamento, all'efficienza dell'illuminazione pubblica, alla riduzione dei consumi di energia nei processi industriali; al fondo di rotazione confluiranno nel periodo 2014-2020 risorse a livello nazionale per un ammontare di 480 milioni di euro;

- il fondo per la riqualificazione dell'edilizia scolastica, che ha allocato complessivamente 350 milioni di euro dell'ex fondo Kyoto per il finanziamento a tasso agevolato di interventi di riqualificazione energetica di scuole ed università.

I riferimenti istituzionali per gli strumenti di incentivazione di ciascuna tecnologia sono il MiSE, il GSE e l'ENEA.

Sulla base dell'attuale sistema incentivante (per le rinnovabili elettriche non fotovoltaiche, il D.M. 6/7/12, in vigore dal 1 gennaio 2013; il nuovo conto termico sulle rinnovabili termiche, e il D.Lgs. 102/2014, il Decreto Biometano D.M. 5/12/13), l'obiettivo è definire gli indirizzi strategici ed orientare le amministrazioni pubbliche verso uno sviluppo sostenibile delle bioenergie, curando in particolare:

- la divulgazione delle buone pratiche (gestionali, tecniche e normative);
- l'adeguamento e la semplificazione della normativa nazionale e regionale;
- la valorizzazione, il rafforzamento e l'ampliamento delle ricerche in atto e in programma.

Finanziamenti europei

I finanziamenti per l'energia sostenibili della programmazione europea 2014-2020 sono:

- Horizon 2020: circa 6 miliardi di euro per progetti di innovazione nei settori dell'efficienza energetica, delle tecnologie a basse emissioni di carbonio, delle smart cities and communities;
- Connecting Europe Facility: circa 6 miliardi di euro per investimenti in infrastrutture energetiche (reti) ad elevato valore aggiunto;
- Fondi di coesione: circa 23 miliardi di euro per investimenti in efficienza energetica, fonti rinnovabili, reti intelligenti e mobilità urbana, inclusa ricerca ed innovazione nelle aree complementari a Horizon 2020.

Sono fortemente suggerite dalla Commissione europea sinergie tra i programmi di Horizon 2020 e le politiche di coesione 2014–2020¹⁷ per esplorare nuovi approcci per un migliore sfruttamento delle risorse EU in direzione della ricerca, dello sviluppo e dell'innovazione.

In particolare, la Commissione europea ha individuato di recente le linee di azione per agevolare il finanziamento dell'efficienza energetica nei settori civili ed industriali, cfr. il rapporto "*Energy Efficiency – the first fuel for the EU economy, How to drive new finance for energy efficiency investments*"¹⁸, per tentare di sollecitare il mondo finanziario ad investire in efficienza energetica e rimuovere in questo modo molte delle barriere poste dalle istituzioni finanziarie all'implementazione delle politiche di efficienza energetica. Sapienza intende fare propri i criteri contenuti nel rapporto, con la costituzione di un fondo direttamente correlato con l'*European Fund for Strategic Investments (EFSI)* riguardante:

- azioni sul mercato dell'energia (penetrazione della certificazione energetica degli edifici con miglioramento delle metodologie di calcolo, miglioramento del flusso di informazioni attraverso database open-source riguardanti l'energia e i suoi costi),

¹⁷ I fondi strutturali europei SI Funds si riferiscono a FESR -Fondo Europeo di Sviluppo Regionale, CF - Fondo di coesione, FSE - Fondo sociale europeo, FEASR - Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale, e FEAMP – Fondo Europeo Aree Marittime e Pesca.

¹⁸ <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Final%20Report%20EEFIG%20v%209.1%2024022015%20clean%20FINAL%20sent.pdf>.

- azioni di natura economica (uso di leve fiscali per motivare proprietari e imprese nel settore dell'efficienza energetica, revisione operativa degli EPC Energy Performance Contract in un'ottica di partenariato pubblico-privato),
- azioni di natura finanziaria (mercato delle ipoteche verdi che includono costi e benefici dell'efficienza energetica, eliminazione dalle limitazioni del patto di stabilità degli investimenti effettuati per l'efficienza energetica, fondi per l'assistenza progettuale tecnica),
- azioni istituzionali (agevolazioni per la diagnosi energetica soprattutto per piccole e medie imprese, censimento e roadmap per la riqualificazione degli edifici di proprietà pubblica).

Altro strumento a disposizione è il POR FESR-FSE 2014-2020.

8 Il monitoraggio del Piano

La Direttiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 27 giugno 2001, concernente la valutazione degli effetti di determinati piani e programmi sull'ambiente, all'art. 10 prevede che "gli Stati Membri controllino gli effetti ambientali significativi dell'attuazione dei piani e dei programmi al fine, tra l'altro, di individuare tempestivamente gli effetti negativi imprevisti e essere in grado di adottare le misure correttive che ritengono opportune".

Su questa linea, si suggerisce di porre in essere (attraverso apposita struttura, *la governance della sostenibilità*) un monitoraggio del PES per controllare gli effetti ambientali significativi della sua attuazione. Il sistema di monitoraggio, oltre ad essere utilizzato come strumento di raccolta ed aggiornamento dei dati, consiste nell'elaborazione di tali dati e nella valutazione dell'incidenza tecnico-economica degli interventi proposti dal piano, elaborando eventualmente misure correttive o di mitigazione per i singoli interventi che si prevede abbiano influenza negativa.

L'attuazione del PES avviene attraverso una serie di attività:

- definizione degli strumenti, delle modalità e dei tempi per la comunicazione delle informazioni derivanti dal monitoraggio;
- definizione delle modalità e dei tempi di rilevazione e aggiornamento delle informazioni ambientali pertinenti, in base ai tempi di realizzazione degli interventi previsti nel piano;
- verifica del grado di conseguimento degli obiettivi di sostenibilità ambientale;
- definizione e adozione di eventuali misure correttive;

Per il monitoraggio del PES si propone l'utilizzo di due tipologie di indicatori:

- indicatori di contesto che prevedono il continuo aggiornamento e la raccolta dei dati provenienti dagli Enti interessati dal piano (ENEA-TERNA-GSE-ACEA), per fornire informazioni sull'evoluzione delle caratteristiche ambientali del contesto di riferimento nei diversi settori di competenza;
- indicatori di sostenibilità che stimano le prestazioni ambientali prodotte dall'attuazione del piano in base agli obiettivi di sostenibilità individuati a livello europeo e regionale, nel pieno rispetto delle normative vigenti in materia.

Tabella 8.1 – Quadro degli indicatori di sostenibilità

<i>Ambiti</i>	<i>Indicatori di sostenibilità</i>
Energia degli edifici	Percentuale di fonte rinnovabile sul totale dei consumi Percentuale di impianti centralizzati sul totale Percentuale di lampade LED sul totale Quantità di energia elettrica prodotta da fonti di energia rinnovabile Consumi finali di energia per fonti primarie Produzione di energia elettrica per fonte Produzione di energia termica per fonte Produzione lorda di energia elettrica degli impianti da fonti rinnovabili Impianti di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili Superficie edifici esistenti interessata da riqualificazione energetica Superficie edifici nuovi interessata da prescrizioni energetiche
Rapporti con il territorio	Numero di imprese create nell'incubatore Sapienza Livello di emissioni CO ₂ per fonte e per uso finale Numero di superamento dei valori soglia nell'atmosfera di inquinanti Portate e prelievo di acqua per uso potabile

	Portate e prelievo di acqua per uso industriale e per innaffiamento
Mobilità sostenibile	Percentuale di mobilità elettrica sul totale Percentuale di trasporto pubblico sul totale Percentuale car sharing elettrico e car pooling Numero delle stazioni di ricarica dei veicoli elettrici
Gestione del ciclo di prodotti	Quantità di rifiuti urbani raccolti in modo differenziato Quantità di rifiuti speciali pericolosi prodotti Quantità di rifiuti speciali recuperati GPP – percentuale di voci green sul totale degli acquisti

9 Linee di ricerca nel settore energetico

Il PES include una serie di attività di ricerca, integrate con le azioni proposte per l'efficienza energetica e l'uso di fonti rinnovabili. Tali attività sono presenti in un elenco non esaustivo, perché individuano priorità nella ricerca applicata da finanziare e possono essere considerate complementari alle azioni del Piano.

Sono elencate per filone di ricerca.

Efficienza energetica

1. Progettazione e realizzazione di una serie di impianti trigenerativi all'interno della Sapienza. Scopo della ricerca è la ricerca del cost optimality per una maggiore autonomia energetica della Sapienza e la riduzione delle emissioni CO₂. Il costo stimato è di circa 1.000.000 € per ogni impianto con potenze fino a 300-400 kWe e il payback stimato è considerato 4 anni. Vista la necessità di supportare le azioni del PES, si devono prevedere interventi entro il 2018 con tempi di realizzazione di 12/18 mesi per ogni impianto. Tra questi, la realizzazione di stazioni modulari di trigenerazione (del tipo turbogas cogenerato+ORC per la contemporanea produzione di energia termica ed elettrica) di piccola taglia, è mirata alla copertura nel periodo 2017-2030 dei fabbisogni del Campus Sapienza.
2. Istituzione di un Centro Ricerca in Sistemi di Conversione Energia (ad es. tramite spinoff dedicato ICRECS [International Centre for Research in Energy Conversion Systems]) che crei sinergie industriali per la realizzazione di apparati e sistemi innovativi.
3. Attività di ricerca a supporto delle azioni previste di smart metering e gestione di domanda/offerta dell'energia. Si prevede l'installazione su un impianto campione di una rete di sensori (smart metering) per il rilievo dei dati di flusso dell'energia richiesta dalle utenze, di quella offerta dalle fonti di generazione presenti nell'area di interesse del progetto e quella presente nei sistemi di accumulo fisso e mobile in un ambito di micro-grid strumentata. La rete di sensori sarà collegata ad un sistema di gestione dell'energia che ne ottimizzi i flussi, dirigendoli istantaneamente nelle direzioni più convenienti dal punto di vista tecnico-economico.
4. Massimizzazione dell'utilizzo dell'energia da fonte rinnovabile generata all'interno di un'area di progetto, con sfruttamento ottimale degli impianti di accumulo. Lo studio (da svolgersi entro il 2019) riguarda la riduzione della richiesta di energia dalla rete elettrica e si riferisce ad un contributo alla diffusione dei sistemi energetici a fonti rinnovabili altamente integrati, replicabili su diverse scale in aree cittadine. Le ricadute nell'ambito della ricerca riguardano lo studio del comportamento effettivo dei sistemi di gestione dell'energia quando inseriti in ambiti reali, quindi con variabilità estrema di domanda/offerta dell'energia, come una città.
5. Solare fotovoltaico o minieolico da asservire a stoccaggi elettrici o in idrogeno accoppiati a sistemi di storage con batterie al litio.
6. Generazione ad alta efficienza di energia attraverso celle a combustibile. La generazione distribuita di energia sarà realizzata, inizialmente in un certo numero di edifici, utilizzando celle a combustibile. Sono previste due configurazioni:
 - Nel caso in cui sia necessario implementare un impianto di co- o tri-generazione, si farà riferimento a celle ad alta temperatura tipo SOFC o MCFC per dispositivi di taglia 0.5-

100 kW. Tali sistemi potranno essere alimentati con metano o biogas proveniente da processi di trattamento rifiuti.

- Nel caso in cui non sia necessario produrre calore utile per gli ambienti si provvederà ad installare celle a combustibile a bassa temperatura alimentate a idrogeno o a metanolo diretto o riformato.
 - Attività di ricerca specifiche dovranno essere condotte sulla ottimizzazione del funzionamento delle celle a metanolo e sulla appropriata progettazione dei componenti. Tali dispositivi di generazione garantiscono generalmente efficienze elettriche superiori al 40% ed hanno pertanto rendimenti largamente superiori a qualsiasi altro dispositivo disponibile per la generazione distribuita. Oltre alle altre efficienze, tali dispositivi hanno livelli di emissioni estremamente ridotti e prodotti controllati quali acqua e (solo per le celle ad alte temperature e alimentate ad alcoli) anidride carbonica. Tempi di realizzazione: 12-18 mesi, entro il 2018
7. Sperimentazione su un sistema integrato di gestione delle utenze elettriche e termiche degli spazi comuni e delle aule didattiche della sezione elettrica. Il sistema di building automation in corso di studio prevede: la sostituzione dei punti luce con altri avente tecnologia a LED regolabile con continuità e driver comunicante con tecnologia DALI/Konnex; la realizzazione di sistemi automatici di rilevamento presenza per le aree comuni; la sensoristica di rilevamento luce naturale, temperatura ed umidità; un sistema BUS di collegamento wired per i punti luce, con protocollo Konnex; valvole termostatiche per i radiatori, comunicanti con tecnologia wi-fi protocollo Z-Wave; gateway Konnex per la gestione e supervisione dei climatizzatori monosplit; sistema di metering delle utenze principali con protocollo M.Bus o Konnex; supervisore integratore di zona multi standard per l'integrazione di tutti i sotto insiemi con possibilità di implementazione di funzioni avanzate e software di supervisione del tipo client/master per essere allocato su comuni dispositivi portatili; integrazione dei sistemi audio/video delle aule didattiche per la gestione integrata; la realizzazione di una postazione centrale di supervisione/guardiania in portineria per l'attivazione/disattivazione e regolazione centralizzata degli impianti tecnici.
 8. Attività di ricerca sui protocolli per la banda ultra-larga. Coordinamento territoriale per servire, in accordo con le aziende incaricate dello sviluppo della banda ultra-larga in Italia, il comparto allargato che comprende Sapienza CU, Policlinico, Ministero Aeronautica, CNR, ISS. Accordo con Municipio 2 per la realizzazioni di impianti e reti prototipo.
 9. Le attività di ricerca in questo settore includono: • l'applicazione di nuovi criteri di progettazione e l'impiego di materiali avanzati per le apparecchiature quali trasformatori e interruttori allo scopo di migliorarne l'efficienza, la sicurezza e le prestazioni • la diffusione di dispositivi elettronici per ottimizzare le risorse esistenti e migliorare la flessibilità della rete in caso di interruzioni • l'impiego di tecnologie di stoccaggio a tutti i livelli per mitigare i picchi di domanda ed estendere lo sfruttamento dell'energia prodotta a partire da fonti rinnovabili • l'utilizzo di metodi di trasmissione e distribuzione più flessibili per bilanciare le fluttuazioni dell'approvvigionamento • aumentare l'efficienza e ottimizzare le prestazioni • l'integrazione di sistemi di monitoraggio e controllo per prevenire interruzioni.
 10. Realizzazione di un network sugli nZEB (*nearly zero energy buildings*), sulla base di un progetto PRIN finanziato e coordinato da Sapienza.
 11. Metanizzazione della CO₂ da fumi di combustione; è stato richiesto un brevetto Sapienza su un processo di cattura e metanizzazione della CO₂ da fumi di combustione basato sulla

reazione di Sabatier. Il processo è altamente integrato, ed un prototipo è in via di realizzazione in collaborazione tra lo spinoff CAESAR e la società di ingegneria KT. La Sapienza potrebbe contribuire alla industrializzazione, traendone vantaggi dal ritorno sul brevetto.

Microgenerazione distribuita con solare termodinamico CSP e accumulo ad idrogeno

Il programma prevede la realizzazione di un sistema di microgenerazione ottenuta mediante solare termodinamico di piccola taglia accoppiato a sistemi di accumulo con sali fusi ed idrogeno.

Il progetto è basato sull'utilizzo di una serie modulare di microgeneratori (μ CHP, *micro Combined Heat and Power*) in grado di produrre localmente energia termica ed elettrica ed alimentati da un sistema solare termodinamico (CSP, *Concentrated Solar Power*). L'energia prodotta dalla microgenerazione potrà essere utilizzata sotto forma elettrica, termica e frigorifera.

L'obiettivo principale del progetto è quello di sviluppare un sistema di piccola scala che utilizza componenti ad elevata tecnologia (rappresentativo di una smart grid) e di sfruttare il solare termodinamico (quindi fonte rinnovabile) per la generazione distribuita dell'energia; sviluppare contestualmente adeguati sistemi di accumulo in grado di assorbire non solo la non programmabilità della fonte solare (il serbatoio a sali fusi e l'idrogeno), ma anche quella di assicurare il soddisfacimento dell'utenza in modo costante ed efficiente.

Obiettivo finale risulta essere la sperimentazione di un sistema di generazione di fonte rinnovabile che deve essere efficiente ed economicamente competitivo con le attuali tecnologie.

Mobilità sostenibile

1. Progettazione e realizzazione di una navetta ibrida elettrica con ricarica rapida che colleghi i vari poli di Sapienza. Lo scopo è quello di perlustrare le tecnologie per i migliori collegamenti per studenti e personale al fine del risparmio energetico e della riduzione dell'inquinamento da traffico urbano. Costi stimati: circa 350.000 €/navetta; payback stimato 3/4 anni e tempi di realizzazioni pari a 18 mesi, da realizzarsi entro il 2020.
2. Progettazione e installazione di stazioni di carica di batterie al litio alimentate con sistemi basati su fonti rinnovabili. Tali stazioni di carica potranno essere asservite alla alimentazione degli impianti elettrici degli edifici o come alimentazione per veicoli elettrici. In aggiunta si realizzeranno sistemi di elettrolizzatori solari in grado di produrre idrogeno da utilizzare in celle a combustibile a bassa temperatura per la generazione elettrica e/o per la trazione elettrica con veicoli leggeri.

Questa attività (da svolgersi entro il 2018) risulta essere un contributo alla riduzione delle emissioni all'interno dell'area dell'Ateneo e un sostegno allo sviluppo di tecnologie locali per la realizzazione delle stazioni, per la diffusione delle batterie al litio e la progettazione e realizzazione degli elettrolizzatori.

3. Adozione di veicoli ibridi e/o di biciclette/scooter con celle a combustibile/batterie per la mobilità interna del campus e realizzazione di pensiline di ricarica eventualmente alimentate da fonti solari

La mobilità interna a Sapienza (p.e. camminatori o altre movimentazioni documenti e merci leggere) verrà gestita utilizzando una flotta di veicoli leggeri mossi da: batterie – la ricarica delle stesse avverrà presso apposite pensiline di ricarica dotate di impianti fotovoltaici eventualmente collegati a una batteria di back-up e/o alla rete elettrica; metanolo/etanolo – per il funzionamento con cella a combustibile. L'attività fornisce un contributo alla diffusione della mobilità sostenibile, possibile volano per lo sviluppo di produzione di veicoli con

propulsione elettrica e storage in batterie o alcoli generati in maniera sostenibile e verrà realizzata entro il 2019.

4. Mobilità ibrida; si propone di progettare, realizzare e testare dei veicoli a propulsione ibrida per uso pubblico (bus urbani, taxi e furgoni). La modularizzazione delle potenze (400kW per i bus, 50 per i taxi e 70 per i furgoni) permette economia di scala. Al momento, lo spinoff CAESAR ha in essere un progetto finanziato per la progettazione ed implementazione di un autobus ibrido da 13 m, per trasporto urbano, realizzato con trazione interamente elettrica e con due piccoli turbogas operanti come range-extenders.

Impianti a biomasse

1. Integrazione del sistema raccolta rifiuti interno della Sapienza e realizzazione, in area decentrata di un piccolo impianto di smaltimento termico (gassificazione cogenerativa). Lo scopo è quello di individuare tecnologie per una maggiore autonomia energetica della Sapienza. I costi sono in funzione delle potenzialità da 100.000 a 1.000.000 €. Tale attività risulta rilevante in ordine alla visibilità di Sapienza nel campo della applicazioni energetiche e ai collegamenti con l'industria laziale e nazionale. L'attività per ogni impianto richiede 18/24 mesi per la realizzazione e la sperimentazione, da realizzarsi entro il 2020
2. Sfruttamento delle biomasse residuali (potature...) a fini energetici. La sperimentazione riguarda la realizzazione di impianti di piccola taglia per la gassificazione delle biomasse residuale per la produzione di gas di sintesi da avviare alla combustione in impianti cogenerativi distribuiti. Tecniche di decarbonizzazione del gas di sintesi e di separazione e scomposizione degli idrocarburi aromatici (detti TAR) verranno studiate ed implementate per rendere minimo l'impatto di tali tecnologie. Le azioni si riferiscono allo sviluppo della tecnologia della gassificazione, del cleaning e della decarbonizzazione del syngas a vantaggio del tessuto produttivo locale, da realizzarsi entro il 2020.
3. Linee di ricerca per l'innovazione ed il miglioramento delle tecniche colturali, il recupero dei suoli marginali, l'individuazione delle aree agricole da valorizzare e l'LCA delle filiere bioenergetiche.
4. Si propone di istituire un Laboratorio per lo Studio della Conversione di Energia da Biomasse, nel quale progettare un sistema completo di biogassificazione anaerobica di tipo modulare, completato da un purificatore di gas, recupero di compost e da un motore alimentato con il CH₄ "verde", munito a sua volta di un piccolo ORC che recuperi parte del calore dei gas di scarico. La ESD (spinoff in via di costituzione) sta eseguendo su finanziamento privato la progettazione preliminare di un impianto modulare da 100 kW elettrici. Una volta sviluppato il prototipo ed il pilota, lo spinoff potrà, insieme alla Sapienza, industrializzarne la tecnologia, ricavandone vantaggi economici, di immagine e scientifici.

10 Offerta formativa e ranking internazionali

10.1 La formazione sostenibile

Una formazione sulla sostenibilità deve essere sostenibile essa stessa: una didattica che sia “*efficiente*” (in considerazione anche delle risorse disponibili) ed “*efficace*” (ai fini della acquisizione di adeguate competenze da utilizzare per collocare lo studente nel mercato del lavoro).

Con questi obiettivi, occorre quindi tenere conto delle esigenze espresse dalla società e conseguentemente strutturare coerentemente il tema strategico della sostenibilità. La sfida è la decarbonizzazione, anche se a lungo periodo, e questa comporta didattica e ricerca adeguata; comporta sensibilizzazione della società; comporta un atteggiamento esemplare; comporta valorizzazione delle nuove occupazioni nel settore dell’energia.

Per stimolare il confronto sull’istruzione, la Commissione Ue ha rilanciato il piano *Education and training 2020* che indica sei priorità per lo sviluppo della *scuola* del futuro: tra queste, competenze effettive e di alta qualità mirate a mondo del lavoro, innovazione e cittadinanza attiva, valutazione e riconoscimento delle competenze e delle capacità per facilitare l’apprendimento e la mobilità lavorativa e un’istruzione aperta e innovativa.

Su queste priorità occorre strutturare e potenziare il tema dell’energia e dell’ambiente, soprattutto in un periodo storico in cui queste discipline stanno diventando un punto focale per l’occupazione e lo sviluppo.

10.2 Il ruolo della sostenibilità ambientale nella formazione

L’Università può fornire un contributo notevole in termini di sostenibilità energetico-ambientale nella attività di ricerca e, considerando l’importanza della comunicazione (soprattutto quando rivolta ai giovani, i professionisti di domani), anche nella attività didattica.

In tutti i corsi di laurea come in quelli della formazione post laurea che direttamente o indirettamente sono coinvolti nella tutela dell’ambiente vanno garantiti o corsi specifici o moduli specifici da aggregare ad altri corsi; per le facoltà invece più direttamente coinvolte va rafforzata la presenza delle tematiche ambientali in modo trasversale, generalista, oltre alla trattazione di alcuni aspetti specifici nei corsi.

Ora l’importanza e la specificità delle tematiche ambientali per le quali garantire adeguata formazione e informazione imporrebbe che nella quasi totalità dell’offerta formativa (magari in diversa misura, forse con maggiori e/o minori approfondimenti, sicuramente con una articolazione comunicativa diversamente connotata) avessero adeguato spazio.

Sicuramente tale spazio va garantito in tutti quei percorsi che a vario titolo, in diversa misura, direttamente e/o indirettamente, hanno precisi e puntuali riferimenti con le tematiche che questo PES affronta.

Quindi, anche l’offerta formativa si deve allineare alle nuove esigenze di sostenibilità ambientale.

Nel caso specifico di Sapienza, è stata condotta una prima e molto sommaria ricognizione della numerosa e pluridisciplinare offerta formativa erogata dall’Ateneo.

Al fine di predisporre una prima quantificazione degli insegnamenti (ai vari livelli della formazione) direttamente coinvolti con i temi della sostenibilità energetico-ambientale, sono stati individuati quelli che direttamente nella titolazione affrontano temi di sostenibilità ambientale.

Ovviamente, tale analisi dovrà in seguito essere approfondita, con il supporto dei soggetti e delle strutture preposte (Presidi, Manager didattici, Segreterie didattiche, ecc), al fine di delineare un

quadro più completo e non soltanto quantitativo che tenga conto anche dei contenuti dei programmi dei singoli corsi all'interno dei rispettivi percorsi formativi.

I risultati, riassunti nei grafici seguenti, evidenziano che sono attinenti ai temi dell'ambiente il 7% dei corsi di laurea, il 5% dei Dottorati di Ricerca ed il 2% dei Master. Risultati che risultano non perfettamente in linea con altri Atenei italiani dotati di offerte didattiche più significative.

Tabella 10.1 – Corsi di Laurea in tema di sostenibilità.

totale	274
CORSI DI LAUREA TEMA SOSTENIBILITA'	20
ALTRI CORSI DI LAUREA	254

Tabella 10.2 – Dottorati in tema di sostenibilità.

totale	73
DOTTORATI TEMA AMBIENTE	4
ALTRI DOTTORATI	69

Tabella 10.3 – Master in tema di sostenibilità.

Primo livello	90
Secondo livello	164
totale	254
MASTER TEMA SOSTENIBILITA'	6
ALTRI MASTER	248

10.3 Alcune proposte operative

La programmazione didattica sulla sostenibilità deve seguire un attento monitoraggio delle necessità delle realtà presenti nel territorio. Il PES può consentire di approfondire, insieme al territorio, le tematiche energetiche anche al fine di costruire percorsi di apprendimento operativo, sul campo. Ogni iniziativa ha un carattere di innovazione e quindi risulta campo di ricerca applicata e di verifica di strumenti formativi (stage, tirocini, alternanza scuola-lavoro).

In modo particolare è necessaria la mappatura dei progetti di ricerca, delle pubblicazioni, dei convegni che trattano tematiche di sostenibilità energetica per valorizzare le competenze presenti in Ateneo; inoltre, la predisposizione e attuazione di un *programma di monitoraggio* delle soluzioni per la riduzione dei consumi energetici, delle attività e servizi offerti; delle ricerche da implementare a seguito dell'applicazione del PES (vedi paragrafo 9); il monitoraggio del sistema di gestione dei rifiuti; il monitoraggio del sistema di mobilità interna ed esterna all'Ateneo (mobilità di dipendenti e studenti per raggiungere le strutture universitarie); il monitoraggio e analisi dei consumi della risorsa acqua.

La proposta operativa riguarda un progetto condiviso di formazione sulla sostenibilità energetico-ambientale di tutti gli studenti di Sapienza di tutte le facoltà (6 crediti), nell'intento di sensibilizzare sulla materia gli studenti sin dalla loro immatricolazione, con il coinvolgimento per la predisposizione del programma di tutte le facoltà. In questo modo si costruisce un percorso didattico che solo Sapienza può realizzare: quello far contribuire ogni facoltà alla definizione globale della questione complessa

della sostenibilità e di stabilire i singoli apporti disciplinari, in modo unitario e completo, su un tema che per sua natura è trasversale e inter-disciplinare.

Inoltre, sarebbe anche necessaria l'elaborazione di questionari rivolti a dipendenti e studenti finalizzati ad esempio, alla raccolta di dati sui comportamenti legati ai consumi energetici all'interno degli edifici. Ed infine come più volte in precedenza sottolineato, la predisposizione di percorsi formativi ed informativi rivolti a studenti, docenti, addetti, collaboratori per suggerire percorsi di sostenibilità basati sulla consapevolezza di una responsabilità individuale sul futuro del pianeta.

Un'importante azione che emerge dalla attuazione del PES riguarda la realizzazione di cantieri-scuola sulla generazione distribuita dell'energia, sulle fonti rinnovabili, sull'innovazione del sistema edificio-impianto, sulla gestione virtuosa del ciclo di vita dei prodotti, sulla agricoltura sostenibile, sulla mobilità sostenibile, sui sistemi di accumulo, sui sistemi ICT.

Una ultima annotazione per ricordare che ai fini del raggiungimento degli obiettivi è indispensabile la sensibilizzazione degli utenti attraverso una *corretta informazione, formazione e comunicazione ambientale*.

In sintesi:

- Incremento secondo linee organiche dei corsi di laurea, di dottorato, di master
- Sviluppo di incubatori innovativi
- Un corso sulla sostenibilità energetico-ambientale per tutte le matricole della Sapienza
- Si propone di richiedere fondi sostanziali (30000 €/anno) per organizzare una Summer School permanente presso la Sapienza (due settimane a luglio) nella quale esperti internazionali discutano con studenti EU ed extra-EU degli argomenti (termo-fluidodinamica di base e varie applicazioni) correlati con i progetti di cui sopra. Abbiamo già organizzato 5 di queste Summer Schools (3 con finanziamento EU) nel passato, con ottimi risultati didattici e scientifici.
- Proposte e partecipazione a programmi cittadini sul tema dell'energia; implementazione di progetti riguardanti la città
- Creazione di gruppi di lavoro sul tema energetico-ambientale
- Costruzione presso l'ufficio dell'energy manager di un centro per il monitoraggio e il controllo dei flussi energetici di Sapienza; analisi nel tempo dei dati e monitoraggio delle attività
- Realizzazione di cantieri-scuola
- Sviluppo un piano di comunicazione del tema energia presso studenti e personale
- E' possibile sviluppare un indicatore di sostenibilità calcolato sul "costo delle risorse primarie equivalenti consumate", che fornisce la possibilità di confrontare beni e servizi in base al loro contenuto diretto ed indiretto di risorse primarie. L'indicatore (Extended Exergy Cost, EEC o Exergy Footprint, EF) internalizza i fattori "Lavoro" e "Capitale" in modo da renderli omogenei con gli altri fattori produttivi (Materiali, Energia, Costi di Recupero Ambientale). Lo EEC (o la EF) possono essere valutati per i nuovi impianti.

10.4 Reti delle Università Sostenibili e Accredimento GreenMetric University

Fra gli obiettivi verso i quali punta il Piano Energetico della Sapienza (PES) sono da citare:

- il potenziamento del ruolo di Sapienza all'interno della Rete delle Università Sostenibili della CRUI (<https://www.cruis.it/rus-rete-delle-universita-per-la-sostenibilita.html>)
- l'accredimento al *Green Metric University*, www.greenmetric.ui.ac.id/

La UI Green Metric è la classifica accademica elaborata dall'Università dell'Indonesia, che mette in fila le università di tutto il mondo. Un ranking che si colloca a metà strada tra una classifica e un vero e proprio “contest” internazionale dal momento che sono gli atenei stessi a inviare la propria adesione per comparare i loro sforzi nella direzione della sostenibilità ambientale nella gestione degli istituti.

Dalla prima edizione, con 95 università partecipanti, ad oggi, le “candidature” sono raddoppiate (gli Atenei italiani “accreditati” sono attualmente 10); per vincere questa sfida “verde” tra le istituzioni accademiche di tutto il mondo, è necessario acquisire il maggior punteggio possibile in 6 macro - categorie suddivise a loro volta in sotto-categorie quali ad esempio: l'utilizzo di energie rinnovabili, la gestione dei rifiuti, l'uso delle risorse idriche, l'efficienza dei trasporti, l'efficacia della offerta formativa ognuna delle quali, a sua volta, misurata attraverso indicatori di sostenibilità.

Tabella 10.4 – Categorie utilizzate nel Ranking UI 2016.

n.	Category	Percentage of Total Points (%)
1	Setting and infrastructure (SI)	15
2	Energy and Climate Change (EC)	21
3	Waste (WS)	18
4	Water (WR)	10
5	Transportation (TR)	18
6	Education (ED)	18
	Total	100

ALLEGATO A- Prestazioni dell'involucro edilizio

Sono considerati i seguenti interventi:

- Isolamento chiusure verticali esterne: isolamento dall'interno
- Isolamento chiusure verticali esterne: isolamento dall'esterno
- Sostituzione di infissi esistenti
- Interventi di mantenimento di infissi esistenti
- Isolamento chiusure orizzontali inferiori
- Isolamento copertura

Isolamento termico dell'involucro degli edifici nuovi

1. Fatta salva la legislazione nazionale e regionale in vigore, per gli edifici di nuova costruzione e per quelli soggetti a demolizione e ricostruzione totale in ristrutturazione, per gli ampliamenti volumetrici che interessano un volume (lordo riscaldato) maggiore al 20% del volume dell'edificio preesistente e per il recupero a fini abitativi di sottotetti esistenti, limitatamente alle strutture edilizie che interessano l'ampliamento o il recupero, la trasmittanza termica media U delle strutture opache (intesa come valore medio della struttura opaca considerata, quindi comprensivo anche di ponti termici di forma o di struttura, sottofinestre e altri componenti), delimitanti il volume a temperatura controllata o climatizzato verso l'esterno ovvero verso ambienti a temperatura non controllata, deve essere inferiore ai valori determinati dalla normativa regionale e nazionale in vigore. Nel caso di strutture orizzontali sul suolo, piani sottoterra, vespai aerati e altre tipologie di basamento, i valori di trasmittanza termica media devono essere calcolati con riferimento al sistema basamento-terreno.

2. In tutti i casi di cui al comma precedente, il valore della trasmittanza termica media U delle strutture edilizie opache di separazione tra edifici o unità immobiliari appartenenti allo stesso edificio e confinanti tra loro, mantenuti a temperatura controllata o climatizzati deve essere inferiore ai valori determinati dalla normativa regionale e nazionale in vigore fatto salvo il rispetto dei requisiti acustici regolamentati dalla legislazione nazionale e regionale. Il medesimo limite deve essere rispettato per tutte le strutture edilizie opache, verticali, orizzontali e inclinate, che delimitano verso l'ambiente esterno, ovvero verso ambienti a temperatura non controllata, gli ambienti non dotati di impianto termico, sempreché questi siano adiacenti ad ambienti a temperatura controllata o climatizzati e non siano areati tramite aperture permanenti rivolte verso l'esterno.

3. Per gli ampliamenti volumetrici che interessano un volume (lordo riscaldato) inferiore o uguale al 20% del volume dell'edificio preesistente, limitatamente alle strutture edilizie che interessano l'ampliamento, si procede, in sede progettuale, alla verifica del rispetto dei limiti di trasmittanza termica media di cui al comma 1 incrementati del 30% e alla verifica del rispetto dei limiti di trasmittanza termica media di cui al comma 2.

4. Nel caso in cui la copertura sia a falda e a diretto contatto con un ambiente accessibile (ad esempio sottotetto, mansarda, ecc.), la copertura, oltre a garantire gli stessi valori di trasmittanza termica media di cui sopra, deve essere di tipo ventilato o prestazionalmente equivalente.

5. Tutte le caratteristiche fisico–tecniche-prestazionali dei materiali innovativi impiegati nella costruzione dovranno essere certificati da parte di Istituti riconosciuti dall’Unione europea o presentare la marcatura CE. Qualora la marcatura CE non assicuri la rispondenza a requisiti energetici, o addirittura un materiale fosse sprovvisto del marchio CE, deve essere indicato lo specifico ETA (European Technical Approval) rilasciato da un organismo appartenente all’EOTA (European Organisation for Technical Approval). Nel caso in cui il materiale fosse sprovvisto anche dello specifico ETA, i requisiti energetici riportati devono essere coerenti con quelli riportati nella normativa tecnica vigente.

6. I documenti previsti nel comma 5 del presente articolo, dovranno fare parte della relazione di calcolo attestante la rispondenza alle prescrizioni in materia di contenimento del consumo energetico degli edifici, redatta secondo lo schema definito dalla legislazione nazionale e regionale in vigore, nelle forme (cartacea e/o digitale) previste dai Regolamenti Tecnici emessi dal Comune.

Isolamento termico dell’involucro degli edifici esistenti

1. In caso di intervento di manutenzione ordinaria e straordinaria totale della copertura in edifici esistenti con sottotetto o mansarde accessibili con sostituzione totale del manto, devono essere rispettati i valori massimi di trasmittanza termica media imposti per le coperture degli edifici di nuova costruzione indicati dalla normativa regionale e nazionale in vigore.

2. Se la copertura è a falda e a diretto contatto con un ambiente accessibile (ad esempio sottotetto, mansarda, ecc.), la stessa, oltre a garantire i valori di trasmittanza termica media stabiliti nel comma 1, deve essere di tipo ventilato o prestazionalmente equivalente.

3. Nel caso di interventi di ristrutturazione edilizia che coinvolgano più del 25% della superficie disperdente dell’edificio a cui l’impianto è asservito, si procede, in sede progettuale, alla verifica che la trasmittanza termica media U delle strutture opache, sia inferiore ai valori limite di trasmittanza, purché non esistano impedimenti dovuti a:

- vincoli di conservazione delle facciate;
- vincoli attinenti al rispetto delle distanze di confine.

4. Nel caso di interventi di ristrutturazione edilizia che coinvolgano il 25% o meno della superficie disperdente dell’edificio a cui l’impianto è asservito, o nel caso di interventi di manutenzione straordinaria, si procede alle verifiche di cui al comma 3, considerando per i limiti di trasmittanza termica media U delle strutture opache un incremento del 30% del loro valore. Ai fini dell’applicazione del presente articolo sono considerate le opere e le modifiche riguardanti il consolidamento, il rinnovamento e la sostituzione di parti anche strutturali. Sono invece esclusi dall’applicazione di questo articolo gli interventi edilizi che riguardano le opere di riparazione, rinnovamento e sostituzione delle finiture degli edifici (a titolo d’esempio si cita il rifacimento dell’intonaco).

Prestazioni dei serramenti

1. Fatta salva la normativa nazionale e regionale in vigore, per gli edifici di nuova costruzione, per quelli soggetti a demolizione e ricostruzione totale in ristrutturazione, per gli ampliamenti volumetrici e il recupero a fini abitativi di sottotetti esistenti, limitatamente alle strutture edilizie che interessano l’ampliamento o il recupero, per le ristrutturazioni edilizie e per gli interventi di manutenzione straordinaria, limitatamente alle strutture edilizie oggetto di intervento, a eccezione delle parti comuni degli edifici residenziali non climatizzate, le chiusure trasparenti comprensive di infissi, delimitanti

il volume a temperatura controllata o climatizzato verso l'esterno, ovvero verso ambienti a temperatura non controllata, devono avere un valore della trasmittanza termica media U , riferita all'intero sistema (telaio e vetro, comprensivo dei ponti termici), inferiore ai valori di W/m^2K indicati dalla normativa regionale e nazionale in vigore.

2. In tutti i casi di cui al comma precedente, per tutte le chiusure trasparenti comprensive di infissi che delimitano verso l'ambiente esterno o verso ambienti a temperatura non controllata, gli ambienti non dotati di impianto termico, il valore della trasmittanza termica media (U) deve essere inferiore ai valori indicati dalla normativa regionale e nazionale in vigore, sempre che questi siano adiacenti ad ambienti a temperatura controllata o climatizzati e non siano areati tramite aperture permanenti rivolte verso l'esterno. Il medesimo limite deve essere rispettato per tutte le chiusure trasparenti comprensive di infissi di separazione tra edifici o unità immobiliari appartenenti allo stesso edificio e confinanti tra loro, mantenuti a temperatura controllata o climatizzati.

3. Nel caso di edifici esistenti, quando è necessaria un'opera di manutenzione delle facciate comprensiva anche o solo della sostituzione dei serramenti, devono essere impiegati serramenti aventi i requisiti di trasmittanza termica media indicati al comma 1 e 2.

4. Per quanto riguarda i cassonetti, questi dovranno soddisfare i requisiti acustici ed essere a tenuta e la trasmittanza termica media degli elementi stessi non potrà essere superiore rispetto a quella dei serramenti.

5. Tutte le caratteristiche fisico-tecniche-prestazionali dei serramenti impiegati nella costruzione dovranno essere certificati da parte di Istituti riconosciuti dall'Unione europea o presentare la marcatura CE o certificazione analoga che ne garantisca la qualità energetica.

Un'eventuale mancanza della marcatura potrà essere, temporaneamente, sostituita da un'asseverazione, ossia un documento che assevera le prestazioni energetiche del componente finestrato nel rispetto della normativa tecnica vigente.

6. I documenti previsti nel comma 5 del presente articolo, dovranno fare parte della relazione di calcolo attestante la rispondenza alle prescrizioni in materia di contenimento del consumo energetico degli edifici, redatta secondo lo schema definito dalla legislazione nazionale e regionale in vigore, nelle forme (cartacea e/o digitale) previste dai Regolamenti Tecnici emessi dal Comune.

Sostituzione dei serramenti esistenti

1. In tutti i casi di sostituzione dei serramenti esistenti e installazione dei nuovi componenti, è necessario prestare la massima attenzione alla realizzazione a regola d'arte dei giunti telaio-falso telaio e falso telaio-parete.

2. Per quanto riguarda la realizzazione del giunto telaio - falso telaio e del giunto falso telaio - parete deve essere effettuata per collegare il telaio con il vano sia dal lato verso l'ambiente interno sia dal lato verso l'ambiente esterno. La realizzazione dei giunti deve essere effettuata per separare l'ambiente interno da quello esterno nel modo più efficace per gli aspetti termici, acustici, di tenuta all'acqua, di tenuta all'aria. Entrambi i giunti andranno pertanto riempiti e sigillati con materiali idonei.

3. Le prestazioni dei giunti previste dal comma 1 dovranno essere pari o superiori a quelle previste dalla legislazione vigente.

4. In caso di mera sostituzione dei serramenti, che preveda l'applicazione sui falsi telai originari, occorre accertarsi che il giunto tra vecchio telaio e muratura sia a tenuta, intervenendo opportunamente se così non fosse.

5. Inoltre è indispensabile verificare che le parti di telaio che rimangono in opera (presumibilmente in legno) siano sane, prive di umidità e che non presentino zone marcescenti.

6. Sia in caso di nuova posa di serramenti, che di sostituzione, il telaio andrà meccanicamente fissato non solo al falso-telaio, ma anche al muro. A tal fine andranno utilizzate viti e tasselli di diametro e lunghezza adeguati.

Materiali ecosostenibili

1. Per la realizzazione degli edifici è consigliato l'utilizzo di materiali e finiture naturali o riciclabili, che richiedano un basso consumo di energia e un contenuto impatto ambientale nel loro intero ciclo di vita.

2. L'impiego di materiali ecosostenibili deve comunque garantire il rispetto delle normative riguardanti l'efficienza energetica, la qualità acustica, l'igiene e la sicurezza degli edifici.

3. Tutte le caratteristiche fisico-tecniche-prestazionali dei materiali impiegati nella costruzione dovranno essere certificati da parte di Istituti riconosciuti dall'Unione europea o presentare la marcatura CE. Qualora la marcatura CE non assicuri la rispondenza a requisiti energetici, o addirittura un materiale fosse sprovvisto del marchio CE, deve essere indicato lo specifico ETA (European Technical Approval) rilasciato da un organismo appartenente all'EOTA (European Organisation for Technical Approval). Nel caso in cui il materiale fosse sprovvisto anche dello specifico ETA, i requisiti energetici riportati devono essere coerenti con quelli riportati nella normativa tecnica vigente.

4. I documenti previsti nel comma 3 del presente articolo, dovranno fare parte della relazione di calcolo attestante la rispondenza alle prescrizioni in materia di contenimento del consumo energetico degli edifici, redatta secondo lo schema definito dalla legislazione nazionale e regionale in vigore, nelle forme (cartacea e/o digitale) previste dai Regolamenti Tecnici emessi dal Comune.

5. Per componenti da costruzione in legno si consiglia di utilizzare solo materiali e prodotti certificati secondo i principi e i criteri indicati dal Forest Stewardship Council's (FSC).

6. I materiali di cui al comma 1, oltre che sottostare a quanto previsto dal comma 3, devono soddisfare le seguenti caratteristiche:

Ecologicità

- a. Devono essere prodotti con materie prime abbondanti e rinnovabili;
- b. Devono avere processi di trasformazione e trasporto a ridotto impatto ambientale e consumo energetico e che non comportano condizioni di lavoro dannose per la salute;

Riciclabilità;

- a. I materiali di base devono essere riciclabili (preassemblaggio) al fine di favorire la limitazione delle quantità di rifiuti edilizi, specie se indifferenziati;
- b. I prodotti finiti devono poter essere anche parzialmente riutilizzati in caso di demolizione e ristrutturazione.

Igienicità e sicurezza a tutela della salute

- a. Non devono favorire lo sviluppo delle muffe, batteri o microrganismi;
- b. Non devono produrre emissioni nocive durante produzione, posa e rimozione.

Sicurezza in caso di incendio

- a. Non devono produrre gas velenosi;
- b. Se destinati ad uso strutturale devono conservare le caratteristiche di resistenza meccanica per un tempo sufficiente secondo normativa.

Traspirabilità e permeabilità al vapore

- a. Devono evitarsi concentrazioni dannose di gas, umidità e sostanze nocive in sospensione negli ambienti domestici;
- b. Vanno impiegati materiali altamente traspiranti, quando non specificamente destinati a impermeabilizzazione.

Durabilità

- a. Devono conservare le proprie caratteristiche fisiche e prestazionali;
- b. Devono essere facilmente riparabili e adattabili a ristrutturazioni e riparazioni dell'immobile.

Materiali riciclati

1. Per la realizzazione degli edifici è consigliato l'utilizzo di materiali con contenuto di riciclato, riducendo in tal modo gli impatti derivanti dall'estrazione e dalla lavorazione di materiali vergini.
2. Si consiglia di utilizzare materiali con un contenuto di riciclato in misura di almeno il 10% sul costo del valore totale dei materiali utilizzati nel progetto. Componenti meccaniche, elettriche, idrauliche e speciali articoli quali ascensori, impianti e arredi sono esclusi da questo calcolo. Si considerino solo i materiali permanentemente installati nell'edificio.
3. La percentuale del contenuto di riciclato nei materiali assemblati, deve essere determinata in base al peso e si consiglia non sia inferiore al 40%.

Materiali locali

1. Per la realizzazione degli edifici è consigliato l'utilizzo di materiali e prodotti da costruzione estratti e lavorati a distanza limitata, sostenendo in tal modo l'uso di risorse locali e riducendo gli impatti sull'ambiente derivanti dal trasporto.
2. È consigliato utilizzare materiali e prodotti da costruzione che siano stati estratti, raccolti o recuperati, nonché lavorati, entro un raggio di 200 km dal sito di costruzione per un minimo del 10% del valore totale dei materiali acquistati. Componenti meccaniche, elettriche, idrauliche e speciali articoli quali ascensori, impianti e arredi sono esclusi da questo calcolo. Si considerino solo i materiali permanentemente installati nell'edificio.

Isolamento acustico

1. Per gli edifici di nuova costruzione, per quelli soggetti a demolizione e ricostruzione totale in ristrutturazione e per gli ampliamenti, in relazione ai requisiti acustici definiti integrazioni dalla legislazione nazionale e regionale in vigore, per quanto riguarda i rumori esterni, i rumori provenienti da altre unità abitative, dalle parti comuni, i rumori di calpestio e da impianti, è prescritta l'adozione di soluzioni tecnologiche che rispettino i valori di isolamento prescritti dalla normativa regionale e nazionale in vigore.
2. È obbligatorio consegnare la relazione completa riguardante il clima acustico.

Riduzione dell'effetto isola di calore: coperture a verde

1. Il controllo dell'albedo delle pavimentazioni e dei materiali di finitura dell'involucro dell'edificio, consente di ridurre le temperature superficiali con benefici sul comfort esterno e sulla riduzione dei carichi solari per la climatizzazione estiva. Per questo l'albedo delle pavimentazioni e dei materiali si consiglia sia superiore a 29.
2. Per le coperture degli edifici residenziali è consigliata la realizzazione di tetti verdi, con lo scopo di ridurre gli effetti ambientali in estate dovuti all'insolazione sulle superficie orizzontali, quali le

“isole di calore” (differenze di gradiente termico fra aree urbanizzate e aree verdi) e per minimizzare l’impatto sul microclima e sull’habitat umano e animale.

3. Per lo sfruttamento di questa tecnologia, deve essere garantito l’accesso per la manutenzione.

4. L’impermeabilizzazione di un tetto verde è realizzata mediante membrane bitume-polimero in rotoli che si dispongono sulle superfici orizzontali o inclinate delle coperture secondo precise regole di sovrapposizione tra un manto e l’altro per evitare infiltrazioni di acqua e previa stesura di primer. Il primer – materiale a base di bitumi e additivi tensioattivi in solventi – serve per ottenere l’aderenza tra la superficie impermeabilizzante ed il supporto cementizio. Un requisito fondamentale del manto impermeabile è che sia “antiradice”, attraverso l’aggiunta di sostanze repellenti nei confronti delle radici al prodotto impermeabilizzante in fase di produzione.

ALLEGATO B - Prestazioni dei sistemi impiantistici

Sono considerati i seguenti interventi:

- Installazione di caldaia a condensazione
- Installazione di pompa di calore
- Installazione di caldaia a biomasse
- Installazione valvole termostatiche
- Realizzazione di sistema di riscaldamento a pannelli radianti a pavimento
- Sostituzione del sistema di distribuzione
- Realizzazione di impianto solare termico
- Realizzazione di impianto solare fotovoltaico

Sistemi di produzione calore ad alto rendimento

1. Per gli edifici di nuova costruzione e per quelli soggetti a demolizione e ricostruzione totale in ristrutturazione, per gli ampliamenti volumetrici che interessano un volume (lordo riscaldato) maggiore al 20% del volume dell'edificio preesistente e per gli interventi di recupero a fini abitativi di sottotetti esistenti e nel caso di nuova installazione o ristrutturazione di impianti termici per la climatizzazione invernale o il riscaldamento e/o la produzione di acqua calda sanitaria e nel caso di sostituzione di generatori di calore, si procede alla verifica che l'efficienza globale media stagionale dell'impianto termico sia superiore al valore limite calcolato come segue:

$$\eta_{g,yr} = 75 + 3 \cdot \log_{10}(P_n) \text{ (\%)}$$

con fluido termovettore circolante nella distribuzione solamente liquido;

$$\eta_{g,yr} = 65 + 3 \cdot \log_{10}(P_n) \text{ (\%)}$$

con fluido termovettore circolante nella distribuzione solamente aria;

dove: $\log_{10}(P_n)$ è il logaritmo in base 10 della potenza termica utile nominale del generatore di calore o dei generatori di calore, pompe di calore, sistemi solari termici compreso ausiliario, ecc., al servizio del singolo impianto termico, espressa in kW.

Per P_n superiori a 1000 kW la formula precedente non si applica e la soglia minima di efficienza globale media stagionale è pari rispettivamente a 84% e 74%.

Nel caso di impianti termici che abbiano quale fluido termovettore sia liquido (solitamente acqua) sia aria, il valore limite dell'efficienza media globale stagionale è determinato dalla media pesata dei due valori limite per il solo liquido e la sola aria, pesati rispetto alle frazioni di energia rispettivamente distribuita dai due fluidi termovettori. Per ristrutturazione di un impianto termico si intende un insieme di opere che comportano la modifica sostanziale dei seguenti sottosistemi: generazione e distribuzione ovvero generazione ed emissione ovvero distribuzione ed emissione del calore; rientrano in questa categoria anche la trasformazione di un impianto termico centralizzato in impianti termici individuali, nonché la risistemazione impiantistica nelle singole unità immobiliari, o parti di edificio, in caso di installazione di un impianto termico individuale previo distacco dall'impianto termico centralizzato.

2. Nel caso di semplice sostituzione di generatori di calore, si intendono rispettate tutte le disposizioni in materia di uso razionale dell'energia previste dalla legislazione nazionale e regionale in vigore, incluse quelle di cui al precedente comma 1. Nel caso di più generatori al servizio del medesimo impianto termico i requisiti del rendimento termico utile devono essere verificati per ogni singolo generatore. Permane l'obbligo di produrre la relazione di calcolo attestante la rispondenza alle prescrizioni in materia di contenimento del consumo energetico degli edifici, redatta secondo lo schema definito dalla legislazione nazionale e regionale in vigore nel caso di sostituzione di generatori di calore di potenza termica utile nominale uguale o superiore a 35 kW, e l'obbligo di presentazione della dichiarazione di conformità ai sensi della normativa regionale e nazionale in vigore nel caso di sostituzione di generatori di calore di potenza termica utile nominale inferiore a 35 kW.

Fatte salve le disposizioni normative nazionali e regionali in vigore, per gli edifici di nuova costruzione e in quelli esistenti in cui è prevista la completa sostituzione dell'impianto di riscaldamento o del solo generatore di calore, è obbligatorio l'impiego di sistemi di produzione di calore ad alto rendimento nel rispetto dei commi da 4 a 6 del presente articolo.

4. Nel caso in cui l'edificio sia collegato a una rete di gas metano, i nuovi generatori di calore dovranno avere i seguenti rendimenti:

Rendimento a potenza nominale		Rendimento a carico parziale	
Temperatura media dell'acqua nella caldaia	Espressione del requisito del rendimento	Temperatura media dell'acqua nella caldaia	Espressione del requisito del rendimento
70°C	$\geq 91 + 1 \log P_n$	30°C	$\geq 97 + 1 \log P_n$

5. Nel caso in cui l'alimentazione disponibile sia a gasolio, i nuovi generatori di calore dovranno avere i seguenti rendimenti:

Rendimento a potenza nominale		Rendimento a carico parziale	
Temperatura media dell'acqua nella caldaia	Espressione del requisito del rendimento	Temperatura media dell'acqua nella caldaia	Espressione del requisito del rendimento
70 °C	$\geq 93 + 2 \log P_n$	$\geq 50^\circ\text{C}$	$\geq 89 + 3 \log P_n$

6. Nel caso di utilizzo di pompe di calore, esse dovranno avere i seguenti C.O.P. (coefficiente di prestazione) / G.U.E. (Fattore di utilizzazione del gas):

Pompe di calore	Tipologia	Condizioni nominali di riferimento [°C]	C.O.P./G.U.E.
Elettriche	Aria-acqua	7 - 35	≥ 3,00
	Acqua-acqua	10 - 35	≥ 4,50
	Terra-acqua	0 - 35	≥ 4,00
	Terra-aria	0 - 20	≥ 4,00
	Acqua -aria	15 - 20	≥ 4,70
	Aria-aria	7 - 20	≥ 4,00
Endotermiche	Aria-acqua	7 - 30	≥ 1,38
	Acqua-acqua	10 - 30	≥ 1,56
	Terra-acqua	0 - 30	≥ 1,47
	Terra-aria	0 - 20	≥ 1,59
	Acqua -aria	10 - 20	≥ 1,60
	Aria-aria	7 - 20	≥ 1,46
Assorbimento	Aria-acqua	7 - 50	≥ 1,30
	Terra-acqua	0 - 50	≥ 1,25
	Acqua-acqua	10 - 50	≥ 1,40

7. L'articolo non si applica nel caso di collegamento a una rete di teleriscaldamento urbano.

8. Per gli interventi di nuova costruzione nei casi di nuova installazione o nei casi di sola ristrutturazione dell'impianto termico, qualora non vi siano impedimenti tecnici oggettivi, in presenza di caldaie a condensazione, di pompe di calore ovvero di altri generatori di calore che abbiano efficienza superiore con temperatura di mandata del fluido termovettore bassa, quest'ultima non deve essere superiore a 50°C.

9. La prescrizione di cui sopra si intende rispettata qualora la temperatura di ritorno del fluido termovettore sia inferiore o uguale a 35°C.

10. Per installazioni di potenze termiche utili nominali maggiori o uguali a 100 kW, nel caso di nuova installazione o ristrutturazione di impianti termici per la climatizzazione invernale o il riscaldamento e/o la produzione di acqua calda sanitaria e nel caso di sostituzione di generatori di calore, è fatto obbligo di produrre l'Attestato di Certificazione Energetica, redatto secondo lo schema e le procedure definite dalla legislazione nazionale e regionale in vigore.

11. L'Attestato di Certificazione Energetica dell'edificio deve essere prodotto secondo le procedure di cui al comma 10, anche per installazioni di potenze termiche utili nominali inferiori a 100 kW, nel caso di nuova installazione o ristrutturazione di impianti termici per la climatizzazione invernale o il riscaldamento e/o la produzione di acqua calda sanitaria.

Regolazione locale della temperatura dell'aria

1. Salvo diversamente indicato a livello normativo regionale e/o nazionale, negli edifici dotati di impianti di riscaldamento, in caso di nuova costruzione e demolizione e ricostruzione totale in ristrutturazione, è resa obbligatoria l'installazione di sistemi di regolazione climatica per singolo ambiente o singole unità immobiliari (valvole termostatiche, termostati collegati a sistemi locali o centrali di attuazione, ecc.) che, agendo sugli elementi di diffusione del calore, garantiscano il

mantenimento della temperatura dei singoli ambienti riscaldati o nelle singole zone aventi caratteristiche di uso e di esposizione uniformi.

2. Per gli edifici esistenti il provvedimento si applica nei seguenti casi:

- interventi di manutenzione straordinaria all'impianto di riscaldamento che preveda la sostituzione dei terminali scaldanti;
- rifacimento della rete di distribuzione del calore;
secondo quanto espressamente previsto dalla normativa regionale e nazionale in vigore

3. Gli impianti collegati alle reti di teleriscaldamento sono anch'essi obbligati all'installazione di tali dispositivi con le medesime tempistiche previste sulla base della vetustà e della potenza degli scambiatori di calore installati, come indicato nella tabella precedente.

4. Il responsabile dell'impianto soggetto all'obbligo di installazione dei sistemi di termoregolazione e contabilizzazione deve assicurare il rispetto della scadenza che lo riguarda e assicurare che tutto il sistema sia operativo entro il 15 ottobre successivo all'obbligo della propria scadenza.

Sistemi a bassa temperatura

1. Per il riscaldamento invernale è suggerito l'utilizzo di sistemi a bassa temperatura (pannelli radianti integrati nei pavimenti, nelle pareti o nelle solette dei locali da climatizzare).

2. I sistemi radianti possono anche essere utilizzati come terminali di impianti di climatizzazione purché siano previsti dei dispositivi per il controllo dell'umidità relativa.

Contabilizzazione energetica

1. Negli edifici di nuova costruzione e per quelli esistenti in caso di nuova installazione o ristrutturazione dell'impianto termico e in caso di sostituzione del generatore di calore, gli impianti di riscaldamento con produzione centralizzata del calore devono essere dotati di sistemi di contabilizzazione individuale per singola utenza.

2. Tale obbligo è altresì previsto per le sostituzioni dei generatori di calore negli edifici esistenti, anche se la sostituzione non coinvolge tutti i generatori che costituiscono l'impianto. Eventuali casi di impossibilità tecnica all'installazione dei suddetti sistemi di termoregolazione e contabilizzazione devono essere riportati in apposita relazione tecnica del progettista o del tecnico abilitato, da allegare al libretto di centrale. L'impossibilità tecnica può riguardare solo gli impianti esistenti, anche se in corso di ristrutturazione, o le sole sostituzioni di generatori di calore.

Ventilazione meccanica controllata

1. Per gli edifici di nuova costruzione e per quelli soggetti a demolizione e ricostruzione totale in ristrutturazione, nel caso gli stessi siano dotati di sistemi di ventilazione meccanica controllata, o in caso di installazione o sostituzione di sistemi di ventilazione meccanica controllata a servizio di ambienti con superficie utile superiore a 1000 m² o in tutti gli altri casi in cui sia prevista, dovranno essere rispettati i seguenti requisiti:

- i recuperatori di calore devono avere un'efficienza media stagionale almeno pari al 70%.

2. Nei casi in cui è prevista l'installazione, gli eventuali impianti di raffrescamento dell'aria a compressione dovranno avere un'efficienza (EER) maggiore o uguale a 3.

3. È da privilegiare lo scambio termico con il terreno e con la prima falda.

4. Le disposizioni del presente Articolo sono subordinate alle norme presenti nel Regolamento Locale d'Igiene vigente.

Impianti di climatizzazione estiva

1. I nuovi edifici e quelli soggetti a demolizione e ricostruzione totale in ristrutturazione devono essere realizzati con tutti gli accorgimenti per limitare l'uso della climatizzazione estiva.

2. L'installazione degli impianti di climatizzazione è consentita purché:

- la potenza dell'impianto sia calcolata sulla base di un calcolo di dimensionamento analitico eseguito da un tecnico abilitato;

- nei nuovi edifici si privilegino soluzioni di impianto centralizzate;

- i componenti esterni degli impianti (torri evaporative condensatori, unità motocondensanti, ecc.) non rechino disturbo dal punto di vista acustico, termico o non siano visibili dal fronte stradale o affacciati su luogo pubblico, ovvero siano integrati a livello progettuale;

- realizzati in modo da consentire un'agevole manutenzione ai fini di prevenire il rischio di legionellosi.

3. È fatto d'obbligo integrare gli impianti di condizionamento agli elementi costruttivi degli edifici, prevedendo appositi cavedi per il passaggio dei canali.

Efficienza degli impianti elettrici

1. Le condizioni ambientali negli spazi per attività principale, per attività secondaria (spazi per attività comuni e simili) e nelle pertinenze degli edifici devono assicurare un adeguato livello di benessere visivo, in funzione delle attività previste. Per i valori di illuminamento da prevedere in funzione delle diverse attività è necessario fare riferimento alla normativa vigente. L'illuminazione artificiale negli spazi di accesso, di circolazione e di collegamento deve assicurare condizioni di benessere visivo e garantire la sicurezza di circolazione degli utenti.

2. Illuminazione interna agli edifici

Negli edifici e nelle parti comuni interne degli edifici di nuova costruzione, è obbligatoria l'installazione di dispositivi che permettano di ottimizzare i consumi di energia dovuti all'illuminazione mantenendo o migliorando il livello di benessere visivo fornito rispetto ai riferimenti di legge; garantendo l'integrazione del sistema di illuminazione con l'involucro edilizio in modo tale da massimizzare l'efficienza energetica e sfruttare al massimo gli apporti di illuminazione naturale. A tal fine, per gli edifici nuovi e per gli edifici esistenti in occasione di interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria, o di restauro e risanamento conservativo, di ampliamento o di ristrutturazione edilizia che comportino la realizzazione od il rifacimento del sistema di illuminazione o di sue parti a servizio di una o più unità immobiliare, sono da soddisfare le seguenti prescrizioni:

- installazione di interruttori a tempo e/o azionati da sensori di presenza negli ambienti interni utilizzati in modo non continuativo; si consiglia l'installazione anche negli altri ambienti di sensori di presenza per lo spegnimento dell'illuminazione in caso di assenza prolungata del personale o degli utenti;

- l'impianto di illuminazione deve essere progettato in modo che sia funzionale all'integrazione con l'illuminazione naturale (in particolare nei locali di superficie superiore a 30 m² parzializzando i circuiti per consentire il controllo indipendente dei corpi illuminanti vicini alle superfici trasparenti

esterne) e al controllo locale dell'illuminazione (in particolare per locali destinati a ufficio di superficie superiore a 30 m² si consiglia la presenza di interruttori locali per il controllo di singoli apparecchi a soffitto);

- installazione di sensori di illuminazione naturale per gli ambienti utilizzati in modo continuativo, in particolare sensori che regolino automaticamente il livello di illuminamento degli impianti;

- si consiglia: l'utilizzo di apparecchi illuminanti con rendimento (inteso come il rapporto tra il flusso luminoso emesso dall'apparecchio e il flusso luminoso emesso dalle sorgenti luminose) superiore al 60%, alimentatori di classe A, lampade fluorescenti trifosforo di classe A o più efficienti; l'utilizzo di lampade ad incandescenza od alogene deve limitarsi a situazioni particolari;

- in particolare, si raccomanda l'utilizzo di sistemi che sfruttino al meglio l'illuminazione naturale, quali schermi riflettenti che indirizzano la radiazione solare verso il soffitto o verso componenti e sistemi che diffondano la radiazione solare all'interno degli ambienti, contenendo fenomeni di abbagliamento.

3. Illuminazione esterna agli edifici

In tutti i nuovi edifici e per quelli soggetti a demolizione e ricostruzione totale in ristrutturazione per l'illuminazione esterna:

- è obbligatoria l'installazione di interruttori crepuscolari;
- è obbligatorio utilizzare lampade di classe A o migliore;
- i corpi illuminanti devono rispettare la normativa vigente sull'inquinamento luminoso.

Tali prescrizioni si applicano anche agli edifici esistenti in occasione di interventi di modifica, rifacimento, manutenzione ordinaria o straordinaria dell'impianto di illuminazione esterna o di illuminazione pubblicitaria o di sue parti.

4. Fabbisogno energetico parti comuni

Nelle parti comuni interne ed esterne degli edifici di nuova costruzione, per quelli soggetti a ristrutturazione con demolizione e ricostruzione totale in ristrutturazione è obbligatoria la copertura del 50% del fabbisogno energetico per usi elettrici con energia prodotta da fonti energetiche rinnovabili o, in alternativa, è possibile coprire il suddetto fabbisogno con l'acquisto di energia verde certificata.

Inquinamento luminoso

1. Come previsto dalla legislazione nazionale e regionale in vigore e dalle indicazioni previste per le fasce di rispetto degli Osservatori Astronomici, è obbligatorio nelle aree comuni esterne degli edifici nuovi e in quelli soggetti a ristrutturazione con demolizione e ricostruzione totale, che i corpi illuminanti siano previsti di diversa altezza per le zone carrabili e per quelle ciclabili/pedonali, ma sempre con flusso luminoso orientato verso il basso per ridurre al minimo le dispersioni verso la volta celeste e il riflesso sugli edifici.

2. Per tutti gli altri casi non previsti dal comma 1 è obbligatorio ridurre attraverso dispositivi automatici almeno della percentuale prevista dalla normativa nazionale e regionale in vigore tra le 23:00 e le 05:00 la potenza di alimentazione di tutti gli apparecchi di illuminazione interna non di emergenza che hanno visibilità diretta a qualunque apertura (traslucida o trasparente) dell'involucro edilizio. È consentita l'accensione dopo l'orario di spegnimento attraverso un dispositivo manuale o un sensore di presenza che garantiscano in ogni caso lo spegnimento automatico entro 30 minuti.

Inquinamento elettromagnetico interno

Per ridurre l'eventuale inquinamento elettromagnetico interno (50 Hz), è consigliato l'impiego di soluzioni migliorative a livello di organismo abitativo, attraverso l'uso di disgiuntori e cavi schermati, decentramento di contatori e dorsali di conduttori e/o impiego di bassa tensione.

Impianti solari termici

1. Fermo restando che i nuovi edifici dovranno soggiacere alle sopravvenute disposizioni di rango legislativo e regolamentare superiore qualora emanate e ai relativi aggiornamenti, per gli edifici di nuova costruzione, per quelli soggetti a demolizione e ricostruzione totale in ristrutturazione e per gli ampliamenti è obbligatorio, soddisfare attraverso l'impiego di impianti solari termici, almeno il 50% del fabbisogno di acqua calda sanitaria e le seguenti percentuali della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria.

2. Per verificare la copertura del fabbisogno è necessario fare riferimento alla legislazione nazionale e regionale in vigore.

3. I collettori solari previsti dal comma 1 del presente Articolo, devono essere installati su tetti piani, su falde e facciate esposte a Sud, Sud-est, Sud-ovest, Est e Ovest, fatti salvi impedimenti di natura morfologica, urbanistica, fondiaria e di tutela paesaggistica.

4. La relazione tecnica di dimensionamento dell'impianto solare e gli elaborati grafici (piante, prospetti, ecc.) che dimostrano le scelte progettuali riguardo l'installazione dei collettori stessi sono parte integrante della documentazione di progetto.

5. Gli obblighi di cui al comma 1 non possono essere assolti tramite impianti da fonti rinnovabili che producano esclusivamente energia elettrica la quale alimenti, a sua volta, dispositivi o impianti per la produzione di acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento.

6. Le prescrizioni del presente articolo si intendono rispettate se la quota parte di energia termica che deve essere fornita dal solare termico, venisse fornita in alternativa con risorse geotermiche o da pompe di calore a bassa entalpia (con esclusione di quelle aria-aria) o dalle biomasse. A tal fine le biomasse devono essere utilizzate nel rispetto delle disposizioni nazionali e regionali in vigore. In questo caso deve comunque essere dimostrata, attraverso un bilancio energetico che deve essere allegato, l'equivalenza in termini di energia da fonte rinnovabile prodotta che deve coprire comunque il 50% del fabbisogno.

7. Il contributo di impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili, si intende rispettato, qualora l'acqua calda sanitaria derivi da una rete di teleriscaldamento che sfrutti il calore di un impianto di cogenerazione, trigenerazione oppure i reflui energetici di un processo produttivo non altrimenti utilizzabili.

8. Se l'ubicazione dell'edificio rende tecnicamente impossibile l'installazione di impianti che sfruttino fonti energetiche rinnovabili, se esistono condizioni tali da impedire lo sfruttamento ottimale dell'energia (ad esempio ombre portate da edifici, infrastrutture, vegetazione, ecc.), le prescrizioni contenute al comma 1 e 3 del presente articolo possono essere omesse. L'eventuale omissione dovrà essere dettagliatamente documentata da una relazione tecnica.

Fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica

1- Per gli edifici di nuova costruzione, per quelli soggetti a demolizione e ricostruzione totale in ristrutturazione e per gli ampliamenti è obbligatorio prevedere l'installazione di impianti a fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica non inferiore alle quantità minime previste dalla normativa regionale e nazionale (per specifiche destinazioni d'uso), compatibilmente con la realizzabilità tecnica dell'intervento, fermo restando che i nuovi edifici dovranno soggiacere alle sopravvenute disposizioni di rango legislativo e regolamentare superiore qualora emanate e ai relativi aggiornamenti.

2. Per gli edifici di nuova costruzione, per quelli soggetti a demolizione e ricostruzione totale in ristrutturazione e per gli ampliamenti che prevedono la realizzazione di nuove unità immobiliari, la potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili che devono essere obbligatoriamente installati sopra o all'interno dell'edificio o nelle relative pertinenze, misurata in kW, è calcolata secondo le modalità previste per legge.

3. Per gli edifici di cui ai commi 1 e 2, ove la norma o la legislazione vigente non preveda quantità minime installate obbligatoriamente, è comunque resa cogente la predisposizione per l'installazione anche in fasi successive di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica dimensionato comprendente:

a. la definizione di una superficie della copertura dell'edificio, o di pertinenza dell'edificio dimensionata per consentire l'installazione dei moduli fotovoltaico;

b. la predisposizione di un vano tecnico, accessibile per la manutenzione degli impianti, dove possano essere ospitati i dispositivi di condizionamento della potenza dell'impianto fotovoltaico e di connessione alla rete con caratteristiche idonee ad ospitare un quadro elettrico e i dispositivi di interfaccia con la rete;

c. la realizzazione dei collegamenti dei moduli fotovoltaici al vano tecnico tramite un cavedio di sezione opportuna per poter alloggiare due canaline (corrugati) per i collegamenti elettrici all'impianto fotovoltaico e il collegamento alla rete di terra.

4. Se l'ubicazione dell'edificio rende tecnicamente impossibile l'installazione delle fonti energetiche rinnovabili, se esistono condizioni tali da impedire lo sfruttamento ottimale dell'energia (ad esempio ombre portate da edifici, infrastrutture, vegetazione, ecc.), le prescrizioni contenute al comma 1, 2 e 3 del presente articolo possono essere omesse. L'eventuale omissione dovrà essere dettagliatamente documentata da una relazione tecnica.

Altre azioni per la valorizzazione energetica e ambientale

Prestazione energetica del sistema edificio-impianto

1. Per gli edifici di nuova costruzione e per quelli soggetti a demolizione e ricostruzione totale in ristrutturazione, ristrutturazione con demolizione e ricostruzione totale, per i quali si applicano i calcoli e le verifiche previste dalla legislazione nazionale e regionale in vigore, per gli ampliamenti volumetrici che interessano un volume (lordo riscaldato) maggiore al 20% del volume dell'edificio preesistente, per il recupero a fini abitativi di sottotetti esistenti, per le ristrutturazioni edilizie che coinvolgano più del 25% della superficie disperdente dell'edificio a cui l'impianto è asservito nel caso sia compresa la ristrutturazione dell'impianto di climatizzazione invernale o di riscaldamento, il

valore limite del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale o riscaldamento dell'edificio previsto per legge deve essere rispettato, contestualmente al rispetto dei requisiti ai valori limite di trasmittanza termica media, dei requisiti di prestazione dei sistemi di produzione di calore e degli altri requisiti riportati nel presente Allegato Tecnico.

2. Nei casi di ampliamenti volumetrici, che interessano un volume (lordo riscaldato) maggiore al 20% del volume dell'edificio preesistente, e di recupero a fini abitativi di sottotetti esistenti, la verifica si applica:

- all'intero edificio esistente comprensivo dell'ampliamento volumetrico o del sottotetto, qualora questi siano serviti dallo stesso impianto termico;
- all'ampliamento volumetrico o al sottotetto, qualora questi siano serviti da un impianto termico a essi dedicato.

Contabilizzazione individuale dell'acqua potabile

1. Per gli edifici di nuova costruzione e per quelli soggetti a demolizione e ricostruzione totale in ristrutturazione è obbligatoria l'installazione di contatori di utenza di acqua potabile (uno per utenza), così da poter garantire la piena conoscenza dei prelievi.

Riduzione del consumo di acqua potabile

1. Fatto salvo quanto previsto dalla normativa regionale e nazionale in vigore, al fine della riduzione del consumo di acqua potabile, per gli edifici di nuova costruzione e per quelli soggetti a demolizione e ricostruzione totale in ristrutturazione è obbligatoria l'adozione di dispositivi per la regolazione del flusso di acqua dalle cassette di scarico dei servizi igienici, in base alle esigenze specifiche.

2. Le cassette devono essere dotate di un dispositivo comandabile manualmente che consenta la regolazione, prima dello scarico, di almeno due diversi volumi di acqua: il primo compreso tra 7 e 12 litri e il secondo compreso tra 5 e 7 litri.

Recupero acque piovane

1. Per la riduzione del consumo di acqua potabile, per gli edifici di nuova costruzione e per quelli soggetti a demolizione e ricostruzione totale in ristrutturazione con proiezione sul piano orizzontale della superficie in copertura superiore a 100 m², è obbligatorio, fatte salve necessità specifiche, l'utilizzo delle acque meteoriche, raccolte dalle coperture degli edifici, per l'irrigazione del verde pertinenziale, la pulizia dei cortili e dei passaggi. Le coperture dei tetti devono essere munite, tanto verso il suolo pubblico quanto verso il cortile interno e altri spazi scoperti, di canali di gronda impermeabili, atti a convogliare le acque meteoriche nei pluviali e nel sistema di raccolta per poter essere riutilizzate.

2. Gli edifici di nuova costruzione e per quelli soggetti a ristrutturazione con demolizione e ricostruzione totale con proiezione sul piano orizzontale della superficie in copertura superiore a 100 m² e con una superficie destinata a verde pertinenziale superiore a 100 m², devono dotarsi di una cisterna per la raccolta delle acque meteoriche di accumulo con un volume totale pari almeno al valore minimo fra i due seguenti:

- 0,02 m³ ogni m² di area a verde pertinenziale,
- 0,07 m³ ogni m² di proiezione sul piano orizzontale della superficie in copertura.

3. La cisterna deve essere dotata di un sistema di filtratura per l'acqua in entrata, di uno sfioratore sifonato collegato al pozzo perdente per smaltire l'eventuale acqua in eccesso e di un adeguato

sistema di pompaggio per fornire l'acqua alla pressione necessaria agli usi suddetti. L'impianto idrico così formato non può essere collegato alla normale rete idrica e le sue bocchette devono essere dotate di dicitura "acqua non potabile", secondo la normativa vigente.

Sviluppo della mobilità sostenibile

1. In tutti i nuovi edifici e per quelli soggetti a demolizione e ricostruzione totale è obbligatoria l'installazione di stazioni per la ricarica dei veicoli elettrici con posti dedicati e riservati, dimensionati per garantire 1 parcheggio per veicolo elettrico ogni 20 posti destinati parcheggio, comunque la superficie di parcheggio riservata ai veicoli elettrici dovrà coprire almeno il 5% della superficie totale destinata a parcheggio per tipologia di veicolo (auto, motocicli, ecc.).

2. In tutti i luoghi a forte permanenza di pubblico, si dovrà prevedere, l'installazione di stazioni per la ricarica dei veicoli elettrici in numero congruo allo spazio destinato a parcheggio disponibile.

3. Per quanto previsto nei commi 1, 2, sono fatti salvi i vincoli paesaggistici e quelli eventualmente presenti nel centro storico.

4. Ove possibile, nei casi previsti nei commi 1, 2, le stazioni dovranno preferibilmente essere alimentate con fonti di energia rinnovabile.

Promozione della mobilità ciclabile

1. In tutti i nuovi edifici e per quelli soggetti a demolizione e ricostruzione totale in ristrutturazione è obbligatoria l'installazione di portabiciclette sicuri e/o depositi a una distanza inferiore a 200 m dall'entrata dell'edificio per almeno il 2% della superficie destinata a parcheggio.

