

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

FACOLTA' DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA IN INGEGNERIA GESTIONALE

DICAM

Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e dei Materiali

TESI DI LAUREA

in

Valorizzazione delle Risorse Primarie e Secondarie LS

**Applicazione dei requisiti migliorativi del Regolamento Urbanistico
Edilizio di Bologna: valutazione dell'efficacia dello strumento nella
riduzione del consumo di risorse ambientali e nel miglioramento del
microclima urbano**

CANDIDATO
Maria Cristina Rubolino

RELATORE:
Chiar.ma Prof.ssa
Alessandra Bonoli

CORRELATORE
Ing. Inti Bertocchi
(Comune di Bologna-Settore Ambiente)

Anno Accademico 2010/11

Sessione I

Alla mia famiglia.

INDICE

Introduzione	pag. 9
---------------------	--------

Capitolo 1: La pianificazione urbanistica del Comune di Bologna

1.1. Le principali fasi storiche della pianificazione urbanistica a Bologna	pag. 13
1.2. Approccio alla sostenibilità e gli strumenti adottati dal Comune di Bologna	pag. 17
1.3. Il Piano Strutturale Comunale (PSC)	pag. 22
1.4. Il Piano Operativo Comunale (POC)	pag. 25
1.5. I contenuti generali del Regolamento Urbanistico Edilizio	pag. 28

Capitolo 2: Applicazione dei requisiti del Regolamento Urbanistico Edilizio dall'approvazione ad oggi

2.1 . Premessa	pag. 33
2.2. I requisiti del Regolamento Urbanistico Edilizio sugli edifici	pag. 33
2.2.1. Requisito: contenimento dei consumi energetici invernali (E 7.1)	pag. 36
2.2.2. Requisito: cura del verde, permeabilità e microclima urbano (E 8.4)	pag. 38
2.2.3. Requisito: risparmio e riuso delle acque (E 9.1)	pag. 38
2.2.4. Requisito: riutilizzo dei rifiuti inerti di cantiere (e 10.2)	pag. 39
2.3. Descrizione degli interventi oggetto di valutazione	pag. 40
2.3.1. Intervento in Via Spadini 2	pag. 40
2.3.2. Intervento in Via Fleming 23	pag. 42
2.3.3. Intervento in Via Due Madonne 47	pag. 43
2.3.4. Intervento in Via Gamberini 1	pag. 44
2.3.5. Intervento in Via Massarenti 183	pag. 46
2.3.6. Intervento in Via Massarenti 209	pag. 47

2.3.7. Intervento in Via Massarenti 221/5	pag.48
2.3.8. Intervento in Via Vermena 18	pag. 49
2.3.9. Intervento in Viale Felsina 18	pag. 50
2.3.10. Dati di progetto	pag. 52

Capitolo 3: Il risparmio energetico

3.1. Premessa	pag. 55
3.2. Scheda tecnica di dettaglio: " Contenimento dei consumi energetici invernali"	pag. 57
3.2.1. Gli indici di prestazione energetica	pag. 57
3.2.2. La certificazione energetica	pag. 59
3.2.3. Riduzione delle dispersioni termiche	pag. 62
3.2.4. Sfruttamento dell'energia solare	pag. 63
3.2.5. Rendimento dell'impianto termico	pag. 67
3.2.6. Osservazioni generali sulle altre prescrizioni del requisito E 7.1	pag. 68
3.3. Risparmi di energia primaria e impatto sulle emissioni di CO ₂	pag.69
3.4. Valutazione economica	pag. 76

Capitolo 4: Cura del verde, permeabilità e microclima urbano

4.1. Premessa	pag. 83
4.2. Gli effetti dell'urbanizzazione sulla permeabilità e sul microclima urbano	pag. 84
4.3. L'Indice di Riduzione dell'Impatto Edilizio (R.I.E.)	pag. 86
4.4. Applicazione del R.I.E. ai progetti oggetto di studio	pag. 90
4.5. Il verde pensile	pag. 95

Capitolo 5: Risparmio e riuso delle acque

5.1. Premessa	pag. 99
---------------	---------

5.2. I prelievi idrici	pag. 102
5.3. La gestione delle acque nel Comune di Bologna	pag. 106
5.3.1. Il progetto Aquasave	pag. 108
5.4. Scheda tecnica di dettaglio: "Risparmio e riuso delle acque"	pag. 109
5.4.1. Riduzione del consumo tramite idonei dispositivi	pag. 110
5.4.2. Il recupero delle acque meteoriche	pag. 114
5.4.3. Il recupero delle acque grigie	pag. 117
5.4.4. Valutazioni sui risparmi idrici	pag. 119

Capitolo 6: Gestione dei materiali inerti da costruzione e demolizione

6.1. Premessa	pag. 125
6.2. L'evoluzione della normativa sui CDW in Italia	pag. 126
6.3. La produzione dei rifiuti da costruzione e demolizione in Italia	pag. 128
6.4. L'Accordo di Programma per il recupero dei CDW nella Provincia di Bologna	pag. 131
6.5. Scheda tecnica di dettaglio: "Riutilizzo dei materiali inerti da costruzione e demolizione"	pag. 134
6.5.1. Riutilizzo in sito dei materiali inerti derivanti da attività di demolizione e costruzione	pag. 135
6.5.2. La demolizione selettiva	pag. 137
6.5.3. Impiego di materiali inerti da impianti di recupero	pag. 138
6.5.4. I contenuti della relazione tecnica	pag. 138
6.5.5. Valutazioni sugli interventi oggetto di studio	pag. 139

Conclusioni	pag. 145
--------------------	----------

Appendice	pag. 147
------------------	----------

Bibliografia	pag. 149
---------------------	----------

Introduzione

L'esigenza di conciliare la crescita economica con un'equa distribuzione delle risorse, ha iniziato a manifestarsi a partire dagli anni '70, in seguito alla presa di coscienza che il concetto di sviluppo classico, legato al solo progresso economico, avrebbe causato, entro breve, il collasso dei sistemi naturali. La crescita economica di per sè non basta, lo sviluppo è reale solo se migliora la qualità della vita in modo duraturo, garantendo, allo stesso tempo, la tutela ed il rinnovamento delle risorse naturali.

Nel rapporto "Our Common Future" del 1987, la Commissione Brundtland (World Commission on Environment and Development), definisce lo sviluppo sostenibile:

"non uno stato di armonia prefissato, ma piuttosto un processo di cambiamento in cui lo sfruttamento delle risorse, la direzione degli investimenti ed i cambiamenti istituzionali, vengono resi compatibili con i bisogni futuri, oltre che con quelli presenti."

Il rapporto, quindi, evidenzia tre componenti fondamentali per lo sviluppo sostenibile:

- la protezione dell'ambiente;
- lo sviluppo economico;
- l'equità sociale.

Il settore delle costruzioni è uno dei principali protagonisti interessati al tema della sostenibilità ambientale; le ragioni di tale affermazione sono:

- il settore delle costruzioni è il comparto industriale in Europa a più alto impatto ambientale, dato che consuma il 45% dell'energia complessiva, produce il 50% dell'inquinamento e quasi il 50% dei rifiuti;

- la maggior parte dei consumi energetici sono dovuti al riscaldamento e al raffrescamento degli edifici ed alla produzione di materiali da costruzione;
- l'edilizia è l'ambito dove maggiori sono gli spazi per ottenere considerevoli miglioramenti nell'efficienza energetica;
- la sostenibilità applicata all'edilizia accresce il comfort e la qualità della vita;
- la sostenibilità applicata all'edilizia diminuisce i costi di gestione degli edifici.

Edificare genera impatti sull'ambiente non solo all'atto della costruzione, ma anche lungo tutto il processo, dall'approvvigionamento delle materie prime, produzione e trasporto fino alla dismissione dell'edificio e smaltimento dei rifiuti da demolizione. Allo stesso tempo, l'uso dell'edificio produce impatti per poter garantire condizioni di comfort e benessere interno, coerentemente a quelle che sono le esigenze degli abitanti.

Gli interventi edili e urbanistici dovranno inserire la sostenibilità al centro dei processi e dei percorsi che portano alla definizione di cosa fare, come farlo, con quali prodotti e con quali risorse.

Adottare un approccio corretto che contempli la sostenibilità del sistema nel suo complesso, dalla progettazione alla realizzazione, dalla manutenzione alla demolizione, mediando ed ottimizzando le diverse esigenze (organizzative, distributive, economiche, estetiche) e coniugandole secondo criteri biocompatibili e sostenibili. L'approccio alla sostenibilità, nelle costruzioni, deve tener conto di molteplici aspetti, tra cui:

- le soluzioni tecniche-costruttive per il risparmio energetico ed idrico;
- la gestione degli scarti da demolizione;
- l'impiego di materiali eco-compatibili;
- il riutilizzo ed il recupero dei materiali alla fine del ciclo di vita del prodotto;
- l'impiego di tecnologie verdi al fine di migliorare il microclima urbano, alterato dai processi di urbanizzazione;

- l'utilizzo di risorse energetiche alternative e rinnovabili.

Da alcuni anni le amministrazioni locali (comuni, province, regioni) si misurano con programmi di sviluppo territoriale basati sulla sostenibilità, sia ambientale che economica. Il presente lavoro di tesi analizza il Regolamento Urbanistico Edilizio di Bologna (RUE), in vigore dal 2009, a cui spetta la regolamentazione di quelle parti del territorio non sottoposte a trasformazioni sostanziali e che possono essere attuate tramite intervento diretto. L'art. 56 del RUE contiene 28 requisiti da applicare alla progettazione di nuovi edifici e ad interventi sugli edifici esistenti. Più della metà di questi requisiti riguardano temi ambientali puntando, da un lato, alla riduzione del consumo di risorse negli edifici e dall'altro a migliorare la qualità dell'ambiente urbano in termini di microclima, rumore, inquinamento atmosferico ed elettromagnetismo. In particolare, verranno esaminati i requisiti del RUE che presentano livelli prestazionali differenziati (base, migliorativi e di eccellenza), volti a garantire un miglioramento delle caratteristiche di sostenibilità degli edifici.

Il lavoro è strutturato in sei capitoli. Nel primo capitolo vengono brevemente illustrati gli strumenti di pianificazione urbanistica; oltre al Regolamento Urbanistico Edilizio, sono richiamati il Piano Strategico Comunale e il Piano Operativo Comunale. Nel secondo capitolo, invece, vengono descritti i requisiti prestazionali, che presentano livelli migliorativi differenziati, relativi al:

- contenimento dei consumi energetici invernali;
- miglioramento del microclima urbano e della permeabilità dei suoli;
- risparmio dei consumi idrici;
- riutilizzo degli inerti ed impiego dei materiali provenienti da impianti di recupero.

L'obiettivo principale del seguente lavoro di tesi è dimostrare l'efficacia del Regolamento Urbanistico Edilizio nella riduzione del consumo di risorse e nel miglioramento del microclima urbano. A tale scopo, vengono illustrati gli interventi edilizi pervenuti al Comune Di Bologna, dal 2009 ad oggi, che hanno

applicato i livelli di eccellenza, in cambio di un ampliamento del 20% del volume totale esistente (Vte). Considerando tali progetti, a partire dal terzo capitolo in poi, si è cercato di quantificare i miglioramenti ottenuti rispetto alla componente energia, acqua, verde ed inerti, in termini di risparmio di risorse non rinnovabili e, dove possibile, in termini di risparmi economici.

Capitolo 1: La pianificazione urbanistica del Comune di Bologna

1.1 Le principali fasi storiche della pianificazione urbanistica a Bologna

Il primo Piano Regolatore Edilizio e di ampliamento per la città di Bologna risale al 1889, ma non troverà mai compiuta attuazione. Questo piano prevede drastiche modifiche del tessuto consolidato della città storica, l'abbattimento della cinta muraria, ancora intatta, e ne pianifica uno sviluppo a corona su maglie ortogonali lungo le radiali, collegate da circonvallazioni. Inoltre, la nuova edificazione di vaste aree del centro, non contempla alcuna espansione a sud, avviando la tradizione di tutela del sistema collinare a ridosso della città, elemento che caratterizza anche gli strumenti urbanistici via via approvati nel secolo successivo.

Nel 1929 vengono approvati dal Ministero una serie di varianti ed aggiunte al piano originale, in risposta all'esigenza di porre rimedio al vuoto che si sarebbe venuto a determinare allo scadere dei termini di attuazioni del Piano Regolatore Edilizio e di ampliamento del 1889.

Nel gennaio del 1938 viene bandito un concorso nazionale al fine di giungere alla stesura di un nuovo Piano. Il concorso registra una partecipazione numerosa e dalle relative proposte vengono avviati una serie di studi da cui si genera un piano particolareggiato per alcune zone del centro cittadino, adottato dal Comune nel 1941, ma non approvato poi in sede ministeriale per l'assenza di un Piano Regolatore Generale come previsto dalle norme vigenti. Negli anni successivi, a causa della seconda guerra mondiale, viene interrotta la pianificazione ufficiale, che riprenderà solo nel periodo post-bellico su tematiche di emergenza (la ricostruzione).

Nel gennaio 1948 viene approvato il piano di ricostruzione della città, necessaria ed urgente anticipazione del nuovo piano regolatore generale che si prevede di elaborare nel più breve tempo possibile. Il piano interessa esclusivamente le zone

interessate dai bombardamenti e va a modificare vaste zone del centro storico.

Il Piano Regolatore Generale viene adottato nel 1955 e diviene esecutivo, dopo un percorso faticoso, nel 1958. Tale provvedimento conferma i criteri già adottati nei piani di ricostruzione e valuta una crescita della città senza interruzione fra la periferia esistente e le aree di nuova edificazione. In considerazione dell'aumento del traffico veicolare, il piano prevede nuove arterie di penetrazione e di scorrimento, in vista anche della realizzazione della rete autostradale nazionale. Sul centro storico il piano distingue ambiti da conservare e zone su cui intervenire con importanti azioni di risanamento. Rilevatosi ben presto carente, fin dal 1960, il Piano Regolatore del 1958 comincia ad essere oggetto di molteplici varianti integrative.

Nel 1964 viene varato il Piano per l'Edilizia Economica e Popolare (PEEP) e si iniziano ad adottare concreti provvedimenti che portano all'estensione dei primi nuclei di edilizia popolare. Le aree per interventi di edilizia economica e popolare si esauriscono all'inizio degli anni '80.

Il PEEP resta comunque uno dei pochissimi piani completamente realizzato e che ha determinato l'attuale assetto della periferia di Bologna. L'Emilia Romagna, Bologna in particolare, hanno rappresentato un'anomalia positiva sul piano delle politiche urbanistiche del Paese. Infatti, il Comune di Bologna ha messo in atto il concetto di "urbanistica riformista", che ha l'obiettivo di non emarginare le classi meno abbienti della periferia, garantire una quota di verde e di servizi pubblici e salvaguardare il patrimonio storico e ambientale.

Gli studi per il nuovo piano hanno inizio a partire dai primi anni '80 e dopo una serie di vicissitudini portano all'adozione di un nuovo strumento nel 1986, approvato definitivamente nel 1989. Con il nuovo PRG '85, Bologna cerca di continuare la sua tradizione culturale riformista in materia di programmazione e pianificazione del territorio.

Infatti, il PRG '85 è un piano che mira alla trasformazione e non all'espansione della città e cerca di porre al centro la questione della qualità urbana, attraverso l'acquisizione di una serie di scelte:

- espansione e sviluppo delle città in aree già urbanizzate. A tale scopo si prevede il recupero e la qualificazione dei vuoti urbani e delle aree dismesse, senza compromettere ulteriori zone agricole coltivate, esterne al tessuto urbano;
- miglioramento delle comunicazioni e delle connessioni con gli altri centri della Regione, dato che il centro urbano di Bologna é l'asse portante del sistema metropolitano regionale;
- conferma della politica di tutela del centro storico e del sistema collinare.

Negli anni successivi all'approvazione, emerge subito l'assoluta necessità di apportare allo strumento adeguamenti e modifiche, sia grafica che normativa, e il bisogno di procedere all'attuazione di grandi comparti di sviluppo, tenendo in adeguata considerazione le tematiche ambientali.¹

La legge regionale L.R. 19/98 si propone di promuovere la qualità urbana agendo con priorità sulle situazioni di degrado edilizio, ambientale e sociale che investono le aree urbanizzate, istituendo un percorso per l'avvio di interventi complessi. Dopo una complessa fase valutativa e negoziale, a cui partecipano tutti i soggetti, pubblici e privati, interessati a proporre interventi coerenti con gli obiettivi prefissati dal comune, nell'ottobre del 2003 viene sottoscritto l'Accordo di Programma per la realizzazione del Programma di Riqualificazione Urbana (PRU). Quest'ultimo prevede una forte collaborazione tra pubblico e soggetti privati e il costante ascolto dei fabbisogni dei quartieri; si caratterizza per una distribuzione degli interventi sull'intero territorio comunale in grado di attuare le previsioni del PRG vigente, facendo leva sul contributo dei privati per recuperare le risorse necessarie.

In Italia, già a partire dagli anni '90, si sviluppa tra gli urbanisti un dibattito articolato sul ruolo del piano regolatore nella gestione delle trasformazioni urbane e viene riconosciuta la necessità di riformare la pianificazione comunale. Data la

¹ Bertolazzi Claudio, Un piano per Bologna. Argomenti di un dibattito sull'urbanistica, Acropolis. Testi e documenti di urbanistica, Riccione, Zivieri Editore, 1989, pp. 12-30.

mancanza di flessibilità e di efficacia della pianificazione urbanistica italiana, l'Istituto Nazionale di Urbanistica (INU) sollecita una nuova legge nazionale che regoli i principi fondamentali di governo del territorio, in base alla quale poi le Regioni, in piena autonomia, realizzeranno le proprie leggi regionali. A causa della mancata elaborazione della nuova legge nazionale, alcune Regioni hanno provveduto autonomamente ad apportare importanti novità legislative in materia di urbanistica. L'Emilia Romagna ha approvato, nel 2000, la legge regionale n. 20: "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio". La legge regionale ha profondamente rinnovato, nei contenuti e nelle forme, il governo del territorio, regolando i rapporti tra gli Enti territoriali locali, in materia di urbanistica, secondo i principi di sussidiarietà e cooperazione. Possiamo a tal proposito distinguere:

- il livello regionale tramite il Piano territoriale regionale (PTR);
- il livello provinciale attraverso il Piano territoriale di coordinamento provinciale (PTCP);
- il livello di pianificazione comunale.²

Per quanto riguarda quest'ultimo punto, l'innovazione introdotta dalla LR 20/2000 risponde alla scelta di articolare il piano in diversi strumenti di pianificazione, separando gli aspetti strutturali di tutela validi a tempo indeterminato e le scelte strategiche di medio-lungo periodo dalle previsioni operative ed attuative più flessibili. I contenuti della pianificazione comunale restano immutati, ma vengono organizzati in tre diversi strumenti:

- il Piano Strutturale Comunale (PSC): è lo strumento di pianificazione generale, finalizzato a delineare le scelte strategiche di sviluppo del territorio comunale e a tutelarne l'integrità fisica e ambientale;
- il Piano Operativo Comunale (POC): è lo strumento che individua e

² Ruocco Francesca, Il PSC di Bologna del 2008. Nuovi piani per la città contemporanea, Pubblicazione: 6 Settembre 2010, http://www.storicamente.org/05_studi_ricerche/summer-school/ruocco_PSC_Bologna.htm.

disciplina specificatamente gli interventi di tutela, l'organizzazione e le trasformazioni del territorio, da realizzare nell'arco temporale di cinque anni, facendo riferimento a ciò che è stato delineato nel PSC;

- il Regolamento Urbanistico Edilizio: è lo strumento che disciplina gli interventi diretti e le modifiche urbanistiche non sostanziali, immediatamente attuabili.

Il nuovo Piano strutturale si pone come una transizione necessaria per far fronte ai profondi cambiamenti che hanno investito le grandi città europee. I vecchi strumenti di pianificazione urbanistica risultano infatti troppo rigidi per far fronte alle trasformazioni sociali, economiche e spaziali che hanno investito i principali centri urbani.

Nei paragrafi successivi verranno analizzati i tre attuali strumenti con cui vengono organizzati e strutturati i contenuti della pianificazione urbanistica di Bologna.

1.2. Approccio alla sostenibilità e gli strumenti adottati dal Comune di Bologna

Il Comune di Bologna individua nella sostenibilità uno degli elementi più importanti per lo sviluppo del territorio. I territori, con le loro diversità ambientali, culturali, sociali ed umane non possono essere più sottoposti a processi che distruggono le risorse, senza che quest'ultime vengano opportunamente riprodotte. Lo sviluppo deve garantire la tutela dell'ambiente e l'accesso alle risorse, in modo tale da soddisfare le esigenze non solo delle attuali generazioni, ma anche di quelle future. La città di Bologna, negli ultimi vent'anni, ha adottato differenti strumenti al fine di garantire uno sviluppo sostenibile.

La Regione Emilia Romagna, negli anni '90, allo scopo di uniformare i contenuti dei regolamenti edilizi comunali, ha predisposto uno schema di Regolamento Edilizio Tipo a cui farà riferimento anche il Comune di Bologna. Il RET si compone di due parti ben definite. La prima parte, con carattere non vincolante,

propone definizioni comuni dei termini frequentemente usati in materia di edilizia e indicazioni relative alle procedure da seguire per la realizzazione dei lavori edili. La seconda parte riporta le norme tecniche delle opere edilizie, raggruppate in famiglie di requisiti. I requisiti sono a loro volta suddivisi in:

- **requisiti cogenti** (a carattere vincolante): trattano temi relativi alla sicurezza delle costruzioni e degli impianti, alla prevenzione degli incendi, all'igiene delle abitazioni e dei luoghi di lavoro, al risparmio energetico e alla protezione dal rumore;
- **requisiti volontari** (non vincolanti): definiscono una qualità aggiuntiva a quella minima indispensabile, già individuata dai requisiti cogenti, con riguardo anche agli aspetti della bioedilizia e della sostenibilità ambientale.³

A partire dal 1994, il comune di Bologna ha istituito la Valutazione degli Studi di impatto ambientale (Valsia) per i piani e le opere, pubbliche e private, previsti nel proprio territorio comunale. La Valsia è una procedura amministrativa per l'applicazione della VIA (Valutazione di Impatto Ambientale) a livello comunale, riferita non solo alle opere come prevedeva la normativa nazionale, ma anche e soprattutto ai piani urbanistici attuativi. Si tratta di una decisione innovativa, tesa a stimolare il superamento delle incertezze legislative sia a livello nazionale che regionale. Gli elementi di assoluta novità che la Valsia introduce sono:

- concetti ed elementi di sostenibilità ambientale nell'ambito urbano, ed in particolare nell'attuazione del PRG e nella realizzazione di opere rilevanti a livello comunale;
- valutazione della sostenibilità di un intervento urbanistico attraverso una procedura tecnica ed amministrativa;
- individuazione dei potenziali effetti di un intervento, delle componenti e dei fattori ambientali di volta in volta interessati (considerando opportune modifiche a livello progettuale se queste si rendono necessarie);

³ Fonte: Regione Emilia Romagna, <http://www.regione.emiliaromagna.it>.

- modalità per la partecipazione dei quartieri, dei cittadini e delle associazioni interessate al processo progettuale e decisionale degli interventi;
- consolidamento dei primi elementi di base per la futura realizzazione di un eco-piano che inglobi i concetti e le pratiche proprie dello sviluppo sostenibile.

La procedura di valutazione ambientale è parallela al processo progettuale, deve attivarsi e concludersi preliminarmente alla procedura amministrativa di approvazione degli interventi, in modo tale da non incidere ulteriormente sui tempi di verifica.⁴

Nel 1998, come sviluppo ed approfondimento di alcuni aspetti della Valsia nasce Brick (Building Innovation Regulation Captured on the Keyboard). Brick è una norma prestazionale, basata sul Regolamento Edilizio Tipo della Regione Emilia Romagna e si presta, per questo, alla promozione della qualità nella progettazione e all'integrazione di nuove soluzioni costruttive. Questo strumento di pianificazione è caratterizzato dall'enfasi posta su tre elementi innovativi che sono stati aggiunti a quelli tradizionali:

1. il concetto di impatto ambientale;
2. l'importanza di proteggere la salute;
3. il valore del benessere.

Il Brick indica una serie di obiettivi che i progettisti e le aziende edili devono cercare di raggiungere, ma non stabilisce il modo con cui raggiungerli. I progettisti sono liberi di scegliere quali siano i meccanismi e gli strumenti più adatti da adottare per raggiungere gli obiettivi prefissati.

Con la Carta da Aalborg , nel 1994, le città e le regioni europee si impegnano ad

⁴ Bollini Gabriele e Remitti Piero, La valutazione di impatto ambientale nel Prg di Bologna, Kineo, N.9, 1995, pp. 86-87.

attuare l'Agenda 21⁵ a livello locale e ad elaborare piani d'azione a lungo termine per uno sviluppo durevole e sostenibile delle città europee. Gli "Impegni di Aalborg" sono stati sottoscritti dal Comune di Bologna in via ufficiale nel novembre del 2006. Gli impegni di Aalborg sono impegni volontari condivisi, che descrivono 10 ambiti di miglioramento e 50 azioni specifiche per lo sviluppo locale sostenibile. Gli ambiti di miglioramento sono:

1. Governance (coinvolgere le comunità locali in dinamiche di sviluppo sostenibile);
2. Gestione locale per la sostenibilità;
3. Risorse naturali comuni;
4. Consumo responsabile e stili di vita;
5. Pianificazione e progettazione urbana;
6. Migliore mobilità, meno traffico;
7. Azione locale per la salute;
8. Economia locale sostenibile;
9. Equità e giustizia sociale;
10. Da locale a Globale (garantire lo sviluppo sostenibile e protezione del clima per tutto il pianeta).

Nel 2010, aderendo al Patto dei Sindaci, Bologna si impegna a superare gli obiettivi della politica energetica comunitaria in termini di riduzione delle emissioni di CO₂, attraverso una migliore efficienza energetica e ad un utilizzo più sostenibile dell'energia. Partecipando al Patto dei Sindaci, le amministrazioni locali dichiarano la propria adesione alle politiche e agli obiettivi fissati dalla Commissione Europea nel 2008. Il proposito della CE, entro il 2020, è il famoso 20-20-20:

⁵ Nel giugno del 1992 i capi di governi di tutto il mondo si incontrano alla Conferenza di Rio de Janeiro per siglare accordi e convenzioni su questioni critiche per l'ambiente come i cambiamenti climatici, la desertificazione e la scomparsa delle foreste. Al fine di preservare l'ambiente e realizzare uno sviluppo sostenibile vengono realizzati diversi documenti tra cui Agenda 21. Quest'ultimo delinea le strategie da seguire nelle principali aree di contatto tra tutela dell'ambiente e sviluppo economico.

- riduzione del 20% delle emissioni di gas a effetto serra;
- riduzione del 20% del consumo di energia;
- aumento del 20% del consumo di fonti rinnovabili.

L'anno di riferimento considerato è il 2005.

Attualmente il Comune di Bologna sta procedendo alla concretizzazione del Piano per l'Energia Sostenibile (SEAP), elemento previsto dal Patto dei Sindaci. Il SEAP delinea le politiche e le misure che la città intende effettuare per il raggiungimento degli impegni presi per il 2020. Utilizza i risultati dell'inventario delle emissioni di base (BEI) per individuare i migliori campi di azione e le migliori possibilità per raggiungere i traguardi fissati. È prevista, oltretutto, la realizzazione del Piano Clima attraverso cui si identificheranno le azioni per promuovere la produzione di energia da fonti rinnovabili e le soluzioni da adottare per aumentare l'efficienza energetica e ridurre i consumi.

Contestualmente agli impegni presi nei confronti delle politiche Comunitarie, per adeguarsi alle disposizioni fissate nella legge regionale LR 20/2000, a partire da luglio 2007, il Comune di Bologna individua nella procedura di Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT), lo strumento per valutare gli impatti delle scelte strategiche elaborate e per specificare eventuali azioni correttive, al fine di ridurre gli effetti negativi. La VALSAT, quindi, si configura come un momento del processo di pianificazione, che concorre a fornire elementi conoscitivi e valutativi per la formulazione delle decisioni definitive del piano. La valutazione di sostenibilità ambientale e territoriale per essere efficace deve svolgersi come processo iterativo, da effettuare durante l'intero percorso di elaborazione del piano.

Il PSC prevede anche l'integrazione delle politiche energetiche del Programma Energetico (PEC). Il PEC è l'atto con cui la città di Bologna intende raggiungere localmente l'obiettivo che l'Italia si è data per aderire al Protocollo di Kyoto⁶. Il

⁶ Il Protocollo di Kyoto è un trattato internazionale sottoscritto l'11 dicembre 1997 da più di 160 Paesi ed entrato in vigore nel 2005, dopo la ratifica da parte della Russia. Il Protocollo prevede l'obbligo, in capo ai paesi industrializzati, di operare una riduzione delle emissioni di elementi inquinanti in una misura non inferiore al 5 % rispetto alle emissioni registrate nel 1990 nel periodo 2008/2012.

PEC propone azioni per ridurre i consumi energetici della città, individuando precedentemente:

- le aree urbane a maggiore intensità energetiche e a maggiore impatto ambientale in termini di emissioni di CO₂;
- le utenze su cui effettuare specifici interventi migliorativi;
- l'impatto energetico delle nuove aree di urbanizzazione.

Al termine di questo excursus è necessario nominare anche il Regolamento Urbanistico Edilizio. Il RUE, infatti, definisce esigenze comuni e condivise di conservazione attiva del patrimonio edilizio, tutela e qualificazione del territorio rurale, qualificazione architettonica degli interventi e dell'attività edilizia nella direzione della sostenibilità.

1.3. Il Piano Strutturale Comunale (PSC)⁷

Il Piano Strutturale Comunale di Bologna, strumento di pianificazione urbanistica generale, stabilisce gli orientamenti che guideranno lo sviluppo della città nei prossimi anni. Per favorire la condivisione delle scelte strutturali della nuova pianificazione, nel gennaio 2005, la Conferenza metropolitana dei Sindaci ha costituito il Comitato interistituzionale per l'elaborazione del PSC. Il 14 settembre 2005 ha preso il via la Conferenza di pianificazione, con la partecipazione delle associazioni di rappresentanza sociale ed economica. Nel maggio 2006 è stato sottoscritto l'Accordo di pianificazione tra il Sindaco del Comune di Bologna e il Presidente della Provincia Emilia Romagna. Per favorire la partecipazione dei cittadini alla discussione sulla formazione del nuovo piano, a livello cittadino viene attivato il Forum "Bologna, città che cambia", strumento che si propone come luogo di informazione, discussione e condivisione di problemi, punti di vista, proposte e ipotesi di soluzione. Parallelamente si è svolto un articolato percorso di approfondimento dei temi del piano con i Quartieri, attivando

⁷ Comune di Bologna, Piano Strutturale Comunale (PSC); Bologna. Città che cambia, 2007.

laboratori di progettazione partecipata sui singoli progetti. Nel luglio 2007 il Consiglio Comunale ha adottato il nuovo Piano Strutturale Comunale, che è entrato ufficialmente in vigore il 10 settembre 2008.⁸

Il PSC è un piano sia dai contenuti strategici che strutturali. I primi individuano le risorse presenti nel territorio, indicano lo scenario di tutela e sviluppo territoriale che si intende perseguire e sviluppa le strategie opportune per conseguirlo. I contenuti strutturali descrivono invece l'organizzazione e l'assetto del territorio nelle sue forme fisiche, materiali e funzionali, al fine di realizzare gli obiettivi strategici che si intendono perseguire.

La legge regionale n. 20/2000, all'articolo 28, specifica espressamente i contenuti generali del PSC, il quale:

- valuta la consistenza, la localizzazione e la vulnerabilità delle risorse naturali presenti nel territorio e ne indica le soglie di criticità;
- fissa i limiti e le condizioni di sostenibilità degli interventi e delle trasformazioni pianificabili;
- individua le infrastrutture e le attrezzature di maggiore rilevanza, per dimensione e funzione;
- classifica il territorio comunale in urbanizzato, urbanizzabile e rurale;
- individua gli ambiti del territorio comunale e definisce le caratteristiche sociali, funzionali, ambientali e morfologici e i relativi requisiti prestazionali;
- definisce le trasformazioni che possono essere attuate attraverso intervento diretto, in conformità alla disciplina generale del RUE.⁹

Nel definire le trasformazioni del territorio è necessario garantire dei livelli di sostenibilità ambientale e territoriale delle scelte di pianificazione, efficacia ed adeguatezza dei sistemi infrastrutturali e della mobilità. La pianificazione territoriale ed urbanistica viene così esplicitamente chiamata a regolare il

⁸ Ruocco Francesca, Il PSC di Bologna del 2008. Nuovi piani per la città contemporanea, Pubblicazione: 6 Settembre 2010, <http://www.storicamente.org>.

⁹ Centofanti Nicola, Diritto urbanistico, Padova, Cedam editore, 2008, pp. 210-211.

consumo delle risorse naturali e ambientali del territorio su cui opera, assicurandone la ricostruzione per garantire nel tempo la disponibilità. A tale scopo il PSC ingloba al proprio interno una serie di aspetti:

- protezione dell'atmosfera, riducendo i gas serra e le emissioni inquinanti generate dal riscaldamento e dal traffico urbano;
- riduzione dell'inquinamento acustico, attraverso una corretta localizzazione degli insediamenti e una corretta progettazione delle nuove infrastrutture stradali;
- mantenimento e miglioramento delle risorse idriche con politiche di tutela;
- mantenimento e miglioramento del suolo, attraverso il recupero della permeabilità dei suoli e il contenimento della diffusione urbana;
- valorizzazione e tutela degli habitat naturali e del paesaggio integrando nel sistema metropolitano del verde urbano, i parchi e le aree protette;
- soddisfacimento di elevati standard di qualità urbana, attraverso l'integrazione del sistema delle attrezzature e degli spazi collettivi.

Entrando più nel dettaglio, i sette più importanti progetti di trasformazione previsti dal PSC vengono identificati con il nome di "Sette Città". Le sette città sono illustrate nell'immagine qui sotto riportata:

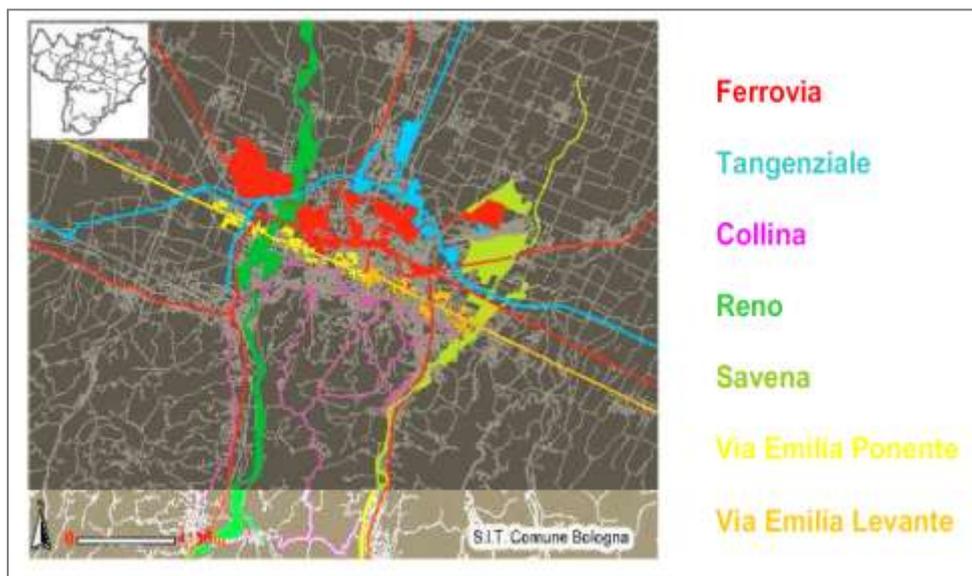


Figura 1.1. Le sette città previste dal PSC.

Ognuna delle "Sette Città" corrisponde ad un insieme di trasformazioni da realizzare nella catena di luoghi in cui sono presenti caratteristiche simili (dal punto di vista territoriale, sociale ed urbanistico). Queste caratteristiche consentono di pianificare, per ognuna delle città, strategie di sviluppo urbanistico ispirate agli orientamenti strategici di sostenibilità.

Se le sette città indicano le scelte operate dal PSC su alcune parti del territorio, nei Sistemi, nelle Situazioni e negli Ambiti si descrivono i modi con i quali il PSC intende guidare gli interventi. Per ciascuno dei Sistemi specificati nel PSC (mobilità, città pubblica, ambiente) sono fissati degli obiettivi da perseguire. Gli Ambiti (appartenenti al territorio da urbanizzare, al territorio urbanizzato o al territorio rurale) definiscono per ogni parte del territorio le caratteristiche urbanistiche, gli obiettivi sociali, funzionali, ambientali e i relativi requisiti prestazionali (anche se non in termini quantitativi). Il PSC descrive poi 37 "Situazioni" che compongono il territorio di Bologna, aree ben riconoscibili e da sempre identificate dagli abitanti con nomi specifici. Le Situazioni sono parti di città caratterizzate dalla presenza di relazioni spaziali, funzionali, ambientali per cui si richiede un trattamento unitario.

In conclusione possiamo osservare come attorno al PSC si avvia la discussione più generale sulle linee di tutela e di sviluppo del territorio, che saranno poi articolate e precisate negli altri due strumenti: il Piano Operativo Comunale (POC) e il Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE).

1.4. Il Piano Operativo Comunale (POC)¹⁰

Come detto precedentemente, il Piano Operativo Comunale è uno dei tre strumenti di pianificazione territoriale comunale, istituito dalla legge regionale LR 20/2000 insieme al Piano Strutturale Comunale e al Regolamento Urbanistico Edilizio. Il POC è predisposto in conformità alle previsioni del PSC e non può modificarne i contenuti. Nel Piano strutturale sono indicate le trasformazioni urbanistiche sostanziali nel loro assetto generale (sito, consistenza urbanistica,

¹⁰ Comune di Bologna, Piano Operativo Comunale (POC); Bologna. Città che cambia, 2009.

obiettivi e prestazioni) e sono sottoposte ad attuazione operativa con il Piano Operativo Comunale. Quest'ultimo, per il suo carattere operativo, individua e disciplina gli interventi di tutela e valorizzazione, di organizzazione e trasformazione del territorio, da realizzare nell'arco temporale di cinque anni.

All' articolo 30 della legge regionale n. 20/2000, sono dettati i contenuti del POC da applicare agli ambiti di riqualificazione e ai nuovi insediamenti. Tali contenuti sono:

- la delimitazione, l'assetto urbanistico, la destinazione d'uso, gli indici edilizi;
- le modalità di attuazione degli interventi di trasformazione e di quelli di conservazione;
- i contenuti morfologici, sociali ed economici e le modalità di intervento;
- l'indicazione delle trasformazioni da assoggettare a specifiche valutazioni di sostenibilità e fattibilità e ad interventi di mitigazione e compensazione degli effetti;
- la definizione delle dotazioni territoriali da realizzare o riqualificare e delle relative aree;
- la localizzazione delle opere e dei servizi pubblici.¹¹

In generale, il POC ha le seguenti caratteristiche:

- non riguarda tutto il territorio comunale (come il PSC), ma solo le parti del territorio interessate dall'attivazione delle previsioni del PSC di trasformazione urbanistica sostanziale;
- completa il processo di pianificazione, integrando i contenuti e le scelte strategiche del PSC in conformità con i suoi obiettivi e gli aspetti normativi. Il Piano Operativo può sviluppare forme di flessibilità a condizione che si mantenga conforme a quanto specificato nel Piano Strutturale. Il POC non può di conseguenza modificare gli aspetti strategici

¹¹ Centofanti Nicola, Diritto urbanistico, Padova, Cedam editore, 2008, pp. 211-212.

e strutturali già definiti dal PSC;

- per la sua natura temporale può imporre vincoli e tutele, relativamente a un certo territorio, limitatamente ad un arco temporale non superiore ai cinque anni;
- può contenere elementi derivanti da altri strumenti di pianificazione, in modo da facilitare l'integrazione tra le diverse politiche comunali.

Il primo POC (valido dal 2009 fino al 2013) comprende sia interventi definiti dal nuovo sistema di pianificazione, sia interventi che attuano le previsioni del previgente sistema di pianificazione (PRG'85) e una serie di operazioni urbanistiche già decise dall'Amministrazione comunale negli ultimi anni. Gli interventi inseriti nel POC costituiscono articolati progetti di riqualificazione del territorio e sono descritti mediante schemi generali di assetto, che individuano le dotazioni da realizzare negli ambiti e gli interventi necessari. Schede normative specifiche dettagliano le caratteristiche di ciascun intervento in termini di prestazioni richieste, capacità insediativa, infrastrutture e dotazioni.

Relativamente alla sostenibilità degli interventi e alla loro compatibilità ambientale, si fa riferimento alle condizioni stabilite dalla VALSAT. Per ciascun intervento viene elaborata una scheda, in cui si illustrano le valutazioni analitiche di ciascuna componente ambientale, evidenziandone lo stato, l'impatto potenziale in seguito all'attuazione del carico insediativo e le misure per la sostenibilità delle trasformazioni stesse. Ciascun intervento deve essere realizzato nel rispetto delle prestazioni identificate nella VALSAT del PSC, su scala comunale (valutazione sistemica) e su singolo Ambito (valutazione di Ambito).

La valutazione degli interventi previsti dal POC è articolata su due livelli:

- **valutazioni specifiche:** effettuata in modo analitico per i progetti previsti dal nuovo sistema di pianificazione e per gli strumenti presentati in fase antecedente all'adozione del POC e da esso confermati;
- **valutazione sistemica:** effettuata in termini di pressione e di effetti complessivi che le previsioni contenute nel piano generano sull'intero territorio comunale e in modo particolare rispetto alle componenti mobilità,

energia e servizi.

Durante il periodo di validità del POC possono essere approvate varianti allo stesso, nel rispetto di quanto stabilito dal PSC. In caso di varianti è necessario rivedere la Valutazione di sostenibilità Ambientale e Territoriale, effettuata per il POC iniziale, aggiornandone il quadro di riferimento con le nuove previsioni introdotte.

I Piani Urbanistici Attuativi (PUA) sono gli strumenti urbanistici di dettaglio che daranno poi attuazione agli interventi di nuova urbanizzazione e di riqualificazione disposti dal POC, qualora esso stesso non ne assuma i contenuti. I PUA, in base alle indicazioni fornite dalla regionale LR n.20/2000 all'art. 31, vanno a sostituire tutti i piani attuativi precedenti (es. PEEP, PRU, ecc...).

1.5. I contenuti generali del Regolamento Urbanistico Edilizio¹²

Il Regolamento Edilizio Urbanistico è lo strumento di pianificazione urbanistica comunale a cui compete la disciplina generale delle parti del territorio urbano strutturato e del territorio rurale, non sottoposte a POC.

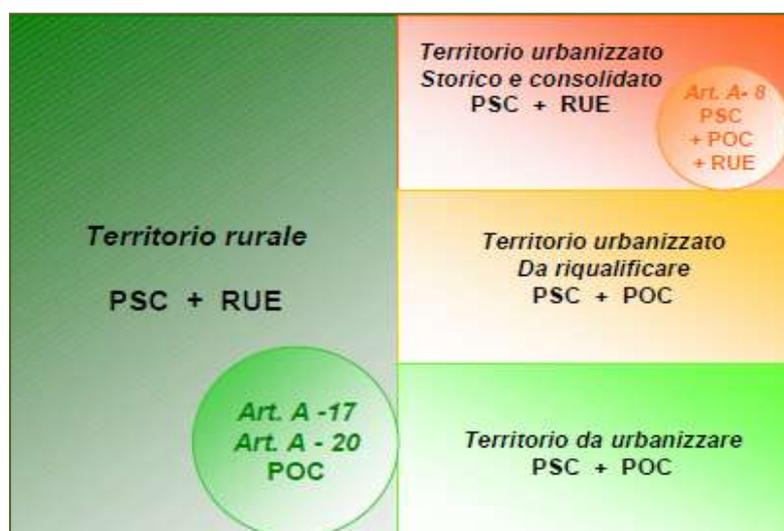


Figura 1.2. Gli ambiti di trasformazione disciplinati del RUE.

¹² Comune di Bologna, Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE); Bologna. Città che cambia, 2009.

Le norme del RUE, entrate ufficialmente in vigore il 20/05/2009, si applicano a tutto il territorio comunale e sono valide a tempo indeterminato.

La legge regionale LR n.20/2000, all'art. 29, definisce i contenuti generali del RUE. Quest'ultimo, in conformità delle previsioni del PSC, disciplina:

- le trasformazioni negli ambiti consolidati e nel territorio rurale;
- gli interventi diffusi sul patrimonio edilizio esistente, sia nel centro storico che negli ambiti da riqualificare;
- gli interventi negli ambiti specializzati per attività produttive.

Il Regolamento contiene inoltre:

- la definizione dei parametri edilizi ed urbanistici e le loro metodologie di calcolo;
- la disciplina degli oneri di urbanizzazione e del costo di costruzione;
- la modalità di calcolo delle monetizzazioni delle dotazioni territoriali.¹³

Il RUE regola, quindi, l'attuazione di quelle parti del territorio non sottoposte a trasformazioni urbanistiche sostanziali e che possono essere attuate tramite intervento diretto.

Il Regolamento Urbanistico Edilizio di Bologna è caratterizzato da un'impostazione prestazionale generalizzata, dall'individuazione degli obiettivi da raggiungere senza prestabilire la soluzione per l'ottenimento del risultato. Questo conferisce sicuramente flessibilità, ma allo stesso tempo richiede da parte dei proponenti l'assunzione della responsabilità di interpretare e tradurre e da parte dell'Amministrazione l'assunzione della responsabilità di giudicare. Il Regolamento Urbanistico Edilizio esprime, attraverso norme prestazionali, i risultati che si vogliono perseguire nelle trasformazioni urbanistiche ed edilizie. Le norme prestazionali sono organizzate ed espresse in Schede prestazionali, che definiscono i contenuti del requisito, descrivendo le esigenze che devono essere

¹³ Centofanti Nicola, Diritto urbanistico, Padova, Cedam editore, 2008, pp. 212-213.

soddisfatte ed elencando le prestazioni da garantire con il progetto e la costruzione. Le prestazioni sono prescritte in forma quantitativa, ossia attraverso l'indicazione numerica di livelli prestazionali da assolvere, oppure in forma discorsiva, attraverso l'enunciazione di azioni e comportamenti progettuali da implementare affinché l'intervento persegua l'esito fissato dal requisito. Le Schede esplicitano inoltre il campo di applicazione della prestazione richiesta e le modalità di verifica.

Le prestazioni richieste per ogni intervento sono cogenti: il loro rispetto è necessario per conseguire il titolo abilitativo all'esecuzione dell'intervento e il certificato di conformità edilizia e agibilità degli immobili.

In relazione alla disciplina degli interventi sugli edifici, le prestazioni formulate dal RUE trovano precisazione nelle Schede tecniche di dettaglio. Quest'ultime, in particolare, vanno ad indicare:

- gli indicatori da assumersi per la misurazione delle prestazioni;
- gli standard da garantirsi affinché i requisiti prestazionali possano dirsi effettivamente assolti (livelli di prestazione);
- le regole del costruire, la cui adozione costituisce condizione essenziale per il conseguimento degli obiettivi prestazionali.

In tal senso, le Schede tecniche di dettaglio costituiscono un supporto per il progetto e per la verifica di rispondenza dello stesso alle prestazioni attese. Queste schede richiedono comunque un'intensa attività sistemica di manutenzione e aggiornamento, dato che esse mutano in ragione dello sviluppo tecnologico, risentono del modificarsi delle specifiche normative di riferimento e si prestano alla rettifica per prova ed errore. In questo modo è anche possibile aggiornare i livelli prestazionali indicati nelle schede e valutarne la sostenibilità, sulla base delle effettive condizioni dello stato dell'arte e della disponibilità di tecnologie adeguate.

I livelli prestazionali possono differenziarsi in base:

- **al tipo di intervento:** distinguendo tra interventi di nuova costruzione (in

questi rientrano anche quelli di ristrutturazione globale) e interventi sul patrimonio edilizio esistente;

- **al tipo di uso:** il requisito può essere diversamente articolato in base al tipo di uso (usi abitativi, usi industriali e artigianali, servizi economici e amministrativi, servizi commerciali, servizi ricettivi e ristorativi, servizi ricreativi, servizi sociali, usi rurali);
- **alle componenti dell'edificio:** differenziando gli spazi di fruizione per attività principale, gli spazi di fruizione per attività secondaria, spazi di circolazione e collegamento, locali e vani tecnici, impianti e loro componenti.

Se non viene specificato il campo di applicazione, la norma farà riferimento a tutti i tipi di intervento, a tutti i tipi di uso e a tutte le componenti.

Nel caso di interventi parziali, i requisiti devono essere verificati limitatamente alla parte di edificio oggetto di intervento.

Per alcuni requisiti, la norma fissa livelli prestazionali migliorativi finalizzati a garantire una maggiore sostenibilità delle costruzioni. A tal proposito, per incentivare un comportamento volto al miglioramento delle caratteristiche di sostenibilità degli edifici, sono ammessi interventi diretti di demolizione e ricostruzione con ampliamento del lotto. L'ampliamento massimo è

- del 10% del Volume totale esistente (Vte), nel caso di adozioni di soluzioni progettuali che consentono il conseguimento dei livelli prestazionali migliorativi fissati nelle Schede tecniche di dettaglio;
- del 20% del Vte, nel caso di conseguimento di livelli prestazionali di eccellenza.

Tutti gli interventi che usufruiscono di questo incentivo saranno sottoposti a controlli e verifica sia prima che dopo la realizzazione. L'ampliamento non è realizzabile per edifici di interesse storico-architettonico, mentre per quelli di interesse documentale deve essere dimostrata la compatibilità con i caratteri di pregio che il progetto intende tutelare. Inoltre, gli ampliamenti non sono consentiti

negli ambiti storici, negli ambiti di valore naturale e nella zone di particolare interesse paesaggistico.

E' importante sottolineare che gli incentivi, previsti dal RUE, vengono concessi se sono rispettati i livelli prestazionali fissati per tutte le componenti (energia, cura del verde, acqua e suolo). Questa è una differenza rilevante rispetto al Piano Casa (LR 06/07/09 n.6), il quale invece prevede un ampliamento del 20% degli edifici abitativi esistenti al 31 Marzo 2009, con superficie fino a 350 mq, se i soli requisiti energetici della Regione Emilia Romagna vengono garantiti. Bonus volumetrici più alti (fino al 35% e non oltre i 130 mq) sono concessi se il raggiungimento dei requisiti energetici non riguarda solo l'ampliamento, ma l'intero edificio.

L'obiettivo principale che il Regolamento Urbanistico Edilizio si prefigge è il miglioramento della qualità urbana e ambientale del territorio comunale. Le scelte, su cui impostare le nuove strategie di trasformazione urbana ed edilizia, sono la maggiore attenzione ai principi che orientano il cambiamento dello spazio pubblico, l'incentivazione degli interventi urbanistici ed edilizi che perseguono l'efficienza energetica, il risparmio delle risorse idriche, la permeabilità dei suoli e la cura del verde.

Oggetto di analisi di questo lavoro di tesi saranno una serie di progetti di demolizione e ricostruzione, che hanno richiesto un ampliamento pari al 20 % del Volume totale esistente (Vte), attraverso il raggiungimento dei livelli di eccellenza fissati nelle Schede tecniche di dettaglio. Particolare attenzione verrà riposta a tale scopo ai requisiti:

- E 7.1: contenimento dei consumi energetici invernali;
- E 8.4: cura del verde, permeabilità e microclima urbano;
- E 9.1: risparmio e riuso delle acque;
- E 10.2: riutilizzo dei materiali inerti da costruzione e demolizione.

Capitolo 2: Applicazione dei requisiti del Regolamento Urbanistico Edilizio dall'approvazione ad oggi

2.1. Premessa

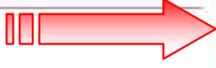
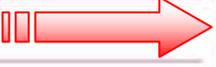
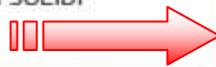
Il Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE) costituisce un'innovazione nella pianificazione urbanistica, in quanto è caratterizzato da un'impostazione prestazionale, senza stabilire a priori la soluzione che consente di raggiungere i livelli richiesti. I requisiti sulla qualità ambientale dei singoli edifici introducono elementi aggiuntivi rispetto alla normativa vigente, partendo dalla conoscenza del contesto in cui il progetto si inserisce e dalla necessità di integrare i requisiti ambientali nelle diverse fasi del processo edilizio. Nucleo centrale di questo capitolo, e in generale di questo lavoro di tesi, sarà la valutazione dei requisiti del nuovo RUE di Bologna, finalizzati a ridurre l'impatto degli edifici sulle risorse ambientali e a migliorare il microclima urbano. L'analisi si svolgerà attraverso una rassegna di progetti presentati al Comune di Bologna, dopo l'approvazione del nuovo Regolamento Urbanistico Edilizio, volta a verificare come i diversi requisiti sono stati applicati e con quale livello di efficacia. L'attenzione sarà rivolta maggiormente ai requisiti che presentano livelli prestazionali differenziati finalizzati all'incentivazione.

2.2. I requisiti del Regolamento Urbanistico Edilizio sugli edifici

Gli interventi sugli edifici devono, oltre che essere coerenti con le prescrizioni contenute nelle Schede d'Ambito del PSC, rispettare le prestazioni contenute nelle Schede presenti all'art. 56 del RUE, definite per i diversi requisiti. Nella pagina seguente sono riportate schematicamente le norme prestazionali sugli edifici, concentrandosi successivamente sull'E 7.1 (contenimento dei consumi energetici invernali), E 8.4 (cura del verde, permeabilità e microclima urbano), E 9.1 (risparmio e riuso delle acque) ed E 10.2 (riutilizzo dei rifiuti inerti da cantiere).

E' importante sottolineare che le norme per la progettazione di aggregati di edifici (ossia complessi di edifici) e per la realizzazione degli elementi spaziali che modulano il rapporto tra spazio pubblico e privato non sono indicate all'art. 56, ma rispettivamente all'art. 54 e all'art. 55 del RUE. All'art. 57 sono invece esplicitati i requisiti per gli edifici di interesse storico-architettonico e documentale.

Tabella 2.1. I requisiti prestazionali (fonte Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE), Bologna).

EDIFICI		
	REQUISITO	CODICE
ADATTAMENTO AL SITO	<ul style="list-style-type: none"> ■ Inserimento dell'edificio nel contesto 	E 1.1
RESISTENZA MECCANICA E STABILITÀ	<ul style="list-style-type: none"> ■ Resistenza meccanica alle sollecitazioni statiche e dinamiche d'esercizio, alle sollecitazioni accidentali e alle vibrazioni 	E 2.1
SICUREZZA IN CASO DI INCENDIO	<ul style="list-style-type: none"> ■ Resistenza al fuoco; reazione al fuoco, limitazioni dei rischi di generazione e propagazione di incendio, evacuazione in caso di incendio 	E 3.1
IGIENE, SALUTE E BENESSERE AMBIENTALE	<ul style="list-style-type: none"> ■ Controllo delle emissioni dannose ■ Protezione dall'inquinamento elettromagnetico ■ Smaltimento degli aeriformi ■ Approvvigionamento idrico ■ Smaltimento delle acque reflue ■ Tenuta all'acqua ■ Controllo dell'illuminamento naturale ■ Controllo della temperatura superficiale e della temperatura operante ■ Ventilazione ■ Protezione dalle intrusioni di animali nocivi 	E 4.1 E 4.2 E 4.3 E 4.4 E 4.5 E 4.6 E 4.7 E 4.8 E 4.9 E 4.10
SICUREZZA NELL'IMPIEGO	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sicurezza contro le cadute e resistenza a urti e sfondamento ■ Sicurezza degli impianti 	E 5.1 E 5.2
RUMORE	<ul style="list-style-type: none"> ■ Controllo dell'inquinamento acustico 	E 6.1
RISPARMIO ENERGETICO 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Contenimento dei consumi energetici invernali ■ Controllo dell'apporto energetico solare ■ Controllo dell'inerzia termica ■ Contenimento dei consumi energetici 	E 7.1 E 7.2 E 7.3 E 7.4
FRUIBILITÀ E QUALITÀ DELLO SPAZIO ABITATO 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Assenza/superamento delle barriere architettoniche ■ Organizzazione distributiva degli spazi e attrezzature ■ Dotazioni impiantistiche minime ■ Cura del verde, permeabilità e microclima urbano 	E 8.1 E 8.2 E 8.3 E 8.4
RISORSE IDRICHE 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Risparmio e riuso delle acque 	E 9.1
GESTIONE E RICICLO DI MATERIALI E RIFIUTI SOLIDI 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Predisposizione di spazi idonei per la raccolta differenziata dei rifiuti ■ Riutilizzo dei rifiuti inerti di cantiere 	E 10.1 E 10.2
GESTIONE E CURA DELL'EDIFICIO	<ul style="list-style-type: none"> ■ Utenza informata e manutenzione attiva 	E 11.1

2.2.1. Requisito: contenimento dei consumi energetici invernali (E 7.1)

Gli obiettivi principali di questo requisito sono quelli di favorire lo sfruttamento degli apporti energetici gratuiti, la produzione di energia da fonti rinnovabili, il contenimento delle dispersioni di calore dell'edificio, al fine di ridurre il consumo di combustibile fossile per il riscaldamento invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.

La norma si differenzia in base al tipo di intervento.

1. Intervento di nuova costruzione e di ristrutturazione globale:

- garantire un basso valore dell'indice di prestazione energetica (esprime il consumo di energia) per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria;
- raggiungere un indice di prestazione energetica totale corrispondente alle classi superiori della certificazione energetica;
- ridurre le dispersioni termiche per le diverse parti dell'involucro edilizio (opache o trasparenti);
- sfruttare l'energia solare per la produzione di energia elettrica, di acqua calda sanitaria e per un'eventuale integrazione del riscaldamento invernale;
- prevedere impianti termici centralizzati con un alto rendimento medio stagionale;
- prevenire fenomeni di condensa;
- adottare sistemi di termoregolazione programmabile per ogni generatore di calore e adottare dispositivi di regolazione automatica della temperatura ambiente per i singoli locali, in grado di tenere conto degli apporti gratuiti di calore;
- valutare un eventuale allacciamento alla rete urbana di teleriscaldamento. Il teleriscaldamento è una forma di riscaldamento che consiste nella distribuzione alle abitazioni, attraverso una rete di tubazioni isolate o interrato, di acqua calda, acqua surriscaldata o vapore, proveniente da una grossa centrale, con successivo ritorno del fluido alla stessa centrale;

- valutare l'opportunità di inserire sistemi solari passivi, volti a migliorare il risparmio energetico. Per sistemi solari passivi, si intendono tutti quei sistemi in grado di sfruttare l'energia solare senza l'utilizzo di impianti speciali, ma semplicemente grazie all'utilizzo di idonei accorgimenti in grado di captare i raggi solari e accumularli sotto forma di calore all'interno dell'edificio;
2. Intervento di ampliamento e di manutenzione straordinaria (limitatamente alle parti edilizie interessate dall'intervento):
- ridurre le dispersioni termiche per le diverse parti dell'involucro edilizio (opache o trasparenti);
 - prevenire fenomeni di condensa.
3. Intervento di ristrutturazione sotto i 1000 mq di Superficie Utile Lorda (SUL) e negli interventi di manutenzione straordinaria che prevedano la nuova installazione o la ristrutturazione di impianti termici o la sostituzione del generatore di calore in edifici esistenti:
- garantire un elevato rendimento medio stagionale dell'impianto termico da installare;
 - realizzare la contabilizzazione e la termoregolazione del calore per ogni unità abitativa;
 - utilizzare l'energia solare per la produzione dell'acqua calda sanitaria e per il riscaldamento invernale.

Nel caso in cui l'intervento apporti la modifica del rendimento energetico dell'edificio è necessario produrre obbligatoriamente l'attestato di certificazione energetica, rilasciato da soggetto accreditato.

2.2.2. Requisito: cura del verde, permeabilità e microclima urbano (E 8.4)

Il RUE con questo requisito si prefigge di garantire la qualità degli spazi insediati e ottimizzare il microclima urbano. L'edificazione deve quindi presentare soluzioni che migliorino la qualità ambientale, presidino la permeabilità dei suoli e qualifichino le componenti vegetali degli insediamenti.

Per gli interventi di nuova costruzione, ristrutturazione globale o interventi sulle pertinenze esterne, le prestazioni da perseguire sono:

- l'aumento della permeabilità dei suoli, il miglioramento della qualità ambientale e l'incremento delle componenti vegetali degli insediamenti, anche attraverso la realizzazione dei tetti verdi;
- la salvaguardia del verde esistente;
- l'individuazione della composizione floristica più idonea, soprattutto attraverso l'impiego di specie botaniche autoctone.

2.2.3. Requisito: risparmio e riuso delle acque (E 9.1)

Il requisito E 9.1 prevede accorgimenti tecnologici e impiantistici che limitano gli sprechi e consentono il riutilizzo delle acque meteoriche e delle acque reflue domestiche, al fine di ridurre il consumo di acqua potabile.

Anche in questo caso la norma si differenzia in base al tipo di intervento realizzato.

1. Interventi di nuova costruzione, di ristrutturazione edilizia e di manutenzione ordinaria che coinvolgono l'intero impianto idrico-sanitario e di riscaldamento:
 - installazione di idonei dispositivi per limitare l'uso di acqua potabile;

- installazione obbligatoria, per ogni unità immobiliare, di contatori individuali.
2. Interventi di nuova costruzione e di ristrutturazione edilizia:
- è necessario prevedere sistemi di convogliamento, filtrazione e accumulo delle acque meteoriche provenienti dalla superficie coperta degli edifici. Queste saranno poi utilizzate per usi compatibili all'interno o all'esterno dell'organismo edilizio.
3. Interventi di nuova costruzione:
- valutare la possibilità di riuso delle acque grigie, analizzandone la sostenibilità igienico-sanitaria, economica e funzionale. Anche in questo caso le acque grigie saranno destinate ad usi compatibili all'interno dell'edificio o negli spazi esterni.

2.2.4. Requisito: riutilizzo dei rifiuti inerti di cantiere (E 10.2)

Con questo requisito il RUE si ripropone di ridurre l'impatto ambientale generato dallo smaltimento dei rifiuti, derivanti da opere di costruzione e demolizione. E' necessario garantire che le attività di riutilizzo, reimpiego e recupero degli inerti non provochino alcun danno per l'ambiente e per la salute dell'uomo.

La norma determina, per gli interventi di nuova costruzione e ristrutturazione, i seguenti punti:

- fornire obbligatoriamente indicazioni in merito alla quantità di materiali inerti di scarto prodotti e alla loro gestione, prevedendone la destinazione ad attività di riutilizzo, reimpiego o recupero;
- valutare la possibilità di riutilizzare in luogo, per il nuovo intervento di costruzione o ristrutturazione, gli inerti prodotti dall'attività di demolizione.

A tale scopo è necessario effettuare un'analisi di fattibilità, basata su criteri di tipo tecnico, economico e ambientale;

- considerare la possibilità di utilizzare materiali inerti di costruzione provenienti dagli impianti di recupero, al fine di ridurre il consumo di risorse non rinnovabili.

2.3. Descrizione degli interventi oggetto di valutazione

I progetti di seguito descritti, pervenuti al Comune di Bologna negli ultimi due anni, hanno applicato i livelli prestazionali di eccellenza per ottenere l'ampliamento del 20% del volume totale esistente (Vte), di cui si fa riferimento all'art. 56 c. 3 del RUE. Tutti gli interventi considerati prevedono un uso residenziale del nuovo edificio. Sono stati esclusi i progetti che prevedono un uso produttivo, in quanto richiedono una modalità di verifica differente.

2.3.1. Intervento in Via Spadini 2

Il progetto prevede la costruzione di due edifici ad uso residenziale, previa demolizione di un complesso ad uso industriale, con incremento di un tantum del 20% del Volume totale esistente (Vte). I due edifici vengono identificati come edificio "A" e "B". L'edificio A è composto da otto unità abitative, mentre nell'edificio B sono presenti 22 appartamenti. Per tutti i progetti verranno descritti, in relazione ai requisiti precedentemente illustrati, gli interventi e le azioni implementate per raggiungere i livelli prestazionali attesi, indicati nelle Schede tecniche di dettaglio del RUE. Per la definizione dei livelli prestazionali attesi e delle relative modalità di misurazione e verifica si rinvia infatti alle Schede tecniche di dettaglio, che costituiscono complemento del Regolamento Urbanistico Edilizio. I contenuti delle schede suddette verranno descritti successivamente, contemporaneamente alla valutazione dei risultati raggiunti dai progetti oggetto di studio.

1. Requisito: contenimento dei consumi energetici invernali

Ogni palazzina è provvista di una propria centrale termica, con contabilizzazione separata dell'energia e termoregolazione ambientale per ogni appartamento.

L'edificio A ha un generatore di potenza utile nominale pari a 100,90 KW e rendimento termico medio stagionale dell'81,3%. L'edificio B ha un generatore di potenza utile nominale pari a 140,90 KW, con rendimento termico medio stagionale pari a 76,7%.

Il materiale impiegato per la costruzione dell'involucro edilizio è laterizio forato, con inserti di materiale isolante.

Ogni edificio utilizzerà un impianto solare termico, in aiuto al generatore di calore, per la produzione di acqua calda sanitaria e un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica.

La superficie sfruttata per il solare termico sarà rispettivamente pari a 10 mq per l'edificio A e a 25 mq per l'edificio B. Per il fotovoltaico invece, si hanno 70 mq per l'edificio A e 180 mq per l'edificio B.

2. Requisito: cura del verde, permeabilità e microclima urbano

E' prevista la presenza di giardini, aree verdi, prati, superficie boscate ed agricole per un totale di 3613 mq.

Saranno inoltre presenti tetti verdi per una superficie pari a 271 mq.

Infine, la superficie equivalente delle alberature è pari a 665 mq. La superficie equivalente di ogni singolo albero tiene conto della sua altezza nella fase della maturità.

3. Requisito: risparmio e riuso delle acque

Gli edifici in Via Spadini contemplan l'esistenza di un impianto di recupero delle acque meteoriche. La superficie di captazione è di circa 1596 mq ed è prevista la presenza di due vasche di accumulo da 30 mc, una per ogni edificio. Le acque così accumulate verranno destinate ad usi irrigui e a usi generici attraverso una rete duale. Una rete duale prevede di differenziare le reti di distribuzione delle acque all'interno di un'abitazione, cioè di riservare un

sistema di tubature per utilizzare le acque meteoriche e grigie per usi compatibili, al fine di risparmiare le risorse idriche per usi esclusivamente potabili e di igiene personale.

Nel progetto è indicato che si intende installare un impianto di recupero delle acque grigie, provenienti dagli scarichi dei lavabi, docce, vasche da bagno e lavatrici, dimensionato per 90 abitanti equivalenti. I reflui saranno destinati all'alimentazione delle cassette del WC e delle lavatrici.

4. Requisito: riutilizzo dei rifiuti inerti di cantiere

Nel progetto si fa riferimento all'utilizzo di inerti provenienti da impianti di recupero, per coprire parte del fabbisogno necessario alla realizzazione dell'intervento.

2.3.2. Intervento in Via Fleming 23

Il progetto consiste nella demolizione dell'edificio ad uso residenziale esistente e successiva ricostruzione di un nuovo stabile, con ampliamento una tantum del 20% del Volume totale esistente (Vte).

1. Requisito: contenimento dei consumi energetici invernali

L'impianto termico dell'edificio consiste in una pompa di calore geotermica, caratterizzata da una potenza nominale di 31,5 KW. Ogni singola abitazione sarà dotata di dispositivi di regolazione automatica della temperatura ambiente, in grado di tenere conto degli apporti gratuiti di calore.

L'intervento considera l'esistenza sia del solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria, che del fotovoltaico per la produzione di energia elettrica.

2. Requisito: cura del verde, permeabilità e microclima urbano

E' prevista la presenza di giardini, aree verdi, prati, superficie boscate ed agricole per un totale di 535,32 mq.

La superficie equivalente delle alberature è pari a 445,4 mq.

Il progetto indica la presenza di tetti verdi con una superficie pari a 64,07 mq.

3. Requisito: risparmio e riuso delle acque

La descrizione dell'impianto idrico sanitario fa riferimento a una serie di componenti che verranno implementati, tra cui: rubinetteria e docce a basso consumo, sciacquoni a doppia cacciata e impianto di irrigazione a basso impatto sui consumi idrici.

Per il recupero delle acque meteoriche provenienti dal coperto dell'edificio, destinate all'alimentazione delle cassette di scarico dei WC, della lavatrice e dei sistemi di irrigazione, è prevista l'installazione di un sistema di captazione, filtro e accumulo.

Non sarà effettuato il recupero delle acque grigie, in quanto, già con le sole applicazioni precedenti è possibile soddisfare i livelli prestazionali richiesti dalla norma.

4. Requisito: riutilizzo dei rifiuti inerti di cantiere

Parte degli inerti utili alla realizzazione del progetto proverranno da impianti di recupero. Non ci sarà il riutilizzo di inerti proveniente dalla demolizione dell'edificio preesistente.

2.3.3. Intervento in Via Due Madonne 47

Il progetto prevede la costruzione di un edificio, a destinazione residenziale e terziaria, in un'area in via Due Madonne. Tra le nuove attività di progetto sono previste anche quelle di sosta e partenza della autoambulanze.

1. Requisito: contenimento dei consumi energetici invernali

Le pareti esterne verticali saranno realizzate in termo-laterizio con piastre di polistirene espanso sinterizzato, in modo da limitare la dispersione del calore.

L'impianto termico condominiale è costituito da una caldaia a bassa temperatura, alimentata a metano, di potenza pari a 31,5 KW. E' prevista, per ogni alloggio e ufficio, la presenza di sistemi di termoregolazione.

La relazione tecnica del progetto descrive l'esistenza di un impianto solare termico e di un impianto solare fotovoltaico.

2. Requisito: cura del verde, permeabilità e microclima urbano

E' prevista la presenza di giardini, aree verdi, prati, superficie boscate ed agricole per un totale di 547,95 mq.

La superficie equivalente delle alberature è pari a 490,75 mq.

Il progetto non indica la presenza di tetti verdi.

3. Requisito: risparmio e riuso delle acque

Il progetto descrive l'impianto e dimensiona il serbatoio di accumulo delle acque meteoriche. Si dichiara che l'acqua meteorica recuperata verrà impiegata per l'irrigazione del verde.

E' prevista la presenza di un impianto di recupero delle acque grigie, da destinare alle cassette di risciacquamento dei WC.

4. Requisito: riutilizzo dei rifiuti inerti di cantiere

L'intervento verrà realizzato utilizzando inerti provenienti da impianti di recupero. In corso d'opera si procederà alla determinazione degli inerti ottenuti dalla demolizione e riutilizzati in sito.

2.3.4. Intervento in Via Gamberini 1

L'intervento consiste nella costruzione di un nuovo edificio ad uso residenziale, previa demolizione del volume esistente presente in via Gamberini, con incremento una- tantum del 20% .

1. Requisito: contenimento dei consumi energetici invernali

Il generatore per il riscaldamento e per la produzione di acqua calda sanitaria è descritto come "sistema cogeneratore e caldaia", caratterizzato da una potenza utile nominale pari a 46,22 Kw.

Per ogni unità immobiliare saranno presenti sistemi di termoregolazione e contabilizzatori di calore. L'involucro dell'edificio sarà realizzato in modo tale da rispettare i valori delle trasmittanze indicati dalla normativa.

La produzione di acqua calda sanitaria sarà in parte realizzata tramite l'utilizzo di un impianto solare termico. Non è prevista la presenza di un impianto solare fotovoltaico.

2. Requisito: cura del verde, permeabilità e microclima urbano

E' prevista la presenza di giardini, aree verdi, prati, superficie boscate ed agricole per un totale di 218,16 mq.

La superficie equivalente delle alberature è pari a 755 mq.

Il progetto indica la presenza di tetti verdi con una superficie pari a 452,2 mq.

3. Requisito: risparmio e riuso delle acque

Viene data una descrizione dell'impianto idrico sanitario che si intende installare, indicando che verranno inseriti dispositivi frangigetto, WC dotati di cassette di scarico a doppio pulsante, docce e sistema di irrigazione a basso consumo.

Il progetto indica l'installazione di un impianto di recupero delle acque meteoriche, le quali verranno captate da una superficie di circa 400 mq. L'acqua verrà accumulata in una cisterna caratterizzata da un volume pari a 10 mc. Non è previsto invece il recupero delle acque grigie.

4. Requisito: riutilizzo dei rifiuti inerti di cantiere

La relazione tecnica non riporta alcuna indicazione sul volume di inerti necessari alla realizzazione dell'intervento e il calcolo della percentuale di inerti riutilizzati o recuperati.

2.3.5. Intervento in Via Massarenti 183

Il progetto consiste nella realizzazione di un edificio composto da due parti ben distinte: a est il corpo ricostruito (con un volume circa uguale a quello esistente) e a ovest il nuovo volume. In questo stabile saranno costruite 5 unità abitative.

1. Requisito: contenimento dei consumi energetici invernali

L'impianto termico centralizzato è rappresentato da un generatore di calore a condensazione, alimentato a metano, con potenza termica utile nominale di 29,51 Kw.

Le unità abitative saranno dotate di sistemi di termoregolazione e contabilizzatori di calore.

L'isolamento termico per ridurre le dispersioni di calore, è realizzato attraverso un termo-cappotto.

In merito ai sistemi di produzione di energia da fonti rinnovabili, è previsto un impianto solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria e un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica.

2. Requisito: cura del verde, permeabilità e microclima urbano

E' prevista la presenza di giardini, aree verdi, prati, superficie boscate ed agricole per un totale di 350,48 mq.

La superficie equivalente delle alberature è pari a 360 mq.

Il progetto indica la presenza di tetti verdi con una superficie pari a 27,75 mq.

3. Requisito: risparmio e riutilizzo delle acque

La riduzione del consumo di acqua potabile sarà effettuata tramite dispositivi di risparmio e con il recupero delle acque meteoriche. Non sarà installato alcun impianto di recupero delle acque grigie.

4. Requisito: riutilizzo dei rifiuti inerti di cantiere

Il progetto prevede il riutilizzo in sito di una quota di inerti proveniente dalla

stessa demolizione dell'edificio, in modo tale da raggiungere la percentuale (inerti riutilizzati o recuperati sul totale del fabbisogno) indicata da legge.

2.3.6. Intervento in Via Massarenti 209

L'intervento prevede la demolizione di un edificio attualmente destinato a laboratorio e la successiva nuova costruzione di un edificio residenziale di quattro piani fuori terra.

1. Requisito: contenimento dei consumi energetici invernali

L'impianto termico consiste in una pompa di calore geotermica di potenza utile nominale di 33.5 Kw. Sono presenti, per singola unità abitativa, termostati di regolazione e contabilizzatori di calore.

E' previsto un impianto solare termico per l'integrazione nella produzione di acqua calda sanitaria e un impianto fotovoltaico, dimensionato per produrre 1 Kw per ogni unità immobiliare.

Relativamente alla dispersione di calore attraverso le strutture opache, l'isolamento è attuato con l'utilizzo di polietilene espanso a celle chiuse.

2. Requisito: cura del verde, permeabilità e microclima urbano

E' prevista la presenza di giardini, aree verdi, prati, superficie boscate ed agricole per un totale di 309,88 mq.

La superficie equivalente delle alberature è pari a 379,39 mq.

Il progetto indica la presenza di tetti verdi con una superficie pari a 401,98 mq.

3. Requisito: risparmio e riuso delle acque

L'intervento propone di installare un impianto di recupero delle acque grigie e di non realizzare l'impianto di raccolta delle acque meteoriche.

L'impianto idrico sanitario dell'edificio contempla la presenza di contatori, di riduttori di flusso, di sciacquoni a doppia cacciata e di un impianto di irrigazione a basso consumo.

4. Requisito: riutilizzo dei rifiuti inerti di cantiere

Il progetto non prevede il riutilizzo in sito del materiale inerte derivante dalla demolizione selettiva, nè del terreno naturale derivante dallo scavo degli interrati, a causa della dimensione ridotta dell'area del cantiere.

Verranno impiegati inerti provenienti da impianti di recupero per la realizzazione del sottofondo dell'interrato.

2.3.7. Intervento in Via Massarenti 221/5

Il progetto prevede la demolizione di un capannone sito in Via Massarenti e la successiva nuova costruzione di un edificio residenziale, composta da 8 unità abitative.

1. Requisito: contenimento dei consumi energetici invernali

Per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento verrà utilizzato un cogeneratore e un generatore di calore a caldaietta murale. La potenza termica indicata è pari a 80 Kw.

Sono previsti sistemi di termoregolazione in funzione della temperatura esterna e contabilizzatori di calore.

Per la produzione di acqua calda sanitaria, si descrive un impianto solare termico, che si va ad integrare al cogeneratore sopra descritto. A causa di un impossibilità tecnica, dovuta a limiti di spazio, non è prevista l'installazione di alcun impianto fotovoltaico.

2. Requisito: cura del verde, permeabilità e microclima urbano

E' prevista la presenza di giardini, aree verdi, prati, superficie boscate ed agricole per un totale di 1457,12 mq.

La superficie equivalente delle alberature è pari a 685 mq.

Il progetto indica la presenza di tetti verdi con una superficie pari a 947,36 mq.

3. Requisito: risparmio e riuso delle acque

L'impianto idrico sanitario che si intende installare, include dispositivi frangigetto su ciascun terminale di erogazione, docce a basso consumo, cassette di scarico WC a doppio pulsante e un sistema di irrigazione a basso consumo.

Il progetto prevede il recupero delle acque meteoriche, con le quali sarà possibile alimentare l'impianto di irrigazione del giardino ed il lavaggio degli automezzi. Inoltre, con l'installazione di un impianto di recupero delle acque grigie si andrà a rifornire gli sciacquoni dei WC.

4. Requisito: riutilizzo dei rifiuti inerti di cantiere

Nel progetto non si prevede il riutilizzo in sito del materiale inerte derivante dalla demolizione dell'edificio industriale dismesso, a causa della ridotta dimensione dell'area di cantiere. Al fine di rispettare i termini di legge, i materiali inerti necessari proverranno da impianti di recupero.

2.3.8. Intervento in Via Vermena 18

Dalla demolizione dell'edificio sito in Via Vermena sarà realizzato uno stabile di due sole unità abitative, con utilizzo dell'incremento del 20% del Vte ai sensi dell'art. 56 del RUE.

1. Requisito: contenimento dei consumi energetici invernali

Nella descrizione dell'impianto si riporta un generatore di calore a condensazione di 26 Kw di potenza termica utile, destinato al riscaldamento e alla produzione di acqua calda sanitaria.

Per ogni singolo ambiente saranno predisposti dei sistemi di termoregolazione climatica e per ogni unità abitativa dei contabilizzatori di calore.

L'edificio utilizzerà un impianto solare termico, in aiuto al generatore di calore, per la produzione di acqua calda sanitaria e un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica.

La superficie sfruttata per il solare termico sarà pari a 7,71 mq, mentre per il fotovoltaico si avranno 13,81 mq di superficie.

2. Requisito: cura del verde, permeabilità e microclima urbano

E' prevista la presenza di giardini, aree verdi, prati, superficie boscate ed agricole per un totale di 100,14 mq.

La superficie equivalente delle alberature è pari a 130 mq.

Il progetto indica la presenza di tetti verdi con una superficie pari a 58,57 mq.

3. Requisito: risparmio e riuso delle acque

L'impianto idrico sanitario sarà dotato di riduttori di flusso, installati su tutti gli erogatori dei servizi igienici e di cassette per il risciacquo dei WC a doppia cacciata. Inoltre, si dichiara che verrà garantita un'ulteriore riduzione del consumo di acqua potabile, tramite l'impiego della strategia del recupero delle acque meteoriche per il risciacquo dei WC.

Il recupero delle acque grigie non è considerato.

4. Requisito: riutilizzo dei rifiuti inerti di cantiere

Al fine di attestare l'effettivo raggiungimento del livello di eccellenza, il progetto prevede l'impiego di inerti proveniente da impianti di recupero. Per la copertura del fabbisogno di inerti, non è contemplato l'uso di materiali provenienti dalla demolizione selettiva dell'edificio esistente.

2.3.9. Intervento in Viale Felsina 18

Il progetto prevede la demolizione di un edificio artigianale inutilizzato, collocato in Viale Felsina e la nuova costruzione di un edificio residenziale di tre piani fuori terra, per una superficie utile di circa 3500 mq. Per lo stabile sono indicate un numero di 51 unità abitative.

1. Requisito: contenimento dei consumi energetici invernali

Il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria sarà garantito da un impianto termico centralizzato alimentato a metano, caratterizzato da una potenza nominale utile di 104,26 Kw e da un rendimento del 99%. Le unità abitative saranno dotate di cronotermostati ambiente, valvole termostatiche e valvole elettrotermiche comandate da termostati di zona.

In merito alle fonti rinnovabili, è previsto un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica e un impianto solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria. L'impianto fotovoltaico e quello termico saranno installati sul tetto, occupando una superficie rispettivamente di 411 mq e di 50 mq.

2. Requisito: cura del verde, permeabilità e microclima urbano

L'intervento in Viale Felsina non presta particolare attenzione al dimensionamento delle aree verdi, al fine di ridurre l'impatto ambientale derivante dalla costruzione del nuovo edificio.

3. Requisito: risparmio e riuso delle acque

La relazione tecnica indica che verranno installati dispositivi frangigetto su ciascun terminale di erogazione e cassette di scarico a doppio pulsante. Le singole unità immobiliari possiederanno un contatore omologato per la contabilizzazione dell'acqua.

Il progetto fa ricorso a un impianto di recupero delle acque grigie e a un impianto di recupero delle acque meteoriche. Si intende recuperare il 100% delle acque grigie provenienti dagli scarichi dei lavabi, docce, vasche da bagno e lavatrici. Queste saranno destinate all'alimentazione delle cassette dei WC e all'irrigazione del verde, mentre le acque meteoriche andranno a rifornire le lavatrici.

4. Requisito: riutilizzo dei rifiuti inerti di cantiere

Non si prevede il riutilizzo in sito del materiale inerte derivante dalla demolizione dell'edificio artigianale dismesso, a causa della ridotta dimensione dell'area di cantiere.

I materiali inerti necessari alla realizzazione dei vespai e dei rinterri delle scarpate di scavo, proverranno da impianti di recupero.

2.3.10. Dati di progetto

Dall'analisi dei progetti precedentemente illustrati, sono stati raccolti una serie di dati che saranno utili successivamente, nella verifica del raggiungimento dei livelli prestazionali, fissati nelle Schede tecniche di dettaglio.

Tabella 2.2. Gli usi indicati da progetto.

INTERVENTO	USO PRECEDENTE	USO DI PROGETTO	NUMERO ALLOGGI	NUMERO UFFICI
Via Spadini 2(BO) Edificio A	Industriale	Residenziale	8	-
Via Spadini 2(BO) Edificio B	Industriale	Residenziale	22	-
Via Fleming 23 (BO)	Residenziale	Residenziale	3	-
Via Due Madonne 47 (BO)	Residenziale	Residenziale + terziario	8	2 + Croce verde
Via Gamberini 1 (BO)	Industriale	Residenziale	23	-
Via Massarenti 183 (BO)	Residenziale	Residenziale	5	-
Via Massarenti 209 (BO)	Presenza di un laboratorio	Residenziale	11	-
Via Massarenti 221/5 (BO)	Industriale + Artigianale	Residenziale	8	-
Via Vermena 18 (BO)	Residenziale	Residenziale	2	-
Viale Felsina 18 (BO)	Artigianale	Residenziale	51	-

La tabella precedente mostra una destinazione d'uso degli stabili, nella fase antecedente alla realizzazione dei progetti, di diverso tipo. La nuova progettazione prospetta un uso esclusivamente residenziale degli edifici considerati. Solo nel

caso di Via Due Madonne si prevede di creare un'area per la sosta e la partenza delle autoambulanze e la presenza di 2 uffici ricavati al piano terra dell'edificio.

Tabella 2.3. I dati geometrici di progetto.

INTERVENTO	SUPERFICIE UTILE SU (m ²)	VOLUME PARTI CLIMATIZZATE V (m ³)	SUPERFICIE DISPERDENTE S (m ²)	COEFFICIENTE DI FORMA = S/V	SUPERFICIE DI CAPTAZIONE SC (m ²)
Via Spadini 2 (BO) Edificio A	457,2	1258,2	739,52	0,59	1586 *
Via Spadini 2 (BO) Edificio B	1234,3	3413,61	1927,69	0,56	/
Via Fleming 23 (BO)	447,97	2233,51	1109,72	0,50	193
Via Due Madonne 47 (BO)	640,75	2625,13	1837,59	0,7 *	259,8
Via Gamberini 1 (BO)	1370,3	5286,3	2378,8	0,45	400
Via Massarenti 183 (BO)	227,46	1045,59	836	0,80	125
Via Massarenti 209 (BO)	529,8	2043,4	858,22	0,42	/
Via Massarenti 221/5 (BO)	1871,9	7433	8247,7	1.11	1644
Via Vermena 18 (BO)	119	458,9	408,421	0,89	89,43
Viale Felsina 18 (BO)	3562,04	13663,3	5328,69	0,39	2100

Nella tabella precedente vengono riportate alcune grandezze geometriche indicate nei diversi progetti.

Nel Regolamento Urbanistico Edilizio vengono definiti in maniera chiara ed esplicita gli indici, le grandezze e le entità geometriche fondamentali.

All'art. 14, si definisce superficie utile di un'unità immobiliare, la somma delle superfici di pavimento di tutti gli spazi chiusi che compongono l'unità immobiliare, aventi altezza utile superiore o uguale a 1,80 m, misurata al netto delle superficie accessorie (ad esempio quella interrata). La SU di un'unità edilizia è quindi data dalla somma delle SU delle unità immobiliari.

All'art. 11, si riporta come definizione di superficie coperta, la proiezione sul terreno della sagoma planivolumetrica dell'edificio. Quest'area è diversa da quella di captazione riportata in tabella, con la quale si considerano tutte le superfici interessate dalla raccolta delle acque meteoriche.

Il coefficiente di forma dell'edificio, invece, è dato dal rapporto tra la superficie disperdente (S) e il volume delle parti dell'edificio abitabili o agibili climatizzate (V). Con superficie disperdente è da intendersi la superficie che delimita verso l'esterno, ovvero verso vani non dotati di impianti di riscaldamento, il volume riscaldato V.

In relazione ai dati raccolti occorre fare due osservazioni:

- La prima riguarda la superficie di captazione dell'edificio A di via Spadini (*). La quantità indicata comprende anche la superficie di captazione dell'edificio B di via Spadini;
- La seconda fa riferimento al rapporto S/V di Via Due Madonne (*). Non conoscendo la superficie disperdente dell'involucro, il valore di S/V riportato è il valore limite del fattore di forma per cui l'edificio può essere ancora inserito nella classe energetica C.

Capitolo 3: Il risparmio energetico

3.1. Premessa

Le profonde trasformazioni intervenute nella normativa del settore energia, l'attenzione posta allo sviluppo delle fonti rinnovabili e l'esigenza di ridurre le emissioni inquinanti ad effetto serra, hanno portato il Comune di Bologna a prendere importanti provvedimenti volti a migliorare l'efficienza energetica.

I consumi energetici comunali sono cresciuti progressivamente a partire dal 1990. Tra il 1990 e il 2004 l'incremento progressivo è stato del 19,6%; il settore residenziale è quello che pesa maggiormente sui consumi complessivi con una quota che si aggira intorno al 37%. La percentuale maggiore dei consumi all'interno delle nostre case è rappresentata dal riscaldamento, con circa l'85%. I trasporti rappresentano il secondo settore più energivoro, con il 28% dei consumi totali; segue il settore terziario, che rappresenta il 23% dei consumi totali, il settore dell'industria e dell'agricoltura a cui viene addebitata una quota del 12%.

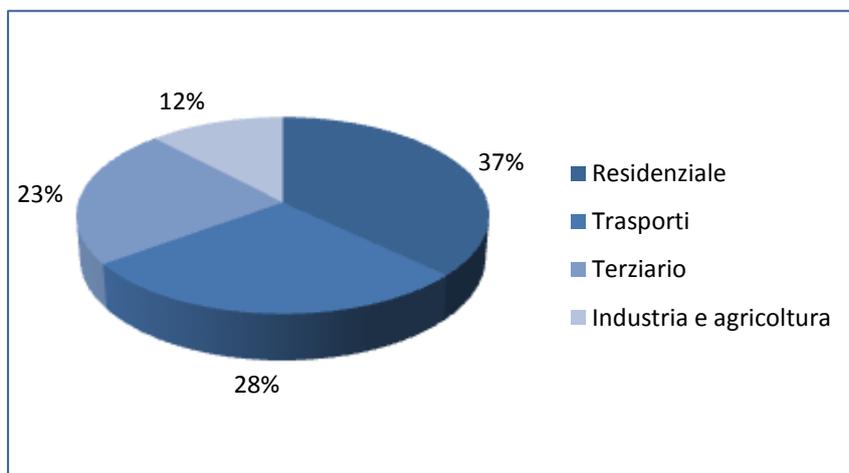


Figura 3.1. I consumi energetici a Bologna.

Per quanto riguarda i diversi vettori energetici utilizzati, i consumi più consistenti sono quelli di gas metano, seguiti da elettricità, gasolio e benzina.

Alla crescita dei consumi energetici, corrisponde un aumento delle emissioni di gas serra. Nel periodo che va dal 1990 al 2007, le emissioni di CO₂ equivalente sono passate da 2.300.000 tonnellate annue a oltre 2.700.000¹⁴.

Effettuando un'analisi sulle emissioni di CO₂ equivalente per settori, la situazione che si presenta è quella riportata nel grafico sottostante:

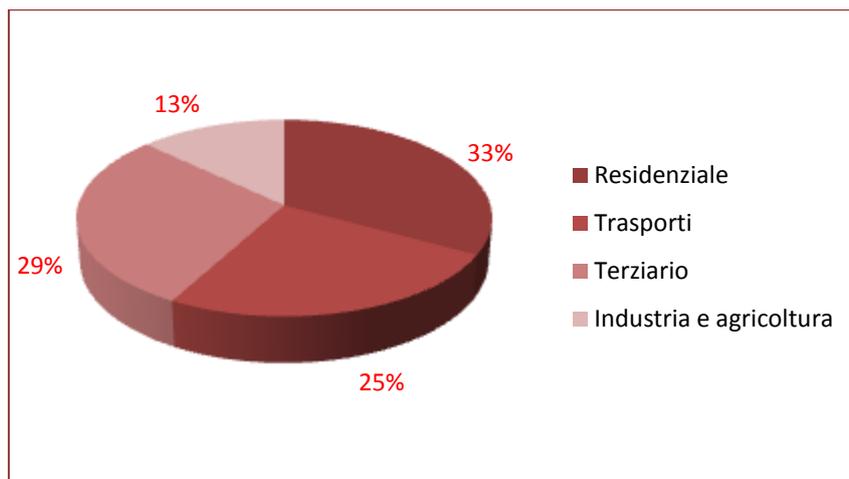


Figura 3.2. Emissioni di CO₂ equivalente per settore.

Data l'incidenza sul piano dei consumi, l'edilizia assume un ruolo fondamentale nel risparmio energetico e nella razionalizzazione delle risorse. Se si continuano a costruire case poco efficienti dal punto di vista energetico, si avranno ripercussioni negative sia a livello di risorse, che di clima.

Le azioni che il Comune di Bologna ha intrapreso per ridurre i consumi energetici sono concentrate principalmente sul settore civile, la voce che pesa maggiormente sul bilancio energetico della città.

Per gli interventi diretti, il Regolamento Urbanistico Edilizio promuove la Certificazione energetica e gli indici di prestazione energetica, al fine di orientare i progettisti e i costruttori nella scelta delle migliori tecnologie, volte al raggiungimento di elevate performance. In particolare, le decisioni riguarderanno l'isolamento degli involucri, il miglioramento dell'efficienze delle caldaie, la progettazione e la realizzazione di impianti solari fotovoltaici e termici.

¹⁴ Comune di Bologna, La sostenibilità a Bologna. Rapporto 2008, pag 24, pag 26.

3.2. Scheda tecnica di dettaglio: "Contenimento dei consumi energetici invernali"

In relazione alle prestazioni richieste dal requisito E 7.1 per la realizzazione di nuove costruzioni e ristrutturazioni globali, verranno illustrati i risultati raggiunti dai progetti descritti nel precedente capitolo. L'analisi sarà realizzata effettuando un confronto tra quello che si dichiara da progetto e la prestazione minima richiesta dal Regolamento Urbanistico Edilizio, per la classificazione dell'edificio in classe energetica C (livello BAU - Building As Usual).

3.2.1. Gli indici di prestazione energetica

L'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale Epi (espresso in Kwh /m² anno), per gli edifici di nuova costruzione, deve essere inferiore all'Epi limite di riferimento.

Tabella 3.1. Fonte: Delibera di Assemblea Regionale 156/2008 Regione Emilia Romagna in attuazione del D.lgs 192/05.

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica				
	D		E		F
	da 1401 GG	a 2100 GG	da 2101 GG	a 3000 GG	oltre 3000GG
	Epi (kWh/m ² anno)				
≤ 0,2	21,3	34,0	34,0	46,8	46,8
≥ 0,7	54,7	72,6	72,6	96,2	96,2

I valori limite sono espressi in funzione della zona climatica (gradi giorno) e del rapporto S/V (superficie involucro/volume riscaldato). Per valori di S/V compresi nell'intervallo 0,2- 0,7 e per i gradi giorno intermedi ai limiti riportati in tabella, si procede tramite interpolazione lineare. I gradi giorno per la città di Bologna sono pari a 2259 e quindi ricade nella zona climatica E. Conoscendo poi il rapporto di S/V, per ogni progetto esaminato, si è proceduto a determinare l'Epi limite di

riferimento. L'indice di prestazione energetica dichiarato nella relazione di progetto è sempre inferiore al limite calcolato.

Tabella 3.2. Gli indici di prestazione energetica per la climatizzazione invernale.

INTERVENTO	Epi PROGETTO (Kwh/m ² anno)	Epi limite (Kwh/m ² anno)	Δ Epi (Kwh/m ² anno)
Via Spadini 2(BO) Edificio A	19,09	67,8	48,71
Via Spadini 2(BO) Edificio B	21,04	65,4	44,36
Via Fleming 23 (BO)	12,17	60,5	48,33
Via Due Madonne 47 (BO)	34,9	76,7	41,8
Via Gamberini 1 (BO)	12,98	56,5	43,52
Via Massarenti 183 (BO)	4,59	76,7	72,11
Via Massarenti 209 (BO)	24,22	54,1	29,88
Via Massarenti 221/5 (BO)	29,82	76,7	46,88
Via Vermena 18 (BO)	31,82	76,7	44,88
Viale Felsina 18 (BO)	14,74	51,64	36,9

Rispetto al fabbisogno di energia per l'acqua calda sanitaria, il limite può essere calcolato mediante la seguente tabella, in relazione alla tipologia di edificio.

Tabella 3.3. Fonte: Delibera della Giunta Regionale (Emilia Romagna) 20 settembre 2010, N. 1362. Modifica degli allegati della Delibera di Assemblea legislativa Regionale 156/2008.

Superficie utile energetica	≤50 m ²	51 m ²	199 m ²	≥200 m ²	
EP _{acs}	19,10	19,00	13,76	13,80	Per edifici situati in centri storici
EP _{acs}	11,95	11,90	8,60	8,65	Per tutti gli altri edifici

Il limite (espresso in Kwh/ m² anno), per superfici comprese tra i 50 e i 200 m², è determinato tramite interpolazione. Riferendoci ai progetti analizzati, i valori indicati sono tutti conformi, tranne nel caso di Via Gamberini e di Viale Felsina. Per questi è stata richiesta una correzione a livello di progetto, in modo a rientrare nei limiti indicati.

Tabella 3.4. Gli indici di prestazione energetica per la produzione di acs.

INTERVENTO	Ep ACS PROGETTO (Kwh/m ² anno)	Ep ACS limite (Kwh/m ² anno)	Δ Ep acs (Kwh/m ² anno)
Via Spadini 2(BO) Edificio A	0	8,65	8,65
Via Spadini 2(BO) Edificio B	0	8,65	8,65
Via Fleming 23 (BO)	4,59	8,65	4,06
Via Due Madonne 47 (BO)	0,91	8,65	7,74
Via Gamberini 1 (BO)	11,12	8,65	-2,47
Via Massarenti 183 (BO)	5,66	8,65	2,99
Via Massarenti 209 (BO)	6,69	8,65	1,96
Via Massarenti 221/5 (BO)	6,38	8,65	2,27
Via Vermena 18 (BO)	8,18	13,48	5,3
Viale Felsina 18 (BO)	9,08	8,65	-0,43

In Via Spadini l'Epacs è pari a 0; questo presuppone che tutto il fabbisogno di acqua calda sanitaria venga coperto dal solare termico.

3.2.2. La certificazione energetica

Negli interventi di nuova costruzione e di ristrutturazione, gli edifici devono

essere progettati in modo che possano essere classificati almeno in classe C. In realtà, esaminando progetti che applicano i livelli di eccellenza del RUE, i vincoli sono più stringenti. Il Regolamento indica la classe B per gli interventi che applicano i livelli migliorativi e la classe A per quelli che applicano i livelli di eccellenza.

La classificazione energetica di un edificio viene fatta in funzione dell'indice totale EP_{tot} , ottenuto dalla somma dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (E_{pi}) e quello per la produzione di acqua calda sanitaria. Ad oggi, ai fini della Certificazione energetica degli edifici, vengono esclusi dal computo dell' EP_{tot} , l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva E_{pe} e l'indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale E_{pill} .

CLASSE DI PRESTAZIONE ENERGETICA PER EDIFICI RESIDENZIALI		
	A+	$EP_{TOT} < 25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
	A	$EP_{TOT} < 40$
	B	$40 < EP_{TOT} < 60$
	C	$60 < EP_{TOT} < 90$
	D	$90 < EP_{TOT} < 130$
	E	$130 < EP_{TOT} < 170$
	F	$170 < EP_{TOT} < 210$
	G	$EP_{TOT} > 210$

Figura 3.3. Fonte: La certificazione Energetica. Regione Emilia Romagna. Classe di prestazione energetica per edifici residenziali.

A pagina seguente, vengono riportati i valori dell' EP_{tot} calcolati per i progetti oggetto di studio. Tramite confronto diretto con i valori sopra riportati è possibile determinare la classe energetica di appartenenza. Gli interventi rispettano i vincoli dichiarati nel Regolamento Urbanistico Edilizio e rientrano tutti in classe energetica A o A+.

Tabella 3.5. Gli indici di prestazione energetica totale.

INTERVENTO	Epi PROGETTO (Kwh/m ² anno)	Ep ACS PROGETTO (Kwh/m ² anno)	Ep TOT (Kwh/m ² anno)	CLASSE ENERGETICA
Via Spadini 2(BO) Edificio A	19,09	0	19,09	A +
Via Spadini 2(BO) Edificio B	21,04	0	21,04	A +
Via Fleming 23 (BO)	12,17	4,59	16,76	A +
Via Due Madonne 47 (BO)	34,9	0,91	35,81	A
Via Gamberini 1 (BO)	12,98	11,12	24,1	A
Via Massarenti 183 (BO)	4,59	5,66	10,25	A +
Via Massarenti 209 (BO)	24,22	6,69	30,91	A
Via Massarenti 221/5 (BO)	29,82	6,38	36,2	A
Via Vermena 18 (BO)	31,82	8,18	40	A
Viale Felsina 18 (BO)	14,74	9,08	23,82	A +

Nel seguito, viene invece confrontato, l'indice di prestazione energetica totale di progetto con l'Eptot limite.

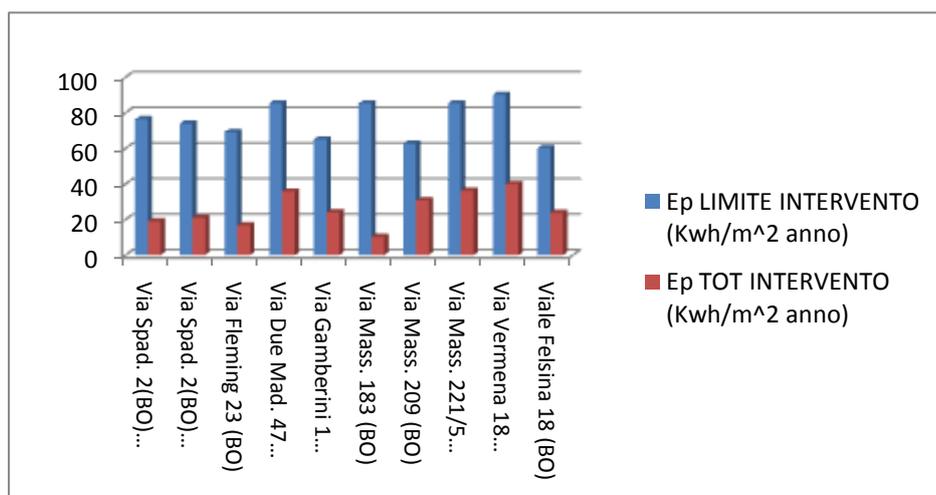


Figura 3.4. Il fabbisogno di energia primaria annuo per m².

3.2.3. Riduzione delle dispersioni termiche

Le dispersioni termiche dell'edificio devono essere contenute garantendo livelli di trasmittanza termica, per le diverse parti dell'edificio, al di sotto dei limiti stabiliti nella Delibera di Assemblea Regionale 156/2008 Regione Emilia Romagna.

Il valore limite della trasmittanza termica delle chiusure opache è di seguito indicato:

Tabella 3.6. Fonte: Delibera di Assemblea Regionale 156/2008 Regione Emilia Romagna in attuazione del D.lgs 192/05.

Zona Climatica	U (W/m ² K)
D	0,36
E	0,34
F	0,33

Sono stati verificati i valori per le sole strutture opache verticali, ma la valutazione deve essere estesa anche alle componenti orizzontali.

Per le chiusure trasparenti, comprensive dell' infisso, il limite da rispettare è il seguente:

Tabella 3.7. Fonte: Delibera di Assemblea Regionale 156/2008 Regione Emilia Romagna in attuazione del D.lgs 192/05.

Zona Climatica	U (W/m ² K)
D	2,4
E	2,2
F	2,0

Considerando che Bologna ricade nella zona climatica E, i dati riportati nelle relazioni energetiche degli interventi rientrano tutti nei limiti fissati.

Tabella3.8. Gli intervalli di variazione delle trasmittanze termiche.

INTERVENTO	U COMPONENTI OPACHE (INTERVALLO DI VARIAZIONE) (W/m² K)	U INFISSI (INTERVALLO DI VARIAZIONE) (W/m² K)
Via Spadini 2 (BO) Edificio A	0,24- 0,275	1,44-1,719
Via Spadini 2 (BO) Edificio B	0,24- 0,275	1,44-1,719
Via Fleming 23 (BO)	0,227 - 0,251	1,284 - 1,432
Via Due Madonne 47 (BO)	VALORI RISPETTATI	1,4
Via Gamberini 1 (BO)	0,185 - 0,277	1,220- 1,260
Via Massarenti 183 (BO)	0,193-0,311	1,4-1,5
Via Massarenti 209 (BO)	0,293-0,33	1,54- 1,78
Via Massarenti 221/5 (BO)	0,199 - 0,292	1,290 - 1,510
Via Vermena 18 (BO)	0,162 - 0,214	0,740-0,8
Viale Felsina 18 (BO)	0,215 - 0,30	1,020 - 1,27

Il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'involucro dell'edificio, consente di ridurre il fabbisogno di energia per la climatizzazione invernale ed estiva.

3.2.4. Sfruttamento dell'energia solare

La potenzialità di Bologna di produrre energia da fonti rinnovabili (biogas, idroelettrico e solare) è in crescita, ma ancora a livelli molto bassi.

Le fonti energetiche rinnovabili che possono trovare sviluppo sul territorio bolognese sono soprattutto il solare termico e il fotovoltaico. Meno attraenti risultano essere l'uso della biomassa, del vento e dei salti della rete fluviale, data la scarsa disponibilità. In particolare, negli ultimi anni è in forte aumento il ricorso al fotovoltaico, grazie soprattutto ai Decreti ministeriali che vanno ad incentivare l'energia elettrica prodotta da impianti solari. A livello locale, i Comuni devono recepire le indicazioni fornite dal D.Lgs 192/05 all'interno dei loro Regolamenti Edilizi.

Il RUE di Bologna prevede, per gli edifici di nuova costruzione e le ristrutturazioni globali, l'installazione di impianti solari termici, dimensionati per coprire almeno il 50% del fabbisogno annuo di energia richiesta per la produzione di acqua calda sanitaria. Tale limite è ridotto al 20% per gli edifici situati in ambiti storici del Piano Strutturale Comunale (PSC), con esclusione degli ambiti storici specializzati (aree destinate a precise funzioni non residenziali, che forniscono alla città servizi di rilievo).

Contemporaneamente, il Regolamento introduce l'obbligo di inserire impianti solari fotovoltaici, per la produzione di energia elettrica. Nel caso di stabili a destinazione d'uso residenziale, la potenza da installare non deve essere inferiore a 1 Kw per unità abitativa.

L'eventuale impossibilità tecnica di raggiungere i livelli prestazionali indicati per il solare e per il fotovoltaico, deve essere motivata e documentata adeguatamente. L'inattuabilità potrà essere giustificata dalla insufficiente superficie a disposizione per la collocazione degli impianti o dalla presenza di ostacoli che non consentono di sfruttare le radiazioni solari.

Le tabelle successive mostrano il gap esistente tra quanto dichiarato nel progetto e il minimo previsto dal requisito E 7.1 del RUE.

Tabella 3.9. Copertura del fabbisogno annuo di acqua calda sanitaria con solare termico.

INTERVENTO	SOLARE TERMICO PROGETTO	SOLARE TERMICO MINIMO RICHIESTO	S. T. PROGETTO (Kwh/m² anno)	S.T. MINIMO (Kwh/m² anno)	Δ SOLARE TERMICO (Kwh/m² anno)
Via Spadini 2(BO) Edificio A	100% del fabbisogno annuo ACS	50% del fabbisogno annuo di ACS	100%	50%	50%
Via Spadini 2(BO) Edificio B	100 % del fabbisogno annuo ACS	50% del fabbisogno annuo di ACS	100%	50%	50%
Via Fleming 23 (BO)	circa il 60 % del fabbisogno annuo ACS	50% del fabbisogno annuo di ACS	6,88	5,29	1,59
Via Due Madonne 47 (BO)	70 % del fabbisogno annuo ACS	50% del fabbisogno annuo di ACS	2,12	1,5	0,62
Via Gamberini 1 (BO)	51 % del fabbisogno annuo ACS	50% del fabbisogno annuo di ACS	11,57	11,34	0,23
Via Massarenti 183 (BO)	69,3% del fabbisogno annuo ACS	50% del fabbisogno annuo di ACS	12,78	9,2	3,58
Via Massarenti 209 (BO)	59% del fabbisogno annuo ACS	50% del fabbisogno annuo di ACS	9,6	8,15	1,45
Via Massarenti 221/5 (BO)	64,3% del fabbisogno annuo ACS	50% del fabbisogno annuo di ACS	11,49	8,93	2,56
Via Vermena 18 (BO)	70 % del fabbisogno annuo ACS	50% del fabbisogno annuo di ACS	19	13,59	5,41
Viale Felsina 18 (BO)	60 % del fabbisogno annuo ACS	50% del fabbisogno annuo di ACS	13,62	11,35	2,27

La copertura del fabbisogno annuo di acqua calda sanitaria, tramite il solare termico, è sempre al di sopra del livello minimo richiesto, per tutti gli interventi. Particolarmente rilevante è il caso di Via Spadini, per cui è prevista una copertura del 100% del fabbisogno di ACS, per entrambi gli edifici. Questo equivale a dire che il consumo di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria Epacs è pari a zero.

Tabella 3.10. Le potenze installate per l'impianto fotovoltaico.

INTERVENTO	FOTOVOLTAICO PROGETTO	FOTOVOLTAICO MINIMO RICHIESTO	Δ SOLARE FOTOVOLTAICO
Via Spadini 2(BO) Edificio A	1 (Kwatt/unità abitativa)	1 (Kwatt/unità abitativa)	0
Via Spadini 2(BO) Edificio B	1 (Kwatt/unità abitativa)	1 (Kwatt/unità abitativa)	0
Via Fleming 23 (BO)	2,2 (Kwatt/unità abitativa)	1 (Kwatt/unità abitativa)	1,2 (Kwatt/unità abitativa)
Via Due Madonne 47 (BO)	1,6 (Kwatt/unità abitativa)	1 (Kwatt/unità abitativa)	0,6 (Kwatt/unità abitativa)
Via Gamberini 1 (BO)	IMPOSSIBILITA` TECNICA	IMPOSSIBILITA` TECNICA	0
Via Massarenti 183 (BO)	1,7 (Kwatt/unità abitativa)	1 (Kwatt/unità abitativa)	0,7 (Kwatt/unità abitativa)
Via Massarenti 209 (BO)	1 (Kwatt/unità abitativa)	1 (Kwatt/unità abitativa)	0
Via Massarenti 221/5 (BO)	IMPOSSIBILITA` TECNICA	IMPOSSIBILITA` TECNICA	0
Via Vermena 18 (BO)	1 (Kwatt/unità abitativa)	1 (Kwatt/unità abitativa)	0
Viale Felsina 18 (BO)	1 (Kwatt/unità abitativa)	1 (Kwatt/unità abitativa)	0

Nella maggior parte dei casi viene installata una potenza superiore o uguale a quella minima richiesta. Solo per Via Gamberini e per Via Massarenti 221/5 si dichiara l'impossibilità di installare un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica. L'impossibilità tecnica viene superata dall'adozione di un impianto termico cogenerativo, al fine di ridurre il ricorso all'energia primaria. Naturalmente l'impossibilità tecnica si sarebbe verificata anche nel caso in cui fossero stati applicati i livelli prestazionali base del requisito E 7.1.

L'uso di fonti rinnovabili, negli interventi di Via Fleming e Via Massarenti 209 è molto significativo. Infatti, oltre che l'inserimento di un impianto solare termico e un impianto solare fotovoltaico, è prevista l'installazione di un generatore a pompa

di calore geotermico. Con le pompe di calore, gli impianti geotermici sfruttano l'energia data dal terreno per soddisfare il fabbisogno termico. L'energia geotermica, essendo generata da fonti geologiche di calore, può essere considerata una fonte di energia rinnovabile.

3.2.5. Rendimento dell'impianto termico

Il requisito E 7.1, per gli interventi di nuova costruzione e di ristrutturazione globale, richiede:

1. il livello più elevato possibile del rendimento medio stagionale dell'impianto termico;
2. impianti di tipo centralizzato.

Il valore limite del rendimento medio stagionale è stato calcolato secondo le indicazioni presenti nella Delibera di Assemblea Regionale 156/2008 Regione Emilia Romagna. Nello specifico la formula utilizzata è:

$$\eta_{g=} (75 + 3 \log Pn)$$

dove :

$\eta_{g=}$ indica il rendimento medio stagionale

$Pn=$ indica la potenza utile nominale del generatore, espressa in Kw.

Per valori di Pn superiori ai 1000 Kw la formula precedente non si applica e la soglia minima per il rendimento medio stagionale è di 0,84.

I progetti analizzati presentano tutti un rendimento medio stagionale dell'impianto termico superiore al limite, tranne nel caso di Via Spadini (Edificio B).

Le indicazioni sul generatore installato e sul rendimento medio stagionale sono riportati nella tabella successiva.

Tabella 3.11. I rendimenti medi stagionali degli impianti termici.

INTERVENTO	IMPIANTO TERMICO	IMPIANTO TERMICO (Kwatt)	RENDIMENTO MEDIO STAGIONALE	VALORE LIMITE
Via Spadini 2(BO) Edificio A	Caldaia a condensazione (metano)	113	0,813	0,81
Via Spadini 2(BO) Edificio B	Caldaia a condensazione (metano)	136	0,767	0,814
Via Fleming 23 (BO)	Generatore a pompa di calore geotermica	17,6	NON INDICATO	0,78
Via Due Madonne 47 (BO)	Caldaia a bassa temperatura a metano	31,5	0,94	0,79
Via Gamberini 1 (BO)	Sistema cogeneratore e caldaia	46,22	0,953	0,79
Via Massarenti 183 (BO)	Generatore di calore a condensazione a metano	29,51	0,88	0,79
Via Massarenti 209 (BO)	Generatore a pompa di calore geotermica	33,5	1,09	0,79
Via Massarenti 221/5 (BO)	Cogeneratore e generatore di calore a caldaietta murale a metano	80	0,914	0,8
Via Vermena 18 (BO)	Generatore di calore a condensazione	26	0,837	0,79
Viale Felsina 18 (BO)	Impianto termico centralizzato alimentato a metano	104,26	0,933	81,05

3.2.6. Osservazioni generali sulle altre prescrizioni del requisito E.7.1

Nei progetti analizzati si fa sempre riferimento all'impiego di sistemi di termoregolazione locale, che agendo sui singoli elementi di distribuzione del calore, garantiscono il mantenimento della temperatura, delle singole unità abitative, entro i limiti previsti. L'utilizzo di questi dispositivi consente di sfruttare gli apporti di calore gratuiti (radiazione solare, presenza di persone o apparecchiature), evitando inutili surriscaldamenti.

In nessun caso è dichiarato l'allacciamento alla rete urbana di teleriscaldamento. Il teleriscaldamento rappresenta una delle alternative, insieme al solare termico e al fotovoltaico, di limitare i consumi di energia primaria non rinnovabile e di contribuire alla riduzioni di emissioni inquinanti. Infatti, la possibilità di allacciarsi alla rete di teleriscaldamento consente la produzione centralizzata e l'eliminazione delle emissioni di CO₂ su singolo edificio, con una migliore gestione della caldaia. Questo dimostra come il RUE abbia un'impostazione prestazionale, ma non stabilisce a priori la soluzione per il raggiungimento degli obiettivi.

Infine, non è mai nominata l'opportunità di inserire particolari sistemi solari passivi, al fine di migliorare il risparmio energetico. I sistemi solari passivi sono dispositivi per la captazione, accumulo e trasferimento dell'energia termica, finalizzati al riscaldamento degli ambienti interni.

3.3. Risparmi di energia primaria e impatto sulle emissioni di CO₂

Il tema dell'energia occupa un ruolo molto importante nella politica europea e ciò è dimostrato da una serie di provvedimenti, che delineano in modo chiaro il percorso che si intende seguire per ridurre gli effetti del consumo energetico sul clima. L'obiettivo principale per il 2020 è quello di abbassare del 20% il consumo di energia, rispetto al 2005. Tale obiettivo corrisponde alla realizzazione di risparmi di circa l'1,5% all'anno fino al 2020.

La Commissione Europea ritiene che uno dei settori più consistenti per realizzare i risparmi energetici è quello dell'edilizia residenziale.

Bologna si trova ad affrontare principalmente due problematiche di carattere energetico-ambientale:

1. la crescita delle emissioni di gas serra dovuta agli usi energetici;
2. l'ampliamento del tessuto urbano della città, che porterà ad un ulteriore incremento dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂.

Per questi motivi, il Comune ha scelto di implementare a livello locale una politica energetica coerente con le scelte operate a livello Comunitario.

Partendo da questi presupposti, il Regolamento Urbanistico Edilizio di Bologna stabilisce, come precedentemente illustrato, le prestazioni energetiche per gli interventi edilizi diretti, in modo da limitare i consumi energetici.

L'applicazione dei livelli migliorativi del requisito E 7.1 consente di ottenere risultati energetici molto più spinti rispetto al semplice raggiungimento delle prescrizioni minime fissate. Ai fini dimostrativi, si è stimato il risparmio energetico che si ottiene dalla realizzazione dei progetti precedentemente analizzati, applicando i livelli migliorativi del RUE. Il confronto è realizzato rispetto allo scenario base, indicato dalle normative vigenti, che consente di classificare lo stabile in classe energetica C (prestazione minima richiesta).

I termini di paragone di cui si è tenuto conto per stimare la riduzione dei consumi sono:

3. il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento invernale E_{pi} (Kwh/m² anno);
4. il fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria E_{pacs} (Kwh/m² anno);
5. la potenza degli impianti solari fotovoltaici installata per la produzione di energia elettrica.

Per le prime due componenti, il risparmio energetico è stato ottenuto applicando la formula seguente:

$$\Delta \text{ RISULTANTE [Kwh/m}^2 \text{ anno]} * \text{ SUPERFICIE [m}^2 \text{]}$$

Con Δ RISULTANTE, si intende il gap tra il valore dichiarato nella relazione tecnica di ogni progetto e il limite indicato dalla norma.

La superficie utile considerata è al netto dell'ampliamento previsto nel caso di applicazione dei livelli migliorativi del RUE. Per la sua determinazione, si è proceduto in maniera non del tutto corretta: alla superficie utile dichiarata nel progetto è stato sottratto il 20%. In realtà, l'incentivo di maggiorazione non viene applicato alla superficie, ma al Volume totale esistente (V_{te}).

Di seguito vengono riportati i risultati ottenuti.

1. Risparmio di energia primaria per il riscaldamento invernale Epi:

Tabella 3.12. I risparmi di Epi.

INTERVENTO	Δ Epi (Kwh/m ² anno)	SUPERFICIE UTILE PROGETTO SU (m ²)	SUPERFICIE UTILE ESISTENTE (m ²)	RISPARMIO Epi (KWH/ ANNO)
Via Spadini 2(BO) Edificio A	48,71	457,2	365,76	17816,17
Via Spadini 2(BO) Edificio B	44,36	1234,3	987,44	43802,84
Via Fleming 23 (BO)	48,33	447,97	358,38	17320,31
Via Due Madonne 47 (BO)	41,8	640,75	512,60	21426,68
Via Gamberini 1 (BO)	43,52	1370,3	1096,24	47708,36
Via Massarenti 183 (BO)	72,11	227,46	181,97	13121,71
Via Massarenti 209 (BO)	29,88	529,8	423,84	12664,34
Via Massarenti 221/5 (BO)	46,88	1871,9	1497,52	70203,74
Via Vermena 18 (BO)	44,88	119	95,20	4272,58
Viale Felsina 18 (BO)	36,9	3562,04	2849,63	105151,42
TOTALE				353488,15

2. Risparmio di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria Epacs:

Tabella 3.13. I risparmi di Epacs.

INTERVENTO	$\Delta E_{p\text{ acs}}$ (Kwh/m ² anno)	SUPERFICIE UTILE PROGETTO SU (m ²)	SUPERFICIE UTILE ESISTENTE (m ²)	RISPARMIO Epac KWH/ ANNO
Via Spadini 2(BO) Edificio A	8,65	457,2	365,76	3163,82
Via Spadini 2(BO) Edificio B	8,65	1234,3	987,44	8541,36
Via Fleming 23 (BO)	4,06	447,97	358,38	1455,01
Via Due Madonne 47 (BO)	7,74	640,75	512,60	3967,52
Via Gamberini 1 (BO)	-2,47	1370,3	1096,24	-2707,71
Via Massarenti 183 (BO)	2,99	227,46	181,97	544,08
Via Massarenti 209 (BO)	1,96	529,8	423,84	830,73
Via Massarenti 221/5 (BO)	2,27	1871,9	1497,52	3399,37
Via Vermena 18 (BO)	5,3	119	95,20	504,56
Viale Felsina 18 (BO)	-0,43	3562,04	2849,63	-1225,34
TOTALE				18473,40

La Delibera della Giunta Regionale n.1362, del 2010, come già visto precedentemente, fissa il valore dell'Epacs limite, in base alla superficie utile e al tipo di edificio. Al fine di limitare il consumo di energia primaria e le emissioni inquinanti, è necessario ricorrere alle fonti di energia rinnovabili. Nel caso base, la copertura del fabbisogno di acqua calda sanitaria, tramite il solare, è stata ipotizzata pari al 50%, mentre negli interventi questo valore è maggiore. Questo implica che la riduzione di energia primaria per la produzione di Acs, nei progetti analizzati, è pari a più della metà, mentre nello scenario base di riferimento è uguale al 50%.

3. Energia elettrica prodotta mediante l'installazione dell'impianto fotovoltaico:

Tabella 3.14. L'energia elettrica ottenuta mediante l'inserimento del solare fotovoltaico.

INTERVENTO	Δ S.F. (Kwatt/unità abitativa)	NUMERO ALLOGGI	NUMERO UFFICI	Δ SOLARE FOTOVOLTAICO (Kwatt)	ENERGIA ELETTRICA DA S.F. (Kwatth/anno)
Via Spadini 2(BO) Edificio A	0	8	-	0	0
Via Spadini 2(BO) Edificio B	0	22	-	0	0
Via Fleming 23 (BO)	1,2	3	-	3,6	3960
Via Due Madonne 47 (BO)	0,6	8	2 + Croce verde	6	6600
Via Gamberini 1 (BO)	0	23	-	0	0
Via Massarenti 183 (BO)	0,7	5	-	3,5	3850
Via Massarenti 209 (BO)	0	11	-	0	0
Via Massarenti 221/5 (BO)	0	8	-	0	0
Via Vermena 18 (BO)	0	2	-	0	0
Viale Felsina 18 (BO)	0	51	-	0	0
TOTALE					14410

Per determinare il gap di energia elettrica, generata dall'inserimento dei pannelli fotovoltaici, si è calcolata la differenza tra la potenza installata indicata nel progetto e il minimo richiesto per legge (1 Kwatt/unità abitativa). La differenza è stata poi moltiplicata per il numero di unità abitative, in modo da determinare la potenza totale installata. A partire da quest'ultimo valore, si è ricavata l'energia elettrica prodotta, considerando che da ogni Kwatt si produce 1100 kwatth/anno.

Il solare fotovoltaico consente, quindi, di ottenere un risparmio sull'energia elettrica acquistata dalla rete nazionale.

I Kwatth annui complessivamente risparmiati, relativamente ai tre termini di paragone considerati e per tutti gli interventi, sono pari a 386371,55.

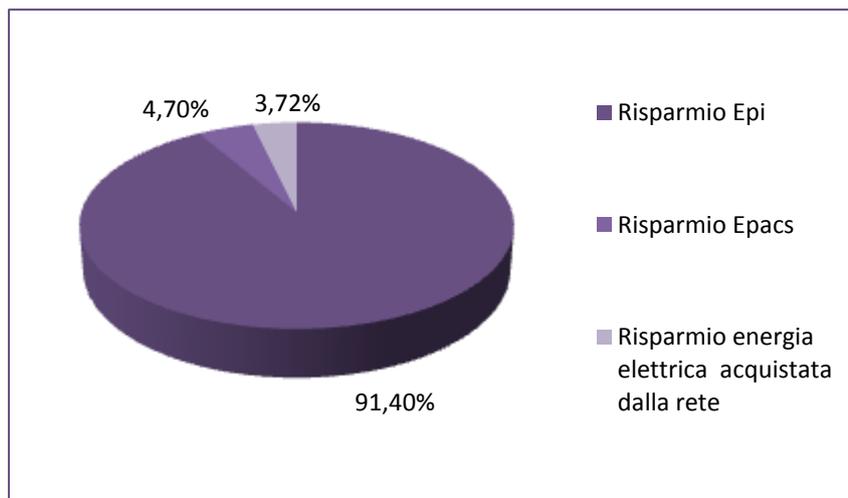


Figura 3.5. L'incidenza delle diverse forme di risparmio energetico sul totale.

In base ai risultati ottenuti è possibile valutare le emissioni di CO₂ equivalente evitate.

La conversione da Kwatth termici a Kg di CO₂ è stata effettuata considerando un fattore di conversione pari a 0,202 (0,202 Kg di CO₂ per ogni Kwatth termico)

Nel caso dell' energia elettrica il fattore di conversione è uguale a 0,53 (0,53 Kg di CO₂ per ogni Kwatth elettrico).

E' importante sottolineare che nella pratica, la contabilizzazione delle emissioni di CO₂ evitate, deve essere effettuata sui risparmi energetici reali e non su quelli teorici. Analizzando, però, edifici allo stato progettuale è stata fatta una valutazione sui risparmi energetici stimati.

Tabella 3.15. Le emissioni di CO₂ equivalente evitate.

INTERVENTO	RISPARMIO EMISSIONI CO ₂ PER Epi (Kg/anno)	RISPARMIO EMISSIONI CO ₂ PER Epacs (Kg/anno)	RISPARMIO EMISSIONI CO ₂ CON FT (Kg/anno)	TOTALE PER INTERVENTO (Kg/anno)
Via Spadini 2(BO) Edificio A	3598,87	639,09	0,00	4237,96
Via Spadini 2(BO) Edificio B	8848,17	1725,35	0,00	10573,53
Via Fleming 23 (BO)	3498,70	293,91	2102,76	5895,37
Via Due Madonne 47 (BO)	4328,19	801,44	3504,60	8634,23
Via Gamberini 1 (BO)	9637,09	-546,96	0,00	9090,13
Via Massarenti 183 (BO)	2650,59	109,91	2044,35	4804,84
Via Massarenti 209 (BO)	2558,20	167,81	0,00	2726,00
Via Massarenti 221/5 (BO)	14181,15	686,67	0,00	14867,83
Via Vermena 18 (BO)	863,06	101,92	0,00	964,98
Viale Felsina 18 (BO)	21240,59	-247,52	0,00	20993,07
TOTALE	71404,61	3731,63	7651,71	82787,94

Grazie al risparmio energetico e alla produzione di energia da fonti rinnovabili, si evita l'emissione 82787,94 kg di CO₂.

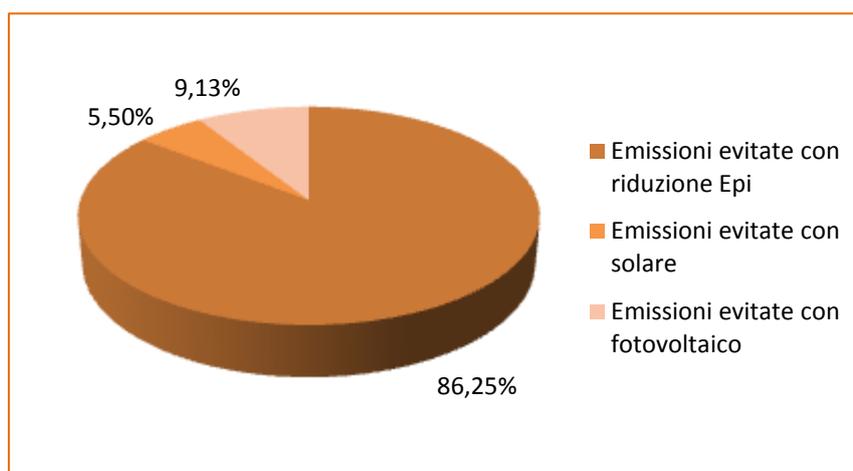


Figura 3.6. L'incidenza delle diverse forme di risparmio energetico sulle emissioni di CO₂ complessivamente evitate.

3.4. Valutazione economica

I costi per la realizzazione di un edificio ad alta efficienza energetica sono sicuramente superiori rispetto all'edilizia tradizionale, a causa dell'alto contenuto tecnologico e delle dimensioni ridotte del mercato.

E' però possibile recuperare i costi aggiuntivi di costruzione grazie agli inferiori costi di gestione.

Per avere un'idea concreta delle entità in gioco è sufficiente fare alcune considerazioni sulle principali soluzioni tecnologiche adottate.

1. Impianto solare termico.

Il costo dipende dal tipo di tecnologia utilizzata, dal fabbisogno di acqua calda sanitaria, dalla latitudine, dall'insolazione (quantità di radiazione emessa dal sole, che raggiunge una data superficie nell'unità di tempo) e dalla facilità di installazione.

Il prezzo medio per un impianto a collettori piani, per una unità abitativa di 100 m² da quattro persone, si aggira tra i 2600 e i 5000 euro. A questo va aggiunto il costo di installazione, pari a circa 1000/1500 euro. A parità di energia prodotta, i collettori a tubi sottovuoto sono circa 30% più cari dei collettori piani. Il consumo medio di acqua calda sanitaria per una famiglia di 4 persone è stimato intorno ai 200 litri/giorno. I kwh/giorno necessari a produrre tale quantità sono circa 8, per un totale annuo di 3000 Kwh. La spesa di energia elettrica, per soddisfare tale fabbisogno, ammonta a oltre i 550 euro annui (considerando un costo medio di 0,19 euro per kWh), mentre nel caso di caldaia a gas il costo sarebbe intorno ai 400 euro (costo medio di un Kwh da gas intorno a 0,11 euro)¹⁵.

Con l'installazione di un impianto solare, ipotizzando una copertura del fabbisogno di acqua calda sanitaria uguale al 70%, il risparmio effettivo sarebbe tra i 280 e 380 euro/anno. In pochi anni si riuscirebbe a coprire l'investimento iniziale.

¹⁵ Fonti: <http://www.tettosolare.it>; <http://www.bcp-energia.it>.

2. Impianto solare fotovoltaico.

L'installazione di un impianto solare fotovoltaico, per la produzione di energia elettrica, richiede un costo di investimento iniziale elevato, che varia tra i 2800-3000 euro/Kwp installati, per sistemi più grandi e i 3600-4000 euro/Kwp installati, per impianti di piccole dimensioni¹⁶. I costi variano in base alla grandezza dell'impianto e alla tecnologia utilizzata. Per quanto riguarda la prima variabile, il costo medio per Kwp è inversamente proporzionale alla dimensione dell'impianto: più è elevata la taglia, più si diluiscono i costi di progettazione e installazione. Relativamente alla scelta della tecnologia, bisogna considerare i seguenti fattori:

- estetici;
- spazi disponibili;
- produttività energetica.

Invece, il costo per la manutenzione di un impianto solare fotovoltaico risulta irrisorio. Rispetto ad altre tecnologie, infatti, i pannelli fotovoltaici sono in grado di produrre energia senza parti in movimento, con un'usura dei componenti praticamente nulla. Gli unici interventi che potrebbero rendersi necessari sono quelli di pulizia.

Studi recenti, dimostrano che, a breve, l'energia proveniente da fonti di energia rinnovabile sarà più conveniente rispetto a quella acquistata dalla rete elettrica, anche senza gli attuali incentivi statali. Il costo dei moduli fotovoltaici passerà da 1,4 euro/Wp di oggi a circa 1 euro/Wp, entro i prossimi due anni. Questo porterebbe i sistemi fotovoltaici a costare molto meno: i piccoli impianti passerebbero dagli attuali 3600 euro/kWp a 2800 nel 2014, mentre quelli da 200 KWp da 2800 euro/KWp a circa 2000 nel 2014¹⁷.

Ad oggi, comunque, il costo di produzione dell'energia elettrica, generata con un impianto fotovoltaico, è ancora elevato per competere con il prezzo medio di acquisto dell'energia elettrica dalla rete.

¹⁶ I valori sono indicativi, in quanto i costi per il solare fotovoltaico sono in continua evoluzione.

¹⁷ Fonte: <http://www.energiegeniali.it/news/70-nel-2014-l-energia-fotovoltaica-costerà-meno>; <http://www.enerpoint.it/solare/fotovoltaico/costi-fotovoltaico.php>.

Installare un impianto fotovoltaico diventa economicamente conveniente grazie a forme di incentivazione finanziaria da parte dello Stato. Con questi incentivi il costo del chilowattora si riduce a 0,11 euro. Anche il tempo necessario a recuperare l'investimento iniziale si riduce a circa 10 anni, pochi se confrontati ai circa 30 anni di vita utile previsti per l'impianto.

3. L'isolamento termico.

La coibentazione è una tecnologia indispensabile per il risparmio energetico, che contribuisce non poco alla diminuzione delle emissioni inquinanti.

Per mantenere un'abitazione di 100 m² in classe C si spende, per l'isolamento termico, circa 1600 euro in più, rispetto ad un'abitazione tradizionale (classe G o F). Spostandoci sulla classe A, l'incremento di costo è circa uguale a 4500 euro.

A fronte di un costo di investimento iniziale elevato, i risparmi economici, derivanti dal contenimento dei consumi di energia primaria, sono molto consistenti. Nelle pagine successive, vengono riportati i risparmi economici ottenuti dagli interventi analizzati, rispetto sempre allo scenario base, per il quale si è ipotizzato il raggiungimento delle prestazioni minime richieste dal requisito E 7.1 del Regolamento Urbanistico Edilizio.

Tabella 3.16. I risparmi economici derivanti dalla riduzione di energia primaria termica utilizzata.

INTERVENTO	RISPARMIO Epi KWH/ANNO	RISPARMIO Epacs KWH/ANNO	TOTALE PER INTERVENTO (Kwatt/anno)	COSTO MEDIO €/KWh	RISPARMIO ECONOMICO €/anno
Via Spadini 2(BO) Edificio A	17816,17	3163,82	20979,99	0,11	2307,80
Via Spadini 2(BO) Edificio B	43802,84	8541,36	52344,19	0,11	5757,86
Via Fleming 23 (BO)	17320,31	1455,01	18775,32	0,11	2065,29
Via Due Madonne 47 (BO)	21426,68	3967,52	25394,20	0,11	2793,36
Via Gamberini 1 (BO)	47708,36	-2707,71	45000,65	0,11	4950,07
Via Massarenti 183 (BO)	13121,71	544,08	13665,80	0,11	1503,24
Via Massarenti 209 (BO)	12664,34	830,73	13495,07	0,11	1484,46
Via Massarenti 221/5 (BO)	70203,74	3399,37	73603,11	0,11	8096,34
Via Vermena 18 (BO)	4272,58	504,56	4777,14	0,11	525,48
Viale Felsina 18 (BO)	105151,42	-1225,34	103926,08	0,11	11431,87
TOTALE	353488,15	18473,40	371961,55		40915,77

Riducendo il fabbisogno di energia termica per il riscaldamento invernale e utilizzando il solare termico per l'acqua calda sanitaria, il risparmio economico, per tutti gli interventi, è pari a 40915,77 euro all'anno.

Tabella 3.17. Il risparmio economico ottenuto con il ricorso al solare fotovoltaico.

INTERVENTO	ENERGIA ELETT. DA S.F. (Kwatt/anno)	COSTO MEDIO €/KWh	RISPARMIO ECONOMICO €/anno
Via Spadini 2(BO) Edificio A	0,00	0,19	0
Via Spadini 2(BO) Edificio B	0,00	0,19	0
Via Fleming 23 (BO)	3960,00	0,19	752,4
Via Due Madonne 47 (BO)	6600,00	0,19	1254
Via Gamberini 1 (BO)	0,00	0,19	0
Via Massarenti 183 (BO)	3850,00	0,19	731,5
Via Massarenti 209 (BO)	0,00	0,19	0
Via Massarenti 221/5 (BO)	0,00	0,19	0
Via Vermena 18 (BO)	0,00	0,19	0
Viale Felsina 18 (BO)	0,00	0,19	0
TOTALE	14410		2737,9

Considerando che la valutazione è stata fatta facendo il confronto con lo scenario base, in cui è prevista comunque l'installazione di 1 Kwatt per unità abitativa, il risparmio economico è stato calcolato solo per i progetti che installano una potenza maggiore. Il totale per tutti questi interventi è uguale a 2737,9 euro/anno.

Sommando i due valori totali precedenti il risparmio economico complessivo è di 43653,67 euro all'anno.

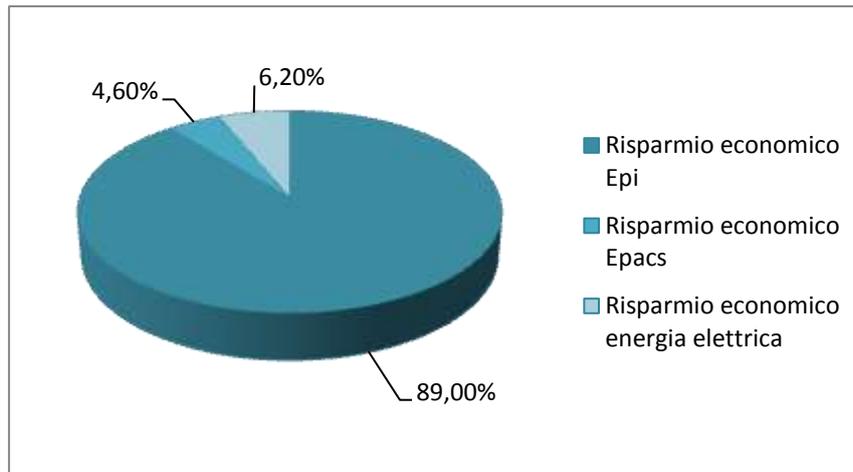


Figura 3.7. L'incidenza delle diverse forme di risparmio economico sul totale.

Costruire edifici ad alta efficienza energetica, oltre che ai suddetti risparmi energetici ed economici, consente di ottenere ulteriori vantaggi:

- Sostenibilità ambientale, sia per la limitata emissioni di sostanze inquinanti in atmosfera che per lo sfruttamento di fonti di energia rinnovabili;
- Miglioramento della qualità della vita, grazie al benessere abitativo e al comfort termico, acustico, igrometrico ed illuminotecnico;
- Maggiore valore di mercato dell'immobile;
- Minore dipendenza dai combustibili fossili.

Capitolo 4: Cura del verde, permeabilità e microclima urbano

4.1. Premessa

L'esigenza di nuovi spazi da destinare all'edificazione, ha generato notevoli cambiamenti nell'assetto territoriale delle città.

Negli ultimi cinquant'anni, la quota di territorio urbanizzato del Comune di Bologna è più che raddoppiata, passando dai 19,3 Km² del primo dopoguerra, agli attuali 47,7 Km², pari al 34% della superficie comunale complessiva.

La quota di verde pubblico è pari a 12,2 Km² di estensione, dei quali il 65% sono riconducibili a verde attrezzato (32%) e parchi e giardini urbani (33%).¹⁸

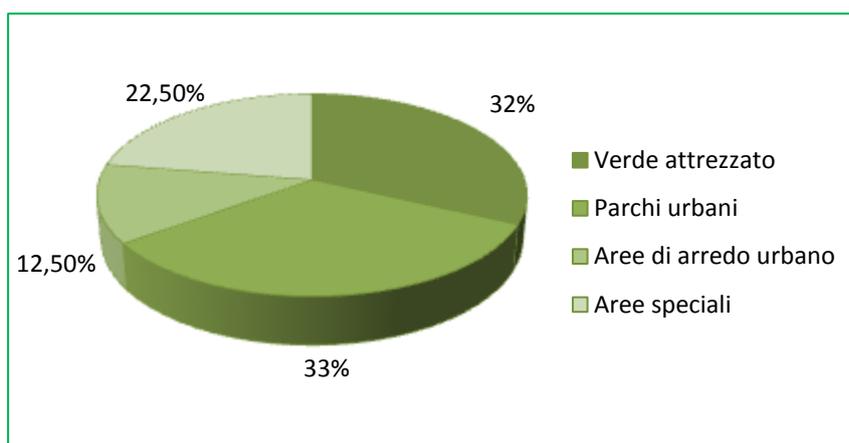


Figura 4.1. Il verde pubblico a Bologna . Elaborazione propria su dati contenuti in: "La sostenibilità a Bologna. Rapporto 2008.

Le importanti trasformazioni, che si sono verificate sul territorio bolognese negli ultimi anni, non sempre si sono dimostrate coerenti con i criteri di sostenibilità ambientale, con conseguenze negative sulla qualità dello spazio urbano.

Con la nuova pianificazione urbanistica, il Comune di Bologna riconosce l'importanza del verde, della permeabilità e del microclima urbano. La strategia che si è scelta di seguire, comporta una serie di azioni che mirano a :

¹⁸ Comune di Bologna, La sostenibilità a Bologna. Rapporto 2008; pag 34.

- tutelare gli habitat naturali;
- aumentare la permeabilità dei suoli urbani e della loro copertura arborea;
- promuovere la biodiversità;
- incrementare il verde urbano pubblico e privato.

4.2. Gli effetti dell'urbanizzazione sulla permeabilità e sul microclima urbano

Ai processi di urbanizzazione sono legate una serie di problematiche che incidono negativamente sulla qualità degli spazi insediati.

Di rilevante importanza è il cosiddetto fenomeno "isola di calore". Le sue cause principali sono di seguito elencate.

1. Le caratteristiche fisiche della superficie.

I materiali utilizzati nelle aree urbanizzate hanno proprietà termiche differenti rispetto a quelli impiegati nelle zone rurali. L'elemento principale che li differenzia è l'albedo, cioè la frazione solare che viene riflessa verso il cielo aperto. Nel caso di vegetazione spontanea il valore dell'albedo è intorno a 0,20-0,30; questo comporta che circa un terzo dell'energia che arriva sulla Terra viene riflessa nello spazio. Nelle città il valore dell'albedo scende, fino a raggiungere valori pari a 0,10 e addirittura di 0,05 nel caso di superfici completamente asfaltate. L'energia solare assorbita sarà quindi maggiore, generando un conseguente surriscaldamento.

2. La carenza di superfici naturali permeabili.

L'impermeabilizzazione dei suoli riduce notevolmente il processo di infiltrazione, evaporazione ed evapotraspirazione delle acque meteoriche, che invece si ottiene in presenza di uno strato drenante.

Viene di conseguenza a mancare l'apporto di umidità, che consente di rinfrescare l'aria, abbassando la temperatura esterna.

3. Aumento della superficie esposta, dovuta alla presenza degli edifici.
La presenza di elementi costruttivi riduce il flusso orizzontale del vento, vanificando l'effetto refrigerante.
4. Il flusso di calore che si genera dalle attività umane e dai consumi energetici che esse comportano.
5. Aumento della concentrazione di CO₂ in atmosfera.
Le attività antropiche rilasciano una quantità notevole di emissioni inquinanti, che vanno ad accrescere "l'effetto serra".

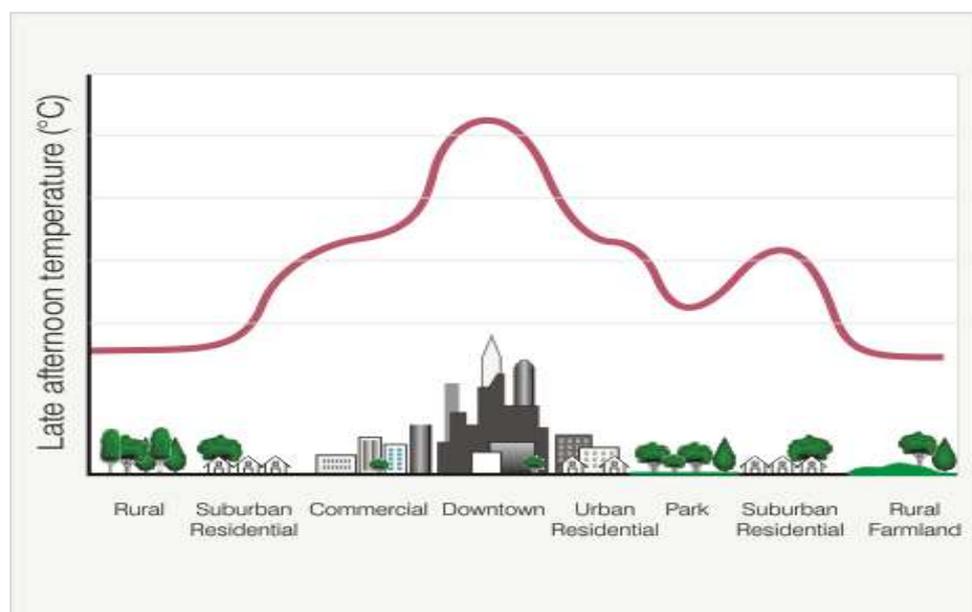


Figura 4.2. L'effetto "Isola di calore".

Le problematiche di natura ambientale e territoriale, determinate dalla crescente urbanizzazione, ha indotto il Comune di Bologna, a imitazione della città di Bolzano, ad introdurre nel proprio Regolamento Urbanistico Edilizio la procedura di R.I.E. (Riduzione dell'Impatto Edilizio). L'obiettivo principale della procedura è limitare l'asportazione del verde e l'impermeabilizzazione del suolo.

4.3. L'indice di Riduzione dell'Impatto Edilizio (R.I.E.)

Nelle schede tecniche di dettaglio del RUE, in riferimento al requisito E 8.4 "Cura del verde, permeabilità e microclima urbano", vengono indicate le prescrizioni da rispettare per conseguire il titolo abilitativo all'esecuzione dell'intervento.

Per adempiere al requisito è necessario valutare un indice di qualità ambientale, il R.I.E.. L'indice di Riduzione dell'Impatto Edilizio, applicato al lotto da edificare, misura la qualità dell'intervento rispetto al verde e alla permeabilità del suolo.

La procedura R.I.E. si applica obbligatoriamente a tutti gli interventi di nuova costruzione e di ristrutturazione globale; ne sono esenti gli interventi attuati negli ambiti storici e quelli di ristrutturazione in cui il rapporto tra la superficie coperta e la superficie del lotto è maggiore di 0,5¹⁹.

L'indice è definito nel seguente modo:

$$RIE = \frac{\sum S_{v_i} \frac{1}{\Psi} + S_e}{\sum S_{v_i} + \sum S_{i_j} \Psi \alpha}$$

dove:

S_{v_i} = i-esima superficie esterna trattata a verde;

S_{i_j} = j-esima superficie esterna non trattata a verde;

S_e = superficie equivalente delle alberature;

Ψ = coefficiente di deflusso;

α = coefficiente di albedo. Chiamato così poichè dipende dall'Albedo, ma non coincide con questo valore.

Per giungere alla sua determinazione, il primo passo da effettuare è suddividere le diverse tipologie di superfici, presenti nel lotto, nelle due categorie principali:

1. Superfici trattate a verde.

In questa categoria rientrano:

¹⁹ Comune di Bologna, Regolamento Urbanistico Edilizio. Complementi: Scheda tecnica di dettaglio dE 8.4.

Aree verdi, prati, orti, giardini,
superficie boscate.



Corsi d'acqua in alveo naturale.

Specchi d'acqua e stagni
con fondo naturale.



Incolto.

Verde pensile.



2. Superfici non trattate a verde.

In questa classe sono presenti tutte le aree realizzate con materiali inerti e non trattate a verde. A titolo esemplificativo, si citano alcune di queste superfici.

Coperture metalliche





Pavimento in asfalto o
calcestruzzo

Pavimentazioni in cubetti, pietre
o lastre.



Pavimentazioni in ciottoli su
sabbia.

Superfici in ghiaia sciolta.



Corsi d'acqua in alveo
impermeabile.

Ad ogni tipologia di superficie viene associato un peso: per le aree trattate a verde si utilizza l'inverso del coefficiente di deflusso, mentre le superfici non trattate a

verde sono moltiplicate sia per il coefficiente di deflusso, che per il fattore di albedo.

Il coefficiente di deflusso è definito nel seguente modo :

$$\Psi = \frac{\text{DEFLUSSO}}{\text{AFFLUSSO}}$$

ovvero, il rapporto tra il volume defluito attraverso una sezione in un certo intervallo di tempo e il volume meteorico precipitato nello stesso intervallo di tempo.

Il fattore di albedo α varia al variare del valore dell'Albedo. Quest'ultimo è determinato attraverso il rapporto di seguito riportato :

$$\text{Albedo} = \frac{\text{ENERGIA RADIANTE RIFLESSA}}{\text{ENERGIA RADIANTE INCIDENTE}}$$

Il numeratore e il denominatore vengono calcolati rispetto a una data superficie.

Per entrambi i coefficienti, l'intervallo di variazione è compreso tra 0 e 1.

I valori di Ψ e di α sono comunque facilmente determinabili tramite opportune tabelle presenti in letteratura (Appendice - pag. 147).

Un dato necessario, da inserire al numeratore della formula del R.I.E., è rappresentato dalla superficie equivalente delle alberature (Se). Il valore complessivo di Se si determina stabilendo il numero e l'altezza, a maturità, delle alberature descritte nel progetto. Tutta la vegetazione con sviluppo in altezza inferiore ai 4 metri, non viene considerata come alberatura, ma rientra nel calcolo delle superfici trattate a verde. A partire da uno sviluppo in altezza, a maturità, maggiore di 4 m, la Se equivalente è calcolata seguendo la tabella sottostante:

Tabella 4.1. Fonte: Regolamento Urbanistico Edilizio: Scheda tecnica di dettaglio dE 8.4.

Categoria	Descrizione Superficie	Se (m ²)
3	Sviluppo in altezza a maturità tra 4 e 12 m	20
2	Sviluppo in altezza a maturità tra 12 e 18 m	65
1	Sviluppo in altezza a maturità maggiore di 18 m.	115

L'indice R.I.E., applicato all'intero lotto su cui verrà realizzato l'intervento, restituisce un numero compreso tra 0 e 10.

A valori bassi dell'indice, corrispondono superficie completamente o in larga parte asfaltate, prive di spazi verdi; valori prossimi a 10 si ottengono in presenza di superfici verdi, prive di spazi impermeabilizzati. Nel caso di aree urbanizzate, il R.I.E. solitamente assume valori intermedi.

Quindi, questa procedura consente di individuare gli interventi, che tramite azioni di mitigazione e di compensazione, riescono a ridurre l'impatto edilizio sull'ambiente e che dal punto di vista ecologico e paesaggistico, sono da incentivare.

4.4. Applicazione del R.I.E. ai progetti oggetto di studio

La scheda tecnica di dettaglio dE 8.4 descrive le prestazioni minime da garantire per il requisito "Cura del verde, permeabilità e microclima urbano".

Per interventi di nuova costruzione e ristrutturazione globale ad uso residenziale, i valori che l'indice R.I.E. deve raggiungere, per i diversi livelli prestazionali, sono:

- **Livello base** \longrightarrow R.I.E. \geq 4
- **Livello migliorativo** \longrightarrow R.I.E. \geq 5
- **Livello di eccellenza** \longrightarrow R.I.E. \geq 6

I progetti analizzati in questo lavoro di tesi, come già precedentemente sottolineato, hanno tutti richiesto un ampliamento del 20% del Volume totale esistente (Vte), tramite il raggiungimento dei livelli prestazionali di eccellenza, fissati nelle Schede tecniche di dettaglio del RUE. Nella pagina successiva, vengono mostrati i valori dell'indice di Riduzione dell'Impatto Edilizio, dichiarati dai diversi progetti, raggiunti attraverso azioni di mitigazione e compensazione ambientale.

Tabella 4.2. L'indice R.I.E. applicato ai progetti.

INTERVENTO	RIE RICHIESTO	RIE OTTENUTO
Via Spadini 2 (BO)	6	6,1
Via Fleming 23 (BO)	6	6,43
Via Due Madonne 47 (BO)	-	NON APPLICATO
Via Gamberini 1 (BO)	6	6,06
Via Massarenti 183 (BO)	6	6,19
Via Massarenti 209 (BO)	6	6,17
Via Massarenti 221/5 (BO)	6	6,1
Via Vermena 18 (BO)	6	6,26
Viale Felsina 18 (BO)	-	NON APPLICATO

Nella maggior parte dei casi, il R.I.E. è poco maggiore di sei. Oltre che a rispettare i limiti previsti, i risultati ottenuti sono da considerarsi estremamente positivi, dato che valori prossimi a 10 si ottengono solo nel caso di lotti completamente trattati a verde, privi di superfici impermeabilizzate.

Gli interventi di Via due Madonne e di Viale Felsina non hanno applicato la procedura R.I.E., in quanto l'ampliamento è stato realizzato entro sagoma e il rapporto di copertura (superficie coperta / superficie lotto) è maggiore di 0,5.

Incrementare la superficie verde, all'interno di un intervento di costruzione, consente di beneficiare di importanti vantaggi in termini di emissioni di CO₂ assorbite, di abbattimento delle polveri, di miglioramento del microclima urbano e di ottimizzazione dell'impatto visivo. Esprimere attraverso un numero l'effettivo valore di questi benefici è molto articolato. Ad esempio, la capacità delle piante di assorbire CO₂ varia in funzione della luce, della temperatura, della superficie fogliare e del tasso di crescita. Inoltre, alcune piante, funzionano meglio di altre nel rimuovere polveri e inquinanti nell'aria. Un semplice campo incolto di 1000 m², dove possono crescere liberamente piante erbacee e arbustive, privo di

alberi, riesce ad assorbire in un anno circa un kg di CO₂ presente in atmosfera. La stessa quantità viene assorbita da una superficie boscata nettamente inferiore: ne bastano solamente 100 m².²⁰

A causa di questa complessità, nel seguito ci limiteremo ad analizzare come il Regolamento Urbanistico Edilizio, con il requisito E 8.4, obbliga i progettisti a prendere atto dell'importanza della cura del verde e ad adottare strumenti di mitigazione e compensazione ambientale, tra cui il verde pensile. A tale scopo si sono definiti due indici, di seguito illustrati.

1. Indice di permeabilità I.P.

E' dato dal rapporto tra la superficie permeabile e la superficie totale del lotto.

$$I.P. = \frac{\text{SUPERFICIE PERMEABILE IN M}^2}{\text{SUPERFICIE LOTTO IN M}^2}$$

Con superficie permeabile, coerentemente alla definizione presente nel Regolamento del Verde del Comune di Bologna, si intende la parte di lotto che viene lasciata libera da pavimentazioni o costruzioni che impediscono alle acque meteoriche di raggiungere la falda. Negli interventi analizzati quest'area corrisponde a giardini, aree verdi, prati, orti, superfici boscate e agricole.

L'indice di permeabilità applicato ai progetti restituisce valori significativi, quasi sempre maggiore del 50%. Questo equivale a dire che il lotto è ricoperto, per più della metà, da una superficie permeabile. L'I.P. meno elevato si verifica per Via Massarenti 209; per raggiungere un R.I.E. pari a sei, sarà fondamentale un uso cospicuo di verde pensile. Il secondo dato più basso si registra per l'intervento in Via due Madonne, con un I.P. uguale a 36,51%; ma come già osservato precedentemente, insieme a Viale

²⁰ Fonte: <http://ww.legambientecarrara.it>.

Felsina, rientra nei casi in cui si è ottenuto una deroga per l'applicazione del R.I.E , dato che il rapporto di copertura è superiore a 0,5.

I risultati ottenuti dal calcolo dell'indice di permeabilità sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 4.3. Gli indici di permeabilità.

INTERVENTO	SUPERFICIE NON TRATTATA A VERDE (m ²)	SUPERFICIE PERMEABILE (m ²)	SUPERFICIE LOTTO (m ²)	INDICE PERMEAB. I.P.
Via Spadini 2 (BO)	1378,02	3613	4991,02	72,39%
Via Fleming 23 (BO)	366,9	535,32	902,22	59,33%
Via Due Madonne 47 (BO)	483,35	278	761,35	36,51%
Via Gamberini 1 (BO)	713,84	586	1299,84	45,08%
Via Massarenti 183 (BO)	325,41	350,48	675,89	51,85%
Via Massarenti 209 (BO)	620,12	309,88	930	33,32%
Via Massarenti 221/5 (BO)	1307,52	1457,12	2764,64	52,71%
Via Vermena 18 (BO)	61,69	100,14	161,83	61,88%
Viale Felsina 18 (BO)	-	-	-	-

2. % VERDE PENSILE .

La percentuale è stata calcolata considerando la superficie totale del verde pensile installato, rispetto all'area totale del lotto.

$$\% \text{ VERDE PENSILE} = \frac{\text{SUPERFICIE VERDE PENSILE IN M}^2}{\text{SUPERFICIE LOTTO IN M}^2}$$

Nella pagina successiva, vengono mostrati i valori per i progetti studiati.

Tabella 4.4. La percentuale di verde pensile inserito.

INTERVENTO	VERDE PENSILE	VERDE PENSILE m ²	% VERDE PENSILE
Via Spadini 2 (BO)	SI	271	5,43%
Via Fleming 23 (BO)	SI	64,07	7,10%
Via Due Madonne 47 (BO)	NO	-	-
Via Gamberini 1 (BO)	SI	452,2	34,79%
Via Massarenti 183 (BO)	SI	27,75	4,11%
Via Massarenti 209 (BO)	SI	401,98	43,22%
Via Massarenti 221/5 (BO)	SI	947,36	34,27%
Via Vermena 18 (BO)	SI	58,57	36,19%
Viale Felsina 18 (BO)	NO	-	-

Analizzando parallelamente i due indici appena illustrati, è possibile osservare come, solitamente, per bassi valori del primo, aumenti notevolmente il verde pensile inserito.

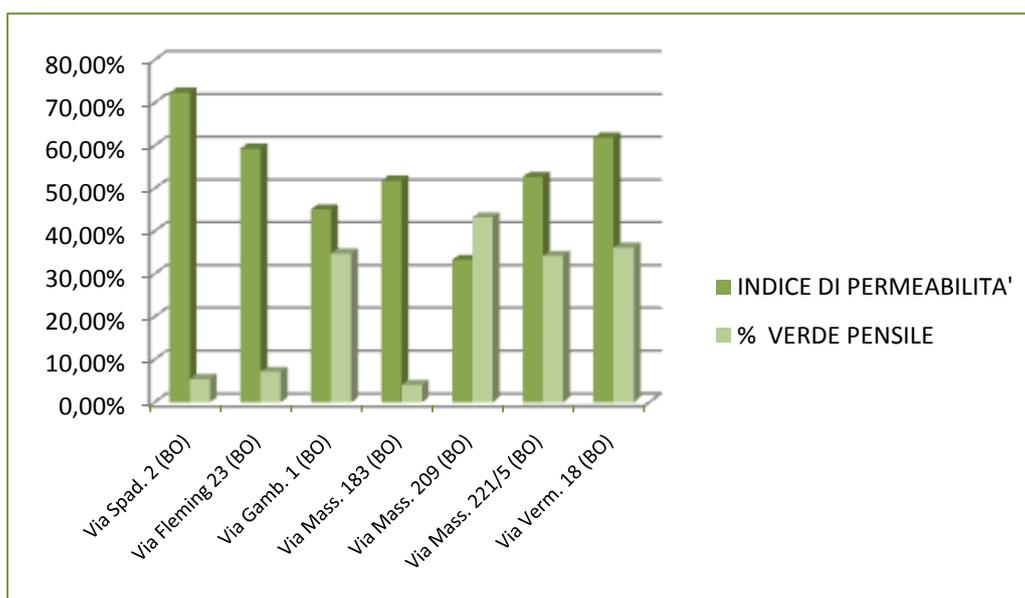


Figura 4.3. Confronto tra l'I.P. e la % di verde pensile.

La percentuale di verde pensile più alta si verifica per l'intervento in Via Massarenti 209, in corrispondenza del quale si ha l'indice di permeabilità minore. L'opposto, invece, avviene in Via Spadini, dove ad un alto valore dell'I.P. si contrappone una bassa percentuale di tecnologie per il verde pensile. Nell'istogramma precedente non sono stati riportati i casi di Via Due Madonne e di Viale Felsina, dato che non applicano la procedura R.I.E.

Per completezza, sono riportate le superfici equivalenti delle alberature, inserite nei progetti per conseguire i valori di eccellenza dell'indice di Riduzione dell'Impatto Edilizio.

Tabella 4.5. Le superfici equivalenti delle alberature.

INTERVENTO	S. E. ALBERATURE (m²)
Via Spadini 2 (BO)	665
Via Fleming 23 (BO)	445,4
Via Due Madonne 47 (BO)	490,75
Via Gamberini 1 (BO)	755
Via Massarenti 183 (BO)	360
Via Massarenti 209 (BO)	218,14
Via Massarenti 221/5 (BO)	685
Via Vermena 18 (BO)	130
Viale Felsina 18 (BO)	-

4.5. Il verde pensile

Con il termine verde pensile si intende il giardino ornamentale costruito sopra ad un solaio artificiale in calcestruzzo (es. terrazzo, tetto, garage interrato, pensilina), invece che sul terreno vegetale libero.

All'art. 2, comma 5, del D.P.R. 02/04/05 si definiscono come coperture a verde:

" Le coperture dotate di un sistema che utilizza specie vegetali in grado di adattarsi e svilupparsi nelle condizioni ambientali caratteristiche della copertura di un edificio. Tali coperture sono realizzate tramite un sistema strutturale che prevede, in particolare, uno strato colturale opportuno sul quale radicano associazioni di specie vegetali, con minimi interventi di manutenzione nelle coperture a verde estensivo, o con interventi di manutenzione media e alta in coperture a verde intensivo."

Nel paragrafo precedente, si è dimostrata l'importanza del verde pensile come strumento portante per ridurre l'impatto generato dalle costruzioni edilizie.

Il nuovo Regolamento Urbanistico Edilizio, in un certo senso, impone ai progettisti l'utilizzo del verde pensile per soddisfare i livelli prestazionali richiesti. Per i soli progetti pervenuti negli ultimi due anni al Comune di Bologna e che applicano i livelli di eccellenza, la superficie totale di verde pensile installato è pari a circa 2200 mq. Questo è un dato estremamente positivo, se si considera che nell'uso attuale il verde pensile presente è quasi del tutto nullo.

Le principali tipologie di verde pensile sono:

1. coperture di tipo estensivo: particolarmente utilizzate su superfici piane di grandi dimensioni (capannoni commerciali e industriali);
2. coperture di tipo intensivo: impiegate per la realizzazione di veri e propri giardini su qualsiasi tipo di superficie pensile.²¹

I costi e le esigenze di manutenzione crescono andando dall'estensivo all'intensivo. I benefici ambientali connessi all'utilizzo dei giardini pensili sono molteplici; ne vengono descritti, sinteticamente, i più importanti.

- Risparmio sui costi per il condizionamento invernale ed estivo dell'edificio.
Il verde pensile sulle coperture funge da isolante termico aggiuntivo, diminuendo la dispersione di calore verso l'esterno in inverno e limitando il riscaldamento delle superfici in estate.

²¹ Fonte:[http:// www.aivep.org/giardino/](http://www.aivep.org/giardino/).

- Gestione delle acque meteoriche.

La crescente urbanizzazione influisce sul naturale processo di filtrazione delle acque piovane e successiva alimentazione delle falde. L'aumento delle superfici impermeabilizzate genera un rapido deflusso delle acque verso le reti urbane di drenaggio. In tal senso, il verde pensile può rappresentare un'ottima soluzione per garantire alle acque meteoriche il naturale ciclo di captazione e restituzione all'ambiente, rispettivamente mediante l'infiltrazione e l'evapotraspirazione (evaporazione dal terreno e traspirazione dalle piante).

- Trattenimento delle polveri.

Le piante hanno una notevole capacità di filtrare e di assorbire le polveri presenti in atmosfera.

- Riduzione della diffusione sonora.

Il verde pensile, grazie alla sua struttura non omogenea, rappresenta un utile strumento per la riduzione dell'inquinamento acustico, diminuendo la trasmissione del suono all'interno dell'edificio e limitandone la riflessione verso l'esterno.

- Miglioramento del clima.

I processi di evaporazione ed evapotraspirazione delle piante, contribuiscono ad abbassare i picchi di temperatura dell'ambiente circostante, migliorando il microclima urbano. Inoltre, la presenza di aree verdi favorisce il rimescolamento delle masse d'aria, andando a contrastare il deposito degli inquinanti in atmosfera.

Capitolo 5: Risparmio e riuso delle acque

5.1. Premessa

L'acqua è essenziale per la vita sul pianeta. La nostra esistenza e le nostre attività economiche dipendono completamente da questa preziosa risorsa che, a livello globale, è spesso limitata.

Sulla Terra l'acqua copre il 71% della superficie, di cui circa il 97% è salata. La presenza del sale, impedisce l'utilizzo dell'acqua proveniente dai mari e dagli oceani, in qualsiasi ambito di tipo civile, agricolo o industriale. Il sale, infatti, elimina la fertilità dei terreni e causa notevoli danni alle componenti meccaniche. L'acqua dolce rappresenta solo il 2,5 % del volume totale d'acqua presente sul pianeta; di questo volume:

1. oltre il 69% si trova sottoforma di ghiacciai;
2. il 30% compone riserve d'acqua sotterranee;
3. e solo meno dell'1% si trova in laghi, fiumi o bacini.

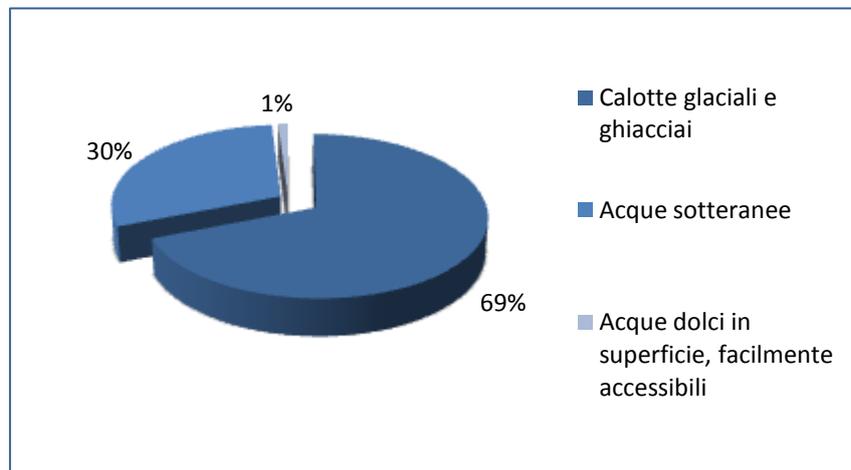


Figura 5.1. Le acque dolci sulla Terra.

I cambiamenti climatici, la crescita della popolazione mondiale, l'inquinamento, lo sviluppo industriale, stanno determinando e determineranno sempre di più una

minore disponibilità della risorsa idrica, fino a delineare situazioni di vera e propria scarsità.

Nel 2003, il World Water Development Report dell'Unesco²² indica espressamente che nei prossimi vent'anni la quantità d'acqua disponibile, per ogni abitante del pianeta, diminuirà del 30%, rendendo questa risorsa ancora più preziosa.

L'emergenza idrica è ancor più sottolineata da alcuni dati emersi durante il Terzo Forum dell'acqua (Kioto 2003):

- un miliardo e mezzo di abitanti della terra vivono senza acqua potabile;
- due miliardi non possono contare su rifornimenti idrici adeguati;
- cinque milioni di persone, di cui un milione e trecentomila al di sotto dei cinque anni, muoiono ogni anno per mancanza di acqua;
- il 70% delle risorse idriche sono utilizzate in agricoltura, dove si registrano le perdite maggiori per evaporazione;
- il 20% delle risorse idriche è utilizzato nei processi industriali.²³

L'acqua, dunque, deve essere considerata una risorsa limitata da proteggere e salvaguardare. Sia a livello mondiale che locale, è necessario promuovere un uso sostenibile delle risorse idriche, destinato a soddisfare il fabbisogno attuale, senza compromettere la capacità delle future generazioni di rispondere alle proprie esigenze. Uno sviluppo sostenibile, infatti, è possibile solo se:

- a tutti, viene garantito un accesso continuo e duraturo alle risorse naturali;
- vengono evitati danni permanenti all'ambiente.

Gli attuali problemi idrici, relativi al deterioramento della qualità e quantità

²² Il World Water Report è il risultato della collaborazione e degli sforzi congiunti di 26 membri dell'UN-Water, dei paesi partner, di Organizzazioni non Governative, gruppi di esperti e tecnici e centinaia di contributi di "portatori di interesse". Il report viene pubblicato ogni tre anni e l'ultima edizione è stata presentata in Turchia, nel 2009.

²³ Lafratta Pietro, Stumenti innovativi per lo sviluppo sostenibile, Franco Angelis s.r.l., Milano, 2004, pp. 66-67.

dell'acqua, hanno indotto il Consiglio Europeo ad intraprendere un significativo programma di azioni per la protezione e gestione delle acque.

Con la Direttiva 2000/60/CE, l'Unione Europea istituisce un quadro per la protezione delle :

Acque interne superficiali —————> tutte le acque superficiali correnti o stagnanti, presenti sul territorio di un Stato membro, ad eccezione di quelle sotterranee;

Acque sotterranee —————> tutte le acque che si trovano sotto la superficie del suolo;

Acque di transizione —————> i corpi idrici superficiali in prossimità della foce del fiume, che sono parzialmente di natura salina a causa della loro vicinanza alle acque costiere, ma influenzati dai flussi di acqua dolce;

Acque costiere —————> le acque al di fuori del limite della linea di bassa marea o del limite esterno di un estuario.

Gli obiettivi principali che la Direttiva si prefigge sono:

- la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento dei corpi idrici superficiali, al fine di raggiungere un buono stato chimico ed ecologico entro il 2015;
- proteggere, migliorare e ripristinare le condizioni delle acque sotterranee;
- il miglioramento delle condizioni degli ecosistemi acquatici;
- la promozione di un utilizzo sostenibile dell'acqua;
- la protezione dell'ambiente;

- la mitigazione degli effetti dovuti alla siccità.²⁴

Le disposizioni della Direttiva europea 2000/60 vengono recepite, a livello nazionale, dalla D.Lgs 152/06 (Testo unico ambientale). Il nuovo decreto ha ripreso sostanzialmente le indicazioni e le strategie individuate dal precedente D.Lgs. 152/99, ora abrogato, riscrivendo però la sezione relativa alla classificazione dei corpi idrici e gli obiettivi della qualità ambientale. A tal proposito, il D.lgs 152/06 stabilisce che ogni corpo idrico significativo superficiale deve conseguire, entro il 2015, l'obiettivo della qualità ambientale corrispondente allo stato "buono" e deve essere mantenuto lo stato "elevato", dove già esistente.

Coerentemente a quanto definito dalla Direttiva europea 2000/60 e dal D.Lgs 152/99, a livello regionale, il Piano di Tutela delle Acque è lo strumento volto a raggiungere gli obiettivi di qualità ambientale delle acque della Regione e a garantire un approvvigionamento idrico sostenibile nel lungo periodo. In Emilia Romagna, il PTA è stato approvato in via definitiva con Delibera n.40 dell'Assemblea legislativa, il 21 Dicembre 2005. Il Piano, rispetto alla risorsa acqua, affronta sia problematiche di tipo quantitativo (risparmio, riuso, perdite di rete, ecc...), che aspetti di tipo qualitativo (depurazione e gestione delle acque reflue, accumulo e filtraggio delle acque meteoriche, inquinamento, ecc..). Il PTA, inoltre, identifica i bacini idrici significativi, individua le pressioni e i carichi ambientali a cui sono sottoposte le risorse idriche e delinea le tendenze dei consumi idrici nel settore civile, agricolo e industriale.²⁵

5.2. I prelievi idrici

I prelievi idrici che si verificano nel settore civile, industriale, energetico ed agro-zootecnico incidono in maniera differente sul volume d'acqua totale richiesto.

²⁴ Fonte: http://europa.eu/legislation_summaries/agriculture/environment/128002b_it.htm.

²⁵ Fonte: <http://www.regione.emilia-romagna.it>

1. Uso civile

In questa categoria rientrano non solo gli usi prettamente domestici, ma anche quelli che vengono realizzati presso le attività commerciali, le attività turistiche, gli uffici e i servizi pubblici (es. scuole, ospedali, ecc..). Nell'ambito domestico, l'acqua non viene utilizzata solo per bere, cucinare e pulire, ma trova altri impieghi, come l'irrigazione dei giardini privati e il lavaggio delle auto.

Solo parte dell'acqua destinata agli usi civili è effettivamente potabile. L'acqua potabile deve rispettare alcuni vincoli dettati dalle leggi, riguardanti le concentrazioni massime ammissibili per parametri di tipo fisico, chimico, biologico ed organolettico.

2. Uso industriale

In campo industriale l'acqua viene utilizzata per la lavorazione delle materie prime, per la produzione di manufatti, per il lavaggio e come solvente. Il suo impiego è fondamentale nei processi di lavorazione per la produzione di vapore e per il raffreddamento. I settori industriali più idroesigenti sono quelli nel campo della metalmeccanica, tessile, delle calzature, della plastica e della gomma.

3. Uso energetico

Le centrali idroelettriche e quelle termoelettriche prelevano grandi quantitativi di risorse idriche, rispettivamente per produrre energia elettrica e per il raffreddamento. Anche se buona parte dell'acqua prelevata viene restituita al sistema idrico, si tratta tuttavia di una situazione antropica che può comportare situazioni di criticità, soprattutto nei periodi di scarsa piovosità. Le pressioni ambientali si generano a partire dalle forti alterazioni del deflusso naturale dei corsi d'acqua e degli equilibri ecologici.

4. Uso agro-zootecnico

L'agricoltura è il settore che consuma la quota maggiore di acqua. In Italia, circa il 57,3% delle risorse idriche è destinato all'irrigazione dei campi, ma un enorme quantitativo di quest'acqua viene di fatto sprecata. Basta considerare che elevate quantità di prodotti agricoli non vengono impiegati per l'alimentazione, ma vanno incontro al deterioramento, in quanto non assorbite dal mercato. L'irrigazione a getto continuo, inoltre, comporta un'alta percentuale di perdita d'acqua, che può avvenire attraverso le condutture di distribuzione e per effetto dell'evaporazione.

Grandi volumi d'acqua vengono adoperati anche per l'allevamento di bestiame e pollame.

A livello mondiale, l'agricoltura è di gran lunga il maggior consumatore di acqua, accaparrandosi circa il 69% di tutti i prelievi; segue l'industria a cui viene addebitata una quota pari al 21% , mentre l'uso civile/domestico conta per il 10%.

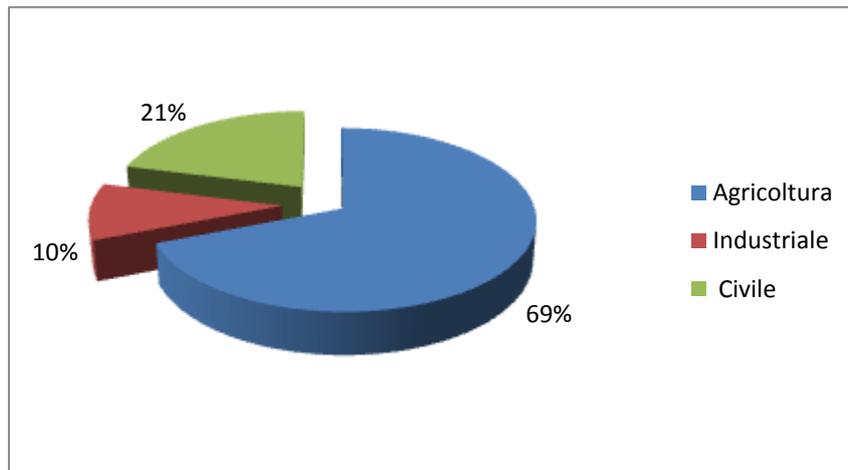


Figura 5.2. I prelievi idrici a livello mondiale.

Di seguito, vengono confrontati i dati sui prelievi idrici, per settore, in Emilia Romagna, con quelli che si ottengono a livello nazionale ed europeo. Nel raffronto si è tenuto conto anche del settore energetico, dato che, come già precedentemente detto, i volumi d'acqua chiamati in causa sono ingenti.

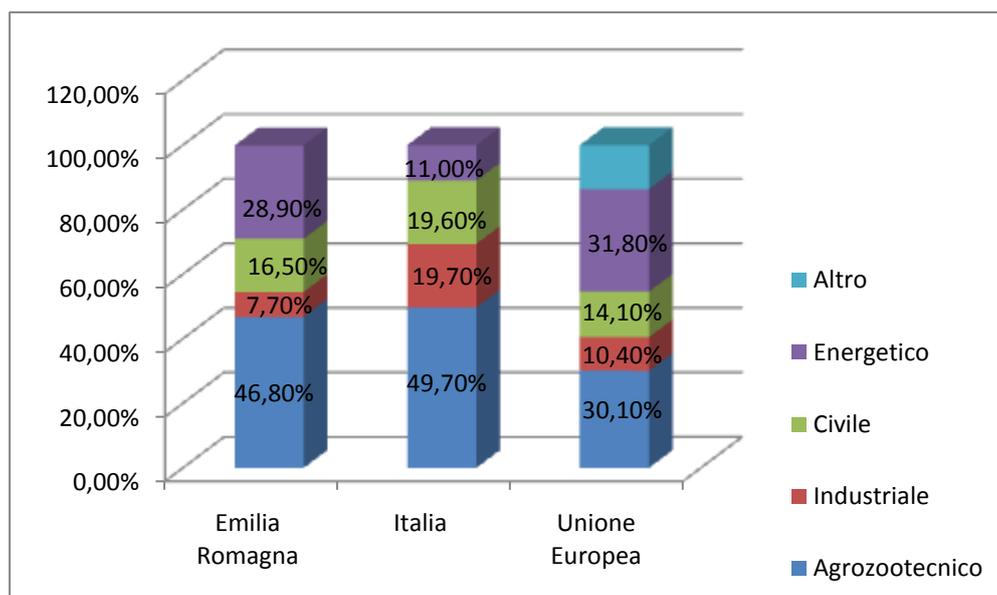


Figura 5.3. Prelievi idrici per settore in Emilia Romagna e confronto con il panorama nazionale ed europeo. Fonte dati: Piano di Tutela delle Acque, regione Emilia Romagna (<http://www.regione.emilia-romagna.it>).

Analizzando l'istogramma precedente, è possibile effettuare alcune considerazioni.

1. I maggiori prelievi idrici regionali sono connessi al settore agro-zootecnico, analogamente a quanto accade a livello nazionale. Il dato medio europeo, per lo stesso settore, è invece inferiore. Questo ribasso è determinato dai prelievi idrici che si verificano nei paesi del nord Europa, molto più bassi rispetto a quelli che si realizzano nei paesi del sud. In Finlandia, ad esempio, solo il 2,4% del volume totale d'acqua richiesto è destinato al settore agro-zootecnico.
2. Nel settore industriale, i prelievi regionali risultano in diminuzione e inferiori alla media nazionale.
3. In Emilia Romagna, il settore energetico si conferma una fonte di pressione per l'equilibrio del sistema idrico, in quanto incide sul totale dei prelievi per circa il 30%, valore simile alla media dei Paesi dell'Unione Europea.
4. Per gli usi civili, la percentuale d'acqua prelevata, sul volume totale, è più o meno simile sia a livello europeo, che nazionale e regionale.

5.3. La gestione delle acque nel Comune di Bologna

L'Amministrazione Comunale ha pianificato e in parte avviato azioni volte a :

1. migliorare e valorizzare il sistema delle acqua del territorio bolognese;
2. ridurre i consumi idrici.

Per il raggiungimento del primo obiettivo, è necessario:

- analizzare le attività di scarico presenti sul territorio e definire, di conseguenza, le pressioni che i diversi settori esercitano sui vari tratti della rete idrica;
- individuare azioni di risanamento e riqualificazione, al fine di ridurre l'impatto sull'ambiente e di raggiungere gli obiettivi qualitativi imposti dalla normativa.

Il secondo obiettivo che il Comune di Bologna si è prefissato, comporta l'implementazione di soluzioni tecniche e organizzative, volte al risparmio idrico. A tal proposito, il Comune, in collaborazione con il Centro Antartide²⁶, ha promosso il progetto "AcquaBo". L'idea di base è quella di incentivare l'utilizzo di dispositivi per il risparmio idrico e di sviluppare una nuova "cultura" dell'acqua, attraverso interventi educativi e di comunicazione.

L'Amministrazione Comunale, inoltre, ha definito una nuova politica tariffaria, applicata alle utenze domestiche, che va a premiare i risparmi idrici e a contrastare gli sprechi della risorsa. La nuova tariffazione garantisce, ad ogni persona, il necessario quantitativo d'acqua giornaliero (150 litri/giorno), ad un prezzo agevolato, penalizzando chi sostiene consumi maggiori²⁷.

²⁶ Il Centro Antartide, a partire dal 1992, agisce nel campo dello studio, dell'educazione, della comunicazione ambientale e sociale intervenendo su temi del risparmio idrico, della mobilità sostenibile, dell'energia, della qualità urbana, ecc...

²⁷ Comune di Bologna, La sostenibilità a Bologna. Rapporto 2008; pp. 32-33. pag 102.

Ulteriori azioni sono state intraprese al fine di ridurre le perdite di reti. La quantità d'acqua che viene persa tra il prelievo e l'effettiva erogazione è ancora molto elevata e pari a circa il 30%. Le perdite di rete sono ottenute dalla somma di due componenti, di seguito descritte.

1. Perdite reali.

Sono le perdite d'acqua che si verificano nei punti di connessione delle tubature della rete o a causa della rottura delle stesse. Le perdite fisiche saranno ridotte tramite la distrettualizzazione delle reti, la ricerca attiva delle perdite e la riduzione della pressione di esercizio.

2. Perdite apparenti

Rappresentano l'insieme dei consumi autorizzati, ma non fatturati. L'ottimizzazione della misura dei volumi consumati sarà realizzata tramite l'installazione di contatori di maggiore precisione.

Nel paragrafo precedente, abbiamo osservato come la maggior parte dei prelievi d'acqua sono destinati al settore agro-zootecnico e al settore industriale, ma risparmi idrici considerevoli possono essere ottenuti anche in ambito civile. È importante promuovere e diffondere un uso più sostenibile dell'acqua, considerando soprattutto che l'utilizzo, nel settore civile, interessa la forma più preziosa di questa risorsa, quella potabile. Un atteggiamento di risparmio nel contesto domestico è quindi un comportamento responsabile per il rispetto delle future generazioni. In Emilia Romagna, ogni abitante consuma mediamente 170/180 litri di acqua al giorno; molta di quest'acqua serve per alimentare le cassette dei WC, per l'igiene personale e solo una piccolissima parte (3/5%) è utilizzata a scopo idro-potabile.

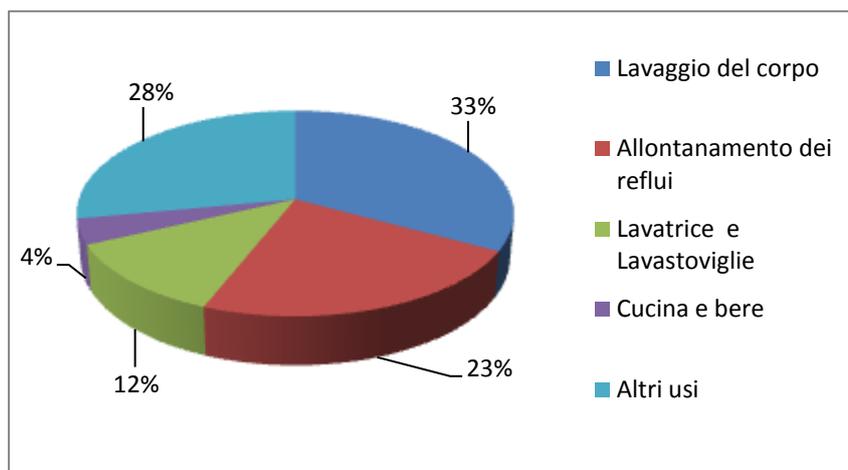


Figura 5.4. Ripartizione dei consumi medi giornalieri a Bologna.
 Fonte dati: <http://www.comune.bologna.it/ambiente/servizi/6:3456/5660/#>.

L'obiettivo che il Comune di Bologna si prefigge, coerentemente a quanto dichiarato nel Piano di Tutele delle Acque, è di abbassare il consumo d'acqua giornaliero a 150 litri. A tale scopo, importanti disposizioni normative sono state introdotte negli strumenti di pianificazione urbanistica (Piano Strutturale Comunale, Piano Operativo Comunale e Regolamento Urbanistico Edilizio).

5.3.1. Il progetto "Aquasave"

"Aquasave" è un importante progetto, coordinato dall'Enea e finanziato dall'Unione Europea, a cui hanno collaborato diversi enti pubblici e aziende private, tra i quali il Comune di Bologna. Il progetto si è posto l'obiettivo di valutare la potenzialità del risparmio d'acqua potabile nelle abitazioni, tramite un nuovo modello sperimentale di gestione della risorsa, applicato ad una palazzina di otto appartamenti, costruita a Bologna²⁸. Il progetto dimostra la possibilità di razionalizzare l'uso dell'acqua potabile applicando alcune tecnologie di riduzione dei consumi, di riuso dell'acqua meteorica e di riciclo delle acque grigie. Il potenziale risparmio di acqua potabile, derivante dal sistema descritto nel progetto

²⁸ <http://www.bologna.enea.it/ambtd/aquasave-doc/aquas-ita.htm>.

"Aquasave", rispetto ad un impianto tradizionale, è risultato essere pari al 50%, di cui:

- il 30% per mezzo di dispositivi a basso consumo;
- il 15% tramite il riuso dell'acqua grigia;
- il 5% attraverso l'impiego di acqua piovana.

Il progetto "Aquasave" rappresenta, quindi un importante esempio di risparmio e di riuso delle acque, a cui i progettisti e gli imprenditori edili possono far riferimento.

5.4. Scheda tecnica di dettaglio: "Risparmio e riuso delle acque"

Nella scheda tecnica di dettaglio dE 9.1, vengono definiti gli standard da garantire affinché il requisito E 9.1 "Risparmio e riuso delle acque", descritto all'art. 56 del RUE, possa dirsi effettivamente assolto.

Per gli interventi di nuova costruzione, la scheda fissa livelli prestazionali diversificati:

Livello base	—————→	150 litri/ abitante equivalente giorno
Livello migliorativo	—————→	130 litri/ abitante equivalente giorno
Livello di eccellenza	—————→	120 litri/ abitante equivalente giorno

Il raggiungimento del livello migliorativo o di eccellenza contribuisce, insieme alle altre componenti (energia, verde ed inerti), all'ottenimento dell'ampliamento del Volume totale esistente (Vte). Il RUE, come più volte richiamato, fissa le prestazioni che devono essere necessariamente rispettate, ma non vincola all'adozione di una particolare applicazione. I livelli prestazionali possono essere soddisfatti, quindi, ricorrendo a una o più delle seguenti soluzioni:

- installazione di dispositivi per il risparmio idrico;
- recupero delle acque meteoriche;
- riutilizzo delle acque grigie.

Di seguito, verranno illustrati i risultati raggiunti dai progetti oggetto di studio di questo lavoro di tesi, inerenti al requisito E 9.1.

5.4.1. Riduzione del consumo tramite idonei dispositivi

Negli interventi di nuova costruzione, il progetto deve prevedere:

- l'installazione di idonei dispositivi, tra loro compatibili, per limitare l'uso d'acqua potabile;
- l'installazione di contatori individuali di acqua potabile per ogni unità immobiliare.

Tra i possibili dispositivi, che possono essere installati all'interno del sistema idro-sanitario, se ne descrivono i più importanti.

1. Frangigetto

Il frangigetto, detto anche riduttore di flusso, è un piccolo apparecchio che consente di ridurre la quantità d'acqua in uscita da un rubinetto. Di solito, è costituito da un sistema a spirale, che imprime all'acqua un movimento circolare, aumentandone la velocità e da un gruppo di retine e fori, che miscelando l'acqua con l'aria, va ad aumentare il volume del getto in uscita. Attraverso il frangigetto è possibile, quindi, diminuire la quantità d'acqua in uscita dal rubinetto senza ripercussioni sulla resa lavante o il comfort.



Figura 5.5. Il frangigetto.

Questi dispositivi sono caratterizzati da una bassa complessità di montaggio e da un costo d'acquisto non elevato.

2. Docce a basso consumo

Al fine di ridurre il consumo d'acqua, nelle docce è possibile montare appositi riduttori di flusso.



Figura 5.6. Esempio di riduttore di flusso da montare nelle docce.

Fonte: <http://www.regione.emilia-romagna.it>.

Tali dispositivi consentono di ottenere risparmi idrici significativi, senza alterare la funzionalità idrosanitaria della doccia.²⁹

WC a doppio pulsante

Oltre il 23% dei consumi d'acqua domestici è generato dallo scarico dei WC. L'installazione di cassette di scarico dotate di doppio tasto, o di

²⁹ Fonte:<http://www.regione.emilia-romagna.it>.

regolatore di flusso, che eroga quantità d'acqua diverse a seconda delle necessità, permette di risparmiare decine di migliaia di acqua in un anno.



Figura 5.7. Cassetta provvista di doppio scarico o di tasto regolatore di flusso.

Fonte: <http://www.regione.emilia-romagna.it>.

Sistema di irrigazione a basso consumo

Una delle possibili soluzioni per limitare il consumo d'acqua in giardino è un sistema di irrigazione "a goccia", programmabile con il timer. Le piante avranno il giusto apporto d'acqua e si otterranno grossi benefici a livello di consumo idrico.

Naturalmente, per ottimizzare il risparmio idrico nel settore domestico, è necessario adottare delle "buone pratiche" comportamentali, come lavatrici e lavastoviglie a pieno carico, attenzione nel consumo dell'acqua durante l'igiene personale, ecc....La descrizione dettagliata di queste pratiche comportamentali esula da questo lavoro di tesi, in quanto il Regolamento Urbanistico Edilizio, fornendo delle linee guide progettuali, volte ad incentivare la sostenibilità in ambito edilizio, si rivolge ai progettisti e agli imprenditori edili.

In relazione ai progetti analizzati in questo lavoro di tesi, i risparmi idrici ottenuti, tramite i dispositivi suddetti, sono riportati nella tabella successiva. Le applicazioni effettivamente installate sono state descritte nel secondo capitolo, contemporaneamente alla presentazione dei progetti analizzati.

Tabella 5.1. I risparmi idrici ottenuti tramite l'impiego di dispositivi.

INTERVENTO	RISPARMIO DA DISPOSITIVI (litri/anno)	NUMERO ABITANTI EQUIVALENTI (a. e.)	RISPARMIO DA DISPOSITIVI (litri/gg a.e.)
Via Spadini 2 (BO)	DISPOSITIVI INSERITI	90	DISPOSITIVI INSERITI
Via Fleming 23 (BO)	151840,00	13	32,00
Via Due Madonne 47 (BO)	368000,00	29	34,77
Via Gamberini 1 (BO)	1261440,00	64	54,00
Via Massarenti 183 (BO)	158543,00	11	39,49
Via Massarenti 209 (BO)	291270,00	38	21,00
Via Massarenti 221/5 (BO)	DISPOSITIVI INSERITI	87	DISPOSITIVI INSERITI
Via Vermena 18 (BO)	54750,00	5	30,00
Viale Felsina 18 (BO)	DISPOSITIVI INSERITI	200	DISPOSITIVI INSERITI

Nel caso di Via Spadini, Via Massarenti 221 e viale Felsina, data l'obbligatorietà, i dispositivi vengono inseriti, ma non è stato possibile riportare una stima del risparmio idrico ottenuto, poichè nel progetto non viene descritto, in modo dettagliato, l'impianto idrico-sanitario. I risparmi maggiori si verificano per Via Gamberini e via Massarenti, con rispettivamente 54 e 39,5 litri/abitante equivalente giorno. Considerando che in questi interventi non è previsto nessun tipo di recupero delle acque grigie, valori così alti si dimostrano indispensabili, al fine di raggiungere la prestazione richiesta dal RUE.

5.4.2. Il recupero delle acque meteoriche

Gli interventi di nuova costruzione, che applicano i livelli migliorativi del RUE, devono valutare la possibilità di inserire un sistema di captazione, separazione di prima pioggia, trattamento, disinfezione (per la conservazione) e accumulo, preferibilmente interrato, delle acque meteoriche provenienti dal coperto degli edifici. Contemporaneamente, occorre progettare una rete duale di adduzione e distribuzione all'interno e all'esterno dell'organismo edilizio, per gli usi non potabili di servizio igienico (WC, lavatrici, lavastoviglie) e per l'irrigazione del verde.

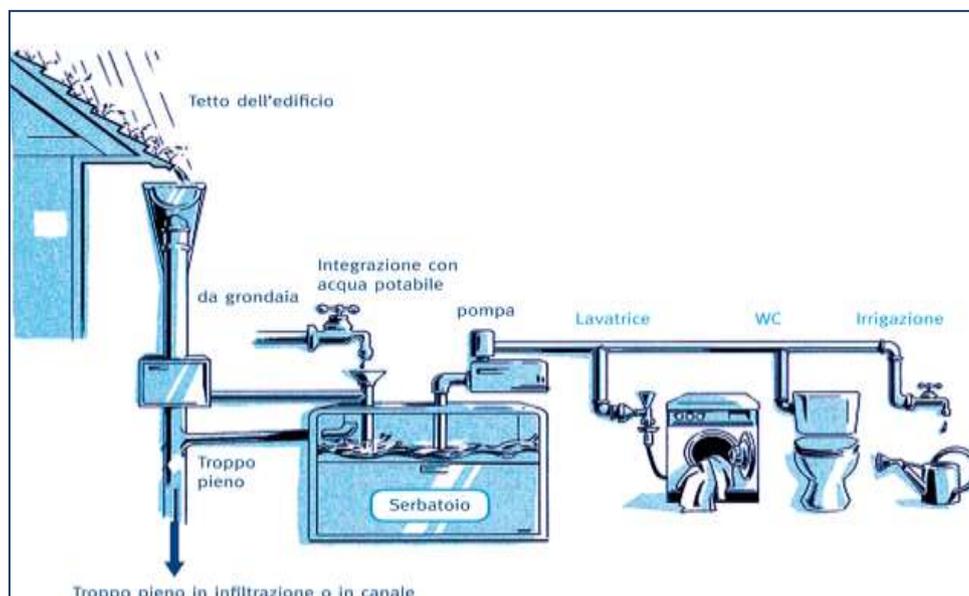


Figura 5.8. Shema recupero delle acque meteoriche.

Fonte immagine: <http://www.provinz.bz.it/agenzia-ambiente/>.

Il funzionamento di un generico sistema di recupero è di seguito riportato.

L'acqua piovana proveniente dai tetti e altre coperture, raccolta da un'apposita rete, viene fatta fluire verso l'impianto; successivamente, scartata l'acqua di prima pioggia, altamente inquinata, viene filtrata, disinfettata ed inviata al serbatoio di stoccaggio. Tramite una pompa, l'acqua viene prelevata dalla cisterna e portata nelle condotte che alimentano gli scarichi dei WC, lavatrici e lavastoviglie. La Scheda tecnica di dettaglio dE 9.1 del Rue indica la dimensione minima della cisterna, calcolata applicando la seguente formula:

$$\text{VOLUME CISTERNA} = S_c \text{ [m}^2\text{]} * 0,03\text{[m]}$$

dove:

S_c = indica le superfici interessate dalla raccolta delle acque meteoriche.

Realizzare il recupero delle acque meteoriche, generalmente richiede delle attenzioni particolari nella scelta:

- dei materiali con cui verranno realizzate le coperture;
- della posizione della cisterna: distante da fonti di inquinamento e chiusa ermeticamente per evitare il passaggio della luce;
- del materiale di rivestimento del serbatoio.

Per i casi oggetto di studio, si è proceduto a determinare la quantità d'acqua meteorica recuperata, calcolando, precedentemente, il rapporto tra la superficie di captazione e il numero di abitanti equivalenti dichiarati.

Tabella 5.2. I risultati del calcolo del rapporto tra la superficie di captazione e il numero di abitanti equivalenti.

INTERVENTO	SUPERFICIE DI CAPTAZIONE SC (m ²)	NUMERO ABITANTI EQUIVALENTI (A. e.)	SC/A.e.
Via Spadini 2 (BO)	1586	90	17,62
Via Fleming 23 (BO)	193	13	14,85
Via Due Madonne 47 (BO)	259,8	29	8,96
Via Gamberini 1 (BO)	400	64	6,25
Via Massarenti 183 (BO)	125	11	11,36
Via Massarenti 209 (BO)	/	38	/
Via Massarenti 221/5 (BO)	600	87	6,9
Via Vermena 18 (BO)	89,43	5	17,88
Viale Felsina 18 (BO)	2100	200	10,50

In Via Massarenti 209, non viene riportato il valore della superficie di captazione, in quanto non è prevista la realizzazione di un impianto di raccolta delle acque meteoriche. Inoltre, per i progetti che non indicano il numero di abitanti equivalenti, si è effettuata una stima, considerando un numero pari a 4 persone per singola unità abitativa.

Successivamente, il rapporto Sc/A.e. è stato moltiplicato per la piovosità media annua di Bologna (0,7 m/anno), in modo tale da ottenere i m³ per abitante equivalente annuo.

Tabella 5.3. I recuperi meteorici per i diversi progetti.

INTERVENTO	RECUPERO METEORICO (m ³ / a.e. anno)	RECUPERO METEORICO (litri/a.e. giorno)	RECUPERO METEORICO NETTO (litri/a.e. giorno)
Via Spadini 2 (BO)	12,34	33,80	20,00
Via Fleming 23 (BO)	10,39	28,47	28,47
Via Due Madonne 47 (BO)	6,27	17,17	13,41
Via Gamberini 1 (BO)	4,38	11,99	9,00
Via Massarenti 183 (BO)	7,95	21,79	21,79
Via Massarenti 209 (BO)	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE
Via Massarenti 221/5 (BO)	4,83	13,23	13,23
Via Vermena 18 (BO)	12,52	34,30	34,30
Viale Felsina 18 (BO)	7,35	20,14	15,13

Nei casi in cui, la relazione tecnica di progetto riporta informazioni relative a:

- quantitativo d'acqua di prima pioggia scartata;

- coefficiente di deflusso, che tiene conto dell'inclinazione e della rugosità del tetto;
- eventuali perdite;

il valore calcolato, tramite il procedimento sopra illustrato, è stato rettificato, ottenendo il recupero meteorico netto.

5.4.3. Il recupero delle acque grigie

Negli interventi di nuova costruzione, che richiedono un ampliamento del 20% del Volume totale esistente (Vte), l'ultima modalità, per garantire un consumo d'acqua potabile pari a 120 litri/ abitante giorno, è il riutilizzo delle acqua grigie.

La scheda tecnica di dettaglio dE 9.1 indica di predisporre sistemi di captazione e accumulo delle acque grigie, che assicurino il recupero di almeno il 50% delle acqua provenienti dagli scarichi di lavabi, vasche da bagno e lavatrici. Inoltre, occorre prevedere, l'inserimento di particolari filtri, in modo tale da conferire all'acqua le giuste caratteristiche igieniche, per tutti gli usi compatibili. Oltretutto, è buona norma installare, ai terminali della rete duale, attacchi differenziati o idonea segnaletica, al fine di evitare usi impropri dell'acqua di recupero.

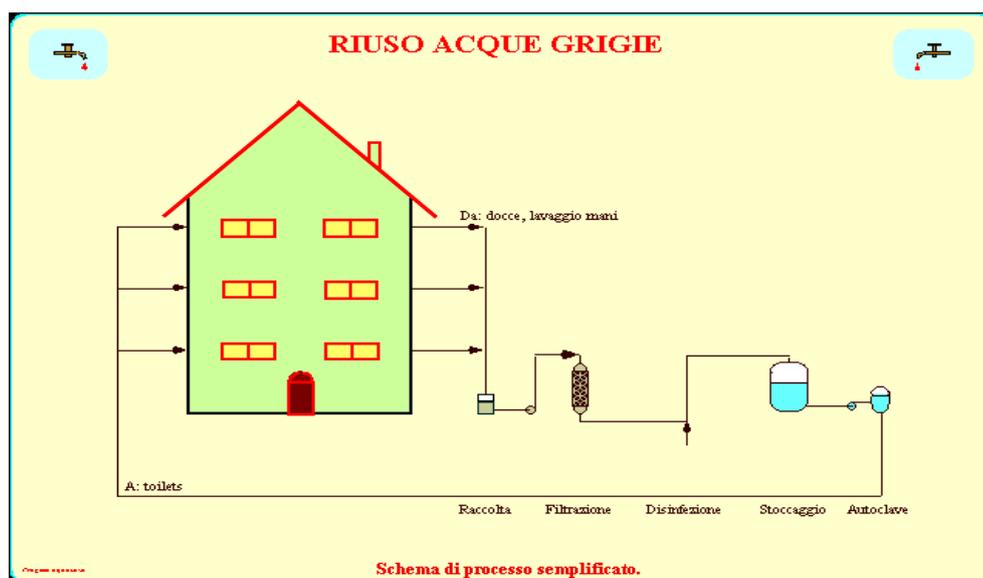


Figura 5.9. Schema di recupero delle acque grigie.

Fonte immagine: <http://www.bologna.enea.it/ambtd/aquasave-doc/aquas-ita.htm>.

Le acque grigie provenienti dai lavandini, dalle docce, dalle vasche da bagno e dalle lavatrici (esclusi quindi il water, il bidet e l'intera cucina) sono raccolte per mezzo di una rete appositamente dedicata, prefiltrate ed inviate al serbatoio di raccolta. Successivamente, l'acqua viene filtrata, disinfettata ed indirizzata al serbatoio di accumulo, da cui poi, attraverso un'opportuna rete di distribuzione, è prelevata e inviata alle unità abitative.

Tabella 5.4. Il recupero di acque grigie per i diversi progetti.

INTERVENTO	RISPARMIO ACQUE POTABILI (m³/anno)	RECUPERO ACQUE GRIGIE (litri/a.e. giorno)
Via Spadini 2 (BO)	1389,555	42
Via Fleming 23 (BO)	ASSENTE	ASSENTE
Via Due Madonne 47 (BO)	135	12,75
Via Gamberini 1 (BO)	ASSENTE	ASSENTE
Via Massarenti 183 (BO)	ASSENTE	ASSENTE
Via Massarenti 209 (BO)	611,667	44,1
Via Massarenti 221/5 (BO)	1651,26	52,00
Via Vermena 18 (BO)	ASSENTE	ASSENTE
Viale Felsina 18 (BO)	3295,95	45,15

Gli interventi in Via Fleming, Via Gamberini, Via Massarenti 183 e Via Vermena non descrivono alcun impianto di raccolta delle acque grigie, ma dichiarano di raggiungere l'obiettivo dei 120 litri/abitante giorno, tramite i dispositivi di risparmio di acqua potabile e l'installazione di un sistema di recupero delle acque piovane.

5.4.4. Valutazioni sui risparmi idrici

Partendo da un consumo medio procapite di 180 litri/giorno (consumo medio stimato per la città di Bologna) e sottraendo i risparmi idrici conseguiti tramite l'utilizzo di dispositivi, il recupero dell'acqua meteorica e il recupero delle acque grigie, è possibile calcolare il quantitativo giornaliero di acqua potabile richiesto per singolo abitante. Per gli interventi, esaminati in questo lavoro di tesi, i risultati ottenuti sono di seguito riportati.

Tabella 5.5. Il consumo d'acqua potabile richiesto per singolo intervento.

INTERVENTO	LIVELLO DI ECCELLENZA (l/ a.e. gg)	LIVELLO RAGGIUNTO (l/ a.e. gg)
Via Spadini 2 (BO)	120	118
Via Fleming 23 (BO)	120	119,5
Via Due Madonne 47 (BO)	120	119
Via Gamberini 1 (BO)	120	117
Via Massarenti 183 (BO)	120	119
Via Massarenti 209 (BO)	120	115
Via Massarenti 221/5 (BO)	120	115
Via Vermena 18 (BO)	120	115,7
Viale Felsina 18 (BO)	120	119,71

In tutti i casi, il livello di eccellenza di 120 litri/ab.gg è rispettato. E' da puntualizzare, che in Via Spadini, Via Massarenti 221 e Viale Felsina, viene garantito un consumo massimo giornaliero di acqua potabile inferiore ai 120 l/ab.gg, mediante il solo recupero delle acque meteoriche ed il riutilizzo delle acque grigie, senza contabilizzare l'ulteriore riduzione relativa all'inserimento dei dispositivi di risparmio idrico. Nella tabella successiva, vengono riportati i litri annui complessivamente risparmiati per i diversi interventi.

Tabella 5.6. I risparmi totali annui di acqua potabile.

INTERVENTO	RECUPERO ACQUE METEORICHE (litri/anno)	RECUPERO ACQUE GRIGIE (litri/anno)	RIDUZIONE TRAMITE DISPOSITIVI (litri/anno)	RISPARMIO TOT. ACQUA POTABILE (litri/anno)
Via Spadini 2 (BO)	657000	1389555	DISPOSITIVI INSERITI	2046555
Via Fleming 23 (BO)	135090,15	ASSENTE	151840	2869630,15
Via Due Madonne 47 (BO)	141944,85	135000	368000	644944,85
Via Gamberini 1 (BO)	210240	ASSENTE	1261440	1471680
Via Massarenti 183 (BO)	87500	ASSENTE	158543	246043
Via Massarenti 209 (BO)	ASSENTE	611667	291270	902937
Via Massarenti 221/5 (BO)	420118,65	1651260	DISPOSITIVI INSERITI	207378,65
Via Vermena 18 (BO)	62607	ASSENTE	54750	117357
Viale Felsina 18 (BO)	1104782	3295950	DISPOSITIVI INSERITI	4400732
TOTALE	2819282,65	7083432	2285843	12188557,65

Il beneficio ottenuto, in termini di risparmio di risparmio di acqua potabile, è maggiore di 12000 m³ annui.

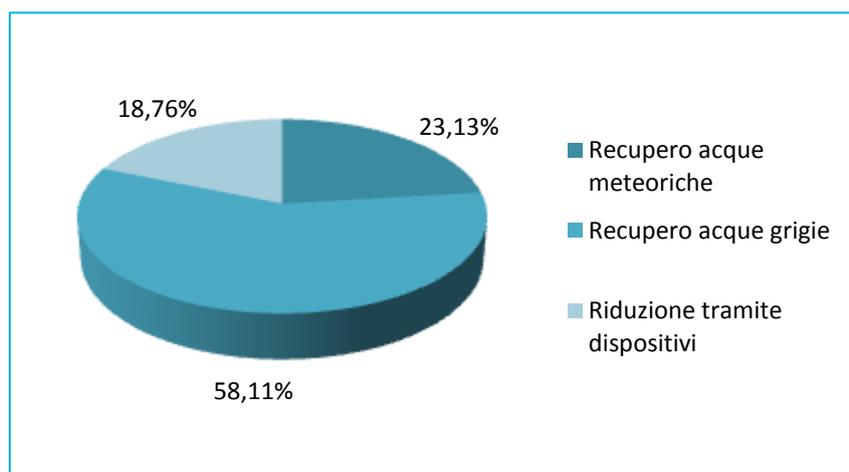


Figura 5.10. L'incidenza delle diverse soluzioni sul risparmio idrico totale.

Nel seguito, coerentemente a quanto fatto per l'energia, si valuta l'efficacia dell'applicazione dei livelli di eccellenza del RUE, in termini di risparmio idrico, economico e di emissioni di CO₂, rispetto alla prestazione minima richiesta dal RUE (Livello BAU- Building As Usual).

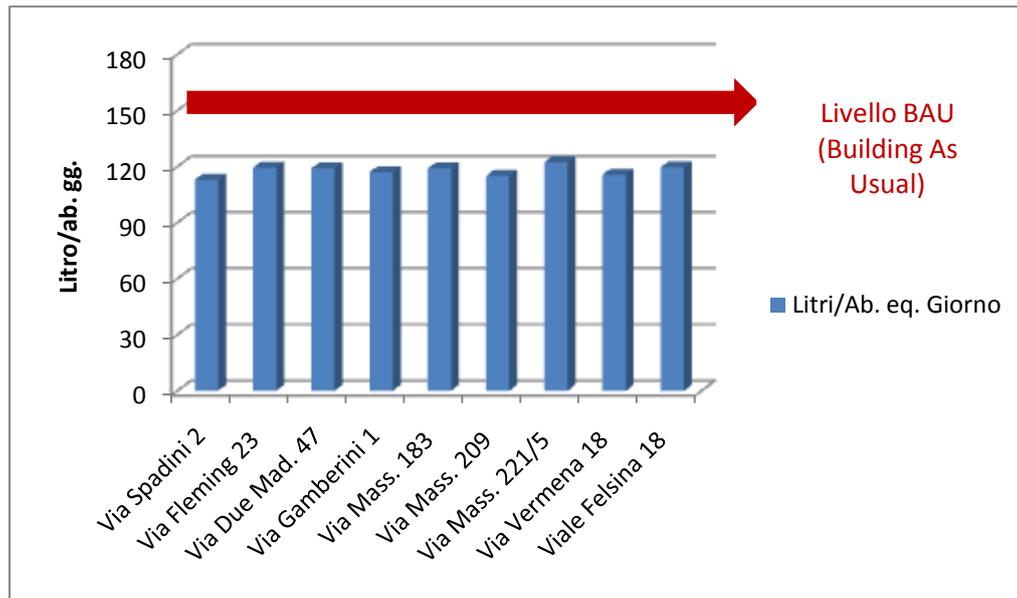


Figura 5.11. Confronto situazione di progetto e livello BAU.

Per il computo del risparmio idrico si considerano i litri aggiuntivi, risparmiati nei vari interventi, rispetto al consumo massimo di 150 litri/abitante giorno, indicato nel RUE come prestazione minima da garantire, coerentemente a quanto previsto nel Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia Romagna.

Nella valutazione del risparmio economico, si è stabilito un costo medio dell'acqua potabile pari a 0,0015 euro al litro³⁰; invece per contabilizzare il quantitativo di emissioni di CO₂ evitate, grazie alla riduzione del consumo di acqua potabile, si è considerato un fattore di conversione uguale a 0,36 kg di CO₂ per m³ di acqua³¹.

³⁰ http://www.gruppohera.it/gruppo/attivita_servizi/business_acqua/qualita/.

³¹ http://www.retidipace/energia/manuale_risp_energetico.pdf/.

I dati, relativi ad ogni intervento, vengono riportati nella tabella seguente.

Tabella 5.7. I risparmi aggiuntivi dovuti all'applicazione dei livelli migliorativi rispetto al livello BAU.

INTERVENTO	ΔRISPARMIO (litri/anno)	Δ RISPARMIO ECONOMICO (€/anno)	EMISSIONI DI CO2 EVITATE (Kg/anno)
Via Spadini 2 (BO)	1061055	1591,58	381,98
Via Fleming 23 (BO)	144580,15	216,87	52,05
Via Due Madonne 47 (BO)	327394,85	491,09	117,86
Via Gamberini 1 (BO)	770880	1156,32	277,52
Via Massarenti 183 (BO)	125593	188,39	45,21
Via Massarenti 209 (BO)	486837	730,26	175,26
Via Massarenti 221/5 (BO)	878977	1318,47	316,43
Via Vermena 18 (BO)	62607	93,91	22,54
Viale Felsina 18 (BO)	2210732	3316,10	795,86
TOTALE	6068656	9102,98	2184,72

Come già detto precedentemente, i risparmi idrici sono significativi, apportando notevoli benefici sia alle bollette dei consumatori, che all'ambiente.

Gli elevati costi, necessari all'installazione di un impianto di recupero delle acque meteoriche e/o per l'inserimento di un impianto di riutilizzo delle acque grigie, possono essere recuperati, in breve tempo, grazie alla riduzione dei consumi. Valutando tutti gli interventi, gli euro annui risparmiati sono circa 10000, mediamente 65 euro/anno per singola unità abitativa (il numero totale delle unità abitative esaminate è 141).

Relativamente all'emissione di sostanze inquinanti in atmosfera, il consumo di acqua potabile non genera un grande quantitativo di CO₂, se paragonato a quello

prodotto per il riscaldamento, il trasporto e il consumo di energia elettrica; è necessario, comunque, abituarci a consumare meno, in quanto l'acqua è un bene prezioso e limitato.

In conclusione, è utile osservare, che i benefici economici ed ambientali, nell'applicare i livelli migliorativi del Regolamento Urbanistico Edilizio, crescono enormemente se confrontati con le tradizionali abitazioni esistenti sul territorio bolognese, per le quali si stima un consumo medio di 180 litri/abitante giorno. In corrispondenza di un risparmio idrico pari a 12000 m³, calcolato precedentemente, si hanno 18000 €/annui risparmiati e 4320 Kg/anno di emissioni di CO₂ evitate.

Capitolo 6: Gestione dei materiali inerti da costruzione e demolizione

6.1. Premessa

L'incremento dei rifiuti inerti, provenienti dalle demolizioni e costruzioni degli edifici, ha portato a notevoli cambiamenti legislativi, al fine di incentivare forme di riciclaggio e di riutilizzo dei materiali. L'obiettivo principale è contenere gli impatti ambientali, attraverso:

- un'attenta gestione dei rifiuti, nelle diverse fasi di raccolta, trasporto, trattamento, recupero e smaltimento finale;
- una riduzione del consumo di inerti provenienti dalle cave.

A livello europeo, la Direttiva 2008/98/CE promuove e incentiva il recupero dei CDW (Construction & Demolition Waste), nell'ambito di una generale reimpostazione della politica in tema di gestione dei rifiuti. La nuova direttiva, più che parlare di riduzione a monte del quantitativo di rifiuti, come accadeva nelle precedenti normative, fa i conti con la grande mole di CDW prodotti e analizza a fondo le possibili forme di recupero, in modo tale da evitare la produzione di rifiuti e di utilizzare gli stessi come risorsa. Per gli inerti, la direttiva fissa un obiettivo di riciclaggio del 70%, da raggiungere entro il 2020; inoltre, tale norma, analogamente alle precedenti direttive, delinea diverse possibilità di gestione dei rifiuti, privilegiando la prevenzione, seguita dal riutilizzo, dal riciclaggio, da altre forme di recupero e lasciando lo smaltimento come ultima soluzione.

Con il D.Lgs n. 205 del 10 dicembre 2010 è stata recepita nell'ordinamento italiano la direttiva 2008/98/CE, modificando la parte IV del D.Lgs 152/2006 (Testo Unico Ambientale). I profili di novità contenuti nel testo di recepimento sono molti ed attengono a tutte le fasi di cui si compone la filiera della gestione dei rifiuti, oltre che ad attuare i principi contenuti nella disciplina comunitaria stessa. Il nuovo testo accoglie i criteri di priorità dei rifiuti, da cui è possibile discostarsi solo in casi eccezionali, qualora ci sia una plausibile giustificazione. Se

per alcuni Stati membri, l'obiettivo minimo di recupero dei rifiuti da costruzione e demolizione, imposto dalla direttiva europea, è già attuale o vicino, per l'Italia, invece, è particolarmente ambizioso in quanto, la percentuale media che attualmente si riesce a coprire è circa il 10%. La tendenza, in Italia, è quella di considerare l'attività di estrazione e di scavo più facile e redditizia, rispetto ad attività di recupero/riutilizzo.

6.2. L'evoluzione della normativa sui CDW in Italia

Focalizzandoci sull'esperienza italiana, il perseguimento degli obiettivi comunitari in tema di rifiuti da C.&D. (Costruzione e Demolizione), è stato originariamente affidato al D.Lgs. n. 22/97, noto come Decreto Ronchi. Il decreto recepisce ben tre direttive comunitarie:

- la 91/156/CEE sui rifiuti;
- la 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi;
- la 94/62/CEE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio.

La nuova normativa considera la gestione dei CDW e in generale di tutti i rifiuti, un aspetto fondamentale delle politiche di tutela dell'ambiente e stabilisce che tutti i soggetti coinvolti nel processo di gestione dei rifiuti, devono assumersi le proprie responsabilità. Ai fini di una corretta gestione dei rifiuti, oltre ad adottare iniziative per favorire la prevenzione e la riduzione della pericolosità, vengono intraprese azioni per ridurre lo smaltimento dei rifiuti in discarica, attraverso forme di reimpiego e riciclaggio. Il decreto getta solamente le basi per una corretta gestione dei rifiuti nel nostro Paese, ma non contiene i dettagli tecnici e regolamentari per una sua completa attuazione, rimandandone la definizione a un elevato numero di decreti ministeriali attuativi. Per quanto riguarda il recupero dei rifiuti nel settore dell'edilizia italiana, un importante impulso è stato fornito dal Decreto Ministeriale 203/2003, denominato anche "Decreto 30%". Il suddetto DM obbliga gli Enti e le Amministrazioni a coprire il fabbisogno annuale di beni e

prodotti, con almeno il 30% di materiali riciclati. Con il termine "materiale riciclato" si indica quel materiale ottenuto utilizzando rifiuti derivanti dal post-consumo. Inoltre, all'articolo 4 del decreto ministeriale, viene istituito il Repertorio del Riciclaggio(RR), un vero e proprio catalogo dei beni prodotti con materiali riciclati, con indicazioni riguardanti la disponibilità e il prezzo di mercato. Diretta conseguenza del DM 203/2003 è la Circolare Ministeriale del 5 luglio 2005 n. 5205. La Circolare stabilisce le caratteristiche prestazionali degli aggregati riciclati, in funzione della specifica destinazione d'uso dello stesso materiale. L'introduzione dell'aggregato riciclato nel RR, può avvenire tramite apposita richiesta, dell'azienda produttrice, all'Osservatorio Nazionale dei Rifiuti.³²

Nell'ambito di tale articolato quadro normativo, nel 2006, è stato approvato il D.Lgs n.152 (Testo unico ambientale), il quale ha abrogato il Decreto Ronchi. Nella parte quarta, " Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati", ha sostanzialmente confermato la necessità di impegnare le pubbliche amministrazioni ad adottare misure dirette al recupero dei rifiuti mediante riciclo, reimpiego, riutilizzo, mantenendo valido quanto esplicitato nel DM 203/2003 e nella Circolare Ministeriale n. 5205/2005. Tra le novità più importanti, introdotte dal D.Lgs. 152/2006, troviamo:

- la definizione di sottoprodotto e di materia prima secondaria;
- la precisazione delle condizioni del deposito temporaneo dei rifiuti prodotti;
- il venir meno dell'obbligo di comunicazione annuale dei rifiuti generati, per tutte le imprese che producono sostanze pericolose, qualora queste vengano conferite al servizio pubblico di raccolta competente;
- l'obbligo di tenuta dei registri di carico e scarico dei rifiuti;
- l'obbligo del formulario di identificazione per il trasporto dei rifiuti, tranne per quelli non pericolosi e non eccedenti i trenta Kg.³³

³² Fonte: <http://www.cnttv.it/leggi.php?leg=6>.

³³ Fonte:http://www.consiglioregionale.piemonte.it/labgiuridico/dossier_info/dossier_info_20.pdf, pag 23.

6.3. La produzione dei rifiuti da costruzione e demolizione In Italia

In passato l'Italia, presa dallo stato di emergenza ambientale creato dai rifiuti di origine urbana e dai rifiuti pericolosi, di maggiore impatto sulla salute dell'uomo, non ha prestato la giusta attenzione alla produzione dei rifiuti inerti da demolizione e costruzione.

Nei rifiuti inerti sono compresi tutti i materiali di rifiuto o scarto prodotti nelle diverse fasi del processo edilizio, in primo luogo quelli che provengono da attività di costruzione e demolizione ed, in secondo luogo, quelli che provengono da attività estrattive o da attività produttive.³⁴ La Direttiva Europea 1993/31/CE introduce con estrema precisione la nozione di rifiuto inerte:

"I rifiuti che non subiscono alcuna trasformazione fisica, chimica o biologica significativa. I rifiuti inerti non si dissolvono, non bruciano, nè sono soggetti ad altre reazioni fisiche e chimiche, non sono biodegradabili e, in caso di contatto con altre materie, non comportano effetti nocivi tali da provocare inquinamento ambientale o danno alla salute umana. La tendenza a dar luogo a percolati e la percentuale inquinante globale dei rifiuti, nonchè l'ecotossicità dei percolati devono essere trascurabili e, in particolare, non danneggiare la qualità delle acque superficiali o freatiche."

Secondo le stime dell'Anepa (Associazione Nazionale Estrattori Produttori Lapidari ed Affini), in Italia, gli inerti annui mediamente estratti sono circa 375 milioni di tonnellate, mentre la produzione di rifiuti da Costruzione e Demolizione è aumentata, avvicinandosi alla soglia di 50 milioni di tonnellate annue, di cui solo il 10% viene opportunamente recuperato. Da questi dati emerge, in maniera immediata, l'elevato ricorso all'attività estrattiva e le considerevoli quantità di CDW conferite in discarica. Nel grafico seguente, vengono mostrate le percentuali di rifiuti inerti da Costruzione e Demolizione destinate rispettivamente al recupero e alla discarica, per i principali Paesi europei.

³⁴ Fonte: <http://www.cnttv.it/leggi.php?leg=6>.

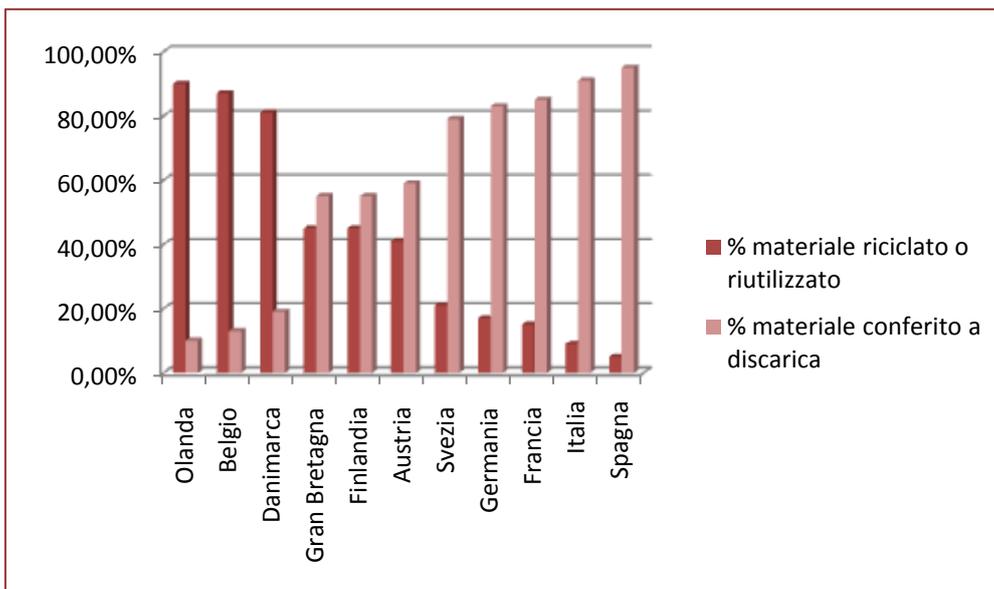


Figura 6.1. La gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione in Europa.
 Fonte dati: http://www.legambiente.eu/documenti/2008/0418_dossierCave/index.php.

La politica per la gestione dei rifiuti, intrapresa da molti Paesi europei, prevede una progressiva riduzione del conferimento degli scarti edili in discarica, accompagnata da un'attenta incentivazione di forme di riutilizzo/recupero, in modo da ridurre il prelievo di materiali dalle cave. Dati estremamente positivi si verificano per l'Olanda, il Belgio, la Danimarca, dove tecniche di recupero/riutilizzo dei CDW sono abitualmente impiegate. L'Italia, rispetto al resto dell'Europa, è sicuramente indietro, privilegiando l'attività estrattiva a quella del recupero. Il quantitativo di CDW realizzati sul territorio italiano, oltre ad avere una rilevanza in termini assoluti, ha una notevole incidenza anche sul totale dei rifiuti prodotti in Italia, con una quota pari al 25,52%.

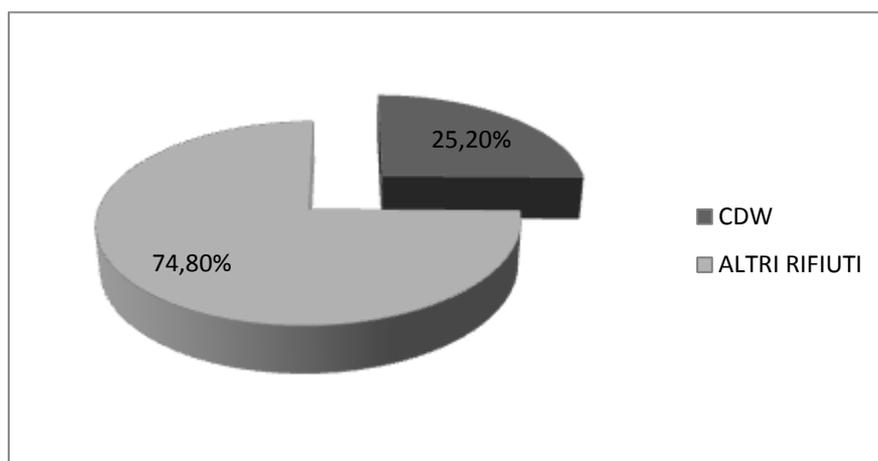


Figura 6.2. Incidenza dei CDW sul totale dei rifiuti prodotti in Italia.

Nel grafico successivo, invece, viene mostrato come le varie aree geografiche italiane gravano sul totale dei rifiuti inerti da Costruzione e Demolizione prodotti.

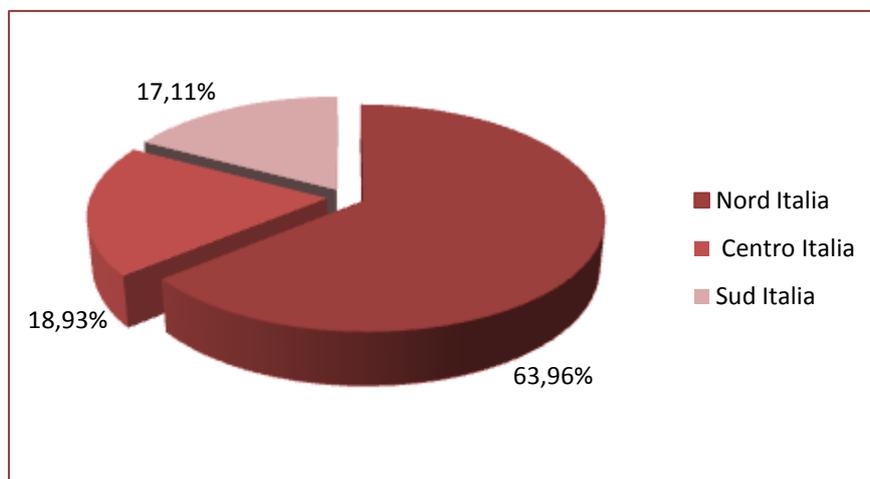


Figura 6.3. La produzione dei CDW in Italia.
Fonte dati: <http://www.cslp.it>.

In Italia, si evidenzia una notevole disparità per aree geografiche, che si riscontra anche nelle percentuali dei rifiuti inerti da C.&D. inviati al recupero. Per quanto riguarda quest'ultimo punto, si passa da percentuali medie del 5%, nel meridione, a valori del 15% , nel settentrione.

Le cause principali, che nel corso degli anni hanno portato ad un incremento dei rifiuti inerti, sono:

- bassi costi estrattivi, o addirittura pari a zero, dei materiali inerti naturali;
- bassi costi del conferimento in discarica dei rifiuti provenienti dall'edilizia, rispetto a quelli richiesti per il loro recupero/riutilizzo;
- mancanza di coordinamento e controllo delle attività di cava sul territorio;
- forte resistenza culturale all'impiego di aggregati riciclati, dal momento che si è portati a pensare ad aggregati con caratteristiche e requisiti prestazionali inferiori a quelli naturali;
- in passato, le Pubbliche Amministrazioni, attente a risolvere i problemi ambientali derivanti dai rifiuti di origine urbana, non hanno mai posto la giusta attenzione ai CDW. Solo in questi ultimi anni, sotto la spinta

dell'Unione Europea, l'Italia sta cercando di regolamentare il riciclaggio dei materiali inerti;

- la mancanza di impianti di smaltimento, economicamente e tecnologicamente efficienti, in grado di riqualificare il materiale, per reimpieghi successivi.

Sviluppare e approfondire la strada del riciclo dei rifiuti da costruzione e demolizione, risulta essere la soluzione principale per ridurre l'impatto ambientale generato dall'attività estrattiva e dall'allocazione dei CDW in discarica.

Riciclare i rifiuti significa, infatti:

- ridurre il volume di inerti naturali e di materie prime non rinnovabili estratto, in modo da preservare l'ambiente ed evitare "devastazioni" paesaggistiche;
- ridurre il volume di rifiuti da conferire in discarica;
- creare materiali, di alta qualità ed economicamente vantaggiosi, sostitutivi delle materie prime naturali;
- prevenire e bloccare forme di abbandono abusivo e comportamenti che generano danno all'ambiente e alla salute dei cittadini.

6.4. L'Accordo di Programma per il recupero dei CDW nella Provincia di Bologna

Il Decreto Ronchi D.Lgs. 22 del 1997, come già detto precedentemente, ha dato l'avvio ad una radicale riforma delle regole che disciplinano lo smaltimento dei rifiuti nel nostro Paese. La nuova normativa, al fine di ottimizzare la gestione dei rifiuti, adattandola alle specifiche situazioni e condizioni produttive locali, incoraggia la collaborazione fra pubbliche amministrazioni, soggetti privati ed associazioni coinvolti nel ciclo dei rifiuti.

A tal proposito, la Provincia di Bologna ha promosso l'Accordo di Programma per la gestione dei residui da costruzione e demolizione. Gli obiettivi dell'Accordo sono:

- ridurre la quantità e la pericolosità dei rifiuti da costruzione e demolizione, attraverso specifiche misure da adottare in fase progettuale e di demolizione dell'edificio;
- promuovere l'adozione di opportune forme di recupero e incrementare la quantità di rifiuti inerti da Costruzione e Demolizione avviati a recupero, riciclaggio e riutilizzo;
- ridurre il quantitativo di rifiuti inerti da costruzione e demolizione smaltiti in discarica;
- migliorare la qualità dei materiali inerti riciclati, in modo da renderli sempre più competitivi nei confronti delle materie prime naturali. Bisogna, in generale, garantire che i materiali destinati al riutilizzo presentino caratteristiche tecniche e chimico- fisiche tali da non determinare rischi per la salute dell'uomo;
- contenere il fenomeno dello "smaltimento abusivo" e il ricorso a modalità di recupero e trattamento inadeguate, intensificando le attività di controllo.

Entrando più nel dettaglio, gli impegni specifici che i Comuni devono perseguire, partecipando all'Accordo, sono:

- prevedere, nei Regolamenti Edilizi, l'obbligo per il Committente di presentare una relazione tecnica che riporti tutte le informazioni relative alle modalità di gestione dei CDW;
- prevedere, nei regolamenti dei rifiuti, la possibilità di conferire alle stazioni ecologiche i rifiuti inerti domestici derivanti dal "fai da te";
- promuovere pratiche di demolizione selettiva e di riciclaggio dei rifiuti inerti nell'edilizia privata;
- provvedere all'immediata rimozione dei rifiuti abbandonati ed implementare efficaci misure di prevenzione e controllo;

- individuare aree del territorio comunale idonee alla realizzazione di centri di recupero e/o messa in riserva di rifiuti da costruzione e demolizione.

Relativamente al primo punto, i Comuni, nei propri Regolamenti Edilizi, devono rendere obbligatoria la compilazione di un elaborato tecnico progettuale, firmato da un tecnico abilitato, in cui si deve riportare:

- la stima dei rifiuti che verranno prodotti, suddivisi per tipologie;
- la descrizione delle modalità di gestione che verranno adottate per una corretta amministrazione dei CDW;
- la descrizione delle modalità di deposito temporaneo delle diverse tipologie di rifiuti prodotti;
- la destinazione finale prevista per i rifiuti inerti prodotti.³⁵

Con particolare riguardo al Comune di Bologna, nel 2009, è stato approvato "Il regolamento per la gestione dei materiali naturali derivanti da attività di scavo e dei materiali inerti generati da attività di demolizione e costruzione". Il regolamento disciplina, per quanto di competenza dell'Amministrazione Comunale e conformemente a quanto previsto dalla normativa vigente in materia, le modalità di gestione dei materiali naturali derivanti da attività di scavo e dei materiali inerti generati da interventi di demolizione e costruzione.

La norma considera materiali originati da attività di scavo:

" le terre, le rocce, e i materiali generati da attività di scavo di suoli e terreni vergini, in cui sono assenti corpi estranei, compresi frammenti o frazioni di materiali quali detriti, macerie, frammenti laterizi, ecc..."

mentre con materiale inerte da C.&D. indica:

³⁵ Provincia di Bologna, Assessorato all'Ambiente Osservatorio Rifiuti, Manuale per la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione in Provincia di Bologna, in applicazione dell'Accordo di Programma, Editori: Labanti e Nanni, 2004, pp. 19, 22, 120.

"materiale litico, lateritico, e/o composto da aggregati granulari (mattoni, calcestruzzi, coppi, malte,...) che non sia soggetto a reazioni fisiche o chimiche, non sia biodegradabile e abbia caratteristiche tali da non provocare inquinamento ambientale o danno alla salute umana"³⁶

Gli obiettivi sono sempre:

- garantire un elevato livello di tutela dell'ambiente e della salute dell'uomo;
- limitare la produzione di rifiuti;
- promuovere attività di riutilizzo, riciclo e recupero rispetto allo smaltimento in discarica.

Al presente regolamento, insieme al D.Lgs 156/2006, fa riferimento il Regolamento Edilizio Urbanistico, all'art. 56, Requisito: "Riutilizzo dei materiali inerti da costruzione e demolizione".

6.5. Scheda tecnica di dettaglio: "Riutilizzo dei materiali inerti da costruzione e demolizione"

La scheda tecnica di dettaglio dE 10.2 specifica i livelli prestazionali e le prescrizioni in riferimento al requisito E 10.2 "Riutilizzo dei materiali inerti da costruzione e demolizione".

Nella realizzazione di interventi di nuova costruzione o di demolizione e costruzione o di ristrutturazione, deve essere utilizzato un quantitativo di inerti provenienti da impianti di recupero o da attività di riutilizzo in sito, pari almeno a:

Livello base \longrightarrow % non indicata

³⁶ Comune di Bologna, Settore Ambiente e verde urbano, Regolamento per la gestione dei materiali naturali derivanti da attività di scavo e dei materiali inerti generati da attività di demolizione e costruzione, 2009.

Livello migliorativo \longrightarrow 15%

Livello di eccellenza \longrightarrow 35%

La percentuale è calcolata come rapporto tra il volume di materiali riutilizzati o recuperati e il fabbisogno totale degli inerti per la realizzazione dell'intervento.

Si precisa che le terre provenienti da attività di scavo non rientrano tra i quantitativi da conteggiare per il raggiungimento dei livelli migliorativi.

6.5.1. Riutilizzo in sito dei materiali inerti derivanti da attività di demolizione e costruzione

I materiali derivanti da attività di demolizione e costruzione prodotti devono essere prioritariamente riutilizzati in sito; la quota non riutilizzata deve essere destinata ad attività di recupero autorizzate. I rifiuti da C.&D. possono essere riutilizzati per la realizzazione di piazzali, sottofondi, piste, fondi stradali, livellamenti, terrazzamenti e come macinati granulari.

A tale scopo, è necessario garantire:

1. la certezza del riutilizzo per interventi preventivamente individuati;
2. il rispetto delle caratteristiche prestazionali degli aggregati riciclati, richieste dalla Circolare Ministeriale del 5 luglio 2005 n. 5205;
3. la mancanza di pregiudizio per l'ambiente derivante dalle attività di riutilizzo.

Soffermandoci sul secondo punto, la Circolare impone dei limiti su differenti parametri, di seguito brevemente illustrati.

- Composizione

La Circolare limita fortemente la presenza di materiali di natura non strettamente inerte, con una quota massima pari allo 0,1% in massa, per

tutti gli usi. I motivi di questa restrizione derivano dal fatto che il volume inizialmente occupato da questi materiali, dopo la degradazione delle sostanze organiche e l'evaporazione dei liquidi in essi contenuti, si trasforma in vuoti interstiziali, provocando cedimenti negli elementi edilizi.

- Forma

La norma richiede che nella miscela riciclata vi sia un contenuto di grani piatti o allungati il più basso possibile, poichè, in caso contrario, si potrebbe determinare la formazione di vespai e zone non omogeneamente accumulate.

- Resistenza

Gli aggregati riciclati sono, principalmente, costituiti da frammenti laterizi ricoperti da malte o da intonaci. Nel caso in cui la presenza di malte o intonaci fosse molto elevata, la miscela tenderebbe alla polverizzazione. Al fine di evitare un calo della capacità portante, devono essere garantiti livelli minimi di resistenza.

- Granulometria

Le caratteristiche granulometriche dei materiali inerti riciclati sono strettamente correlate al tipo di rifiuto utilizzato in ingresso.

Nella Circolare Ministeriale del 5 luglio 2005 n. 5205, si parla anche di congruità di prezzo degli aggregati riciclati: è necessario che i materiali inerti riciclati siano competitivi, da un punto di vista economico, con i materiali naturali.

Relativamente al punto numero tre, invece, le attività, i procedimenti e i metodi di recupero non devono costituire pericolo per la salute dell'uomo e recare pregiudizio all'ambiente. Nello specifico, non devono:

- creare rischi per l'acqua, l'aria, il suolo e per la fauna e la flora;
- causare inconvenienti da rumori e odori;

- danneggiare il paesaggio e i luoghi di particolare interesse naturalistico;

6.5.2. La demolizione selettiva

La tecnica della demolizione selettiva risulta essere la soluzione migliore per recuperare una buona parte di ciò che fino a ieri era solo rifiuto, per riutilizzarla come nuova materia prima e quindi come un bene che ha un valore. La suddetta tecnica prevede una serie di fasi da applicare in fase di demolizione dell'edificio pre-esistente:

1. separazione preventiva dei rifiuti pericolosi eventualmente presenti e loro conferimento differenziato al più appropriato smaltimento;
2. smontaggio dei componenti edilizi aventi caratteristiche tali per cui è possibile il reimpiego diretto. In molti casi mattoni, coppi, tegole, mattoni, travi, ecc, se smontati con cura e senza essere danneggiati, possono essere riutilizzati per la stessa funzione originaria;
3. differenziazione dei rifiuti inerti lapidei dagli altri rifiuti da costruzione e demolizione, per il loro avvio al recupero, finalizzato alla produzione di inerte riciclato di qualità certificabile;
4. differenziazione ulteriore della frazione inerte in due classi: materiale di natura laterizia e materiali di natura cementizia;
5. differenziazione della restante quantità di rifiuto in frazione omogenee (legno, materie, plastiche, materiali metallici, vetro, carta) da avviare separatamente a recupero;
6. invio dei rifiuti non recuperabili al più appropriato smaltimento.

Per ottenere il massimo dell'efficienza, la demolizione va eseguita, quindi, passo dopo passo, ripercorrendo in ordine inverso il processo che è stato realizzato al momento della costruzione dell'edificio.

6.5.3. Impiego di materiali inerti da impianti di recupero

L'impiego dei materiali inerti provenienti da impianto di recupero, per la costruzione del nuovo edificio, in alternativa all'utilizzo di materie prime non rinnovabili, deve essere valutato in termini di fattibilità tecnica, economica e ambientale. Ogni intervento deve riportare i volumi, la tipologia, la provenienza, le modalità di utilizzo dei materiali e le opere in cui è previsto il loro utilizzo.

Nella scelta del fornitore, devono essere privilegiati gli impianti di recupero presenti nel territorio provinciale.

6.5.4. I contenuti della relazione tecnica

La documentazione progettuale presentata per l'ottenimento del titolo abilitativo all'esecuzione dell'intervento, deve essere accompagnata da una relazione tecnica, in cui viene dimostrata la corretta gestione dei materiali inerti da demolizione e costruzione. In particolare, nella relazione devono essere indicati:

- la tipologia e le tecniche di produzione del materiale inerte;
- le aree e i tempi di stoccaggio e le zone di riutilizzo dei CDW;
- la quantità dei materiali inerti da demolizione e costruzione prodotti e di quelli riutilizzati presso lo stesso cantiere di produzione;
- i tempi e le modalità di riutilizzo;
- gli impianti di destinazione finale dei materiali inerti da demolizione e costruzione in eccedenza, rispetto a quanto effettivamente riutilizzato in sito;
- l'attestazione d'idoneità dei materiali inerti da demolizione e costruzione per il riutilizzo presso lo stesso sito di produzione;
- la compatibilità ambientale dei materiali riutilizzati.

Gli interventi caratterizzati da una superficie utile lorda maggiore di 5000 m²,

oltre alla relazione tecnica, devono presentare uno studio LCA (Life Cycle Assessment), esteso su un periodo di 50 anni.

6.5.5. Valutazioni sugli interventi oggetto di studio

Per gli interventi analizzati in questo lavoro di tesi, vengono mostrate le quantità di inerti riutilizzate o recuperate, al fine di dimostrare, successivamente, il livello prestazionale raggiunto.

Tabella 6.1. I volumi di inerti riutilizzati in sito e provenienti da impianto di recupero.

INTERVENTO	FABBISOGNO INERTI (m ³)	INERTI RIUTILIZZATI (m ³)	INERTI RECUPERATI (m ³)	I.RIUT.+ I.REC (m ³)
Via Spadini 2 (BO)	1646,06	0	615,71	615,71
Via Fleming 23 (BO)	1410	0	535	535
Via Due Madonne 47 (BO)	405	DETERMINATI IN CORSO D'OPERA	142	142
Via Gamberini 1 (BO)	VALORE NON INDICATO	VALORE NON INDICATO	VALORE NON INDICATO	/
Via Massarenti 183 (BO)	309,27	119,95	0	119,95
Via Massarenti 209 (BO)	660	0	240	240
Via Massarenti 221/5 (BO)	3655,52	0	2052,54	2052,54
Via Vermena 18 (BO)	207,7	0	90	90
Viale Felsina 18 (BO)	3590,3	0	2054,1	2054,1
TOTALE	11883,55	119,95	5729,35	5849,3

Nella quasi totalità degli interventi, non si prevede il riutilizzo in sito del materiale inerte, derivante dalla demolizione dell'edificio dismesso, che verrà pertanto

avviato ad impianto di recupero autorizzato. Le motivazioni sono spesso legate all'impossibilità di individuare un'adeguata zona in cui realizzare le pratiche di riutilizzo, a causa della ridotta dimensione dell'area di cantiere (es. Via Fleming, Via Massarenti 209, Viale Felsina).

Calcolando, il rapporto tra il volume di inerti riutilizzati o recuperati e il volume totale di inerti necessari alla realizzazione degli interventi, i risultati che si ottengono sono mostrati nella tabella successiva.

Tabella 6.2. I livelli prestazionali raggiunti dagli interventi.

INTERVENTO	% RICHIESTA DA RUE	% RAGGIUNTA = I.R. /FABBISOGNO
Via Spadini 2 (BO)	35,00%	37,40%
Via Fleming 23 (BO)	35,00%	37,94%
Via Due Madonne 47 (BO)	35,00%	35,00%
Via Gamberini 1 (BO)	-	-
Via Massarenti 183 (BO)	35,00%	39,00%
Via Massarenti 209 (BO)	35,00%	36,40%
Via Massarenti 221/5 (BO)	35,00%	56,14%
Via Vermena 18 (BO)	35,00%	43,00%
Viale Felsina 18 (BO)	35,00%	57,21%

In tutti i casi il livello di eccellenza fissato nel Regolamento Urbanistico Edilizio, pari al 35%, viene raggiunto. Analizzando tutti i progetti, il totale di inerti naturali risparmiati, grazie al riutilizzo e all'impiego di aggregati riciclati, è circa uguale a 6000 mc.

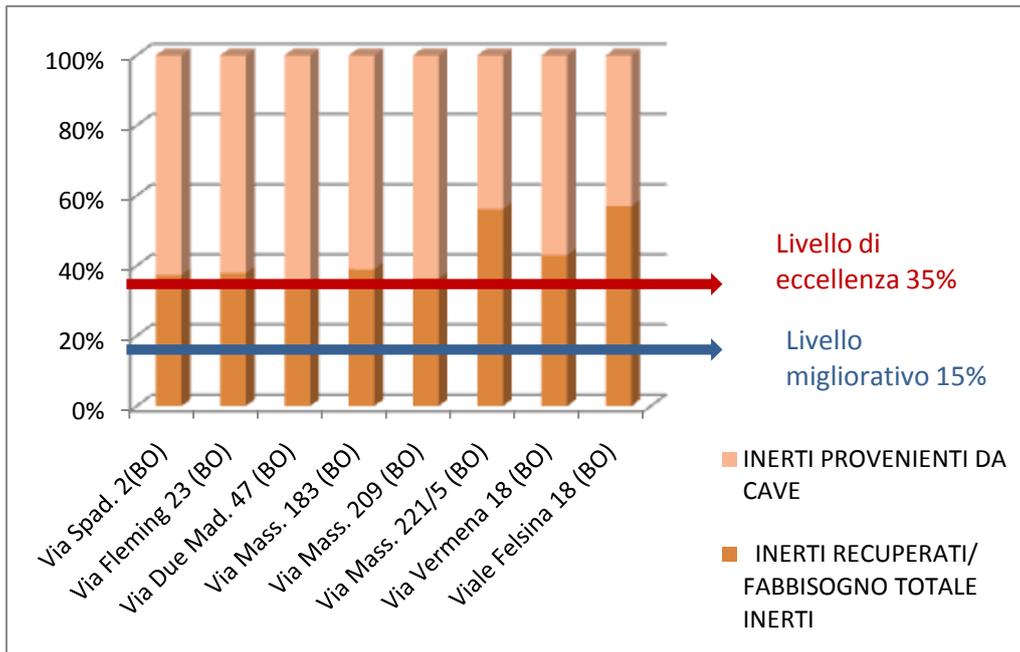


Figura 6.4. Lo stato di progetto.

Non è possibile dimostrare, in termini quantitativi, l'efficacia dell'applicazione del livello di eccellenza, rispetto a quello base da garantire, poichè per quest'ultimo la scheda tecnica di dettaglio non fissa un valore minimo. Realizzando un confronto con il livello migliorativo, per il quale il RUE indica una percentuale pari al 15%, l'incremento di materiale inerti riutilizzati o proveniente da impianti di recupero è circa di 4000 mc.

Tabella 6.3. Confronto situazione di progetto con il livello migliorativo.

INTERVENTO	RISPARMIO INERTI MIGLIORATIVO (m³)	RISPARMIO INERTI PROGETTO (m³)	Δ (ECCELLENZA- MIGLIORATIVO) m³
Via Spadini 2 (BO)	246,909	615,71	368,801
Via Fleming 23 (BO)	211,5	535	323,5
Via Due Madonne 47 (BO)	60,75	142	81,25
Via Gamberini 1 (BO)	-	-	-
Via Massarenti 183 (BO)	46,3905	119,95	73,5595
Via Massarenti 209 (BO)	99	240	141
Via Massarenti 221/5 (BO)	548,328	2052,54	1504,212
Via Vermena 18 (BO)	31,155	90	58,845
Viale Felsina 18 (BO)	538,545	2054,1	1515,555
TOTALE	1782,5775	5849,3	4066,7225

Confrontando il processo industriale necessario ad ottenere le materie prime secondarie con la produzione di aggregati naturali, è possibile constatare i miglioramenti, economici e ambientali, derivanti da:

- conferimento ad impianti di recupero dei materiali inerti, generati dalla demolizione dell'edificio pre-esistente;
- utilizzo di aggregati riciclati nel nuovo intervento.

Le operazioni di riciclo comportano, come effetto del reimpiego dei materiali e quindi della sostituzione di cicli produttivi basati su materie prime, i seguenti benefici ambientali:

- riduzione delle estrazioni di risorse non rinnovabili;
- minore deturpazione del paesaggio;
- riduzione dei consumi energetici, caratteristica comune a tutti i processi di produzione di materie seconde;
- diminuzione delle emissioni atmosferiche direttamente o indirettamente connesse ai cicli produttivi di materie naturali (che deve però essere bilanciata con le specifiche emissioni dei cicli basati su materie seconde);
- contenimento dei consumi idrici e delle emissioni idriche direttamente o indirettamente connesse ai cicli produttivi di materie naturali (che deve però essere bilanciata con le specifiche emissioni dei cicli basati su materie seconde).³⁷

Comparando i costi di smaltimento dei rifiuti C.&D. all'impianto di riciclaggio, con i rispettivi in discarica, la situazione non è del tutto favorevole a forme di recupero/riutilizzo. In Italia, il costo di conferimento dei rifiuti da costruzione e demolizione all'impianto è dell'ordine dei 4,5 euro/mc, escluso il trasporto, contro un prezzo di 1,875 euro/mc per il conferimento del medesimo materiale in discarica. Quanto descritto non deve costituire un esempio, in quanto risulta indispensabile, per favorire il recupero dei materiali inerti, che il prezzo di allocazione del rifiuto in discarica sia più elevato di quello dell'impianto di recupero. Al fine di garantire la minore produzione di CDW e il recupero di materia prima e di energia, le Regioni italiane devono gestire al meglio lo strumento dell'ecotassa, introdotto come tributo speciale per il deposito in discarica dei rifiuti.

Per quanto riguarda il prezzo del materiale, in Italia, gli aggregati riciclati si dimostrano del tutto competitivi con i materiali naturali non rinnovabili. Il prezzo, comunque, dipende da diversi fattori, come ad esempio la granulometria, la resistenza, la presenza di eventuali impurità. Non è facile, quindi, per i progetti

³⁷ Fonte: <http://www.ambienteitalia.it>.

precedentemente analizzati determinare l'effettivo risparmio economico. Per avere un'idea, possiamo, a titolo esemplificativo, considerare il caso del calcestruzzo. Il calcestruzzo derivante da processi di riciclaggio di inerti ha un valore di mercato di 20-25 euro/mc, rispetto ad un prezzo del medesimo materiale, confezionato con inerti provenienti da cava, che oscilla tra i 60 e i 100 euro/mc. Questo valore dipende soprattutto dal coefficiente di resistenza del calcestruzzo stesso.

In linea generale, gli aggregati riciclati presentano un costo inferiore del 20-40%, rispetto a quelli degli aggregati naturali. Utilizzare inerti provenienti da impianti di recupero, può rappresentare per il costruttore una forma di risparmio economico, mantenendo, allo stesso tempo, elevati gli standard di qualità.

Conclusioni

L'edilizia è una delle attività antropiche che influisce maggiormente sul consumo di risorse naturali e da cui si generano importanti alterazioni del microclima urbano e della permeabilità dei suoli.

Al fine di garantire uno sviluppo sostenibile, in modo da soddisfare le esigenze attuali e quelle delle future generazioni, si rende assolutamente necessario intervenire in questo settore. Bisogna iniziare a pensare, a progettare, a costruire gli edifici, in maniera diversa rispetto al passato, puntando all'efficienza e alla corretta gestione delle risorse.

In tal senso, il Regolamento Urbanistico Edilizio è lo strumento che gli enti locali utilizzano per fornire le regole necessarie ad attuare l'edilizia sostenibile. Il lavoro di tesi ha analizzato il RUE della città di Bologna e, in modo particolare, si è cercato di stimare l'efficacia dell'applicazione dei livelli migliorativi dello strumento, nella riduzione del consumo di risorse naturali e nel miglioramento del microclima urbano. Dall'analisi effettuata sui primi interventi di demolizione e costruzione, che applicano i requisiti migliorativi, sono stati riscontrati molteplici aspetti positivi in termini di:

- diminuzione del consumo di risorse naturali (combustibili fossili, acqua potabile, inerti provenienti da cave) impiegate, a cui corrisponde una riduzione dei costi di gestione degli edifici;
- aumento del riutilizzo di materiali e risorse precedentemente impiegati;
- incremento dell'uso di fonti di energia rinnovabili, tra cui il solare;
- riduzione dei gas serra e delle emissioni inquinanti;
- mantenimento e miglioramento del suolo e del microclima urbano, attraverso il recupero della permeabilità dei suoli;
- ottimizzazione della salubrità e del comfort delle unità abitative.

Prendendo atto dei notevoli benefici ottenuti, per favorire l'applicazione dei criteri dello sviluppo sostenibile in edilizia, è necessario che:

- gli enti pubblici promuovano la partecipazione e la condivisione dei cittadini al tema della sostenibilità;
- gli strumenti urbanistici, tra cui i Regolamenti edilizi, siano sempre facilmente e rapidamente aggiornabili al rapido sviluppo delle conoscenze e delle innovazioni tecnologiche;
- nei regolamenti edilizi venga utilizzato un linguaggio chiaro, non ambiguo, in modo da facilitare l'applicazione delle indicazioni normative;
- la competitività, nel mercato della bio-edilizia, aumenti, in modo tale da ridurre i costi da sostenere per realizzare un edificio secondo i principi della sostenibilità.

Appendice

Tabella per la determinazione del coefficiente di deflusso Ψ (Fonte: RUE. Complementi: Scheda tecnica di dettaglio dE 8.4)

Superfici trattate a verde:

Num.rif.	Descrizione Superficie	Ψ
N1	Giardini, aree verdi, prati, orti, superfici boscate ed agricole	0,10
N2	Corsi d'acqua in alveo naturale	0,10
N3	Specchi d'acqua, stagni o bacini di accumulo e infiltrazione con fondo naturale	0,10
N4	Incolto	0,20
N5	Pavimentazione in lastre posate a opera incerta con fuga inerbita	0,00 - 1,00
N6	Area di impianto sportivo con sistemi drenanti e superficie a prato	0,30 - 1,00
N7	Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico, riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto (Grigliati garden)	0,40 - 1,00
N8	Copertura a verde pensile con spessore totale medio cm 8 (da estradosso impermeabilizzazione a estradosso substrato) Inclinazione max 15°(26,8%)	0,70 - 1,00
N9	Copertura a verde pensile con spessore totale medio 8 < s < 10 cm (da estradosso impermeab. a estradosso substrato) Inclinazione max 15°(26,8%)	0,50 - 1,00
N10	Copertura a verde pensile con spessore totale medio 10 < s < 15 cm (da estradosso impermeab. a estradosso substrato) Inclinazione max 15°(26,8%)	0,40 - 1,00
N11	Copertura a verde pensile con spessore totale medio 15 < s < 25 cm (da estradosso impermeab. a estradosso substrato) Inclinazione max 15°(26,8%)	0,30 - 1,00
N12	Copertura a verde pensile con spessore totale medio 25 < s < 50 cm (da estradosso impermeab. a estradosso substrato) Inclinazione max 15°(26,8%)	0,20 - 1,00
N13	Copertura a verde pensile con spessore totale medio > 50 cm (da estradosso impermeab. a estradosso substrato) Inclinazione max 15°(26,8%)	0,10 - 1,00
N14	Copertura a verde pensile su falda inclinata con spes totale medio 6 < s < 10 cm (da estradosso impermeab. a estradosso substrato) Incl. > 15°(26,8%)	0,60 - 1,00
N15	Copertura a verde pensile su falda inclinata con spes totale medio 10 < s < 15 cm (da estradosso impermeab. a estradosso substrato) Incl. > 15°(26,8%)	0,50

Superfici NON trattate a verde:

Num.rif.	Descrizione Superficie	Ψ
D1	Coperture metalliche con inclinazione > 3°	0,95
D2	Coperture metalliche con inclinazione < 3°	0,90
D3	Coperture continue con zavoratura in ghiaia	0,70
D4	Coperture continue con pavimentazione galeggiante	0,80
D5	Coperture continue con finiture in materiali sigillanti (terrazze, lastrici solari, superfici poste sopra a volumi interrati) con inclinazione > 3°	0,90
D6	Coperture continue con finiture in materiali sigillanti (terrazze, lastrici solari, superfici poste sopra a volumi interrati) con inclinazione < 3°	0,85
D7	Coperture discontinue (tegole in laterizio o simile)	0,90
D8	Pavimento in asfalto o cls	0,90
D9	Asfalto drenante	da det.
D10	Pavimentazioni in elementi drenanti su sabbia	da det.
D11	Pavimentazioni in lastre a costa verticale a spacco (Smolleri)	0,70
D12	Pavimentazioni i, cubetti, pietre a lastre a fuga sigillata	0,80
D13	Pavimentazioni in cubetti o pietre a fuga non sigillata su sabbia	0,70
D14	Pavimentazioni in lastre di pietra di grande taglio, senza sigillatura dei giunti, su sabbia	0,70
D15	Pavimentazioni in ciottoli su sabbia	0,40
D16	Pavimentazioni in macadam, strade, cortili, piazzali	0,35
D17	Superfici in ghiaia sciolta	0,30
D18	Sedime ferroviario	0,20
D19	Aree di impianti sportivi con sistemi drenanti e con fondo in terra, piste in terra battuta o simile.	0,40 - 1,00
D20	Aree di impianti sportivi con sistemi drenanti e con fondo in materiale sintetico, tappeto verde sintetico	0,60 - 1,00

D21	Corsi d'acqua in alveo impermeabile	1,00
D22	Vasche, specchi d'acqua, stagni e bacini di accumulo con fondo artificiale impermeabile	1,00
D23	vasche, specchi d'acqua, stagni e bacini di accumulo con fondo permeabile	da det.
D24	Superfici di manufatti diversi in cls o altri materiali impermeabili o impermeabilizzati esposti alla pioggia, e non attribuibili alle altre categorie, come muretti, plinti, gradinate, scale, ecc	0,95
D25	Superfici esposte alla pioggia di caditoie, griglie di aerazione di locali interrati, canalette di scolo a fondo impermeabile e manufatti analoghi	0,95

Tabella per la determinazione del coefficiente di albedo α (Fonte: RUE. Complementi: Scheda tecnica di dettaglio dE 8.4)

Categoria	Descrizione Superficie	α
3	Albedo compreso tra 0,7 e 0,9	0,60
2	Albedo compreso tra 0,4 e 0,7	0,80
1	Albedo < 0,4	1,00

Bibliografia

Testi

Bertolazzi Claudio, *Un piano per Bologna. Argomenti di un dibattito sull'urbanistica*, Acropolis. Testi e documenti di urbanistica, Riccione, Zivieri Editore, 1989.

Centofanti Nicola, *Diritto Urbanistico*, Padova, Cedam editore, 2008.

Comune di Bologna, Piano Strutturale Comunale (PSC); *Bologna. Città che cambia*, 2007.

Comune di Bologna, *La sostenibilità a Bologna. Rapporto 2008*.

Comune di Bologna, *Piano Operativo Comunale (POC); Bologna. Città che cambia*, 2009.

Comune di Bologna, *Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE); Bologna. Città che cambia*, 2009.

Lafratta Pietro, *Strumenti innovativi per lo sviluppo sostenibile*, Milano, Franco Angelis s.r.l., 2004.

Provincia di Bologna, Assessorato all'Ambiente Osservatorio Rifiuti, *Manuale per la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione in Provincia di Bologna, in applicazione all'Accordo di Programma*, Editori: Labenti e Nanni, 2004.

Articoli

Ruocco Francesca, "Il PSC di Bologna del 2008. Nuovi piani per la città

contemporanea", Pubblicazione: 6 Settembre 2010,
http://www.storicamente.org/05_studi_ricerche/summer-school/ruocco_PSC_Bologna.htm

Bollini Gabriele & Remitti Piero, "La valutazione di impatto ambientale nel Prg di Bologna", *Kineo*, N. 9, 1995, pp 86-87.

Normativa

Comune di Bologna, *Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE); Bologna. Città che cambia. Art. 56: Edifici*; 2009.

Comune di Bologna, *RUE. Complementi: Schede tecniche di dettaglio, Bologna. Città che cambia*, 2009.

Normativa sull'energia:

- Delibera di Assemblea Regionale 156/2008 Regione Emilia Romagna, in attuazione del D.lgs 192/05;
- Delibera della Giunta Regionale (Emilia Romagna), 20 Settembre 2010, N.1362.

Normativa sull'acqua:

- Direttiva Europea 2000/60/CE;
- D.Lgs 152/2006, Testo Unico Ambientale;
- Regione Emilia Romagna, *Piano di Tutela delle Acque*, Delibera n.40 dell'Assemblea legislativa, 21 Dicembre 2005.

Normativa sul verde

- Decreto del Presidente della Repubblica (D.P.R) 02/04/05, art. 2, comma 5;

- Comune di Bologna, Settore ambiente, *Regolamento del verde*, Delibera C.C. n.121 del 17/04/2009.

Normativa sui rifiuti:

- Circolare Ministeriale 5 Luglio 2005, n. 5205;
- Decreto Ministeriale 203/2003;
- Direttiva Europea 1993/31/CE;
- Direttiva Europea 2008/98/CE;
- D.Lgs. n. 22/97, Decreto Ronchi;
- D.Lgs 152/2006, Testo Unico Ambientale;
- D.Lgs 205/10/2010;
- Comune di Bologna, Settore Ambiente e Verde Urbano, *Regolamento per la gestione dei materiali naturali derivanti da attività di scavo e dei materiali inerti generati da attività di demolizione e costruzione*, 2009.

Siti internet consultati

http://europa.eu/legislation_summaries/agriculture/environment/128002b_it.htm

<http://www.aivep.org/giardino/>

[http:// ambienteitalia.it](http://ambienteitalia.it)

<http://www.bcp-energia.it>

<http://www.bologna.enea.it/ambtd/aquasave-doc/aquas-ita.htm>

<http://www.cnttv.it/leggi.php?leg=6>

<http://www.comune.bologna.it/ambiente/servizi/>

http://www.consiglioregionale.piemonte.it/labgiuridico/dossier_info/dossier_info_20.pdf

<http://www.cslp.it>

<http://www.energiegeniali.it/news/70-nel-2014-1-energia-fotovoltaica-costera-meno>

<http://www.enerpoint.it/solare/fotovoltaico/costi-fotovoltaico.php>

<http://www.legambientecarrara.it>

http://www.legambiente.eu/documenti/2008/0418_dossierCave/index.php

http://www.gruppohera.it/gruppo/attivita_servizi/business_acqua/qualita/

<http://www.regione.emilia-romagna.it>

http://www.retidipace.it/energia/manuale_risp_energetico.pdf

<http://www.tettosolare.it>