

ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

*CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL  
TERRITORIO*

Tesi di Laurea in

Valorizzazione delle risorse primarie e secondarie M

Analisi di soluzioni per la gestione efficiente e circolare della risorsa idrica in  
ambito urbano.

Il caso della città di Bologna.

Relatrice

Chiar.ma Prof.ssa Alessandra Bonoli

Candidato

Alessandro Di Pietro

Correlatrice e tutor

Dott. Ing. Francesca Cappellaro

Anno Accademico 2022/2023



# Indice

Introduzione.....	1
1. Gestione della risorsa idrica durante la crisi ambientale, effetti nelle aree urbane.....	3
1.1 <i>Cambiamento climatico, risorsa idrica in crisi</i> .....	4
1.2 <i>Alluvioni e isola di calore</i> .....	6
1.2.1 <i>Alluvioni</i> .....	6
1.2.2 <i>Isola di calore</i> .....	9
1.2.3 <i>Impermeabilizzazione del suolo</i> .....	13
1.3 <i>Siccità, disponibilità della risorsa idrica in calo</i> .....	15
1.4 <i>Consumi elevati della risorsa idrica</i> .....	18
1.5 <i>Aree urbane, vulnerabilità da eventi climatici estremi</i> .....	22
1.6 <i>Obiettivi di sviluppo sostenibile legati alla risorsa idrica</i> .....	24
2. Economia circolare urbana e gestione efficiente della risorsa idrica .....	27
2.1 <i>Cos'è l'economia circolare</i> .....	27
2.1.1 <i>Quadro normativo</i> .....	28
2.1.2 <i>Buone pratiche di economia circolare: definizione e criteri di circolarità</i> .....	29
2.2 <i>Economia circolare urbana</i> .....	31
2.2.1 <i>Città circolari</i> .....	31
2.2.2 <i>Soluzioni di economia circolare urbana</i> .....	33
2.2.3 <i>Economia circolare e risorsa idrica</i> .....	35
2.3 <i>Soluzioni per la gestione efficiente e circolare della risorsa idrica in ambito urbano</i> .....	36
2.3.1 <i>Il tetto verde e quantificazione effetti</i> .....	36
2.3.2 <i>Aree alberate e quantificazione effetti</i> .....	42
2.3.3 <i>Aree di bio-ritenzione e infiltrazione e quantificazione effetti</i> .....	43
2.3.4 <i>Pavimenti permeabili e quantificazione effetti</i> .....	45

2.3.5	<i>Sistema di raccolta di acque meteoriche e quantificazione effetti</i>	47
2.3.6	<i>Tecnologie per il riuso delle acque grige e quantificazione effetti</i>	51
2.3.7	<i>Monitorare per risparmiare e quantificazione effetti</i>	53
3.	<b>Caso studio di Bologna nell'ambito del progetto NiCE</b>	55
3.1	<i>La città di Bologna e la sfida della sostenibilità</i>	55
3.1.1	<i>Realizzazione dell'Agenda per lo sviluppo sostenibile 2.0</i>	55
3.1.2	<i>Bologna e la missione carbon neutral 2030</i>	56
3.2	<i>Il Progetto NiCE e il caso pilota di Bologna</i>	56
3.3	<i>Metodologia di ricerca, intervista, raccolta dati e descrizione delle buone pratiche</i>	57
4.	<b>Buone pratiche rilevate nella città di Bologna</b>	61
4.1	<i>Mappatura delle buone pratiche nella città metropolitana di Bologna</i>	61
4.1.1	<i>Spazio Battirame</i>	61
4.1.2	<i>Impronta Blu'</i>	62
4.1.3	<i>Le Serre dei Giardini Margherita e Salus Space</i>	63
4.1.4	<i>Terracini in Transizione</i>	64
4.1.5	<i>Fattoria urbana</i>	67
4.1.6	<i>I-CHANGE</i>	67
4.1.7	<i>Orti del Paleotto</i>	68
4.1.8	<i>Porto Verde Di Bologna</i>	69
4.1.9	<i>Progetto "Parco della Luna"</i>	70
4.1.10	<i>Progetto ROCK</i>	71
4.1.11	<i>Arvaia</i>	71
4.1.12	<i>Spazio DumBo</i>	72
4.1.13	<i>RECiProCo</i>	72
4.1.14	<i>GST4Water</i>	73
4.2	<i>Buone pratiche di economia circolare urbana selezionate per il progetto NiCE</i>	73
4.3	<i>Il ruolo dei cittadini nelle città circolari</i>	75

<i>4.3.1 Caratteristiche degli intervistati</i> .....	76
<i>4.3.2 Livello di consapevolezza sugli impatti e rischi ambientali</i> .....	77
<i>4.3.3 Reattività a modificare i propri comportamenti</i> .....	78
<i>4.3.4 Adozione di comportamenti virtuosi</i> .....	79
<i>4.3.5 Proposte per il futuro</i> .....	81
<i>4.3.6 Sondaggio sulle buone pratiche di economia circolare del progetto NiCE</i> .....	82
<i>4.3.7 Considerazioni finali</i> .....	84
Conclusioni.....	86
Sitografia	
Bibliografia	



## **Introduzione**

Questa tesi ha l'obiettivo di descrivere il lavoro svolto in più di 300 ore dedicate al tirocinio per la preparazione della prova finale svolto presso il Centro Ricerche di Bologna di ENEA, l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile. Il lavoro ricoperto mi ha visto partecipare nelle prime fasi del Progetto Europeo Interreg Central Europe NiCE, volto alla riqualificazione dei centri urbani tramite un approccio sostenibile di economia circolare. Ogni paese partner del progetto ha svolto il compito di raccogliere e selezionare delle buone pratiche riguardanti un tema assegnatogli. ENEA in collaborazione con la città di Bologna ha avviato una raccolta di dati e informazioni sulla gestione sostenibile della risorsa idrica. Sono state quindi condotte delle ricerche riguardanti enti e realtà che potessero essere inerenti ai fini del progetto a cui anch'io ho collaborato. Le buone pratiche selezionate hanno contribuito a raggiungere uno dei risultati del progetto NiCE che era quello di identificare esempi di economia circolare a livello urbano. Il tirocinio è stato formativo: professionalmente, nella ricerca di quali potessero essere le buone pratiche di gestione della risorsa idrica presenti nel territorio bolognese, nell'ampliamento di conoscenze sull'economia urbana, in particolar modo riguardante la risorsa idrica in ambito urbano, nella sistematizzazione di informazioni e testi scritti, utilizzando applicativi informatici per la redazione di template, nell'ottenimento di capacità di intervista ad enti e di relazione col pubblico tramite la partecipazione alla Notte Europea Dei Ricercatori. In questo lavoro sono stato seguito dalla tutor dott. ing. Francesca Cappellaro della Sezione Supporto al coordinamento delle attività sull'Economia Circolare del Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali.



## **1. Gestione della risorsa idrica durante la crisi ambientale, effetti nelle aree urbane**

L'acqua è una risorsa fondamentale per l'umanità e per gli ambienti naturali nel mondo. Da sempre l'uomo si impegna nella gestione della risorsa idrica per sviluppare civiltà e competenze ingegneristiche, inoltre la nostra società e il nostro sistema economico dipendono dalla disponibilità di questa. Oggi occuparsi della gestione della risorsa idrica è molto importante, perché:

- La sua richiesta nel mondo è crescente, 1,6 miliardi di persone soffrono della sua scarsità a causa della mancanza di infrastrutture apposite e 2,2 miliardi non hanno accesso ad acqua potabile e a servizi idrici di base nel mondo.
- La sua scarsa disponibilità favorisce la diffusione di malattie, 2 persone su 5 nelle proprie case non hanno una struttura per lavarsi le mani con acqua e sapone e più di 630 milioni di persone utilizzano servizi igienici condividendoli con almeno un secondo nucleo familiare.
- La crisi idrica è tra i principali rischi nel mondo, ha causato un aumento del 10% della migrazione tra il 1970 e 2000.
- I fenomeni meteorologici estremi sono in aumento.

In Italia la corretta gestione della risorsa idrica è importante. La filiera estesa dell'acqua genera il 18% del PIL italiano. La gestione poco sostenibile della risorsa acqua può provocare:

- Una crisi di salute pubblica, con inondazioni, siccità e malattie trasmesse dall'acqua.
- Alterazione della fornitura d'acqua pulita, impattando sulla salute umana, sulle industrie, sull'agricoltura e sulla produzione di energia inaspando la crisi idrica.

Invece una gestione della risorsa idrica sostenibile è utile, non solo per salvaguardare l'economia del paese e il benessere delle persone, ma anche per attuare strategie di adattamento e mitigazione del nuovo clima. Data l'importanza di questi temi non è più possibile procrastinare dibattiti e nuove azioni sostenibili di questa risorsa.

### 1.1 Cambiamento climatico, risorsa idrica in crisi

L'energia ha un ruolo chiave per l'uomo, molte attività antropiche sono basate su di essa. L'utilizzo di alcune fonti di energia, specialmente i combustibili fossili, comportano emissioni di gas serra, che per l'80% sono di CO<sub>2</sub>. Prima dell'era industriale la concentrazione di CO<sub>2</sub> in atmosfera era stabile attorno a 280 ppm da 6.000 anni, oggi, a causa delle attività antropiche inquinanti, sono circa 424 ppm (Fig 1), il 50% in più rispetto a periodi preindustriali.

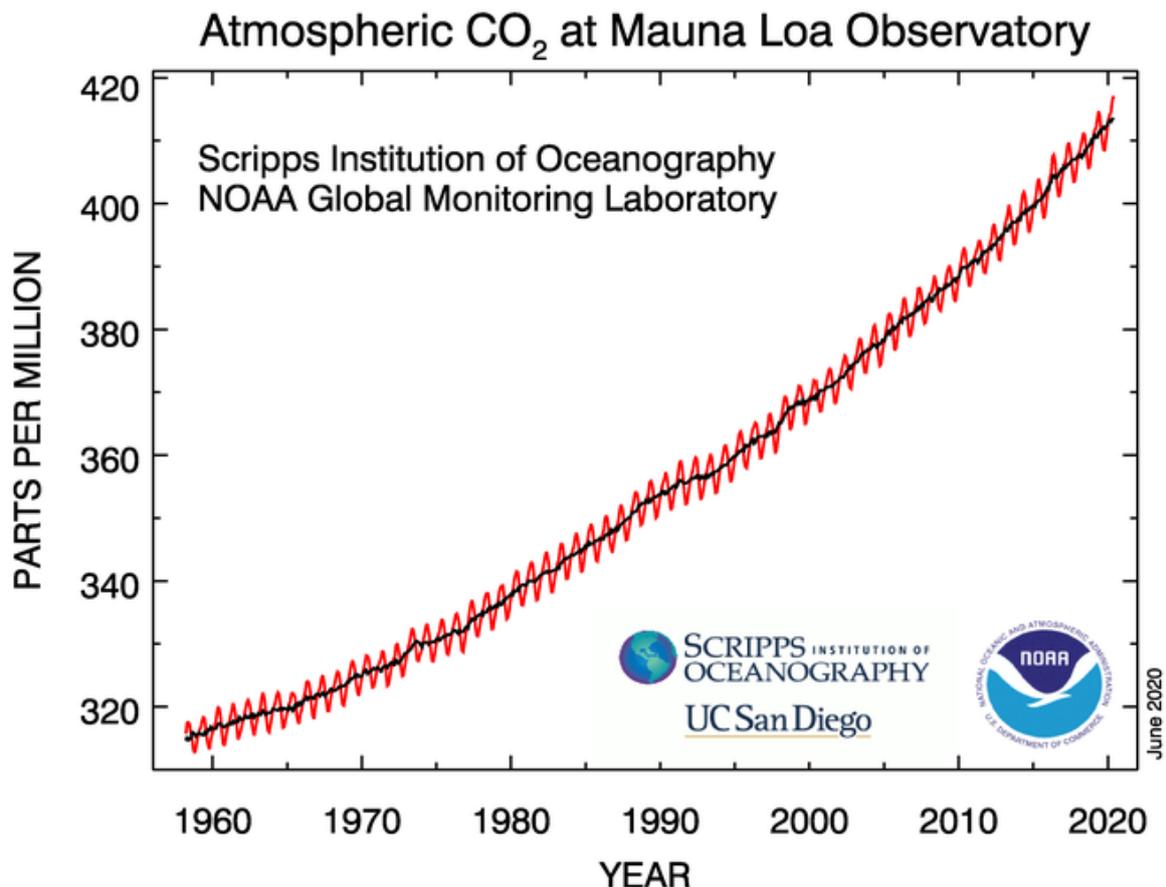


Figura 1 – Andamento della concentrazione di CO<sub>2</sub> in ppm negli anni

Quest'alta concentrazione causa un forte effetto serra, favorendo il surriscaldamento globale, motivo per cui oggi la temperatura media del pianeta è di 1,1°C più alta rispetto al periodo preindustriale. Le emissioni di gas serra sono in continuo aumento, nel caso in cui non si concretizzi una diminuzione significativa si prevede che nel 2100 si possa registrare un aumento della temperatura media terrestre di 3°C rispetto al periodo preindustriale. Un metodo, per impedire che il clima terrestre continui a mutare fino a un'impossibilità di adattamento, è l'adozione di politiche ambientali. Il riscaldamento globale in corso non impatta allo stesso modo tutte le regioni del mondo, quella del Mediterraneo è un hotspot climatico essendo molto esposta agli effetti della crisi climatica. In Italia la temperatura media è aumentata di quasi 3°C

rispetto al periodo preindustriale, invece di 1,1°C. Nel 2022 la temperatura media annua italiana ha superato i 14°C, anche riducendo le emissioni e contenendo il riscaldamento globale a non più di 2°C, come previsto dall'Accordo di Parigi, questa è destinata a salire fino a 5°C in più. Il nuovo clima ha effetti negativi sul ciclo dell'acqua, sia a livello globale che locale. Una corretta e virtuosa gestione della risorsa idrica è una strategia utile di resilienza e adattamento per il ciclo dell'acqua e per le nuove sfide ambientali. La crisi climatica impatta sulla risorsa idrica aumentando per frequenza e intensità i fenomeni meteorologici estremi. In Italia una persona su 5 risiede in aree potenzialmente allagabili e 6,9 milioni di persone, 1,1 milioni di imprese e 4,9 milioni di edifici sono minacciate da pericolosità idraulica medio alta, dove si verificano eventi estremi ogni 100-200 o ogni 20-50 anni. Il settore idroelettrico, che dovrebbe aiutare molto l'Italia verso la transizione energetica, nel 2022, a causa della siccità, ha subito un calo nella produzione del 37%, arrivando a coprire per la prima volta meno del 10% della produzione nazionale. Come rilevato dall'Osservatorio Città Clima di Legambiente da inizio anno 2023 i fenomeni estremi sono aumentati del 135% rispetto all'inizio del 2022. In particolare, da gennaio a maggio 2023 si sono registrati 122 eventi estremi, contro i 52 dell'anno precedente. Il fenomeno che si è realizzato con più frequenza è l'alluvione, nei primi 5 mesi del 2023 si è passati da 16 a 30 eventi rispetto agli stessi mesi del 2022, registrando quindi un +87,5%. Quest'anno le regioni più colpite da eventi climatici estremi sono: Emilia-Romagna, Sicilia, Piemonte, Lazio, Lombardia, Toscana. In figura 2 si riassumono tutti gli eventi meteorologici e le alluvioni tra gennaio e maggio 2023. Questi dati mostrano che l'Italia è scoperta sul tema della resilienza. Nel territorio italiano, l'International Energy Agency (IEA) prevede, entro il 2080, una riduzione dei flussi idrici del 40%. Con flusso idrico si fa riferimento all'intensità del trasporto di acqua dei canali naturali ed è calcolato come portata della risorsa che attraversa una sezione di corso d'acqua in un secondo. Il periodo di siccità del 2022 dell'Italia è stato l'anno più caldo dal 1961, con anomalie termiche fino a +2,7°C, rispetto la media del trentennio 1981-2010 e con le precipitazioni diminuite del 22% rispetto l'ultimo anno (Fonte Ispra).

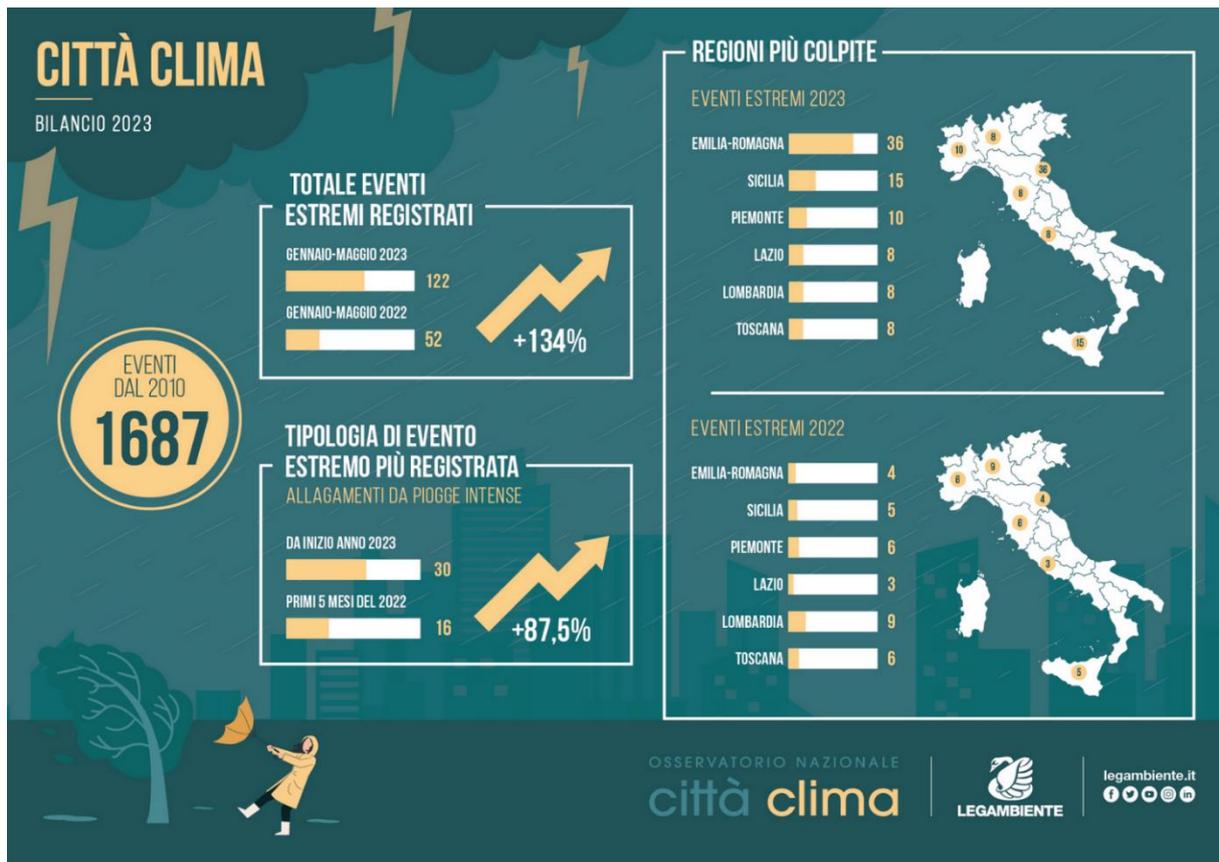


Figura 2 - Eventi estremi registrate nel 2022 e in parte del 2023 messi a confronto

## 1.2 Alluvioni e isola di calore

### 1.2.1 Alluvioni

Sono fenomeni dovuti allo straripamento di corsi d'acqua in seguito ad intense piogge, sono fondamentali per la genesi di piene alluvionali. Costituiscono un problema quando le aree esondabili sono urbanizzate. Queste sono aree vulnerabili a ingenti danni socioeconomici. Durante un fenomeno di pioggia, se il suolo lo permette, parte dell'acqua piovana penetra in profondità per infiltrazione, alimentando le falde sotterranee, un'altra parte torna in atmosfera sotto forma di vapore per evapotraspirazione, tramite il suolo, e per traspirazione, tramite le piante. La porzione rimanente è la responsabile degli eventi di piena, perché forma deflussi superficiali alimentando direttamente i corsi d'acqua. Tali dinamiche sono influenzate dalla capacità di infiltrazione e ritenzione del suolo, più queste sono alte più la frequenza di eventi alluvionali è bassa. La velocità di infiltrazione d'acqua piovana nel terreno varia in base al tipo di suolo (Fig. 3). A parità di caratteristiche fisiche i suoli naturali e/o poco sfruttati comportano

una capacità di infiltrazione e ritenzione delle acque meteoriche superiore (Fig. 3), scongiurando maggiormente eventi alluvionali.

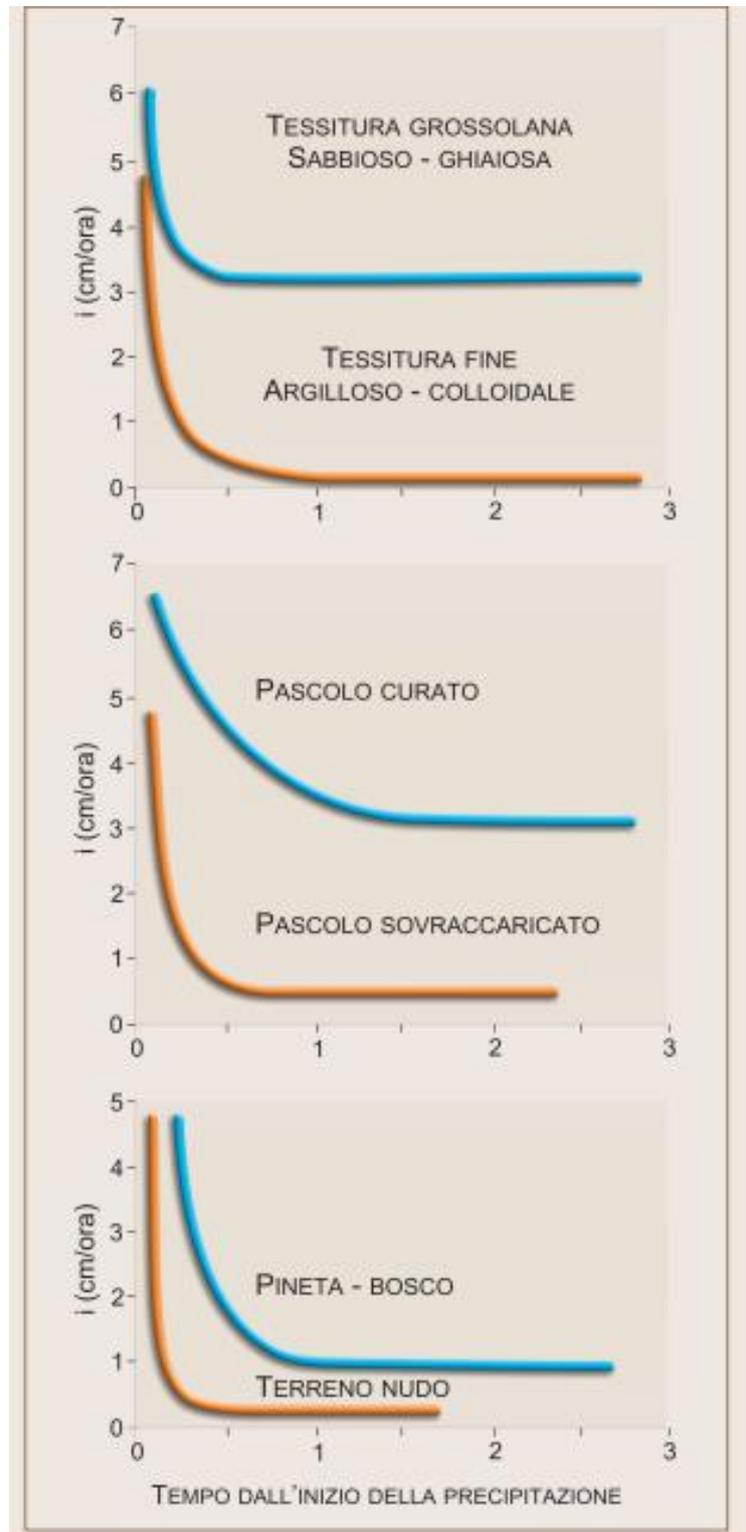


Figura 3 – In ordinata si osserva la velocità di infiltrazione, in ascisse il tempo

I terreni con scarsa capacità di infiltrazione sono quelli secchi, compattati e impermeabilizzati, assorbendo meno i volumi d'acqua e aumentano la velocità di deflusso del run-off, quindi anche la frequenza di eventi alluvionali. Queste condizioni del terreno sfavorevoli possono essere causate dall'attività antropica, i suoli impermeabilizzati sono il riflesso della volontà umana di espandere sempre più le aree urbane grigie. Un suolo non alterato può incamerare fino a 3.750 t di acqua per ettaro, o circa 400 mm di precipitazioni, riducendo i tempi con cui l'acqua raggiunge i fiumi e la portata di questi. Le alluvioni presentano criticità maggiori nelle aree pianeggianti e in caso di piogge molto intense, che sono sempre più numerose negli ultimi anni. È importante quindi riprogettare gli spazi urbani per evitare situazioni di criticità idraulica. Criticità basse sono tipiche di ecosistemi forestali, dove la velocità di infiltrazione dell'acqua è maggiore rispetto i suoli consumati, ottenendo un ridotto scorrimento superficiale. Quindi il mantenimento delle funzionalità del suolo è molto importante per ridurre la frequenza con cui si manifesta un evento alluvionale. L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) ha realizzato una mappa del territorio italiano per osservare in percentuale i territori allagabili attraverso tre scenari di probabilità di alluvione, individuati dal D.Lgs. 49/2010 (di recepimento della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE), tramite un indicatore che mostra le condizioni di pericolosità da alluvione sul territorio italiano per il 2020:

- Alta (HPH, High Probability Hazard), allagabili con un tempo di ritorno tra i 20 e 50 anni,
- Media (MPH, Medium Probability Hazard), allagabili con un tempo di ritorno tra i 100 e 200 anni,
- Bassa (LPH, Low Probability Hazard), allagabili in caso di eventi rari o estremi.

Nella seguente tabella si osservano le medie nazionali.

<b>Aree a pericolosità idraulica - Scenari FD e D.Lgs. 49/2010</b>		
<b>Scenario</b>	<b>km<sup>2</sup></b>	<b>% su territorio nazionale</b>
Scenario pericolosità <b>Elevata - HPH</b>	16.223,9	5,4
Scenario pericolosità <b>Media - MPH</b>	30.195,6	10,0
Scenario pericolosità <b>Bassa - LPH</b>	42.375,7	14,0

Tabella 1 - Estensione delle aree allagabili per i tre scenari di probabilità di alluvione a livello nazionale - Mosaicatura ISPRA, 2020

L'Emilia-Romagna è tra le regioni più impermeabilizzate e allagabili. Considerando la naturale tendenza di questo territorio a subire allagamenti non si può certo escludere che parte di questi eventi siano anche causati e/o resi più intensi dalla attività antropica che riduce le aree verdi. La frequenza delle precipitazioni è in calo, ma la loro intensità è in aumento così come gli allagamenti in città (Fig. 4).

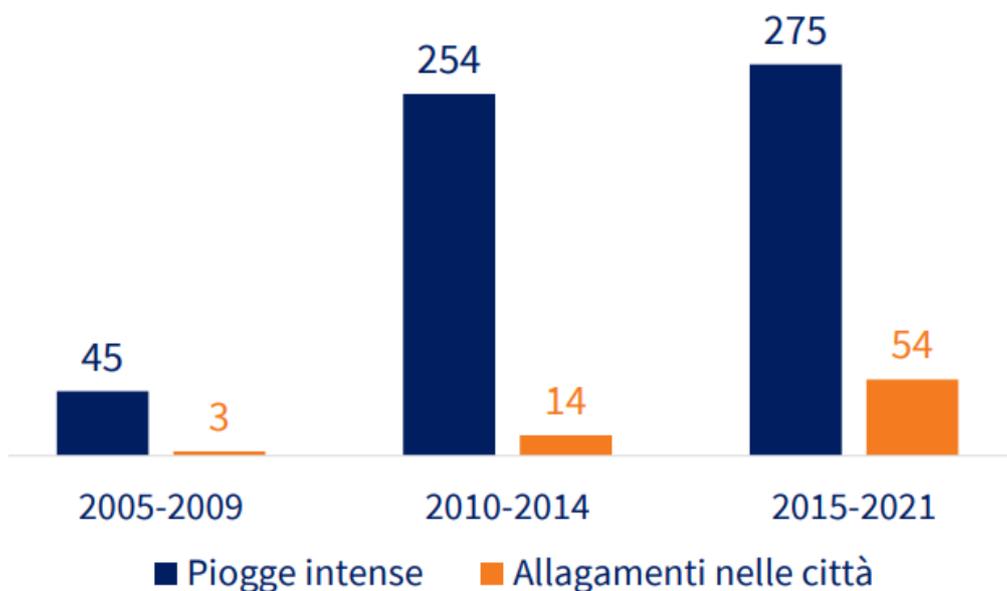


Figura 4 – numero di piogge intense e allagamenti nelle città negli anni

Rispetto il periodo “2005-2009” e il “2015-2021” le piogge intense sono aumentate del 511% e i relativi allagamenti in città del 1700%. Si registrano quindi fortissimi aumenti, sia delle precipitazioni intense sia degli allagamenti in città. Invece gli aumenti tra il 2010-2014 e il 2015-2021 sono più contenuti. Confrontando la Mosaicatura Ispra del 2020 con quella del 2017 risulta un incremento dell’1,3% della superficie nello scenario HPH, dell’1,6% della superficie nello scenario MPH e del 3,1% della superficie nello scenario LPH. Questi incrementi sono riconducibili soprattutto all’integrazione della mappatura in territori precedentemente non presi in esame.

### 1.2.2 Isola di calore

È un fenomeno tipico delle città, dove produce un microclima molto più caldo rispetto le aree meno urbanizzate limitrofe, creando differenze fino a 5°C. Le cause di ciò sono ad esempio strumenti di condizionamento dell’aria e traffico, che producono calore, edifici molto alti, che limitano il ricircolo dell’aria e la mancanza di superfici verdi a favore di materiali edilizi.

L'asfalto e il cemento, a parità di volume col terreno, assorbono molto più calore, che viene poi rilasciato di notte riducendo il calo delle temperature notturne. Quindi le aree fortemente urbanizzate assorbono molto calore, riscaldando poi l'ambiente circostante. Gli effetti sulla salute umana incidono soprattutto sulle fasce più deboli della popolazione. La figura 5 rappresenta le temperature registrate a Milano il 18 giugno 2022, tramite lo strumento ECOSTRESS della NASA presente sulla Stazione Spaziale Internazionale.

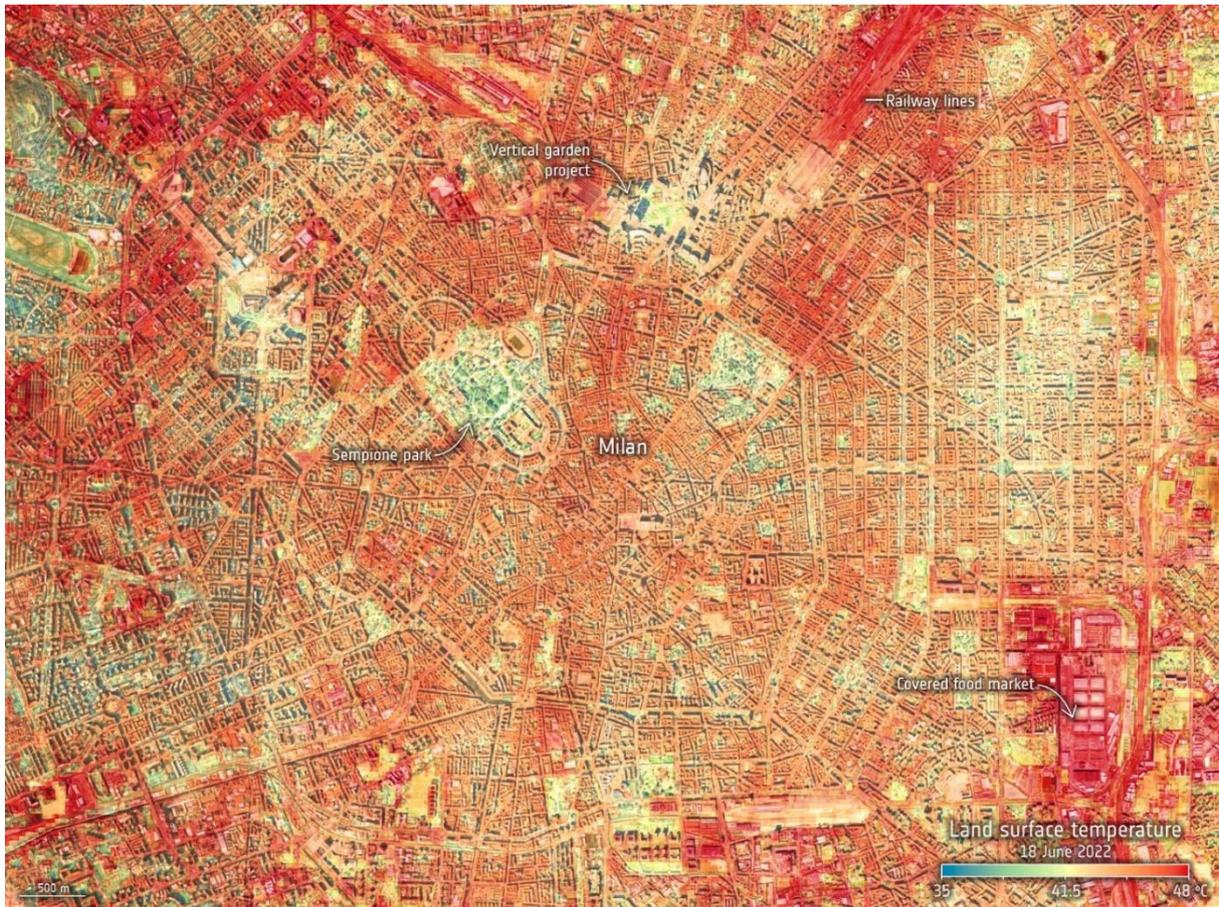


Figura 5 – Temperatura nella città di Milano nel giorno 18 giugno 2022

Si osserva che nelle aree verdi, come il Parco Sempione, le temperature sono più basse. L'acqua presente sullo strato superficiale delle piante e del terreno evapora e il calore dell'ambiente intorno viene assorbito rinfrescando l'area, questo fenomeno è chiamato evapotraspirazione. Le aree ferroviarie e il mercato coperto, dove la vegetazione è scarsa o assente, sono le aree più calde per l'effetto "isola di calore". Queste misurazioni forniscono informazioni geospaziali importanti per una pianificazione territoriale che mira alla mitigazione del fenomeno "isola di calore". Generalmente più l'area urbana è grande e compatta più l'effetto "isola di calore" è intenso. La seguente tabella riporta le differenze di temperatura media in °C dei mesi estivi 2016-2018 tra le aree urbane e suburbane rispetto le aree rurali, per fascia altimetrica.

Regione	Altitudine < 200 m		Altitudine 200-600 m	
	Aree suburba- ne/artificiale a me- dia/bassa densità	Aree urbane/artificiale compatto	Aree suburba- ne/artificiale a me- dia/bassa densità	Aree urbane/artificiale compatto
Valle d'Aosta	-	-	0,6	3,4
Piemonte	1,5	2,8	2,1	5,7
Lombardia	1,3	3,5	1,6	4,5
T. Alto Adige	3,4	5,2	0,9	3,6
Veneto	0,7	2,1	0,9	2,2
Friuli V. Giulia	0,6	2,0	1,7	3,6
Liguria	1,2	2,9	0,7	2,3
Emilia Romagna	0,6	1,8	0,5	1,7
Toscana	-0,1	1,7	0,6	2,5
Umbria	1,0	2,3	1,8	3,5
Marche	0,0	0,0	0,7	2,2
Lazio	0,5	1,5	1,1	2,2
Abruzzo	0,1	0,7	0,6	2,2
Molise	-1,4	-1,6	0,0	1,0
Campania	0,6	2,2	0,6	1,0
Puglia	-0,2	-0,4	0,5	0,6
Basilicata	-0,1	2,0	-0,4	1,3
Calabria	-1,1	-1,6	0,1	1,8
Sicilia	-2,2	-2,6	-0,4	0,6
Sardegna	-0,1	0,5	1,4	1,5
Italia	0,2	1,2	0,7	2,0

Tabella 2 - Differenze di temperatura media in °C dei mesi estivi 2016-2018 tra le aree urbane e suburbane rispetto le aree rurali, per fascia altimetrica

Le aree rurali hanno una maggiore differenza di temperatura con le aree urbane, che sono tipicamente più calde in quasi tutte le regioni, soprattutto ad altitudini tra 200 e 600 m. È interessante osservare come per la Sicilia, il Molise e la Calabria l'andamento delle temperature è opposto, le temperature più basse sono quelle urbane. Questa particolarità è giustificabile dalle peculiari condizioni climatiche e la presenza di vaste aree agricole con scarsa copertura di vegetazione, che influenzano la temperatura nei mesi estivi. La differenza di temperatura tra le aree rurali e urbane compatte sotto i 200 m è di circa 1,2°C, tra i 200 e 600 m invece è di 2°C. Per le aree suburbane la differenza è più contenuta, 0,2-0,7 °C. Uno studio analogo è stato effettuato per studiare l'apporto arboreo per il clima nei contesti urbani, calcolando le differenze di temperatura tra le aree con copertura arborea rada, quindi inferiore al 50% della superficie, e quelle con una copertura arborea superiore al 50% della superficie (Tab. 3).

Regione	Altitudine < 200 m			Altitudine 200-600 m		
	Aree rurali/artificiale assente o rado	Aree suburbane/artificiale a media/bassa densità	Aree urbane/artificiale compatte	Aree rurali/artificiale assente o rado	Aree suburbane/artificiale a media/bassa densità	Aree urbane/artificiale compatte
Valle d'Aosta	-	-	-	1,8	2,0	1,5
Piemonte	0,4	1,1	0,9	2,7	2,2	2,9
Lombardia	0,5	0,2	0,3	2,7	2,8	2,8
T. Alto Adige	-4,7	-1,6	0,3	-0,2	0,1	1,3
Veneto	0,7	0,9	0,3	-0,2	0,6	1,0
Friuli V. Giulia	0,7	0,9	0,5	2,3	1,0	0,3
Liguria	1,5	1,9	0,9	2,3	2,7	0,9
Emilia Romagna	1,1	1,0	0,7	1,9	1,6	0,8
Toscana	3,3	3,0	2,5	3,7	3,7	1,8
Umbria	1,5	1,3	0,2	2,3	1,9	1,6
Marche	1,9	1,7	0,8	2,3	2,1	1,0
Lazio	2,4	2,0	1,0	3,0	2,6	2,1
Abruzzo	1,2	1,0	0,8	2,5	2,2	1,1
Molise	1,4	0,3	-0,7	2,8	1,4	0,4
Campania	2,1	1,8	2,2	3,3	2,8	1,6
Puglia	1,4	1,1	0,6	2,7	0,7	0,2
Basilicata	1,2	1,6	2,2	3,9	2,7	1,0
Calabria	2,0	0,5	-1,4	3,3	2,5	1,7
Sicilia	1,2	1,2	0,4	3,8	2,8	1,5
Sardegna	3,1	3,4	0,9	3,5	3,5	3,3
Italia	1,5	1,4	0,7	2,9	2,4	1,6

Tabella 3 - Differenze di temperatura tra le aree con copertura arborea rada, quindi inferiore al 50% della superficie, e quelle con una copertura arborea superiore al 50% della superficie

Nelle aree sotto i 200 m le aree alberate hanno temperature inferiori rispetto le aree non alberate (differenze positive). Si hanno piccole differenze di temperatura in Puglia, a causa delle ridotte estensioni delle aree urbane e suburbane con alta densità arborea, e differenze negative in Trentino-Alto Adige per delle ridotte estensioni delle aree rurali nelle relative classi altimetriche. Tra i 200 e i 600 m, la copertura arborea provoca differenze di temperature generalmente superiori a 1°C tra le aree alberate e quelle non, specialmente nelle aree urbane compatte dove la differenza media è di 1,4 °C. Mediamente sotto i 200 m le aree alberate hanno una temperatura inferiore rispetto le non alberate di almeno 0,7 °C. In questa tabella, come nella precedente, i valori nazionali sono stati calcolati considerando la media delle differenze per ogni regione pesata con la relativa superficie. Grazie alle due tabelle si osserva come la copertura vegetale agisce significativamente sulle temperature, riducendo le ondate di caldo delle isole di calore, quindi i consumi energetici e i danni alla salute umana.

### 1.2.3 Impermeabilizzazione del suolo

Il suolo è di fondamentale importanza per l'ecosistema, infatti ha diverse funzionalità: produzione alimentare e di materiali rinnovabili come il legname, da spazio a diversi habitat a favore della biodiversità, regola i flussi d'acqua superficiali e sotterranei, rispettivamente verso i corpi idrici e verso le falde rimuovendo le sostanze contaminanti, riduce la frequenza di alluvioni e di fenomeni di siccità e riduce l'effetto "isola di calore". Con "impermeabilizzazione" si indica quel fenomeno che porta a sigillare il terreno con materiali impermeabili. Un terreno sigillato limita le funzionalità del suolo sopra elencate, causando problemi nella gestione della risorsa idrica in città. Aumenta di frequenza e intensità le alluvioni e l'effetto "isole di calore". Quindi fenomeni i alluvionali e l'effetto "isola di calore" non sono solo un effetto del cambiamento climatico. Nella seguente figura si osserva nello specifico l'alterazione del ciclo dell'acqua nelle aree urbane.



Figura 6 – Come si ripartisce l'acqua meteorica in base al tipo di suolo

La maggior parte dell'acqua piovana scorre sulla superficie antropica, trasportando con sé gli inquinanti presenti. Con un suolo consumato la ricarica delle falde viene meno. Le aree impermeabilizzazione sono situate principalmente nelle aree metropolitane e agricole. Nelle prime perché sono presenti molte costruzioni industriali, commerciali e infrastrutture di trasporto, nelle seconde perché le aree agricole possono essere soggette a un'agricoltura intensiva, che causa la compattazione del suolo. Negli ultimi 20 anni in Europa l'estensione di aree urbane è aumentata del 20%, riducendo il verde. Inoltre, l'espansione dei centri abitati spesso è avvenuta in corrispondenza di aree alluvionali aumentando così i danni e la vulnerabilità da eventuali piene. Nelle seguenti figure si osserva il grado di impermeabilizzazione urbana regione per regione. Come precedentemente anticipato l'Emilia-Romagna è tra le regioni con un consumo di suolo più diffuso.

## Quota di territorio impermeabilizzato nel 2021

(quota %) - Fonte: Ispra

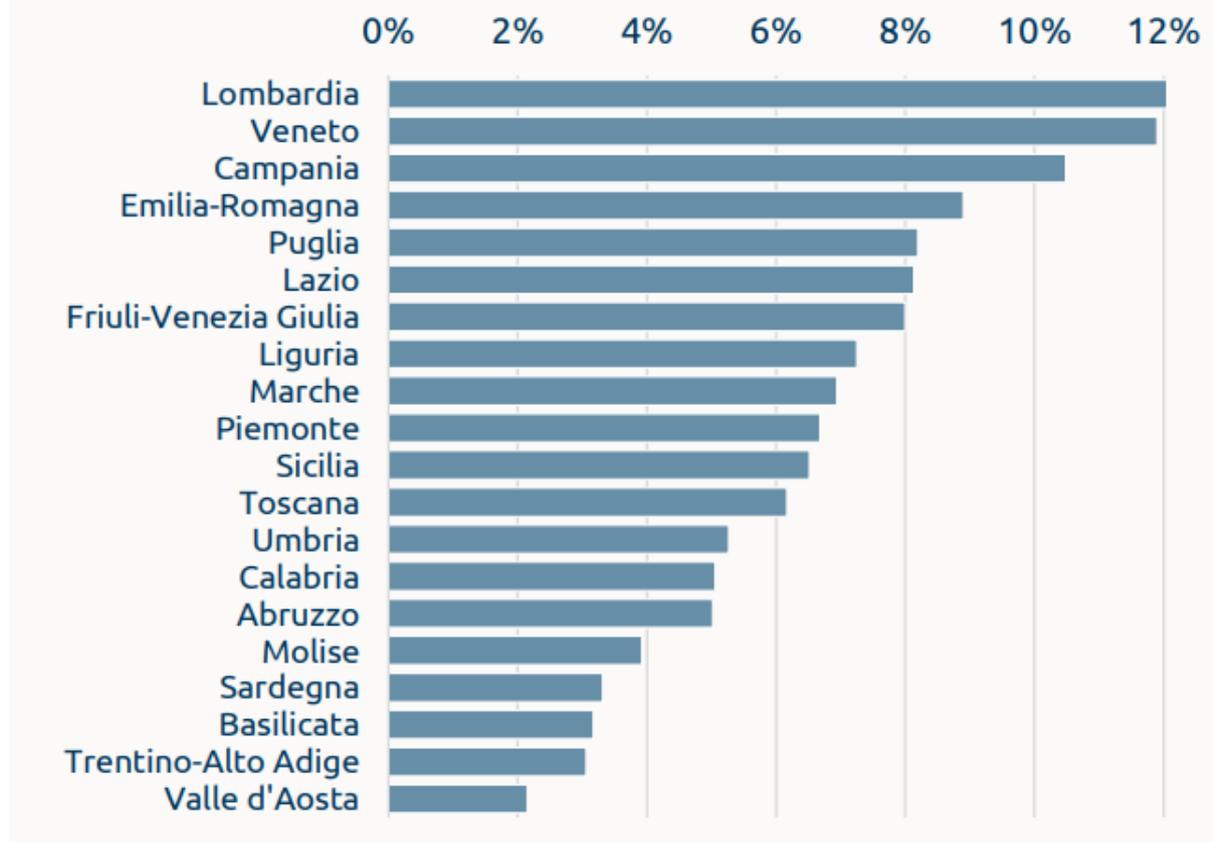


Figura 7 - Percentuale di suolo impermeabilizzato per ogni regione italiana per l'anno 2021

Nel 2022 in Italia sono stati consumati altri 76,8 km<sup>2</sup>, il 10,2% in più del 2021, ovvero 21 ha al giorno, che è il valore più alto rispetto agli ultimi 11 anni, dove non si sono mai superati i 20 ha. La realizzazione di nuove aree verdi potrebbe portare a un consumo del suolo netto nullo, ma nel 2022 le nuove aree verdi hanno riguardato solo 6 km<sup>2</sup> di suolo. Nell'ultimo anno 7,5 km<sup>2</sup> sono passati da suolo consumato reversibile a permanente. Il consumo di suolo nazionale è stimato a più di 21.500 km<sup>2</sup>, inoltre altri 646 km<sup>2</sup> sono aree sottoposte ad altre forme di alterazione di suolo, non considerate come causa di consumo di suolo, alcuni esempi sono le serre non pavimentate e i ponti. Il suolo impermeabilizzato copre il 7,14% del territorio italiano e si registra una crescita continua nel tempo (Fig. 8).

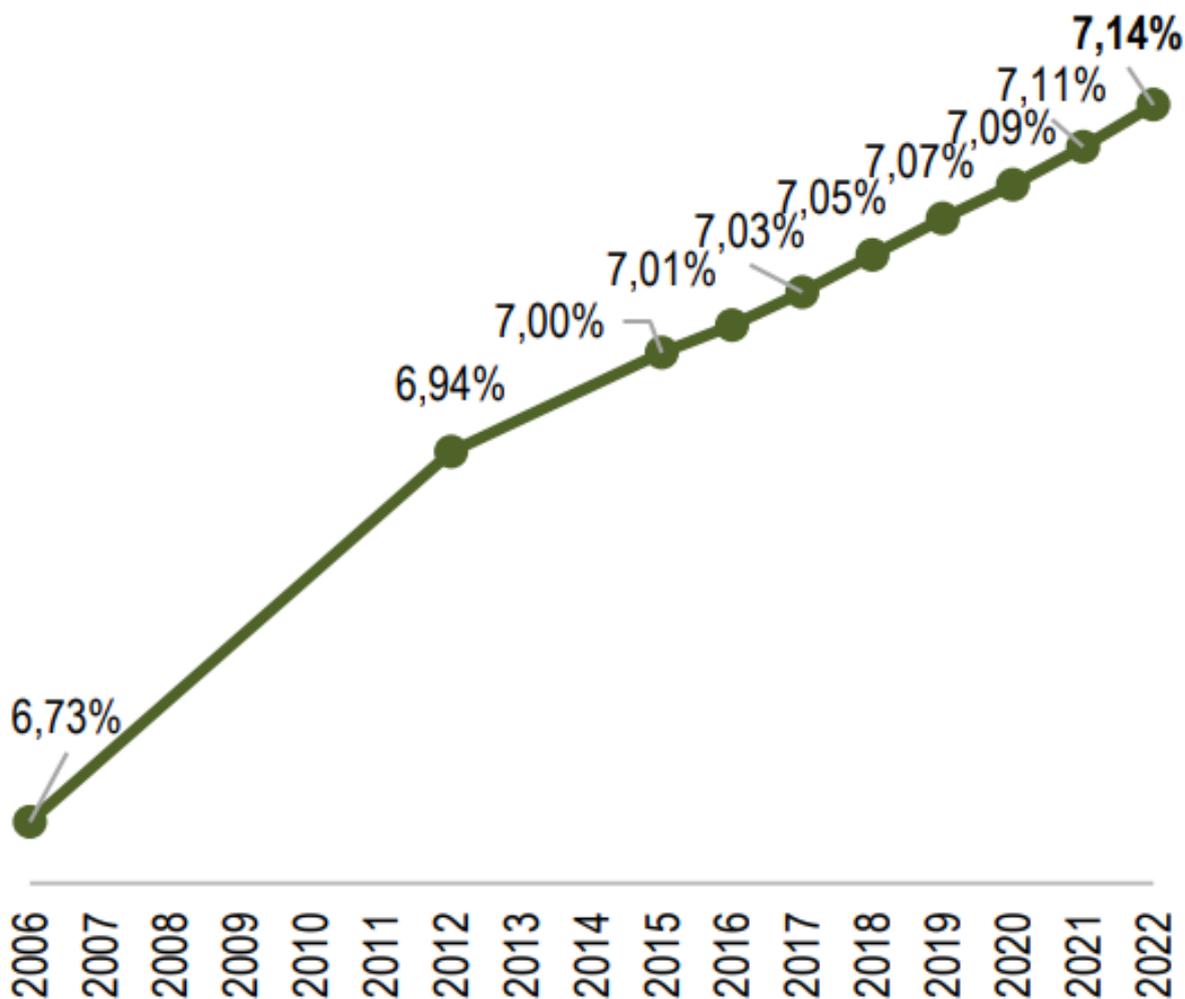


Figura 8 - Andamento del consumo di suolo dal 2006 al 2022

L'eCommerce è tra le principali cause di consumo di suolo a causa dei grandi spazi di stoccaggio di cui ha bisogno. Una soluzione, per ridurre questa tendenza negativa, sarebbe quella di sviluppare una crescita urbana che non sia legata all'aumento di aree impermeabilizzate e che non occupi le aree verdi urbane. L'Italia non ha una legge per limitare il consumo di suolo. Le stime viste sono state elaborate da ISPRA.

### 1.3 Siccità, disponibilità della risorsa idrica in calo

Nella seguente figura si osservano i rischi principali a livello mondiale. Sono stati classificati nel 2021 da più di 1.200 esperti dal World Economic Forum in base alla loro probabilità di accadimento e al loro eventuale impatto nell'ostacolare i 17 obiettivi per lo sviluppo sostenibile stipulati dall'ONU. L'impatto e la probabilità sono stati calcolati su una previsione di 10 anni e classificati da 1 a 5, dove 1 sta per un rischio improbabile e un impatto relativamente basso, 5 per un rischio molto probabile e un impatto significativo.

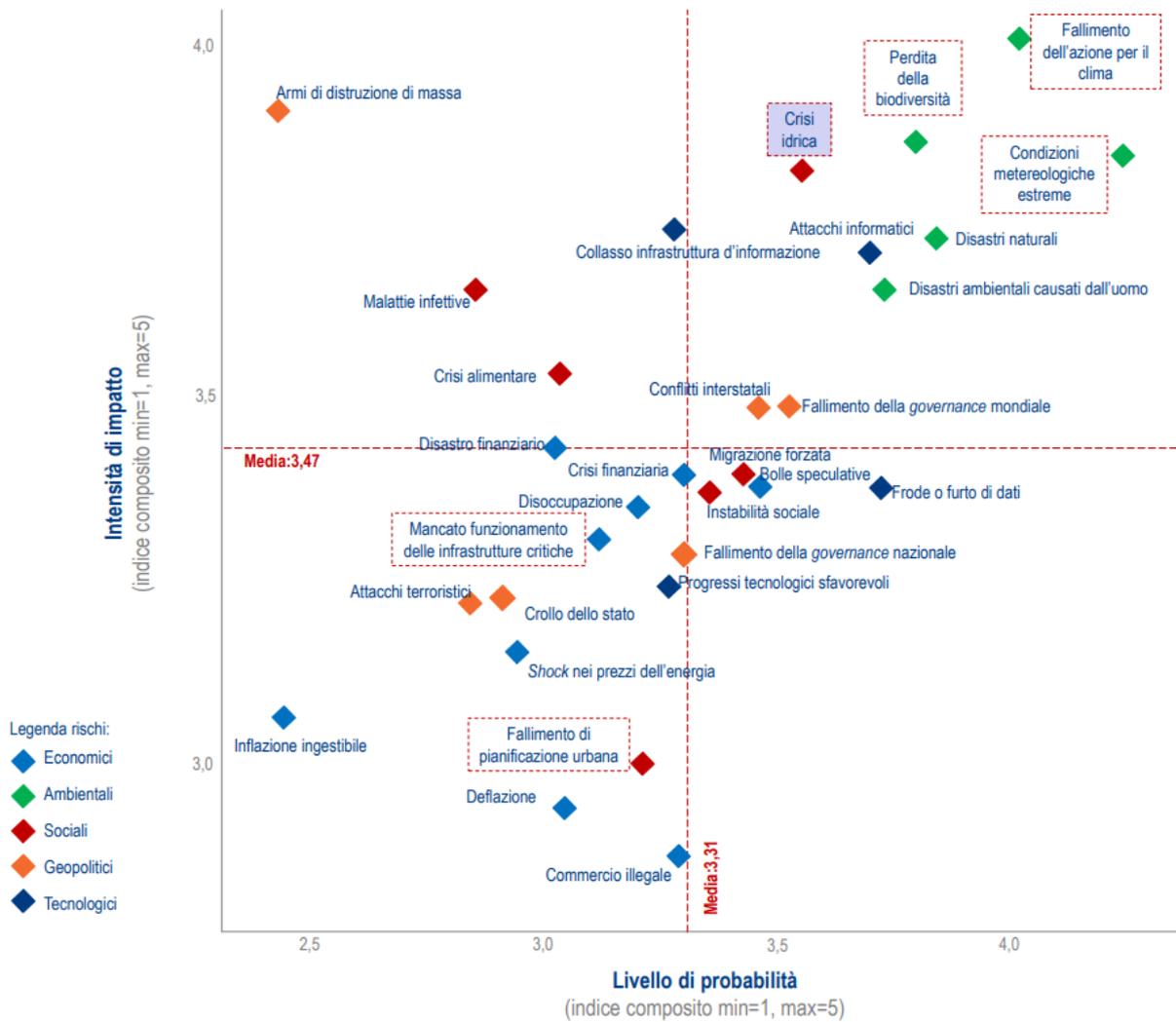


Figura 9 - Grafico di probabilità e impatto dei rischi globali

Si osserva che la crisi idrica è tra i principali rischi a livello globale e molti altri rischi, evidenziati con un riquadro tratteggiato in rosso, hanno un impatto diretto o indiretto sulla gestione della risorsa. La crisi idrica è una diminuzione della quantità d'acqua disponibile in un dato periodo di tempo e in una data area, anche non arida. Come riporta Colarullo Giordano, Direttore generale di Utilitalia, in "Sos acqua: la risorsa idrica fra nuovi rischi. strategie di tutela e di utilizzo", l'assenza d'acqua è un problema che riguarda più stati europei e, secondo la Commissione UE, l'11% della popolazione europea e il 17% del suo territorio hanno problemi di scarsità idrica. L'Italia è tra i paesi più ricchi d'acqua in Europa. La media annua in input d'acqua piovana nel territorio italiano è di 285 Gm<sup>3</sup>, è rimasta costante negli anni, è cambiata la quantità di giorni in cui questa cade, passando da circa 80 a circa 30. Di questa grande quantità oltre la metà torna in atmosfera per evapotraspirazione, ovvero per evaporazione diretta e per la traspirazione di organismi viventi. L'acqua restante è il deflusso interno, che è costituito dal ruscellamento e dalla ricarica degli acquiferi ed è la risorsa idrica disponibile in modo

rinnovabile. I sempre più recenti periodi di siccità hanno reso questa quantità d'acqua in calo dal 1921 ad oggi. La siccità è una probabile causa di un eventuale crisi idrica. È una condizione meteorologica naturale e temporanea, dove l'area colpita registra una riduzione delle precipitazioni rispetto le relative condizioni medie climatiche. Gli impatti della siccità non sono solo di tipo ambientale, ma anche sociale ed economico. La siccità colpendo il ciclo idrologico colpisce anche le culture, i sistemi socioeconomici e ambientali. Grazie al modello idrologico BIGBANG di ISPRA si conosce la disponibilità media annua della risorsa idrica rinnovabile calcolata su lunghi periodi. Studiando la disponibilità idrica su 6 diversi trentenni, 1921-1950, 1951-1980; 1961-1990; 1971-2000; 1981-2010; 1991-2020, si osservano valori in discesa, quindi un progressivo calo della disponibilità media annua della risorsa idrica prima citata (Fig. 10).

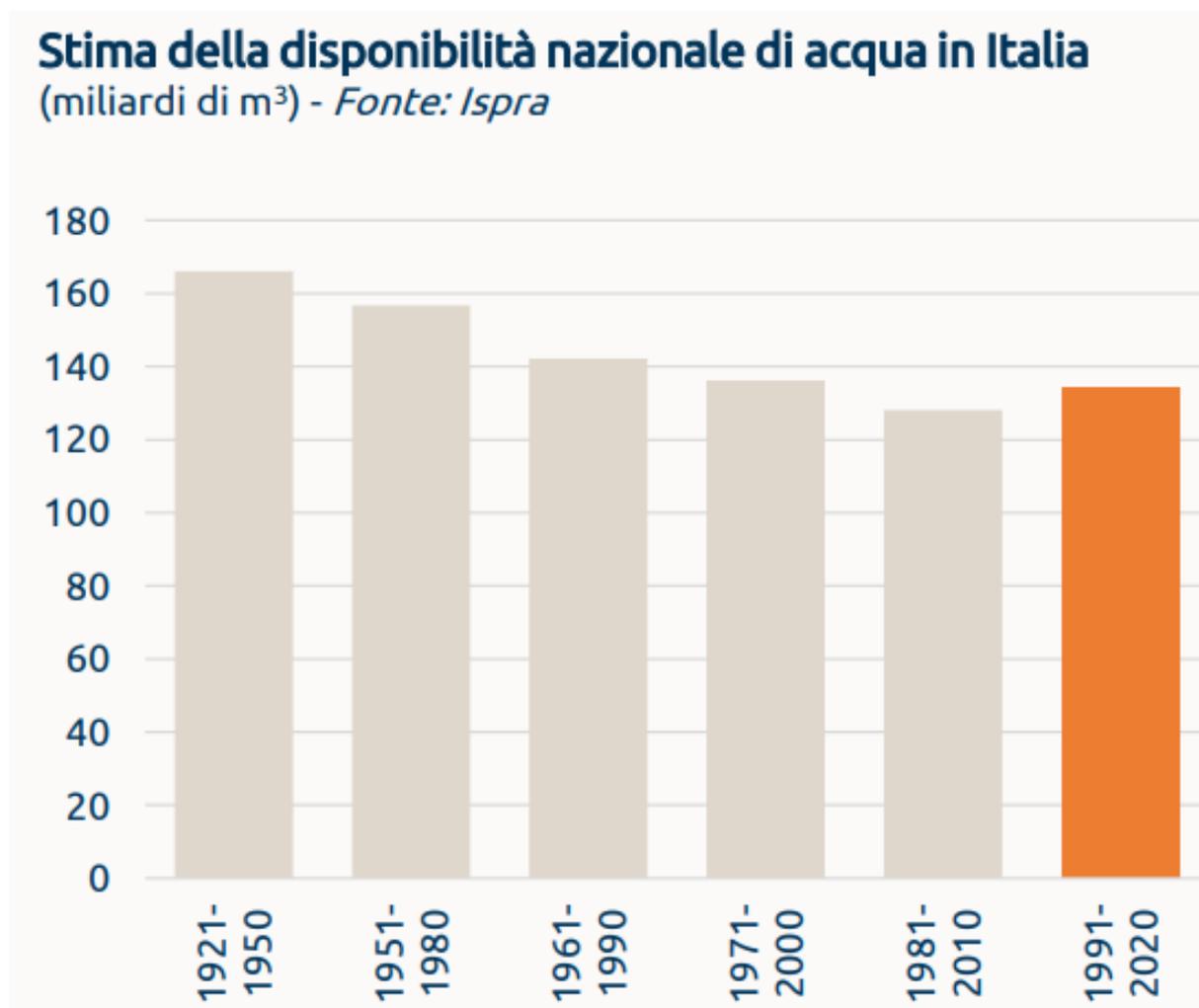


Figura 10 – Andamento della stima della disponibilità nazionale di acqua in Italia – fonte: ISPRA

Il valore di quantità d'acqua disponibile nel trentennio 1921-1950 rappresenta il valore di riferimento storico. La media di risorsa idrica disponibile del trentennio 1991-2020, è più bassa del 19% rispetto a quello storico. Precisamente si è passati da una media di 166 Gm<sup>3</sup>/anno a una di 134 Gm<sup>3</sup>/anno. Sempre l'Ispra sostiene che questo calo della risorsa idrica è destinato a crescere negli anni a causa del cambiamento climatico. Anche se si riuscisse a limitare la crescita della temperatura media mondiale sotto i 2°C entro la fine del secolo, in Italia si registrerebbe una riduzione ulteriore del 10% della risorsa idrica. Senza la decarbonizzazione si prevede un ulteriore calo del 40% della risorsa. Lo scenario non sarebbe uguale in tutto il Paese, ma la riduzione della risorsa idrica colpirebbe più duramente alcune aree del Sud Italia, oggi già in crisi. Qui si potrebbe raggiungere un -90% della disponibilità idrica. È utile anche uno studio delle precipitazioni. Il 2022 è stato l'anno meno piovoso dal 1961, con un'anomalia di precipitazione cumulata media del -22% rispetto alla media climatologica 1991-2020.

#### *1.4 Consumi elevati della risorsa idrica*

Come comunica Legambiente in Italia ogni anno vengono consumati più di 26 Gm<sup>3</sup> d'acqua, ma ne vengono prelevati più di 33. Questa discrepanza è dovuta dalle perdite totali della rete, che sono del 22%. Per il settore civile sono molto alte, circa del 41%, che è il quarto valore più alto in Europa. Una causa delle grandi perdite è l'età delle infrastrutture della rete idrica, che al 60% hanno più di 30 anni e al 25% più di 50. Quest'ultima percentuale aumenta fino a 40% nei centri urbani. Altre cause sono: gli scarsi investimenti nel Servizio Idrico Integrato (SII) e la mancata contabilizzazione per malfunzionamenti dei contatori per prelievi illegali o per altri fattori tecnici. L'andamento delle perdite è in aumento (Fig. 11). Si osserva come dal 1999 ad oggi si sia gradualmente passati dal 33% a oltre il 42%. Nella figura 12 si osservano i consumi d'acqua in Italia ripartiti in settori. Spicca tra i settori quello agricolo, che è notevolmente il più idroesigente, superando da solo la metà dei consumi totali. È molto difficile conoscere la quantità d'acqua prelevata senza ampi margini di incertezza, perché la maggioranza dei prelievi, tra cui quelli agricoli e industriali, non sono sottoposti a misurazioni dirette come invece lo sono quelli civili. L'Italia è il primo paese europeo per prelievi idrici totali, seguita dalla Spagna con 29 Gm<sup>3</sup>, Germania con 28 Gm<sup>3</sup> e Francia con 26 Gm<sup>3</sup> (Fig. 13). Il settore civile italiano preleva 9 Gm<sup>3</sup> d'acqua ogni anno (Fig. 14), rispetto al 2000 sono cresciuti di quasi il 70%. In Europa l'Italia ha il più alto prelievo idrico civile, con il 75% in più rispetto Francia e Germania e con il 100% in più della Spagna. Dati del 2020 registrano una media italiana di consumo pro-capite annuo di 154 m<sup>3</sup> e un suo incremento del 0,9% rispetto il 2019 (Fig. 15). L'Italia risulta

seconda in Europa come paese con consumo pro-capite annuo di acqua potabile, con un valore quasi doppio rispetto la media europea.

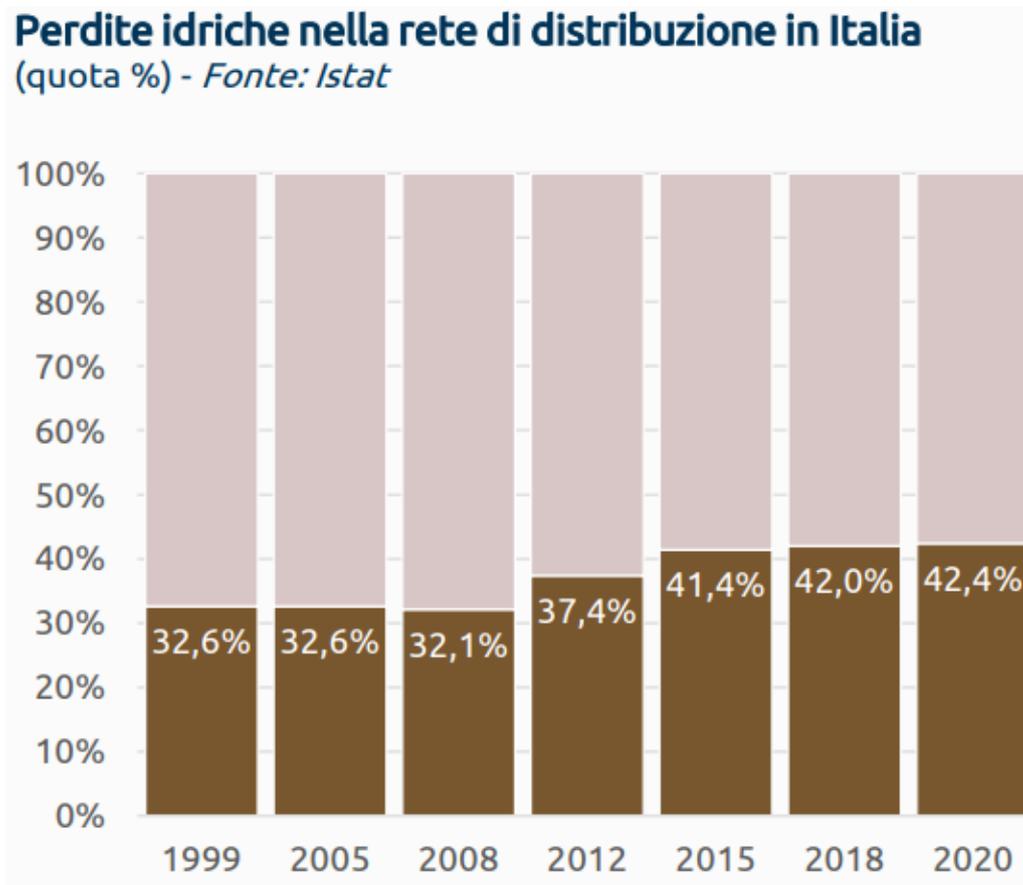


Figura 11 – Andamento delle perdite idriche in Italia dal 1999 al 2020

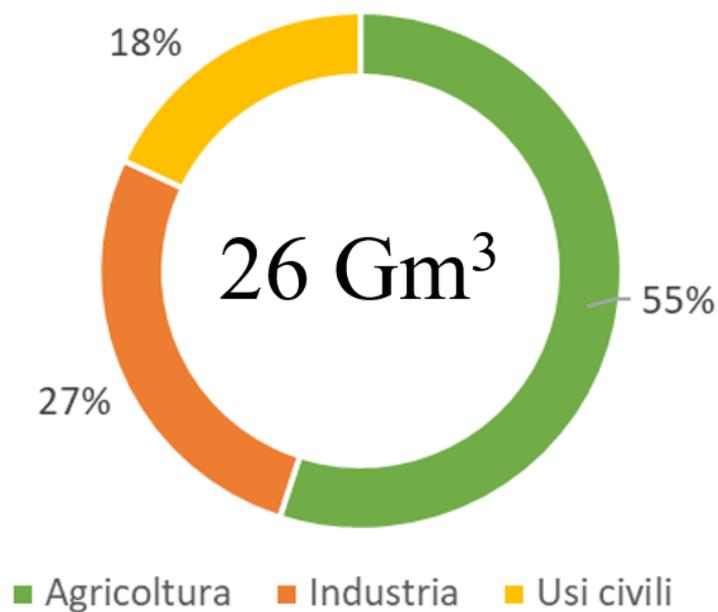


Figura 12 – Consumi idrici per settore in Italia, novembre 2022

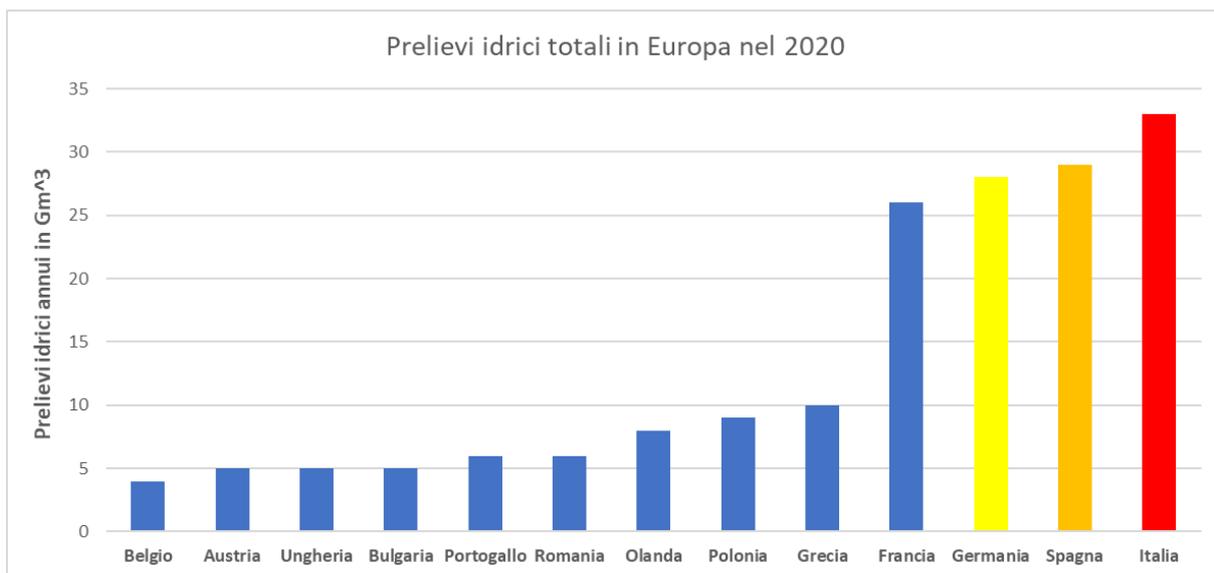


Figura 13 – Grafico dei prelievi idrici in Europa nel 2020 espressi in Gm<sup>3</sup>

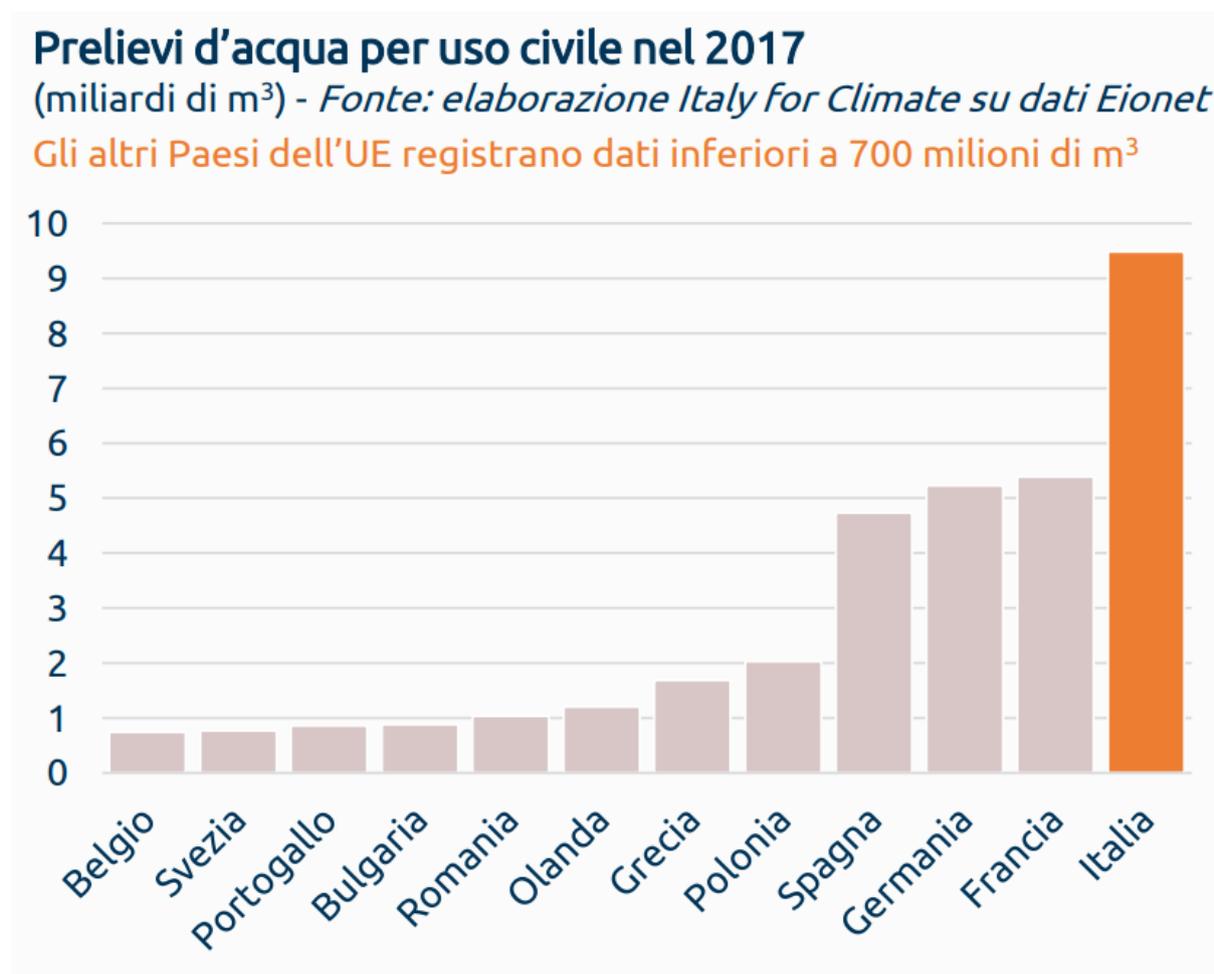


Figura 14 – Grafico di prelievi d'acqua per uso civile nel 2017 in Europa

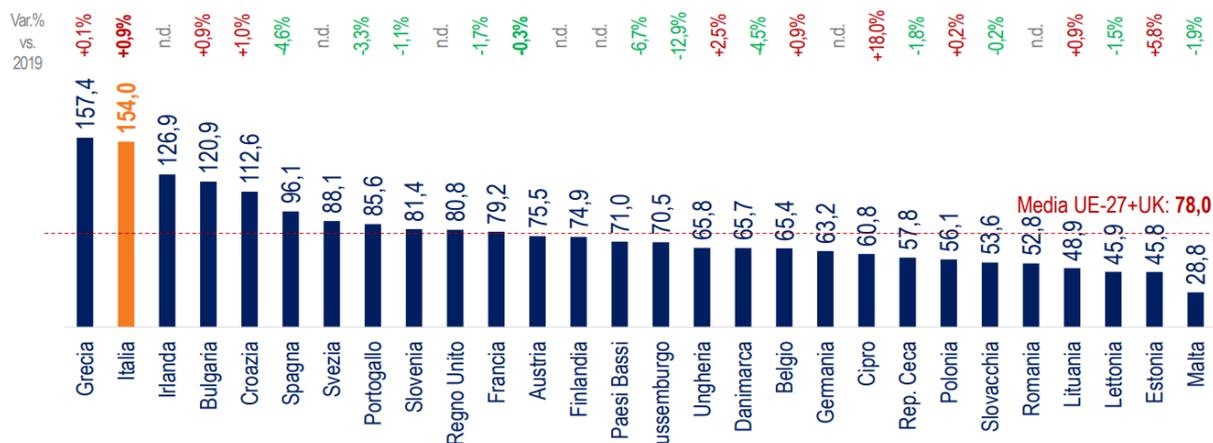


Figura 15 – Prelievi d’acqua in m³ per abitante per uso civile per i Paesi UE-27+UK

Questi dati evidenziano un consumo d’acqua non sostenibile e una vulnerabilità nel caso di siccità. Gli alti consumi del settore civile non sono riconducibili solo alle perdite, ma anche all’utente medio non attento al consumo. L’Osservatorio Valore Acqua ha attuato uno studio sulla consapevolezza dei consumi idrici su un campione rappresentativo della popolazione italiana. Attraverso un sondaggio del settembre 2022 risulta che, sebbene il 96% dei cittadini italiani afferma di attuare comportamenti sostenibili nella vita quotidiana nell’uso dell’acqua, esiste un’inconsapevolezza dei consumi. Solo il 21% della popolazione ha un’idea vera dei consumi d’acqua al giorno per abitante, il 72% invece lo sottostima. Nasce così un paradosso chiamato “paradosso del cittadino responsabile”. Come rappresentato nella seguente figura, tra il 2021 e il 2022 questa scarsa consapevolezza è aumentata.

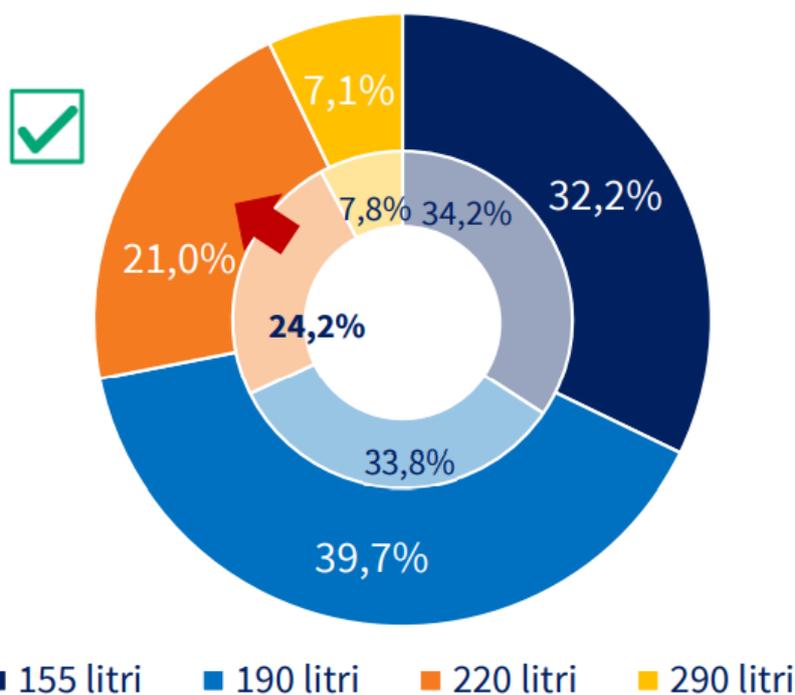


Figura 16 – Il grafico rappresenta le risposte del 2021 (grafico più interno) e del 2022 (grafico più esterno) alla domanda “Secondo Lei, a quanto ammonta il consumo medio giornaliero di acqua in Italia?”

Uno studio europeo del 2007 ha stimato un possibile aumento del consumo d'acqua del 16% entro il 2030 nel caso sussista un "business as usual".

### *1.5 Aree urbane, vulnerabilità da eventi climatici estremi*

Un'area urbana è composta da un nucleo insediativo centrale con un'alta densità costruttiva e abitativa. Un'area periurbana invece ha frange urbanizzate esterne che fanno da luogo di transizione tra lo spazio urbano e rurale. Le città occupano solo il 2% della superficie terrestre, ma consumano ben il 78% dell'energia mondiale, producono il 60% delle emissioni totali di CO<sub>2</sub> e l'80% della produzione economica mondiale. L'urbanizzazione ha portato il 56% della popolazione mondiale a risiedere in città. Oggi più di 4 miliardi di persone vivono in centri urbani, nel 1950 ne erano appena 750 milioni, appena il 19% della popolazione di quel periodo. In 70 anni la popolazione urbana è aumentata di sei volte e questa tendenza è ancora in crescita. Ciò porta alla creazione mega-città, conglomerati urbani con almeno 10 milioni di abitanti. Nel 1965 nel mondo si contavano solo 3 mega-città, New York, Tokyo e Città del Messico, oggi invece 32. L'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ha riconosciuto che l'alta concentrazione demografica ed economica delle aree urbane fanno delle città il centro dello sviluppo del pianeta, ma sono sempre più vulnerabili al cambiamento climatico. Eventi estremi in aree urbane implicano, e sempre più implicherebbero con la crescita dell'urbanizzazione, ingenti danni alle persone e alle economie locali. Questo a causa: dell'alta densità abitativa in crescita, alle difficoltà logistiche nel soccorso di numerose persone coinvolte, alla gestione di molti sfollati e soprattutto alle infrastrutture inadeguate alla resilienza di eventi estremi odierni. Molte autorità locali, in funzione dell'adattamento climatico, hanno iniziato ad agire, ma con progressi lenti. Questa lentezza è in parte dovuta dalle scarse risorse umane e finanziarie dedicate a livello locale, particolarmente nelle città e nei paesi piccoli. Un aiuto alle autorità locali può nascere da una maggiore partecipazione da parte del settore privato e civile. Le azioni per l'adattamento locale, attualmente pianificate e realizzate in Europa, sono soprattutto finalizzate allo sviluppo della conoscenza e consapevolezza delle tematiche qui in esame, le azioni materiali oggi attuate sono meno numerose. È urgente lo sviluppo e la realizzazione di misure di adattamento materiali. Gli effetti più significativi dei cambiamenti climatici saranno: ondate di calore, forti precipitazioni, inondazioni e siccità. La pandemia di COVID-19 è un esempio di come, diversi gruppi di persone, possano rispondere più o meno efficacemente ad impatti di varia natura. Per questo bisogna impegnarsi per uno sviluppo: economico, di resilienza sociale, ambientale e istituzionale. Il mondo continuerà a urbanizzarsi nei prossimi

anni, si prevede che, entro il 2050, oltre 2/3 della popolazione sarà distribuita in aree urbane (Fig. 17).

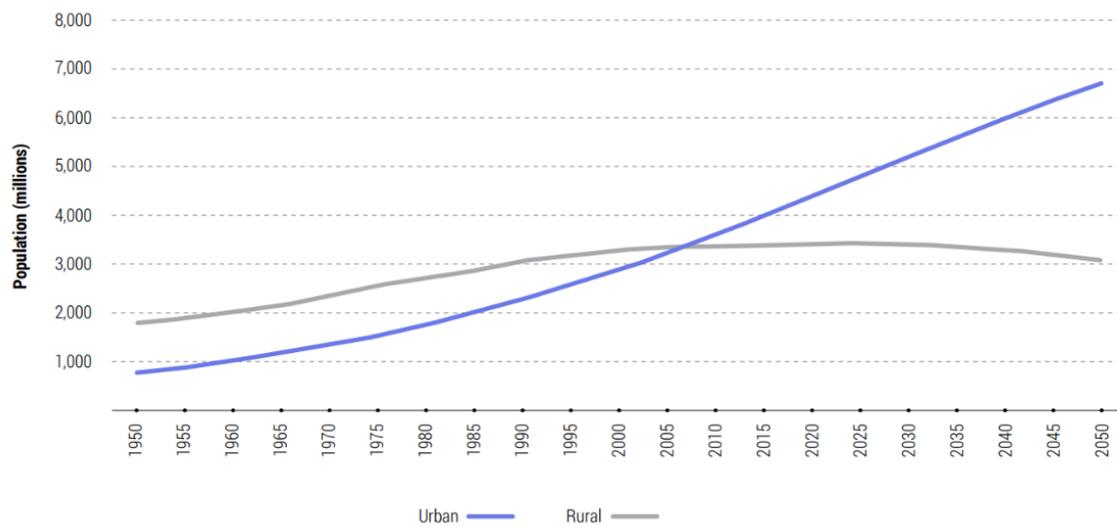


Figura 17 – Popolazione urbana e rurale mondiale misurata e stimata nel tempo

Data l'attuale e la futura alta densità abitativa urbana, è improrogabile un impegno per sostenere l'umanità nel contesto urbano con una politica di sviluppo e di mitigazione ambientale. Per i Paesi in via di sviluppo, con società urbane molto densamente popolate, molto esposte a elementi naturali e dotate di capacità limitate, gli impatti climatici saranno più gravi. Per la realizzazione di un futuro sostenibile è importante accrescere:

- Economie urbane produttive circolari,
- Politiche di azione ambientale che mitighino e si adattino ai cambiamenti climatici,
- La tutela degli ecosistemi.

Nonostante la tendenza mondiale verso la crescita delle aree urbane, per quelle oggi altamente urbanizzate e sviluppate si prevede una stabilizzazione o un rallentamento della crescita abitativa, quindi il futuro delle città non è uniforme in tutte le regioni. Il problema del cambiamento climatico riguarda globalmente ogni area urbana con impatti a lungo termine, seppur a diverse intensità. Globalmente, soprattutto nelle aree urbane, non è più ammissibile che i governi tornino a uno sviluppo business-as-usual pre-pandemico (denominato "Bad Old Deal"), caratterizzato da: processi di urbanizzazione mal pianificati e gestiti, soprattutto nelle regioni in crescita, scarsa priorità di interventi per lo sviluppo urbano sostenibile e un'eccessiva dipendenza dai combustibili fossili per sostenere le industrie manifatturiere. Il "Bad Old Deal" minerebbe la necessaria visione globale e sostenibile di città inclusive, resilienti e sostenibili, in cui nessuno viene lasciato indietro e ostacolerebbe l'adattamento ai cambiamenti climatici, rendendolo sempre più difficile. Il rapporto della CDP, organizzazione globale e ambientale

senza scopo di lucro, “Cities on the route to 2030. Building a zero emissions, resilient planet for all”, mostra dati importanti per la preparazione delle città in vista ai cambiamenti climatici.

Tra questi emerge che:

- Il 93% delle città sta affrontando rischi significativi legati al cambiamento climatico,
- Solo il 59% delle città ha condotto delle analisi per la valutazione della vulnerabilità al rischio climatico,
- Il 60% ha problemi legati alla sicurezza della risorsa idrica,
- Solo il 46% delle città considera la sicurezza idrica tra le proprie valutazioni di vulnerabilità, nonostante l’acqua è protagonista nella sfida verso la mitigazione e l’adattamento.

L’articolo “Urban change as an untapped opportunity for climate adaptation” pubblicato su Nature mostra che le città che si adatteranno meglio al cambiamento climatico sono quelle più flessibili, dinamiche, con azioni diffuse come: dipingere le superfici di un colore chiaro, cambiare le abitudini degli spostamenti in città e l’impegno maggiore alla cura del verde urbano. Le strategie per la mitigazione del rischio idraulico in ambito urbano prevedono:

- Maggiori superfici permeabili all’acqua,
- Rallentamento della velocità dei deflussi urbani dell’acqua,
- Depurazione di acque urbane bianche e grige attraverso sistemi naturali,
- Adozione di politiche volte alla riduzione del consumo d’acqua.

### *1.6 Obiettivi di sviluppo sostenibile legati alla risorsa idrica*

Il 25 settembre del 2015, 193 Paesi delle Nazioni Unite, Italia compresa, sottoscrivono l’Agenda 2030. È costituita da 17 obiettivi (Sustainable Development Goals, SDGs) interconnessi volti a garantire lo sviluppo sostenibile, il benessere di tutte le persone, la crescita economica, la protezione ambientale, la pace, lo Stato di diritto e il buongoverno. La loro realizzazione porterebbe a un futuro migliore e sostenibile per tutti. L’obiettivo SDG 6 dell’Agenda 2030 si intitola “Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell’acqua e delle strutture igienico-sanitarie”, riguarda la gestione ottimale della risorsa idrica. ASVIS, L’ Alleanza Italiana per lo Sviluppo Sostenibile, studia l’andamento dell’Italia in termini di impegno e raggiungimento di questo obiettivo. Tramite le indagini ISTAT ha definito un indice composito, che racchiude 4 studi, per l’obiettivo 6. I 3 studi riguardano:

- Famiglie che non si fidano di bere l’acqua del rubinetto,
- Famiglie che lamentano irregolarità nell’erogazione di acqua,

- Indice di sfruttamento idrico, che quantifica l'acqua estratta e l'acqua restituita dopo l'uso nell'ambiente,
- L'efficienza delle reti di distribuzione dell'acqua potabile.

Di seguito, nella figura 18, si osserva l'indice composito dell'obiettivo SDG 6 del 2021.

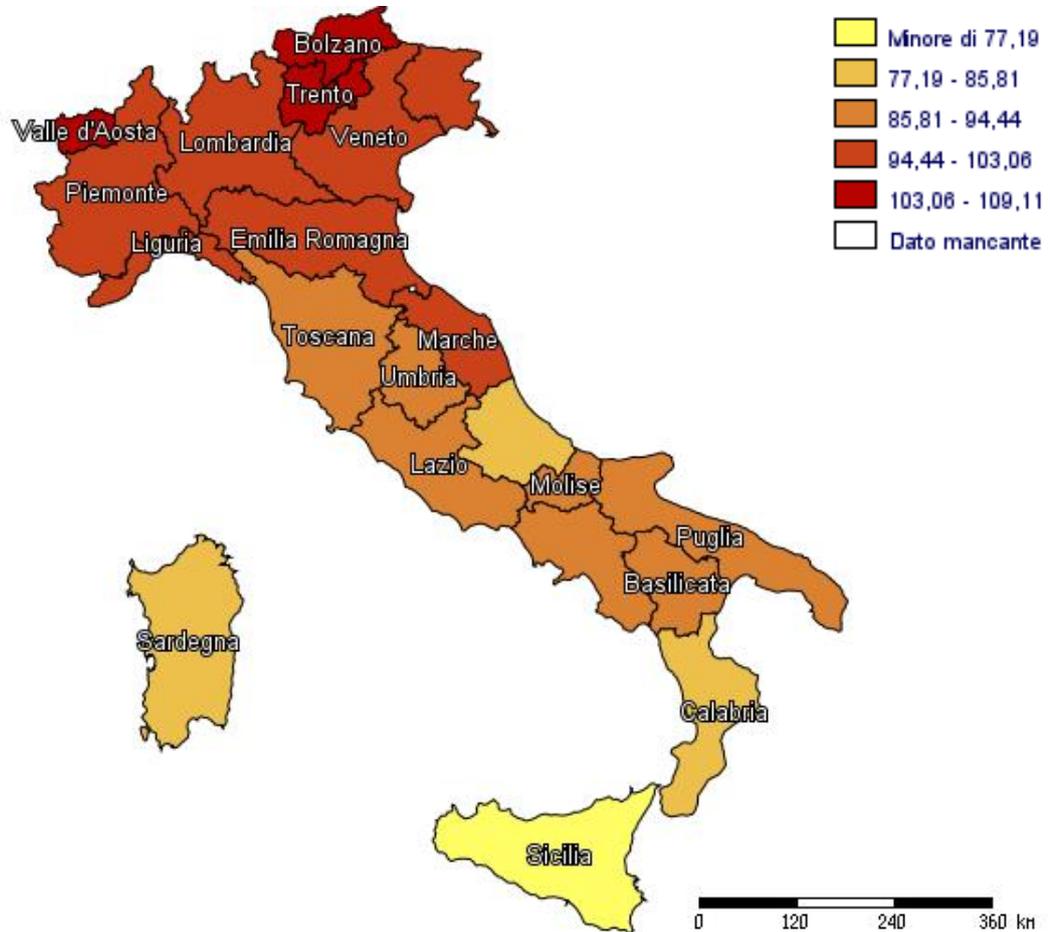


Figura 18 – Indice composito SDG Goal 6 del 2021

Il valore base dell'indice è 100, rappresenta il valore italiano dell'indice nel 2010. Nella figura 18 si osserva il valore dell'indice in Italia regione per regione, osservando le più o le meno virtuose del 2021, rispetto il 2010. Nel 2021 le migliori tre regioni sono state: Valle d'Aosta (109,1), Bolzano (107,7) e Trento (104,5). Le tre peggiori, dello stesso anno erano: Abruzzo (83,6), Calabria (83,2) e Sicilia (76,1). Come si può intravedere dalla figura 19 l'indice composito dell'obiettivo 6 nel 2021 decresce dal Nord verso il Sud.

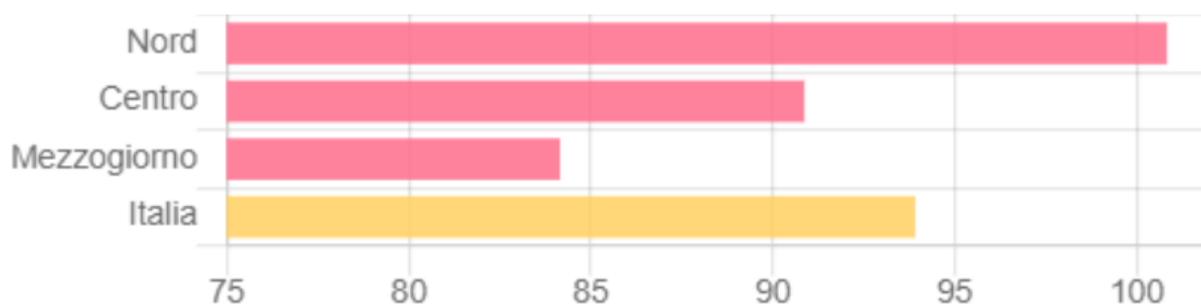


Figura 19 - Andamento dell'indice composito dell'obiettivo 6, dell'Agenda 2030, in funzione dell'area geografica Italiana e in Italia

Il valore medio italiano è sotto 100, quindi rispetto il 2010 la situazione è peggiorata. È possibile aumentare questi valori con una gestione sempre più ottimale dell'acqua, per esempio tramite soluzioni di gestione efficiente della risorsa idrica, che si analizzeranno in seguito.

## **2. Economia circolare urbana e gestione efficiente della risorsa idrica**

### *2.1 Cos'è l'economia circolare*

Dall'inizio del '900 ad oggi la popolazione è cresciuta di 4,5 volte, il consumo di risorse naturali di 12,5 e potrebbe aumentare sensibilmente dei prossimi decenni. L'economia circolare è un modello di produzione e consumo volto ad allungare il più possibile il ciclo di vita di un prodotto, ridurre l'estrazione di risorse naturali, migliorare l'efficienza nell'uso dei materiali e delle risorse, ottimizzare la produzione, sostenere il riutilizzo dei beni, aumentare il recupero e il riciclo di scarti, ridurre i rifiuti e sostenere il cambiamento da business non sostenibili. Quindi, secondo questo modello economico, le risorse che hanno raggiunto il fine vita hanno un potenziale, perché dotate di un secondo valore e utilizzo, rimanendo così all'interno dell'economia. L'economia circolare prevede approcci partecipativi, la condivisione e il prestito dei prodotti e l'adozione del "paradigma delle 5 R", ovvero ridurre, riutilizzare, riciclare, recuperare, rigenerare i prodotti. L'economia circolare è un modello molto diverso dall'attuale economia lineare rilevata troppo impattante, in quanto non tenta di prolungare la vita dei prodotti, ma al contrario la riduce tramite l'obsolescenza programmata dei prodotti e lo schema "estrarre, produrre, utilizzare e gettare" che adotta. L'economia circolare oggi è necessaria per i benefici che questa comporta, come:

- La protezione dell'ambiente, si ridurrebbe la distruzione dei paesaggi e la conseguente perdita di biodiversità,
- La minor dipendenza da materie prime, Eurostat riporta che l'UE ne importa circa la metà di quelle che consuma,
- Un incremento di posti di lavoro, spingendo verso l'innovazione si creerebbero 700.000 posti di lavoro nuovi in UE entro il 2030,
- Un risparmio economico per i consumatori, grazie all'abbandono di un'economia volta al consumo,
- Una riduzione di emissioni di gas serra, la corretta gestione dei rifiuti, l'ecodesign e il riutilizzo dei materiali ridurrebbe le emissioni della produzione dei materiali, che oggi è responsabile del 31% delle emissioni totali di gas serra.

### *2.1.1 Quadro normativo*

L'importanza dell'economia circolare è riconosciuta a livello globale e la transizione verso l'economia circolare necessita di una gestione dei rifiuti, ma anche di una loro riduzione. Il Piano d'azione dell'economia circolare dell'UE si occupa della realizzazione e dello sviluppo di un'economia circolare sostenibile ed efficiente in termini di risorse e prevenzione rifiuti. La Commissione Europea vede l'economia circolare come il mezzo per:

- Lo sviluppo di modelli di produzione e consumo che disaccoppino la crescita economica dal consumo di risorse intenso e rapido,
- La diminuzione della produzione di rifiuti e delle emissioni di carbonio.

Come ha comunicato la Commissione Europea nel 2005, la prevenzione rifiuti e politiche europee, sono alla base dell'economia circolare. Infatti, il pacchetto europeo per l'economia circolare utilizza un approccio sistemico promuovendo la riparabilità, la riciclabilità dei prodotti e la prevenzione di rifiuti. Per quest'ultima è fondamentale: il recupero massimo del valore del prodotto, la riduzione dei rifiuti con progettazioni ecocompatibili e l'aumento del tasso di riciclo. La riduzione dei rifiuti, come definito dalla Direttiva quadro europea sui rifiuti, rappresenta l'approccio prioritario. La direttiva quadro sui rifiuti porta gli Stati membri UE allo sviluppo dei Piani di gestione rifiuti, per realizzare gli obiettivi della direttiva volta alla gerarchia dei rifiuti, e dei Programmi di prevenzione dei rifiuti, per scindere la crescita economica dagli impatti ambientali dovuti dalla produzione dei rifiuti. L'economia circolare non riguarda solo i rifiuti, ma anche ogni tipologia di risorsa, cercando di non estrarre, o estrarre meno le materie prime, riducendo il consumo delle risorse e reimmettendo in mercato le materie prime seconde. Esempi di risorse sono le fonti energetiche e la risorsa idrica. L'economia circolare valorizza quest'ultima in ogni fase del suo ciclo di vita, riducendo gli sprechi in ogni sua fase e allungando il suo ciclo vita. Il Regolamento (UE) 2020/741, approvato e pubblicato nel maggio 2020, ha lo scopo di aumentare l'approvvigionamento di risorsa idrica e alleviare la pressione su questa. Stabilisce e promuove il riutilizzo delle acque reflue urbane depurate in condizioni sicure e permette di sfruttare il riciclo di elementi nutrienti in sostituzione dei concimi chimici. Inoltre, definisce i requisiti di qualità minimi per l'uomo e per l'ambiente, per il riutilizzo dell'acqua reflua trattata. La Commissione Europea, l'11 marzo 2020, ha presentato "Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare - Per un'Europa più pulita e più competitiva", definendo un quadro globale di azioni da intraprendere per velocizzare la transizione verso la neutralità climatica entro il 2050 e verso un'economia circolare. Questo piano d'azione è

composto da 35 punti, ha un quadro strategico rivolto ai prodotti sostenibili, alla loro progettazione e all'opportunità di dare ai consumatori la possibilità di svolgere scelte consapevoli.

### *2.1.2 Buone pratiche di economia circolare: definizione e criteri di circolarità*

La definizione di una buona pratica di economia circolare non è facile e immediata. La letteratura a riguardo è carente di articoli scientifici a livello nazionale, nonostante queste siano fortemente consigliate. Ad esempio, la piattaforma ECESP, European Circular Economy Stakeholder Platform, sostiene la diffusione di buone pratiche per aumentare la conoscenza sull'economia circolare, riunendo gli stakeholder attivi nell'economia circolare in Europa. Questa piattaforma ci fornisce una prima definizione di buone pratiche di economia circolare: *"Le buone pratiche sono iniziative rilevanti, processi innovativi ed esempi di 'apprendimento dall'esperienza' che coinvolgono le aziende o altri soggetti interessati come la ricerca, il mondo accademico e la società civile"*. Inoltre, le definisce anche come esempi di eccellenza con la potenzialità di facilitare la transizione di economia circolare. Anche per definire i criteri che caratterizzano le buone pratiche si fa riferimento a delle pubblicazioni di seguito elencate e descritte. I criteri adottati da ECESP considerati imprescindibili sono i seguenti 5:

1. Valore per l'economia circolare europea,
2. Completezza e trasparenza di informazioni,
3. Carattere concreto dei risultati attesi,
4. Cambiamento del comportamento e contributo istruttivo,
5. Conformità delle regole di pubblicazione europea.

Il primo criterio è il più importante, deve occuparsi di almeno uno dei seguenti aspetti: miglioramento della riciclabilità dei materiali o dell'uso di materie prime seconde, prevenzione della creazione di rifiuti, raccolta rifiuti per facilitare un utilizzo successivo, aumento della durata della vita dei prodotti, con il loro riutilizzo, riparazione, manutenzione o riprogettazione, uso delle risorse più efficiente, inserimento di nuovi modelli di consumo ai consumatori, informazioni sull'utilizzo efficiente dei prodotti, miglioramento di flussi e scambi delle risorse e sottoprodotti grazie alla simbiosi industriale. ECESP inoltre classifica le buone pratiche in base a dove vengono adoperate nel ciclo vita della risorsa. Le buone pratiche legate all'area di produzione sono volte alla prevenzione rifiuti, sono ad esempio approcci e tecniche di ecodesign per la realizzazione di prodotti circolari. Per l'area di consumo, le buone pratiche, inducono a una maggiore consapevolezza di economia circolare e stimolano i consumatori a un

cambiamento delle abitudini, incoraggiando il riutilizzo, la riparazione e la condivisione dei prodotti. Nell'area relativa ai materiali secondari sono presenti le buone pratiche che si occupano di riutilizzo, come la realizzazione di prodotti da residui per altre aziende, trattando così il tema di simbiosi industriale. Per la gestione di rifiuti, le buone pratiche di quest'area, migliorano la raccolta differenziata, il riciclaggio e il recupero rifiuti. L'ultima area di applicazione di buone pratiche è legata all'innovazione e agli investimenti che agevolano l'economia circolare. Esempi a riguardo sono le opportunità finanziarie rivolte alla promozione dell'economia circolare e/o all'introduzione di infrastrutture verdi negli appalti pubblici. ECESP, infine, considera solo quelle buone pratiche di economia circolare con risultati misurabili di miglioramenti ambientali e/o sociali introdotti, di riduzione dei costi per le imprese, di realizzazione di nuovi mercati, di agevolazione a processi innovativi e a finanziamenti, dimostrano la loro reale fattibilità. Per la selezione di buone pratiche anche ICESP, Piattaforma Italiana degli stakeholder dell'economia circolare, utilizza gli stessi criteri dell'ECESP, ma con ulteriori informazioni riguardanti i costi di finanziamento, gli ostacoli all'implementazione e le condizioni di replicabilità delle buone pratiche. Altri criteri di selezione di buone pratiche sono introdotti dalla Fondazione Symbola, una fondazione per la promozione delle eccellenze italiane con ricerche, eventi e progetti, e dall'ENEL, azienda italiana dell'energia, definendo cinque principi della circolarità:

1. Input sostenibili, quindi se la buona pratica utilizza energia e materiali o rinnovabili o riciclabili o biodegradabili. Esempi di buone pratiche con input sostenibili sono gli impianti di produzione di energia rinnovabile o di bioplastiche.
2. Aumento della vita utile, se sono utilizzate strategie di eco-design. Quindi quelle buone pratiche che estendono la vita dei prodotti, ad esempio con metodi di manutenzione e sostituzione di parti danneggiate.
3. Piattaforme di condivisione, questa sollecita e facilita la condivisione. Viene resa come un metodo di risparmio e profitto per gli utenti e di promozione dell'uso efficiente di risorse. Alcuni esempi di queste buone pratiche sono mercati di noleggio e condivisione di beni.
4. Prodotto come servizio, il produttore è il proprietario del servizio, il cliente pagante può utilizzarlo con un'eventuale assistenza. Un esempio di questa buona pratica sono i servizi di carsharing.
5. Fine vita, tramite la valorizzazione del rifiuto e alla sua minimizzazione. Alcuni esempi sono il riuso, la rigenerazione e riciclo. Qui i rifiuti sono nuovi input del sistema.

Anche il Comitato Scientifico e il Team CDCA hanno realizzato dei criteri per l'identificazione di buone pratiche. I criteri sono dieci:

1. Ecodesign, per la progettazione di prodotti che durino più a lungo, che siano facilmente smontabili per favorire la riparazione anche autonoma, e per il riutilizzo e il recupero dei prodotti complessivi o delle loro parti.
2. Approvvigionamento di materiali, uso di risorse ed energia da fonti rinnovabili e sostenibili,
3. Consumo di materiali e risorse, che garantiscano un efficientamento delle risorse in tutte le fasi di produzione.
4. Gestione dei rifiuti, degli scarti e delle emissioni, per uno studio dell'impatto ambientale legato alla gestione degli scarti, dei rifiuti e dei prodotti a fine vita.
5. Trasporto e distribuzione, per uno studio dell'impatto ambientale dell'intera filiera dei trasporti.
6. Promozione di stili di vita sostenibili, premiando i comportamenti più sostenibili dei dipendenti che, attraverso l'utilizzo di apparecchi, riducono i consumi energetici e idrici, riducono la produzione di rifiuti e sfruttano la mobilità sostenibile.
7. Filiera circolare, bisogna rispettare i criteri ambientali e sociali.
8. Certificazione ambientale, per riconoscere, con certificati, le informazioni ambientali.
9. Valore condiviso e comunità territoriali, si valuta l'impatto su altre realtà collegate, in termini di massimizzazione della compatibilità ambientale e creazione di valore sociale condiviso.
10. Inclusività sociale, per un aumento di inclusione economica, di creazione e di valore sociale ed economico, condiviso con soggetti svantaggiati.

## *2.2 Economia circolare urbana*

### *2.2.1 Città circolari*

Il modello di economia circolare è adottabile anche in ambito urbano, per questo l'UE ha riportato nell'Agenda 2030, obiettivi come: “città e comunità sostenibili” e “consumo e produzione responsabili”. Le aree urbane oggi, seppur sono molto impattanti, sono una grande opportunità di sviluppo per l'economia circolare grazie alla grande fetta di popolazione europea che vi risiede, che è il 70% di quella totale, e grazie alle numerose realtà in stretta comunicazione. Portare l'economia circolare in contesti urbani ha un'alta complessità, a causa

dei territori che sono come sistemi complessi con numerosi sottosistemi, riguardanti: rifiuti, edifici, acqua, ciclo alimentare, energia e mobilità. Le “Agende Urbane” aiutano le città in questa sfida. Sono il metodo con cui le città definiscono strategie, organizzano il loro ecosistema urbano per migliorare le proprie prestazioni ambientali, massimizzare gli impatti sociali e stimolare cambiamenti di cultura e mentalità. Da queste agende emerge un approccio sistematico e intersettoriale, passando dall’esperienza pratica di soluzioni innovative e circolari a un sistema di gestione integrato per un funzionamento urbano come un ecosistema. Un giusto approccio per la realizzazione di un piano d’azione di economia circolare urbana sviluppa:

- Un uso efficiente delle risorse,
- Sistemi agro-urbani, promuovendo nuove forme di “Smart Agriculture”, coperture verdi e orti urbani,
- Controlli e tutela della qualità dell’aria e dell’acqua, sviluppando reti di sensori innovativi per il controllo della qualità dell’aria e modelli previsionali di diffusione degli inquinanti nell’atmosfera,
- Tutela e valorizzazione del capitale storico-artistico e naturalistico.

Altre attività necessarie sono la rigenerazione urbana e il turismo sostenibile. Invece le difficoltà principali si presentano in mancanza di collaborazioni intersettoriali e tra le città, nuovi modelli di consumo, condivisione di impianti tecnologici e di partecipazione dei cittadini a causa dell’assenza di piattaforme di stakeholder. Una città che applica un modello di economia circolare vede i suoi centri urbani come hub sociali ed economici. Qui cittadini e aziende realizzano incontri e collaborazioni per iniziative di tipo circolare, dove edifici e spazi inutilizzati rappresentano risorse per la rigenerazione del territorio. Inoltre, una città circolare ha un’economia anche di tipo collaborativo, formata da interconnessioni tra comunità, per lo scambio di beni, servizi ed esperienze attraverso l’uso di piattaforme digitali e fisiche. Queste esperienze collaborative nascono per raggiungere una maggiore efficienza nell’uso di risorse, preferibilmente locali. L’economia circolare applicata alle aree urbane porta a una sperimentazione di pratiche con lo scopo di aumentare la produttività delle risorse, riducendo gli impatti negativi prodotti. Per far ciò è importante che, non solo l’economia diventi circolare, ma anche i territori, grazie a soluzioni per il rinnovamento di governance. Una di queste pratiche è l’utilizzo di tecnologie basate sulle Information and Communication Technologies (ICT), perché raccolgono, trasmettono ed elaborano dati per l’eco-innovazione di filiere urbane strategiche, come per esempio l’illuminazione pubblica, la mobilità e il riciclo dei rifiuti. Tutte le applicazioni in città, di cui l’economia circolare urbana si occupa, ricadono su molte risorse

connesse tra loro: acqua, energia, aria, suolo, cibo, materiali, persone e merci. Molte innovazioni nascono attraverso visioni più sistematiche e meno settoriali. Ad esempio, il ciclo dell'acqua è una risorsa sulla quale l'economia circolare può agire, oltre alla riduzione degli usi, vuole realizzare sistemi per il suo riutilizzo e riciclo, finché non viene reimpressa nel suo sistema idrico naturale. Questo esempio è analogo per tutte le altre risorse. I governi locali e regionali sono responsabili della pianificazione circolare dell'uso del suolo e hanno il compito di promuovere la transizione circolare nelle città, gestendo correttamente le risorse urbane. Un loro strumento sono i finanziamenti per appalti pubblici, questi guidano la crescita circolare dei trasporti, dell'acqua, dei prodotti, dei servizi e delle infrastrutture per l'energia. Il risultato di una città circolare è l'utilizzo di un business che scollega l'uso delle risorse dall'attività economica, prolungando la vita utile dei prodotti più a lungo possibile riducendo la produzione di rifiuti. Quindi anche le città possono partecipare al mantenimento degli obiettivi e dei benefici dell'economia circolare e non al loro impedimento, come invece fanno nel momento in cui adottano un'economia lineare.

### *2.2.2 Soluzioni di economia circolare urbana*

Per trovare soluzioni di economia circolare urbana bisogna essere consapevoli dello stato attuale degli ecosistemi, contraddistinte dal degrado causato da ritmi di estrazione delle risorse a ritmi insostenibili, dall'alta produzione di rifiuti e dalle emissioni di inquinanti. Quindi le giuste soluzioni mitigano e limitano il livello di degrado degli ecosistemi e li migliorano, cercando di riportarli più vicino possibile al loro stato originario. I campi di applicazione delle soluzioni circolari in ambito urbano riguardano le risorse di seguito descritte:

- L'energia, con lo scopo di raggiungere una vasta gamma di fonti, riducendo sempre più la dipendenza da combustibili fossili, un aumento dell'efficiamento energetico e della produzione locale di energia rinnovabile. Nel 2022 le fonti di energia più utilizzate in Italia sono state non rinnovabili ed alto impatto ambientale: il gas naturale, al 42%, e il petrolio al 36%. Un altro importante traguardo è il riciclaggio di energia. Questa forma di riciclo può essere realizzata in diverse forme, tutte con lo scopo di recuperare il calore prodotto durante la produzione, per poi riutilizzarlo in impianti industriali generalmente situati in aree periurbane. Negli edifici residenziali, il riciclo di energia avviene dalle acque di scarico. Rilevanti nei contesti urbani sono anche i sistemi di cogenerazione per la produzione contemporanea di energia elettrica e calore, che nel 2022 hanno prodotto 57,7 TWh di energia elettrica, quella totale italiana è stata di 283,9 TWh.

- Il cibo è una risorsa primaria che l'economia circolare non può non considerare. Il modello lineare finora adottato dalle città ha gestito questa risorsa con grandi volumi in ingresso, dai sistemi esterni, e grandi volumi in uscita. Metodi per passare a un uso circolare del cibo è: la creazione di nuovi scambi di risorse e scarti, il recupero di sostanze nutrienti dalla frazione organica dei rifiuti urbani e l'aiuto della crescita e della diffusione della distribuzione locale, dove gli scarti sono minimizzati. In Italia il cibo è un tema importante, perché ogni anno 8,65Mt di cibo vengono sprecate. In Europa solo Germania e Francia hanno numeri peggiori.
- La produzione manifatturiera locale, grazie a soluzioni di economia circolare, viene valorizzata insieme alla progettazione di prodotti duraturi, riciclati e facilmente riutilizzabili. In questo il settore edilizio trova molte opportunità. Utilizzerebbe meno materiali vergini, tecniche di costruzione più efficienti per infrastrutture con un lungo ciclo di vita e che agevolino il recupero e riutilizzo dei materiali. In Italia vengono riciclati il 79% dei rifiuti.
- Il suolo, che come analizzato nel capitolo sull'impermeabilizzazione risulta una risorsa molto importante e non rinnovabile, garantisce la presenza di aree verdi, eventualmente alberate, che migliorano lo stile di vita antropico, animale e vegetale, con un conseguente ripristino della biodiversità. Richiede una sua gestione e pianificazione più oculata e una rigenerazione territoriale dei vuoti urbani. Solo nelle periferie urbane ci sarebbero 1,5 milioni di beni abbandonati.
- Qualità dell'aria e dell'acqua sono temi molto diffusi nelle agende urbane. La pressione sulla risorsa idrica non è data solo dall'alterazione della sua qualità, ma anche dall'impermeabilizzazione del suolo. Con eventi di pioggia, per non sovraccaricare la rete fognaria e i depuratori, gli sfioratori si attivano riportando un certo quantitativo d'acqua direttamente nei corpi idrici, ma quest'acqua ha un certo carico di inquinanti intaccando così la qualità del corpo idrico. È una buona soluzione circolare quella di ampliare aree verdi permeabili per ridurre i volumi d'acqua in ingresso alla rete e migliorare la qualità dell'aria. Per la riduzione dei consumi idrici invece l'economia circolare promuove soluzioni di efficienza idrica e riutilizzo delle acque. L'acqua piovana e l'acqua grigia possono essere riutilizzate per scopi pubblici, domestici e industriali.

### *2.2.3 Economia circolare e risorsa idrica*

La Commissione europea si impegna nella transizione da un modello di economia lineare a circolare. Questo cambiamento è necessario anche per la risorsa idrica, perché in grado di valorizzare un uso efficiente della stessa. Come descritto al capitolo 1, i Paesi europei maggiormente esposti a una crisi idrica sono quelli mediterranei. Questo porta a riconoscere come esigenza primaria quella di realizzare un nuovo assetto normativo nazionale ed europeo che miri alla realizzazione di obiettivi di tutela, gestione e recupero della risorsa idrica tramite approcci di economia circolare. Una gestione circolare della risorsa idrica porta ad intervenire in tutte le sue fasi del ciclo, iniziando quindi da una sua gestione, a livello anche urbano, che mitighi e contrasti fenomeni meteorologici estremi e i suoi danni. Si utilizzano quindi sistemi di riduzione di run-off, di accumulo delle acque meteoriche e di riduzione del rischio idrogeologico generale. Per la scarsa quantità d'acqua a livello globale invece, le strategie per una gestione idrica circolare: sostengono stili di vita e processi di produzione sostenibili e attenti al consumo, contrastano le perdite idriche e consolidano la resilienza delle fonti e delle relative infrastrutture idriche. L'incremento della consapevolezza dei cittadini e degli operatori è un mezzo non di carattere tecnico o impiantistico, ma che ha il suo ruolo importante per la realizzazione di obiettivi quali il risparmio o l'uso efficiente della risorsa idrica. I risultati di questa strategia sono la riduzione degli sprechi e la diffusione di comportamenti sempre più virtuosi legati alla difesa della risorsa idrica. Un altro aspetto che ridurrebbe lo stress idrico aumentando la quantità di acqua a uso irriguo e per l'igiene domestica, è l'utilizzo di risorse idriche non convenzionali. Una gestione virtuosa della risorsa idrica porta a un riuso delle acque reflue e a un utilizzo delle acque meteoriche. Per il riutilizzo di acque reflue e per rendere questa fonte sicura è importante: la prevenzione dell'inquinamento sin dalla fonte, attraverso controlli puntuali, la raccolta e il trattamento delle acque, in modo efficace e diffuso. Un approccio circolare della risorsa idrica, quindi, porta a una chiusura dei cicli e della gestione, coinvolge gli utenti e gli utilizzatori, che sono in grado attuare una transizione verso nuovi di modelli di consumo ricercati dalla Commissione europea. In ciò, strumenti come gli Urban Living lab, ULL, coinvolgono i cittadini e le comunità locali in processi di innovazione sociale e di sensibilizzazione al consumo e all'economia circolare. Gli ULL sono spazi dove è possibile ascoltare esperti e parallelamente avere spazi di collaborazione e progettazione. Altri strumenti sono etichette e altri marchi di facile lettura e interpretazione, quali la Water Footprint, che sono utile per conoscere il consumo idrico di ogni prodotto, portando il consumatore a una scelta consapevole.

### *2.3 Soluzioni per la gestione efficiente e circolare della risorsa idrica in ambito urbano*

Tra le soluzioni circolari che favoriscono una gestione efficiente e circolare della risorsa idrica vi sono le NBS (Nature Based Solution) e le SuDS (Sustainable drainage system). Le NBS sfruttano elementi naturali per realizzare soluzioni che apportino benefici ambientali, sociali ed economici, riducendo il rischio di disastri naturali, lavorando per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici e per il ripristino degli ecosistemi. Le SuDS sono soluzioni verdi di drenaggio urbano sostenibile, che favoriscono la gestione delle acque piovane di aree urbane. Queste soluzioni riequilibrano il bilancio idrologico, riducono il carico di inquinanti nei corpi idrici e avvicinano il comportamento delle città a quello delle "città spugna": immagazzinando l'acqua per periodi di siccità, aumentando la quantità di aree verdi e riducendo i danni degli eventi atmosferici. Queste due tipologie di soluzioni hanno l'obiettivo di gestire le acque meteoriche, di dare benefici e servizi ecosistemici, economici e sociali. Oltre a ridurre il deflusso di run-off, diminuiscono le emissioni di gas serra e i consumi di energia, migliorano la qualità dell'aria, aumentano i prezzi degli immobili limitrofi, e apportano benefici sociali agevolando la salute e ospitando attività ricreative. Alcuni esempi di queste soluzioni sono: tetti verdi, aree alberate, aree di bio-ritenzione e infiltrazione, pavimenti permeabili. Questi esempi citati si potranno analizzare nei seguenti paragrafi, che descrivono altre soluzioni di buone pratiche per una gestione sostenibile dell'acqua in aree urbane.

#### *2.3.1 Il tetto verde e quantificazione effetti*

I tetti verdi sono delle strutture realizzate a copertura dei tetti degli edifici. Consentono la regimentazione dell'acqua meteorica caduta sul tetto, laminandola e trattenendola. Questo grazie allo strato di suolo e di vegetazione, di cui il tetto verde è composto, che è in grado di assorbire la pioggia. Inoltre, assorbono e rilasciano umidità nel medio e lungo periodo per evapotraspirazione e per traspirazione. La capacità di trattenere l'acqua, senza che queste entrino nel sistema fognario sovraccaricandolo, è data dalla ritenzione idrica. Questa dipende molto dal tipo clima in cui il tetto verde è installato, in Italia il suo valore può superare anche il 50%. Esistono anche tetti verdi innovativi collegati a sistemi di previsioni meteorologiche. Sensori di umidità e temperatura insieme a una centralina collegata a un servizio di previsione meteo, garantiscono un'irrigazione molto efficace e controllano se il tetto verde sarà capace di trattenere tutta la pioggia prevista nelle prossime 24 ore. Se il sistema prevede un'incapacità nel trattenere la futura pioggia prevista scarica preventivamente la giusta quantità d'acqua

accumulata. Per un tetto verde è indispensabile una superficie piana, o con inclinazioni non superiori a 35°. I tetti verdi possono essere di tipo estensivo o intensivo. Gli estensivi non sono direttamente fruibili dalle persone, non hanno esigenze di manutenzione specifiche, lo spessore necessario dello strato di terreno è basso, intorno a 10 cm e ospitano piante erbacee di altezza limitata. L'intera infrastruttura solitamente non supera i 100 kg/m<sup>2</sup>, per questo possono essere realizzati in molti edifici. Gli intensivi sono dei giardini pensili, impiegano specie erbacee, arbustive e arboree. Qui la manutenzione è più impegnativa. Lo spessore dello strato di terreno varia da 40 a 80 cm, per la loro realizzazione è importante la presenza di solai con una portata sufficiente. Nella figura successiva vengono rappresentate le stratigrafie delle due tipologie dei tetti verdi.

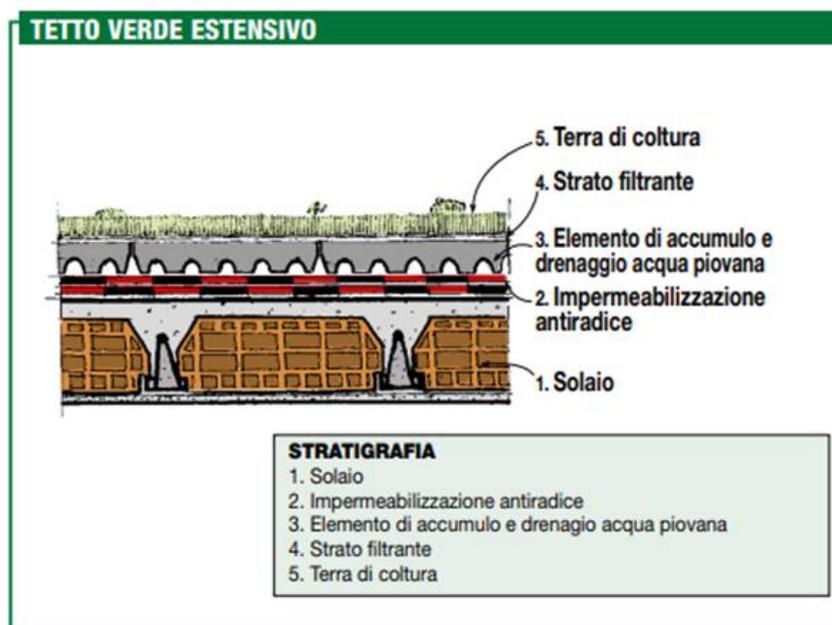
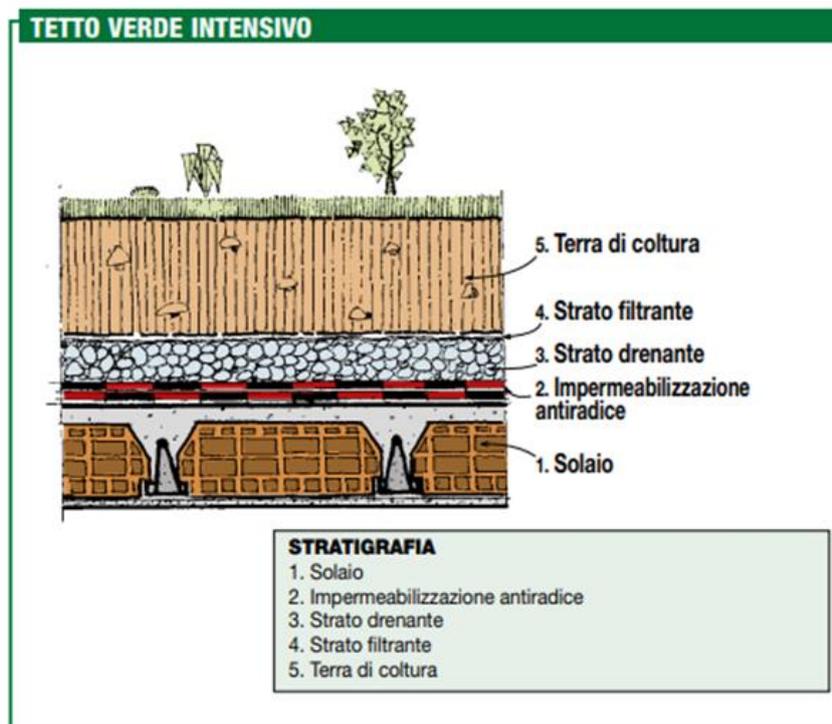


Figura 20 - In figura si osserva la stratigrafia con la relativa legenda delle due tipologie di tetti verdi, intensivi ed estensivi

Partendo dall'alto e andando verso il basso la stratigrafia del tetto verde è costituita da: un substrato di terra di coltura che accoglie la crescita delle piante e il loro strato di vegetazione, uno strato filtrante, che impedisce a particelle di suolo di penetrare in profondità, lo strato drenante per il tetto verde intensivo, che è costituito da elementi naturali, come la ghiaia, o elementi sintetici, che permettono un corretto deflusso dell'acqua, l'elemento di accumulo e drenaggio di acqua piovana per il tetto verde estensivo, che drena le acque piovane e le

accumula come riserva idrica, uno strato impermeabilizzante e un sistema antiradice, che isolano il solaio dall'acqua e non permettono alle radici di svilupparsi eccessivamente in profondità. I benefici che un'infrastruttura verde del genere comporta sono diversi:

- **Un notevole isolamento acustico,**
- **Un buon isolamento termico,** evitando dispersioni di calore d'inverno e rinfrescando d'estate grazie all'evaporazione dell'acqua che rinfresca i tetti, con conseguente risparmio energetico,
- **Un miglioramento della biodiversità urbana,** ospitando diverse specie di uccelli,
- **Una riduzione dell'effetto "isola di calore",** perché l'evaporazione dell'acqua dei tetti crea un raffreddamento locale,
- **Una riduzione delle polveri sottili in aria e di CO<sub>2</sub>,** sequestrando carbonio dall'atmosfera,
- **Trattengono e accumulano acqua di pioggia,** con conseguente riduzione del run-off e aiuto nel prevenire allagamenti urbani,
- **Filtrano acqua piovana che può poi essere riutilizzata,** riducendo i consumi idrici,
- **Possono fungere da impianti di fitodepurazione per il trattamento di acque grige,**
- **Migliorano la vivibilità,** migliorando l'estetica urbana, che fornisce anche un'opportunità per l'educazione del pubblico alle NBS.

Un'infrastruttura verde simile ai tetti verdi in forma e benefici sono le facciate verdi. Sono strutture verticali per la crescita di vegetazione rampicante sulle facciate di edifici e palazzi. I tetti verdi hanno diverse strutture e possono essere installati in diverse aree con diversi climi. In base a queste caratteristiche i tetti verdi avranno diversi indicatori di ritenzione idrica. Di seguito si osserva una tabella che restituisce, in base alla struttura del tetto verde, il coefficiente di ritenzione idrica considerando un clima tedesco.

Type of Green Roof	Depth [mm]	Vegetation	Water Retention Annual Average [%]	Coefficient
Extensive	20-40	Moss/sedum	40	0.6
-	40-60	Sedum/Moss	45	0.55
-	60-100	Sedum/Moss/Herbs	50	0.5
-	100-150	Sedum/Moss/Grass	55	0.45
-	150-200	Grass/Herbs	60	0.4
Intensive	150-250	Lawns/Shrubs	60	0.4
-	250-500	Lawns/Shrubs	70	0.3
-	500+	Lawns/Shrubs/Trees	90+	0.1

Tabella 4 – Percentuale di ritenzione idrica delle diverse tipologie dei tetti verdi, in base al loro spessore e tipologia di vegetazione

Come riportato in tabella, in Germania è possibile, in base alla tipologia di tetto verde, trattenere mediamente tra il 40% e più del 90% dell'acqua meteorica. Si può, attraverso una formula dedicata, quantificare il volume d'acqua trattenuto dai tetti verdi, ma è necessario conoscere le seguenti informazioni:

- Precipitazione media annua del sito,
- Superficie dell'infrastruttura verde,
- Percentuale di precipitazioni trattenuta.

Quest'ultima informazione del tetto verde è altamente variabile in base alle seguenti caratteristiche:

- Spessore dello strato coltivato, che è la più importante, più il valore è alto più acqua meteorica viene immagazzinata,
- L'umidità del terreno prima dell'evento di pioggia, l'irrigazione e temporali frequenti influenzano molto le prestazioni,
- Variabili climatiche locali, un clima, non eccessivamente, caldo e poco umido, aumenta la capacità di ritenzione,
- Struttura del tetto verde, a parità di condizioni i tetti piani trattengono più acqua di quelli inclinati,
- Dimensione e distribuzione di eventi meteorici, temporali piccoli e frequenti porteranno il tetto verde a trattenere più acqua rispetto a temporali grandi e meno frequenti.

L'equazione per calcolare la quantità di deflusso ridotta in galloni, come riporta "The Value of Green Infrastructure A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits", è la seguente:

$$[\text{Precipitazione annuale (inches)} * \text{Area (SF)} * \text{Percentale di trattenuto (\%)}] \\ * 144 \frac{\text{sq inches}}{\text{SF}} * 0,00433 \frac{\text{gal}}{\text{cubic inch}} = \text{Deflusso ridotto (Galloni)}$$

Oltre alle caratteristiche del suolo prima citate presenti nella formula, si osservano i fattori per la conversione di un'area da piedi quadrati a pollici quadrati (44 sq inches/SF) e la conversione di un volume da pollici cubi in galloni con il fattore 0,00433 gal/pollice cubo. È possibile applicare questa formula, con le dovute conversioni, per un tetto verde di 465 m<sup>2</sup>, con un tasso di ritenzione idrica del 60%, una precipitazione di 1,5 mm, situato a Chicago, Illinois.

$$[ 38,01 \text{ (inches)} * 5.000 \text{ (SF)} * 0,6 ] * 144 \frac{\text{sq inches}}{\text{SF}} * 0,00433 \frac{\text{gal}}{\text{cubic inch}}$$

$$= 71.100 \text{ (Galloni)}$$

La riduzione del deflusso è stata di 269 m<sup>3</sup>, questi sono anche i litri che non sono andati a caricare ulteriormente la rete fognaria. In “Applicabilità di Nature Based Solutions (NBS) in ambito urbano per la gestione delle acque meteoriche. In integrazione con sistemi di real time control ed early warning” di Marco Maglionico, Margherita Altobelli, Sara Simona Cipolla, si effettua una modellazione idraulica a scala di quartiere, pertinente alla zona Fossolo, Bologna. È un’area principalmente residenziale, con 10.000 abitanti. La modellazione, fatta tramite il software SWMM 5.1, ipotizza un 30% della superficie dei tetti, dell’area in esame, caratterizzata dalla presenza di tetti verdi di tipo estensivo, con spessore dello strato di suolo di 10 cm, con una ritenzione idrica del 35% e con una pendenza del 75%. Considerando le precipitazioni registrate nel 2009 la modellazione riporta i volumi di sversamento di acqua meteorica nel caso di utilizzo e non utilizzo di tetti verdi per la zona Fossolo (Fig. 21).

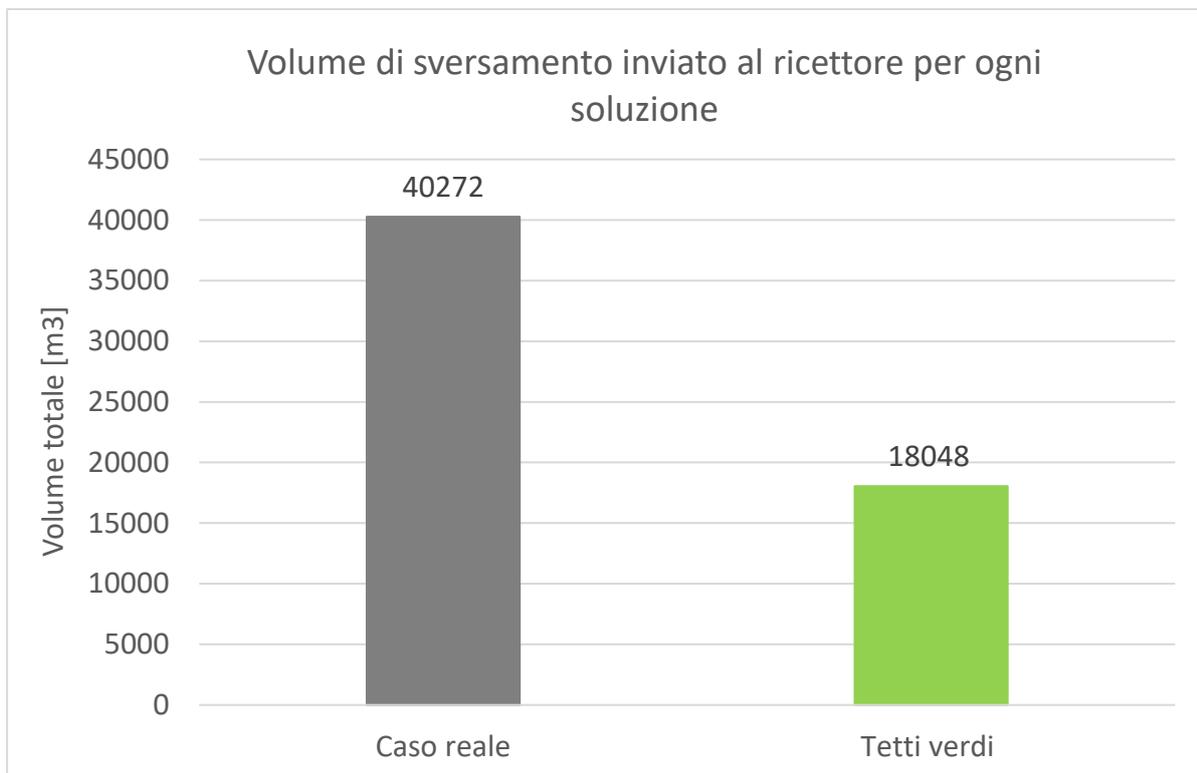


Figura 21 – Confronto volumi totali inviati al ricettore, scenario reale e scenario con una copertura verde del 30% dell’area in esame

Si osserva, che la riduzione di volumi sversati nel corpo idrico è notevole, più del 55%.

### 2.3.2 Aree alberate e quantificazione effetti

Piantare alberi in aree urbane e valorizzare quelli già presenti porta a molti benefici ambientali, economiche e sociali:

- **La riduzione del deflusso di acque meteoriche**, grazie all'intercettazione delle precipitazioni da parte degli alberi e all'aumento della capacità di infiltrazione e di immagazzinare acqua da parte del suolo.
- **Una migliore ricarica delle falde acquifere locali**,
- **Riduce il consumo di energia**, rifrangendo il vento che raffredda le case diminuisce la necessità del riscaldamento domestico e diminuisce le temperature locali per evapotraspirazione,
- **Una miglior qualità dell'aria**, grazie all'assorbimento di inquinanti atmosferici come la CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e l'intercettazione di particolato,
- **Un minor effetto "isola di calore"**, per l'evapotraspirazione dell'acqua,
- **Un miglioramento della vivibilità e della biodiversità urbana**,
- **La possibilità di educare il pubblico alle infrastrutture verdi**.

Anche la copertura forestale gode dei benefici degli alberi. Un bosco è definibile tale se ha un'estensione di almeno 2.000 m<sup>2</sup>, una larghezza media di almeno 20 m e con una copertura vegetale non inferiore al 20%. È possibile stimare la quantità d'acqua meteorica intercettata da questa soluzione, conoscendo il numero di alberi piantati, le loro dimensioni e tipologia. Ad esempio, un albero con una grande chioma intercetterà più precipitazioni. Nella seguente tabella vengono restituiti i dati, riportati da McPherson nel 2006, del quantitativo di pioggia intercettata dagli alberi annualmente in base alle loro dimensioni.

	<b>Albero piccolo:</b> es. melo alto 7 m chioma larga 6 m	<b>Albero medio:</b> es. quercia rossa alta 12 m chioma larga 8 m	<b>Albero grande:</b> es. bagolaro alto 14 m chioma larga 11 m
<b>Pioggia intercettata</b>	1,1 m <sup>3</sup>	4,3 m <sup>3</sup>	8,2 m <sup>3</sup>

Tabella 5 - Tabella rappresentante il volume in m<sup>3</sup> quanta pioggia viene intercettata dall'albero

Questi dati sono una media di 40 anni di studio nella regione del Midwest. Anche il clima, i livelli di precipitazione e la variabilità stagionale dell'area trattata influenzano l'evapotraspirazione e la velocità con cui gli alberi intercettano le precipitazioni. Utilizzando i valori presenti nella precedente tabella e convertendo i metri cubi in galloni, è possibile, secondo "The Value of Green Infrastructure A Guide to Recognizing Its Economic,

Environmental and Social Benefits”, calcolare il volume di deflusso intercettato tramite la seguente formula.

$$\begin{aligned} & \text{Numero di alberi} * \text{Media annuale di acqua intercettata dall'albero} \left( \frac{\text{Gal}}{\text{Albero}} \right) \\ & = \text{Deflusso ridotto (Gal)} \end{aligned}$$

Applicando questa formula nel caso studio del Midwest, dove si realizza un esempio di 100 querce rosse medie, si ottiene:

$$100 * 1.129 \left( \frac{\text{Gal}}{\text{Albero}} \right) = 112.900 \text{ (Gal)}$$

La riduzione del deflusso è stata di 427 m<sup>3</sup>, questi sono anche i litri che non sono andati a caricare ulteriormente la rete fognaria. Un altro esempio è il progetto “Mettiamo radici per il futuro”, che dal 2020, in Emilia-Romagna ha potenziato lo sviluppo di aree verdi urbane, periurbane e forestali, soprattutto in pianura. Il progetto ha tra gli obiettivi la piantumazione, entro 5 anni, di 2,5 milioni di piante a livello urbano e forestale per la riqualificazione del verde. L’azione per la realizzazione di questo specifico obiettivo è iniziata il 3 giugno 2020. Il numero di piante attualmente distribuite ammonta a 1.711.780, dato pienamente in linea con gli obiettivi prefissati. Ipotizzando che tutte queste siano alberi di piccola dimensione la riduzione di runoff sarebbe di 1.882.958 m<sup>3</sup>.

### *2.3.3 Aree di bio-ritenzione e infiltrazione e quantificazione effetti*

I sistemi di infiltrazione verde, che attuano una regimentazione dell’acqua meteorica contenendo il deflusso superficiale, consentono la ricarica delle falde sotterranee e riducono il carico idraulico a cui la rete fognaria è sottoposta, sono varie. Tra le soluzioni di questa tipologia si citano: trincee drenanti, pozzi di infiltrazione, pavimentazioni drenanti, fasce filtranti, canali vegetati e le aree di bio-ritenzione e filtrazione. Queste ultime sono aree con una leggera depressione del suolo e con una copertura verde. Fungono da superfici drenanti naturali, dove le acque meteoriche vengono coinvolgiate, per poi essere trattate nell’area di bio-ritenzione, tramite filtrazione e rimozione di agenti inquinanti. Questa soluzione ha anche uno scolmatore per la rete fognaria. Lo strato esterno di questa soluzione è una copertura erbosa, che effettua un’azione, sia di filtraggio per il materiale più grossolano, sia di rallentamento del deflusso

superficiale. Lo strato organico e la vegetazione eseguono una prima filtrazione delle acque, agevolando la crescita dei microorganismi che degradano la materia organica trasportata. Dove sono presenti nel suolo gli inerti avviene l'adsorbimento degli inquinanti. La resa di rimozione degli inquinanti è varia: più del 90% per i SST, più del 90% per i metalli, più del 80% per i fosfori totali, fino al 60% per il rame e 50% per l'azoto. I rendimenti possono migliorare se si utilizzano piante a lunga radice. Questa soluzione può essere realizzata in diversa scala e in differenti aree, vicino ad aree pavimentate, come parcheggi e strade, aree commerciali e residenziali. Questa soluzione è una SuDS e i suoi benefici sono:

- **Riduzione del run-off e del rischio idraulico**, perché trattiene l'acqua meteorica,
- **Riduzione del carico degli inquinanti**, migliorando la qualità dei corpi idrici ricettori,
- **L'aumento della disponibilità di acqua**, l'acqua ottenuta dall'applicazione di questa tecnica è utilizzabile per l'irrigazione, evitando così l'uso di acqua potabile per il medesimo scopo,
- **Riduzione degli inquinanti atmosferici**, grazie alla riduzione degli inquinanti in ingresso agli impianti di depurazione, la quantità di energia necessaria per il loro trattamento, quindi le relative emissioni di gas serra, si riduce,
- **Riduzione dell'effetto "Isola di calore"**, grazie all'evapotraspirazione vegetale,
- **Un miglioramento della vivibilità e della biodiversità urbana**,
- **La possibilità di educare il pubblico alle SuDS.**

Soluzioni del genere ben progettate sono in grado di intercettare tutte, o quasi, le precipitazioni coinvolte. La percentuale di acqua meteorica intercettata in un contesto urbano varia dalla superficie disponibile e dai tempi di stagnazione massimi locali. L'efficacia di questa soluzione dipende da:

- Area e profondità dell'elemento di bio-ritenzione,
- Efficienza dell'area di drenaggio,
- Precipitazioni medie annue,
- Percentuale di ritenzione prevista.

Come viene riportato in "The Value of Green Infrastructure A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits", è possibile stimare il volume potenziale di deflusso catturato con la seguente equazione.

$$\begin{aligned}
& [ \text{Precipitazione annuale (inches)} * ( \text{Area di infiltrazione (SF)} + \text{Area di drenaggio (SF)} ) \\
& * \text{Percentuale di acqua meteorica catturata (\%)} ] * 144 \frac{\text{sq inches}}{\text{SF}} \\
& * 0,00433 \frac{\text{gal}}{\text{cubic inch}} = \text{Deflusso ridotto (Gal)}
\end{aligned}$$

Un esempio di questa applicazione è in un sito di Chicago, Illinois. Trattiene l'80% delle acque meteoriche, ha un'area di infiltrazione di 186 m<sup>2</sup>, e un'area di drenaggio di 372 m<sup>2</sup>. Si considera una precipitazione di 1,5 mm. Con l'espressione di cui sopra e le dovute conversioni è possibile calcolare la riduzione del deflusso:

$$\begin{aligned}
& [ 38,01 (\text{inches}) * ( 2.000 (\text{SF}) + 4.000 (\text{SF}) ) * 0,80 ] * 144 \frac{\text{sq inches}}{\text{SF}} * 0,00433 \frac{\text{gal}}{\text{cubic inch}} \\
& = 133.760 (\text{Gal})
\end{aligned}$$

Sono circa 507 m<sup>3</sup> d'acqua trattata dalla NBS che non sono andati a caricare ulteriormente la rete fognaria.

#### 2.3.4 Pavimenti permeabili e quantificazione effetti

Queste pavimentazioni permeabili permettono l'assorbimento e l'infiltrazione di acqua piovana e della neve sciolta nel terreno, così da non alterare il naturale ciclo dell'acqua. Esistono vari tipi di pavimentazioni permeabili, come il calcestruzzo drenante e l'asfalto poroso. I vantaggi di queste particolari pavimentazioni sono:

- **Riduzione del deflusso delle acque**, permettendo all'acqua meteorica l'infiltrazione nel terreno sottostante,
- **L'aumento delle ricariche delle falde sotterranee**,
- **Riduzione dell'uso del sale in strada e i relativi costi**, ritardando la formazione di ghiaccio su strada,
- **Miglioramento della qualità dell'acqua e dell'aria**, le acque infiltrate sono già trattate naturalmente, gli impianti lavoreranno di meno, con un consumo energetico ridotto così come le emissioni,
- **Riduzione dell'effetto "isola di calore"**, la pavimentazione permeabile assorbendo meno calore rispetto a quella convenzionale, contribuisce meno al riscaldamento dell'atmosfera circostante,

- **Miglioramento della vivibilità**, alcune pavimentazioni permeabili riducono il rumore emesso dal traffico,
- **Educazione pubblica**, installando una pavimentazione permeabile si può fornire un'ulteriore informazione riguardante i benefici delle NBS.

Per poter calcolare la quantità di acqua trattenuta dalle pavimentazioni permeabili serve conoscere:

- La precipitazione media annua del sito,
- Metri quadri dell'infrastruttura,
- Percentuale di precipitazioni trattenute,

Come riportato dagli studi di Booth D. nel 1996 in "The University of Washington Permeable Pavement Demonstration Project: Background and First-Year Field Results." e da Bean K. nel 2005 in "A Monitoring Field Study of Permeable Pavement Sites in North Carolina.", in base all'intensità dell'evento meteorico, le pavimentazioni permeabili possono infiltrare fino all'80 o 100% dell'acqua meteorica. Questa percentuale è specifica per ogni sito ed è influenzata dai seguenti fattori:

- Pendenza della pavimentazione, le superfici piane solitamente infiltrano più acqua,
- Contenuto del terreno e profondità dello strato di aggregati sotto la pavimentazione,
- Dimensione e distribuzione degli eventi meteorici,
- Tasso di infiltrazione,
- Frequenza delle pulizie della superficie.

Come viene riportato in "The Value of Green Infrastructure A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits", è possibile stimare il volume del deflusso catturato da questa soluzione con la seguente equazione. Come per la bio-ritenzione la percentuale di pioggia trattenuta dipende dai tempi massimi di stagnazione locale.

$$[Precipitazione\ annua\ (inches) * Area\ del\ sito\ (SF) * Percentuale\ di\ trattenuto\ (%)] \\ * 144\ sq\ \frac{inches}{SF} * 0,00433\ \frac{Gal}{Cubic\ inch} = Deflusso\ ridotto\ (Gal)$$

Un esempio ipotetico di questa applicazione lo si colloca a Chicago, in Illinois. La pavimentazione permeabile ha un'estensione di 465 m<sup>2</sup> e un tasso di ritenzione dell'80%. Si considera una precipitazione di 1,5 mm. Con l'espressione di cui sopra e le dovute conversioni è possibile calcolare la riduzione del deflusso:

$$[38,1 \text{ (inches)} * 5.000 \text{ (SF)} * 0,80] * 144 \text{ sq} \frac{\text{inches}}{\text{SF}} * 0,00433 \frac{\text{Gal}}{\text{Cubic inch}} = 94.800 \text{ (Gal)}$$

Sono circa 359 m<sup>3</sup> d'acqua trattata e che non sono andati a caricare ulteriormente la rete fognaria.

### 2.3.5 Sistema di raccolta di acque meteoriche e quantificazione effetti

I sistemi di raccolta d'acqua piovana reindirizzano l'acqua meteorica, catturandola e immagazzinandola per utilizzarla in diverse maniere, come: l'irrigazione, lo scarico del bagno e la pulizia degli edifici. Questa soluzione, siccome l'acqua meteorica raccolta sui tetti è molto più pulita di quella che cade sulle pavimentazioni, vede questo deflusso di acqua meteorica non come un rifiuto da dover gestire e trattare, ma come risorsa. Il sistema di recupero delle acque piovane varia in base al tipo di edificio da approvvigionare, dallo spazio disponibile e dai costi. Tipicamente il sistema comprende:

- Una superficie di captazione,
- Un sistema di convogliamento, costituito da grondaie e filtri grossolani,
- Un serbatoio di stoccaggio, con un troppopieno per indirizzare l'acqua in eccesso nella rete fognaria,
- Un sistema di pompaggio, per condurre l'acqua nei suoi luoghi di utilizzo.

Viene utilizzato anche un sistema di rabbocco collegato all'acqua di rete tramite un regolatore di livello. Misura il livello dell'acqua piovana dentro il serbatoio e controlla che non scenda sotto una soglia nei periodi con precipitazioni scarse o assenti. Solitamente l'acqua raccolta subisce un trattamento ulteriore di filtrazione e disinfezione appena prima del suo utilizzo, così da scongiurare i rischi per la salute. Sono due le pratiche principali di raccolta dell'acqua piovana. La prima prevede l'utilizzo di vasche per la raccolta di acqua piovana, riempite tramite un collegamento alla grondaia dell'edificio in esame. Sono presenti dei secondi collegamenti, per assicurare l'utilizzo dell'acqua meteorica tramite delle pompe, tra la vasca e la toilette e/o tra la vasca e l'impianto di irrigazione del giardino. Il secondo è un sistema più complesso, dove tutta l'acqua meteorica caduta sul tetto viene raccolta in un serbatoio interrato, per poi ridistribuirlo, tramite delle pompe, in una rete dedicata. L'acqua piovana raccolta viene reindirizzata tramite delle pompe. Nella seguente figura si può osservare uno schema di questo tipo di sistema.

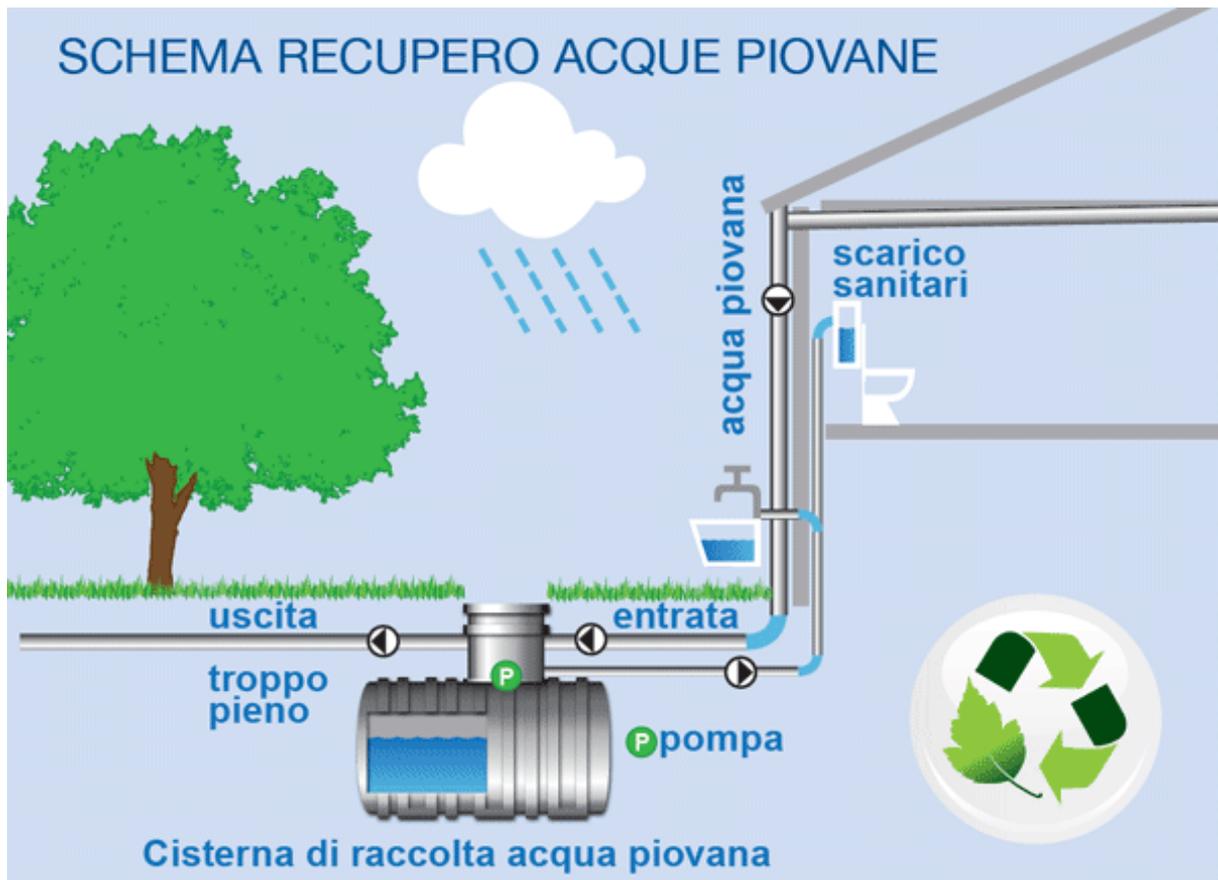


Figura 22 - Schema che raffigura un sistema di recupero acque piovane con cisterna interrata

Per massimizzare i benefici di questi sistemi bisogna dimensionarli in base alle esigenze di utilizzo. I benefici di questa pratica sono:

- **Riduzione del run-off**, con una forte riduzione della quantità di deflusso superficiale,
- **Riduzione dei costi economici ed energetici**, permettendo di risparmiare sul trasporto e il trattamento delle acque,
- **Riduzione del sovraccarico delle fognature**, grazie alla raccolta dell'acqua meteorica caduta sui tetti,
- **Aumento della disponibilità d'acqua**, grazie agli utilizzi dell'acqua piovana al posto dell'acqua potabile,
- **Aumento della ricarica delle falde acquifere**, tramite il riutilizzo dell'acqua piovana per l'irrigazione,
- **La possibilità di educare il pubblico alla gestione ottimale della risorsa idrica.**

Per studiare quantitativamente questa soluzione non si stima il deflusso ridotto, ma il volume d'acqua piovana immagazzinata. Per questa stima bisogna conoscere:

- Le precipitazioni annue,
- Intensità delle precipitazioni,

- Area della superficie di raccolta dell'acqua,
- Capacità di stoccaggio e rilascio temporaneo dell'acqua,
- Utilizzo dell'acqua raccolta in base alle esigenze dell'edificio.

Con questa soluzione è possibile raccogliere l'acqua meteorica con efficienza del 100%, arrivando quindi a contenere un litro di acqua piovana per ogni millimetro di pioggia caduta su un metro quadro. Però, come riportato dal Texas Water Development Board 2005, per considerare le perdite d'acqua per evaporazione e per le grondaie inefficienti, è preferibile considerare un'efficienza tra il 75 e il 90%. Come viene riportato in "The Value of Green Infrastructure A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits", è possibile stimare, con la formula qui di seguito, il volume di acqua piovana che si potrebbe raccogliere con questo sistema.

$$\begin{aligned}
 & \textit{Pioggia annua (inches)} * \textit{Area occupata dalla soluzione (SF)} * 144 \textit{ (sq inches)/SF} \\
 & * 0,00433 \textit{ gal/(cubic inch)} * 0,85 \textit{ Efficienza di raccolta} \\
 & = \textit{Acqua raccolta (Gal)}
 \end{aligned}$$

Così com'è stato fatto per lo studio del tetto verde, in "Applicabilità di Nature Based Solutions (NBS) in ambito urbano per la gestione delle acque meteoriche In integrazione con sistemi di real time control ed early warning" di Marco Maglionico, Margherita Altobelli, Sara Simona Cipolla, è stata applicata una modellazione analoga, ma con lo studio di un sistema di raccolta piovana. Queste soluzioni, ipotizzate sempre nell'area di Fossolo, sono state dimensionate tali per cui si possa recuperare un quantitativo d'acqua meteorica necessaria a soddisfare i consumi dettati dagli scarichi del wc del 58% dei residenti, quindi 58.000 abitanti. I serbatoi di raccolta acqua piovana sono stati ipotizzati con un troppo pieno che reimmetta in rete l'acqua in eccesso. I risultati della simulazione, che confrontano i volumi di sversamento in rete fognaria dei casi di non utilizzo e di utilizzo del sistema raccolta acqua piovana, tramite i dati registrati nel 2009, sono descritti con la figura seguente.

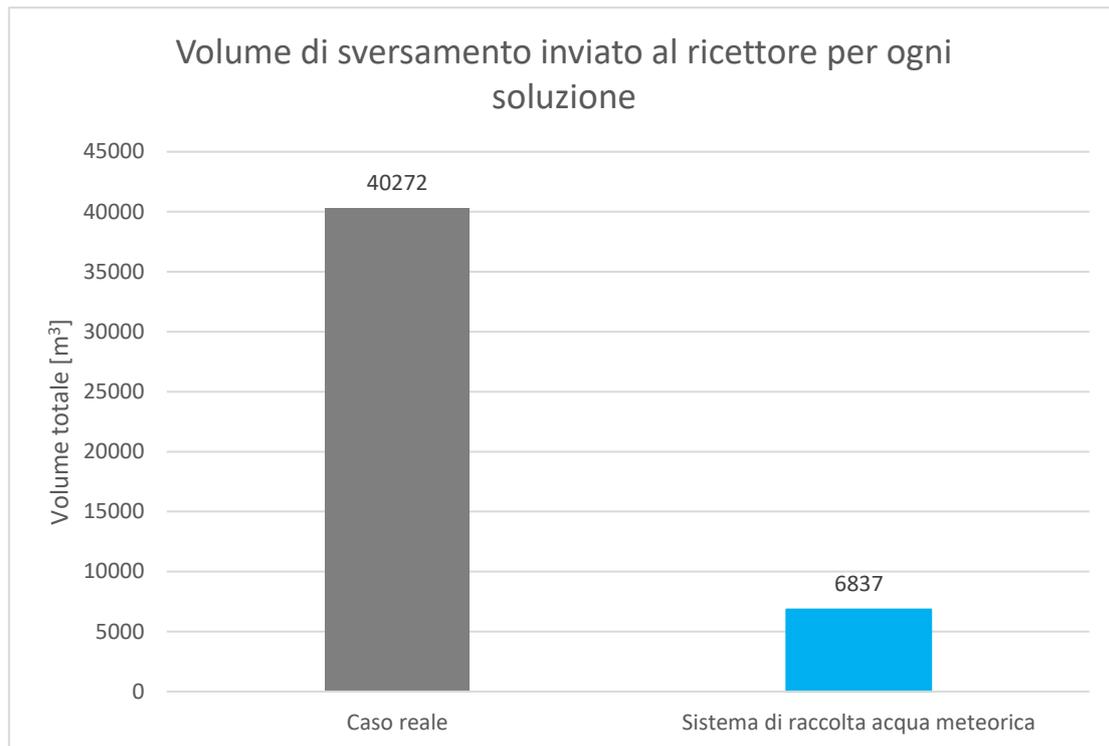


Figura 23 - Confronto volumi totali inviati al ricettore, scenario reale e scenario con un sistema di raccolta di acqua piovana

La riduzione dello sversamento è stata dell'83% e gli impianti risultano efficienti al 60%, ovvero forniscono un quantitativo d'acqua che soddisfa il 60% della richiesta di consumi idrici a scopi non potabili. Una terza e ultima modellazione è stata quella che ha ipotizzato l'uso combinato di due soluzioni, tetti verdi e sistema di raccolta di acqua piovana. I risultati della simulazione per l'anno 2009 sono stati riportati in figura 24.

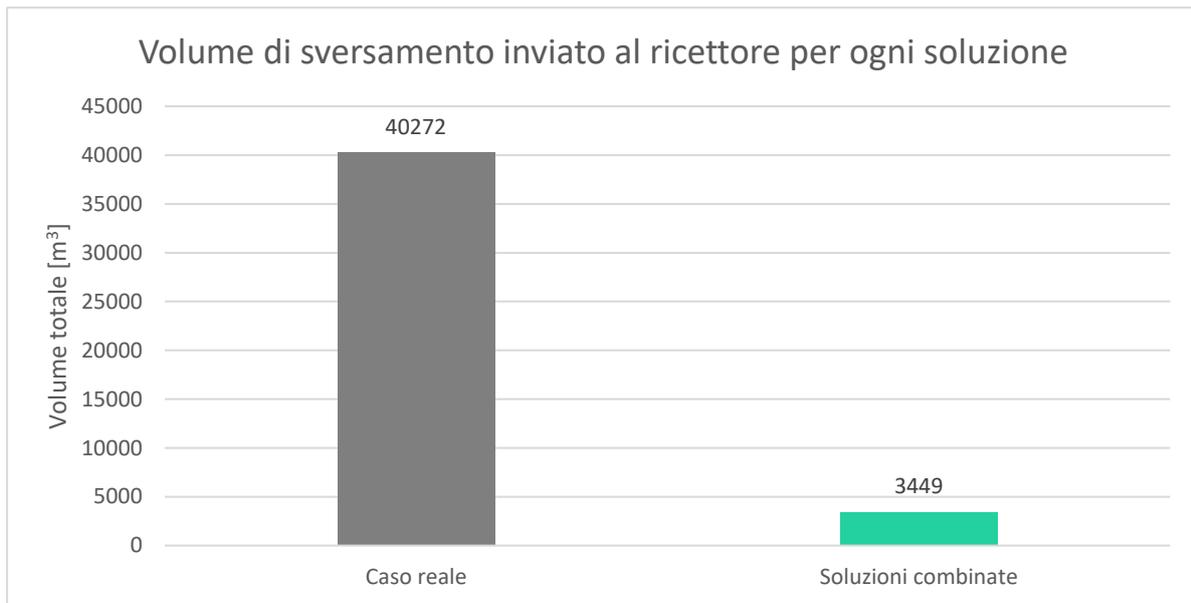


Figura 24 - Confronto volumi totali inviati al ricettore, scenario reale e scenario con una copertura verde del 30% dell'area in esame e con un sistema di raccolta acqua piovana

La riduzione del deflusso è del 91%, percentuale molto alta, anche se paragonata a quella che si ottiene applicando solo una delle due soluzioni qui usate insieme. Il quantitativo di acqua fornita da questi sistemi di raccolta meteorica varia da paese a paese. La California, contraddistinta da un clima arido, il risparmio idrico è del 10% (Loux et al.), in Brasile, a causa della dimensione dei serbatoi limitati, il risparmio idrico varia tra il 14,7 al 17,7% (Ghisi e Mengotti de Oliveira). In Europa e in Italia invece si è dimostrato, con diversi studi, che il risparmio idrico possa arrivare al 70%-80%, con l'utilizzo di serbatoio con volumi modesti (Liuzzo et al; Palla et al.). Gli LCA di questa soluzione disponibili mostrano come i loro risultati dipendano anche dal tipo di sistema (Ghimire et al.). Questo se decentralizzato offre prestazioni ambientali migliori e il dimensionamento del sistema impatta molto sulle prestazioni ambientali. Le simulazioni in termini di efficienza di risparmio idrico per usi non potabili, nella città di Bologna, con una media di precipitazione annua di 808,8 mm, vanno dal 79,4% al 59,5%, percentuale che varia molto in base al numero di residenti dell'edificio, alla dimensione del tetto e dal volume del serbatoio di raccolta.

### 2.3.6 Tecnologie per il riuso delle acque grige e quantificazione effetti

Le acque grige sono le acque utilizzate per la pulizia del corpo. Per il loro riuso è fondamentale una rete di raccolta separata e un impianto per renderle di qualità tale per cui è possibile riutilizzarla per lo sciacquone del water, la pulizia di edifici e l'irrigazione di aree verdi. L'acqua che un tale sistema può raccogliere e trattare non è solo quella grigia, ma anche quella di lavabi,

di condensa dei condizionatori e di caldaie. Per i grandi edifici è possibile riutilizzare queste acque e il calore dei loro reflui. Il trattamento delle acque grige non è particolarmente complesso. Le acque trattate sono poco inquinante, sia chimicamente che biologicamente. I volumi e le tecnologie di questo trattamento variano in base alla disponibilità di. Il sistema di trattamento è diviso in due categorie, biologico e non biologico. Quello biologico sfrutta i microorganismi e la loro capacità di rimuovere le sostanze organiche biodegradabili. I trattamenti biologici a loro volta sono suddivisibili in intensivi ed estensivi. I primi utilizzano apparati installati negli edifici, i secondi utilizzando impianti di fitodepurazione che necessitano di uno spazio esterno adatto. I sistemi biologici possono godere di una membrana filtrante a valle del trattamento, per trattenere eventuali impurità e arrivare a un livello di qualità dell'acqua superiore. I sistemi non biologici possono sfruttare o filtri di sabbia, o microfiltrazione, o nanofiltrazione o ultrafiltrazione. Anche questa tecnica, come la precedente, utilizza un serbatoio di accumulo. Nel sistema di raccolta delle acque grige trattate sono presenti ulteriori trattamenti finali, agenti battericidi e una lampada a raggi ultravioletti, per scongiurare la ricrescita dei microorganismi. Il corretto dimensionamento del serbatoio di accumulo delle acque grigie trattate evita la formazione di odori. I benefici di questa pratica sono:

- **Riduzione del sovraccarico delle fognature,**
- **Aumento della disponibilità d'acqua,** grazie ai possibili utilizzi dell'acqua grigia che viene utilizzata al posto dell'acqua potabile,
- **Riduzione della sollecitazione della rete idrica,**
- **La possibilità di educare il pubblico alla gestione sostenibile della risorsa idrica.**

È possibile anche un sistema per riutilizzare acque sia meteoriche che grige. Ottenendo così i benefici di entrambe le soluzioni. Di seguito una figura di uno schema esplicativo di un'abitazione che adotta entrambe le due soluzioni di recupero acqua.

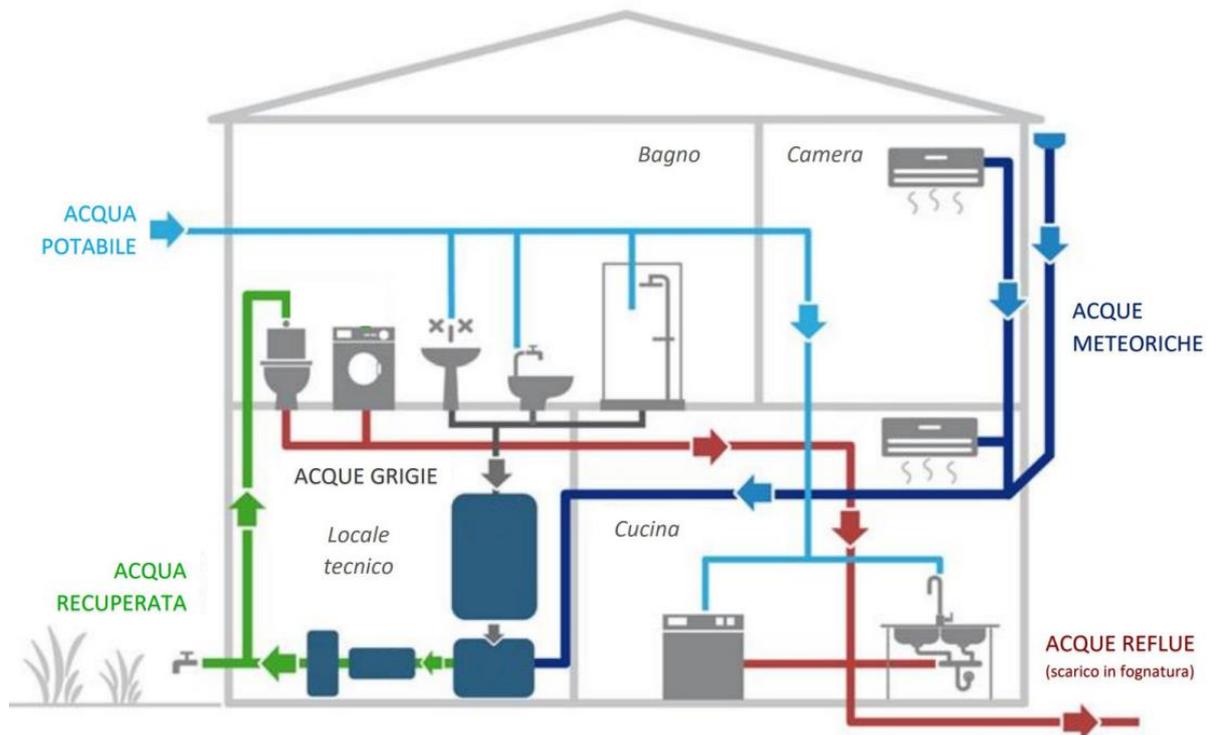


Figura 25 – Schema impiantistico di un edificio con recupero e riutilizzo sia di acque meteoriche sia di acque grigie

Si ipotizza un consumo idrico in un'abitazione di 220 l/p/d, di cui il 28%, quindi 61,60 l/p/d dovuti allo scarico dei servizi igienici. Quest'ultimo dato è anche il quantitativo che una soluzione di recupero di acque grigie può mediamente recuperare ogni giorno. In un anno, per ogni persona, si risparmierebbero 22,5 m<sup>3</sup>.

### 2.3.7 Monitorare per risparmiare e quantificazione effetti

Per poter ridurre i consumi è utile sapere quanto e dove si consuma. Strumenti per il monitoraggio e lettura periodica aiutano in questo. Possono essere installati in casa, informano costantemente l'utente sui consumi idrici e i relativi consumi energetici. L'installazione di queste tecnologie, come gli smart meter, è possibile anche a livello condominiale. Sfruttano una tecnologia wireless. Sono sistemi che misurano con regolarità e frequenza i consumi di ogni utenza. I dati di consumo raccolti saranno disponibili per l'utente tramite una connessione alla rete. Eventuali picchi di consumo vengono captati dal sistema, che è capace di riconoscere se questi sono dovuti da un cambio delle abitudini o da una rottura della rete idrica. I picchi vengono segnalati inviando messaggi telefonici e/o segnali di attenzione o allarme. I risultati sono: favorire il contenimento dei consumi e un utente che possa valutare le proprie abitudini in termini di impatto sulla risorsa idrica. L'installazione del sistema di monitoraggio è semplice. I benefici di questa soluzione sono:

- L'informazione dei consumi in tempo reale degli utenti,
- La responsabilizzazione degli utenti nelle loro abitazioni,
- Un probabile risparmio idrico.

Il risparmio idrico, come riporta la pubblicazione “Long-term water conservation is fostered by smart meter-based feedback and digital user engagement” sin dal breve periodo varia tra il 2,5 e il 28%. Immaginando un risparmio idrico del 15% e un consumo idrico di 220 l/p/d, in un'abitazione mediamente si risparmierebbero 33 l/p/d. In un anno, per ogni persona, si risparmierebbero 12,1 m<sup>3</sup>.

### **3. Caso studio di Bologna nell'ambito del progetto NiCE**

#### *3.1 La città di Bologna e la sfida della sostenibilità*

La città di Bologna è attiva nella lotta del cambiamento climatico, nella tutela per l'ambiente e nell'impegno nella realizzazione di una città sostenibile. Le iniziative e i progetti a cui partecipa sono diversi, alcuni dei quali sono descritti di seguito.

##### *3.1.1 Realizzazione dell'Agenda per lo sviluppo sostenibile 2.0*

La Città metropolitana di Bologna è impegnata nello sviluppo sostenibile, nella tutela del territorio e nel coinvolgimento attivo di stakeholder. Monitora il proprio progresso tramite gli indici compositi. Il 24 giugno 2021 ha presentato l'Agenda 2.0 per lo sviluppo sostenibile, che integra rispetto alla prima Agenda 2030, lo sviluppo sostenibile non solo per i temi ambientali, ma anche economici e sociali. La nuova agenda vuole sostenere una pianificazione fondata sulla misurazione dei progressi realizzati per il soddisfacimento degli obiettivi nazionali. Dopo l'elaborazione di questa agenda è iniziata una sperimentazione di adozione di azioni sostenibili, che ha visto coinvolti quattro enti, che, oltre la Città Metropolitana, sono stati: il Nuovo Circondario Imolese, l'Unione dei Comuni Reno Lavino e Samoggia, il Comune di Bologna e il Comune di Monte San Pietro. Gli obiettivi dell'Agenda 2030, che risultano in miglioramento dal 2010 ad oggi, sono quelli contrassegnati con il numero 6, 11, e 12. Questi si occupano rispettivamente di:

- Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igienico-sanitarie,
- Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili
- Garantire i modelli sostenibili di produzione e di consumo.

Nella la realizzazione dell'obiettivo 6 l'Emilia-Romagna occupa il quinto posto in Italia, per l'obiettivo 11 l'Emilia-Romagna è settima, per l'obiettivo 12 è diciottesima ma ha comunque un valore superiore a 100. Invece, l'obiettivo 11.6, "I giorni di superamento del limite di PM10", è tra i più critici. Lo scopo dell'Agenda 2.0 è quello di aiutare le politiche e le amministrazioni delle istituzioni locali tramite la raccolta e diffusione dei dati, ma soprattutto:

- Comunicare cos'è attualmente in atto e i progetti realizzati per il raggiungimento degli obiettivi più critici,
- Mantenere e migliorare gli obiettivi raggiunti con successo.

Questo considerando quali sono le competenze della Città metropolitana di Bologna.

### *3.1.2 Bologna e la missione carbon neutral 2030*

Le riduzioni delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono un impegno adottato da tempo dalla città di Bologna. Tra il 2005 e il 2018 si è registrata una diminuzione del 21,6% delle emissioni di CO<sub>2</sub>. In questo stesso periodo temporale le riduzioni di emissioni sono state realizzate nel campo dei trasporti, con un -37% e nell'Illuminazione pubblica, con un -43%. La Commissione Europea, il 28 aprile 2022, ha comunicato le 100 città europee coinvolte nella sfida "Cities Mission", la città di Bologna è tra queste. Il principale obiettivo di questa missione è la neutralità carbonica, che a livello europeo è un obiettivo da conseguire entro il 2050, ma per le 100 città selezionate l'obiettivo è da realizzare entro il 2030. Queste città faranno da apripista per questa virtuosa sfida. Bologna avrà dei progetti chiave per il conseguimento della neutralità, che riguardano:

- Mobilità e trasporti, decarbonizzando il trasporto pubblico locale,
- Efficientamento energetico, tramite la riqualificazione energetica dell'edilizia,
- Illuminazione pubblica, completando un'illuminazione a LED con fornitura energetica a zero emissioni,
- Produzione di energia rinnovabile, sostituendo le fonti di energia fossile con fonti rinnovabili.

La città di Bologna non è stata riconosciuta dalla Commissione Europea tra le 10 città "label" per missione di neutralità entro il 2030. Questo riconoscimento avrebbe facilitato l'accesso a forti di finanziamenti. Tra tutte le 100 città attualmente si ritiene che solo Copenaghen raggiunga l'obiettivo della missione carbon neutral 2030.

### *3.2 Il Progetto NiCE e il caso pilota di Bologna*

NiCE, From Niche to Centre - City Centres as Places of Circular Lifestyles, è un progetto europeo del programma Interreg Central Europe. Nasce in seguito alla pandemia di COVID-19 che ha modificato i centri urbani, facendo chiudere molti negozi locali a favore del commercio online. Il progetto NiCE vuole agire nelle città, rendendole circolari e sostenibili. Le sfide che si propone di affrontare sono due: spingere gli abitanti delle aree urbane a un cambio dello stile di vita sostenibile e la rianimazione dei centri rendendoli più circolari. I partner del progetto hanno il ruolo di cercare delle buone pratiche per lo sviluppo urbano circolare, concentrandosi sulla gestione delle risorse, sulla realizzazione di centri multifunzionali e sulla rigenerazione di spazi vuoti per offerte circolari. I paesi partner sono otto: Germania, Italia, Cechia, Austria, Polonia, Slovenia, Ungheria e Slovacchia. Il progetto NiCE è partito a maggio 2023, con un

budget di 2,22 milioni di euro, e terminerà ad aprile 2026. La città di Bologna partecipa a questo progetto europeo come partner associato di ENEA, che ha il compito di realizzare lo studio di casi pilota di buone pratiche urbane riguardanti la gestione circolare della risorsa idrica attraverso processi partecipativi. La prima attività del progetto è stata la mappatura di esempi di economia circolare urbana, inerenti al progetto e presenti nella città di Bologna. Per questi studi ENEA ha organizzato una serie di interviste a stakeholder locali. Tutte le informazioni raccolte saranno poi riportate in occasione di un workshop internazionale a maggio 2024 a Košice, Slovacchia. L'obiettivo finale del progetto è favorire l'elaborazione di un Piano d'azione urbano per l'economia circolare nelle città pilota del progetto.

### *3.3. Metodologia di ricerca, intervista, raccolta dati e descrizione delle buone pratiche*

Per soddisfare le richieste della prima fase del progetto NiCE, individuata una realtà o un progetto che potesse essere inerente al caso studio assegnato alla città di Bologna, si è provveduto nel contattare i relativi stakeholder. Tramite una e-mail di presentazione si è chiesta la disponibilità ad un'intervista della durata di circa un'ora. Molte di queste sono state svolte online, altre di persona. L'intervista è stata una metodologia con cui si è potuti entrare in contatto con ogni realtà o progetto, così da poterlo studiare e analizzare al meglio. Nell'intervista, dopo una richiesta di presentazione all'intervistato, si proseguiva seguendo e compilando un Google form, realizzato in base alle linee guida fornite dal progetto NiCE valide per ogni partner europeo. Le domande principali sono state:

- *Nome dell'organizzazione a cui appartiene la Buona Pratica*
- *Ambito territoriale*
- *Data di inizio dell'attività?*
- *Eventualmente data di fine dell'attività?*
- *Quali sono i risultati principali?*
- *Qual è la lingua del contenuto originale?*
- *Qual è l'area chiave della buona pratica?*
- *Il progetto/attività è elaborato in partenariato?*
- *Tipo di finanziamento*
- *Ci sono effetti negativi correlati? Se sì, quali?*
- *Chi sono i beneficiari (diretti/indiretti)?*
- *Quali sono le risorse per l'attuazione?*

- *Quali sono gli strumenti utili per promuovere, sostenere e supportare la Buona Pratica?*
- *Cosa consiglierebbe a chi intende adottare/supportare questa Buona Pratica?*
- *Come si può fornire un alto valore di efficacia all'attività?*
- *Quali sono gli impatti positivi dell'attività sugli individui e/o sulle comunità?*
- *In che modo l'attività è replicabile?*
- *In che modo l'attività è adattabile a situazioni diverse?*
- *Chi ha commissionato questa attività?*
- *L'attività si concentra esclusivamente sulla vostra città/comune/distretto/area?*
- *Se sì, c'è la possibilità di ampliarlo? L'ampliamento sarebbe vantaggioso per i risultati?*
- *Se no, come siete riusciti a espanderlo in altre aree? Quali sono stati i fattori che hanno reso possibile l'espansione?*
- *Siete riusciti a collaborare con altre parti interessate (compresi i comuni o i fornitori di servizi rilevanti) per migliorare il vostro servizio?*
- *Come potreste migliorare la qualità e l'efficienza del servizio?*
- *Condividete esperienze e buone pratiche con altri stakeholder, in particolare con altri comuni simili che intendono fare lo stesso?*
- *Per quanto riguarda questa attività, quali sono i suoi maggiori punti di forza? Come potreste fare in modo di mantenere questi punti di forza?*
- *Quali sono le maggiori debolezze? Come potreste superare eventualmente queste debolezze?*

A ogni intervista è seguita una breve riunione di commenti e scambi di idee tra i partecipanti del progetto NiCE di ENEA, dove, tramite le informazioni raccolte durante l'intervista, è stato possibile scegliere se selezionare il caso studiato come buona pratica del progetto NiCE. Per questa selezione il progetto NiCE ha fornito una definizione e dei criteri di buona pratica, basata sui criteri ECESP. La definizione scelta è la seguente: “Una buona pratica non è solo una pratica definibile come buona, ma una pratica che ha dimostrato di funzionare bene e di produrre buoni risultati ed è quindi raccomandata come modello. È anche un'esperienza di successo, che è stata testata e convalidata, in senso lato, che è stata riproposta e ripetuta, e che merita di essere condivisa in modo che un maggior numero di persone possa adottarla.”. I criteri che la buona pratica deve rispettare sono i seguenti:

- Efficace e di successo, deve aver dimostrato il suo rilievo strategico come metodo più efficace nel raggiungimento di uno scopo specifico. Deve essere stata adottata con successo e deve aver avuto un impatto positivo sulle persone e/o sulle comunità.
- Sostenibile ambientalmente, economicamente e socialmente, deve soddisfare le necessità attuali, soprattutto quelle delle regioni meno sviluppate, senza compromettere le loro sfide future.
- Tecnicamente fattibile, la sua fattibilità tecnica è essenziale, deve essere facile da imparare e implementare.
- Replicabile e adattabile, deve poter essere replicabile e adattabile a obiettivi simili, ma in situazioni diverse.
- Riduzione dei rischi di disastro/crisi, devono contribuire alla riduzione dei rischi di disastri e/o crisi ambientali.

Nel caso in cui la buona pratica sia stata selezionata si proseguiva con la compilazione di un template fornito dal progetto NiCE, che era incentrato non solo sulla buona pratica, ma anche sull'organizzazione, progetto o ente che la utilizzava. Il template era composto da 4 sezioni:

1. la prima riguarda informazioni identificative dell'organizzazione partner del progetto NiCE, chiedendo il suo nome, la tipologia, l'indirizzo e-mail e la città.
2. la seconda sezione riguardava l'organizzazione o l'ente che avesse realizzato la buona pratica e i loro contatti. Questa parte poteva anche non trattare il proprietario della buona pratica, ma chi la realizzava. Quindi qui veniva chiesto il tipo di organizzazione o azienda, i suoi campi di attività, il suo ambito territoriale coperto e la sua area. Le possibili voci da selezionare per ogni richiesta erano molte, passando dall'azienda privata al gruppo di riflessione, per il tipo di organizzazione o azienda, e passando all'agricoltura al packaging, per il settore dell'organizzazione.
3. La sezione 3 riguardava il proprietario della buona pratica, i campi da compilare a lui rivolti erano molto simili a quelli della sezione 2. Qui veniva chiesto anche se il proprietario della buona pratica sosteneva altri casi studio.
4. la sezione 4 era legata alla buona pratica stessa, veniva chiesto il suo: nome, settore, efficacia, sostenibilità e come questa poteva essere misurata. Altre domande avevano lo scopo di dimostrare come questa buona pratica poteva essere realizzata, trattando la sua fattibilità, replicabilità, con eventuali raccomandazioni e punti di forza. Proseguiva con una descrizione e con l'analisi dei risultati nel suo periodo di vita specificato. Infine, venivano chiesti gli effetti negativi, anche quelli indotti dal COVID-19, i

beneficiari diretti e/o indiretti e se il progetto della buona pratica fosse stato elaborato in partenariato e se sì, di nominare i partner.

## 4. Buone pratiche rilevate nella città di Bologna

Nel territorio bolognese sono state individuate 15 buone pratiche e sono state condotte 12 interviste per studiarle. Le interviste effettuate sono riportate in seguito in ordine cronologico.

Stakeholder/Organizzazione	Intervistato/a	Metodo di intervista
Spazio Battirame	Giovanni Giorgio Bazzocchi, UniBo	Di persona
Impronta blu', HERA	Simona Olivi, Responsabile sviluppi progetti Water Management del Gruppo Hera	Online
Aquaponic Design	Luca Settanni, CEO, CTO, Agrono	Online
Il Porto Verde di Bologna	Elisabetta Caruso, Project Manager FIU	Online
Terracini in Transizione	Alessandra Bonoli, UniBo	Online
Fattoria Urbana	Francesca Maraventano, Cooperative member	Online
I-CHANGE Project	Carlo Cintolesi, Teresa Carlone, UniBo	Online
Orti del Paleotto	Sara Rizzo, Rappresentante	Di persona
Parco della Luna Project	Giovanni Ginocchini, Direttore di FIU	Online
Progetto ROCK	Martina Massari, UniBo	Online
Arvaia	Stefano Ramazza, socio e coordinatore redazione bilancio	Online
DumBO	Mara Polloni, Anita Guerra, DumBO	Online

Tabella 6 – Lista di stakeholder, persone intervistate e metodologia dell'intervista.

### 4.1 Mappatura delle buone pratiche nella città metropolitana di Bologna

#### 4.1.1 Spazio Battirame

È una cooperativa sociale nata nel 1992, con Eta Beta come ente organizzatore. È una buona pratica in quanto è un esempio di rigenerazione urbana. Spazio Battirame, dopo trasformazioni urbanistiche, comparti industriali di periferia, di occupazioni indebite, ha dato spazio a un servizio di ristorazione, con aree coltivate e aree per conferenze. Lo Spazio Battirame dispone di diverse tipologie di terreno alle quali l'Eta Beta ha dato funzioni differenti: un orto sinergico

circolare, realizzato in collaborazione con il Dipartimento di Scienze Agrarie di UniBo e due zone ortive coltivate con i principi del biologico.

#### *4.1.2 Impronta Blu'*

È un progetto del Comune di Bologna, realizzato in partenariato con il Gruppo Hera, per raggiungere una maggiore resilienza e sostenibilità della risorsa idrica nella città di Bologna. Il progetto ha realizzato uno studio dei consumi idrici del comune di Bologna del 2022, che sono stati di 612.481 m<sup>3</sup>. Gli usi civili hanno contribuito per il 42% sul totale, gli usi per le fontane per il 37% e gli usi per le aree verdi per il 37%. Per ridurre il consumo di aree verdi, il progetto propone come soluzione la riconversione dei prelievi acquedottistici con realizzazione di pozzi. Un caso di studio è il laghetto di Ca' Bura, in Zona Arcoveggio, che è alimentato da rete di acqua potabile. Il progetto ha svolto un inquadramento geologico dell'area in esame adiacente al laghetto e una valutazione della disponibilità dell'acqua di falda, che è stata trovata in livelli ghiaiosi di basse profondità. Studi di fattibilità hanno dimostrato la possibilità di realizzare un pozzo, che andrebbe ad alimentare il laghetto con acqua non potabilizzata, risparmiando così consumi di acqua potabile. La valutazione "Costo opportunità" che è stata realizzata per il progetto mostra i benefici di questa buona pratica, che sono un risparmio idrico approssimativo di 30.000 m<sup>3</sup>/anno ed economico di 52.000 €/anno. La riduzione dei consumi per uso civile è difficile, implicherebbero ristrutturazioni importanti che porterebbero all'implementazione di sistemi di ricircolo acqua piovana e grigia. Un risparmio idrico legato ai consumi delle fontane riguarda quelle monumentali senza ricircolo d'acqua. Il progetto propone di intervenire anche con soluzioni semplici, come la chiusura di queste in determinate fasce orarie, dalle 1:00 alle 5:00, specialmente nei periodi estivi e di siccità. Il risparmio idrico sarebbe approssimativamente di 10.000 m<sup>3</sup>/anno, e il risparmio economico di 25.000 €/anno. Inoltre, questa soluzione servirebbe a dare un messaggio di impegno nel risparmio delle risorse alla popolazione. Le fontane monumentali senza ricircolo d'acqua, che verrebbero chiuse nelle determinate fasce orarie viste, sono quelle di Via Ugo Bassi e Piazza Martiri. Il progetto è ancora in fase realizzativa e di valutazione, nessuna di queste proposte è stata realizzata (Fonte Gruppo Hera).

#### *4.1.3 Le Serre dei Giardini Margherita e Salus Space*

Aquaponic Design nasce il 17/11/2021, è una StartUp Innovativa e SpinOff di UniBo. Realizza lavori e installazioni in tutta Italia riguardanti coltivazioni fuori suolo, come quella acquaponica. Tra i suoi lavori sono stati scelti come casi studio quelli per Le Serre dei Giardini Margherita e per Salus Space. Le Serre dei Giardini Margherita, situate nei “Giardini Margherita” di Bologna, è uno spazio multifunzionale rigenerato dalle vecchie serre comunali. Ospita eventi e ha un servizio di ristorazione con coltivazione acquaponica per la produzione del proprio cibo. I finanziamenti per l’impianto acquaponico, realizzato da Aquaponic Design, sono della cooperativa privata Kilowatt che gestisce lo spazio pubblico. Salus Space è un co-housing e un esempio di rigenerazione urbana, è stato realizzato su un terreno abbandonato, dove precedentemente si trovava la casa di cura privata Villa Salus. Realizza attività di sostenibilità ambientale con coltivazioni acquaponiche, con la creazione di un bio-lago, tetti e pareti verdi. L’obiettivo di Acquaponic Design è quello di divulgare e sensibilizzare in riguardo alle tipologie di coltivazione alternative in ambito urbano, come la coltivazione in acquaponica. Questo tipo di coltivazione è una buona pratica di agricoltura urbana circolare, dove l’acqua utilizzata per innaffiare le piante circola all’interno di un ciclo chiuso. Il sistema è costituito da 4 vasche:

- Una per l’allevamento ittico,
- Una per il biofiltro,
- Una per la coltivazione
- Una di raccolta.

Le vasche possono essere posizionate tale per cui l’acqua passa dalla vasca dei pesci a quella di raccolta per caduta. La vasca per l’allevamento ittico ospita pesci d’acqua dolce, che mangiando producono degli scarti. Questi, trasportati dal ciclo dell’acqua della coltivazione acquaponica, arrivano alla vasca contenente un biofiltro ricco di batteri, che replicano i processi naturali, ovvero purificano l’acqua, convertendo gli scarti dei pesci in sostanze nutritive per le piante. L’acqua passa poi alla vasca per la coltivazione delle piante. Queste crescono e attuano la fitodepurazione. L’ultima vasca è quella di raccolta, qui l’acqua fitodepurata, tramite una pompa, torna alla vasca dei pesci, dove può riiniziare il suo processo. Grazie alla fitodepurazione naturale dell’acqua, questa può tornare alla vasca di allevamento ittico, senza dover essere ulteriormente trattata. La quantità d’acqua che bisogna reintegrare è solo quella che entra nei tessuti vegetali e quella che evapora. Questa tecnica, a parità di produzione con una tecnica tradizionale su suolo, ha un consumo d’acqua molto ridotto, che porta a dei risparmi

idrici dal 90 fino al 98%, valore raggiungibile all'interno di serre dove l'acqua di condensa viene riutilizzata. In una coltivazione tradizionale, per 1 kg di lattuga mediamente sono necessari 0,045 m<sup>3</sup> d'acqua, con una coltivazione in acquaponica servono 0,0045 m<sup>3</sup>. Una coltivazione tradizionale di lattuga di un ettaro ha circa 50.000 piantine e consuma 2.250 m<sup>3</sup> d'acqua. Una coltivazione acquaponica di uguale produttività, considerando che le Serre dei Giardini Margherita coltivano 231 piante in meno di 4 m<sup>2</sup> di suolo, occuperebbe appena 866 m<sup>2</sup> di suolo e risparmierebbe 2.025 m<sup>3</sup> d'acqua. Nell'area de Le Serre dei Giardini Margherita da un anno si sta realizzando una serra chiamata "Serra Madre". Avrà una superficie di 600 m<sup>2</sup> e il tetto sarà dotato di un sistema per la raccolta acqua piovana. L'acqua meteorica trattenuta verrà incanalata in un laghetto di 40 m<sup>3</sup> esterno e in cisterne interrato, per poi essere utilizzata come acqua di reintegro per la coltivazione acquaponica. Questa tecnica di coltivazione è una buona pratica, porta a un risparmio: idrico, nell'uso di fertilizzanti e di suolo. Quest'ultimo nelle aree urbane è molto importante, permette di poter coltivare in aree dove il suolo è già molto consumato e impermeabilizzato, inoltre facilita l'economia circolare tramite la produzione di cibo locale. Acquaponic Design non effettua analisi di tipo quantitativo, ma solo qualitativo. I beneficiari di queste buone pratiche sono le persone che vivono questi spazi e che vengono così a conoscenza delle tecnologie per una gestione efficiente della risorsa idrica. La divulgazione avviene principalmente sui social, soprattutto su YouTube, ma anche nei due spazi a disposizione, le Serre dei Giardini Margherita e Salus Space, tramite l'organizzazione di eventi.

#### *4.1.4 Terracini in Transizione*

Terracini in Transizione è un Living-Lab di sostenibilità ambientale, sviluppatosi poi anche come green office, del Dipartimento di Ingegneria e Architettura, che vede la sede di via Terracini il suo centro. Nato nel 2013 è ancora in corso. Questo progetto vuole facilitare e sostenere il cambiamento verso nuovi modelli sostenibili, avviare: attività di ricerca e didattica e una gestione sostenibile delle sedi universitarie. Le iniziative di transizione sostenibile mirano a una loro espansione, innescando anche processi partecipativi per il coinvolgimento di docenti, personale tecnico amministrativo e studenti. I benefici che il progetto vuole ottenere sono per la comunità locale, grazie alla creazione di un sistema più resiliente che risponde meglio ai cambiamenti ambientali in atto. Terracini in Transizione ha visto il coinvolgimento degli studenti nella raccolta dei rifiuti gettati a terra nel Parco Cassarini e nella segnalazione di mancanza di raccolta differenziata nella sede dell'università in via Terracini, che è stata poi

risolta. Un'altra attività più tecnica per gli studenti è la possibilità di poter lavorare al tetto verde presente nella sede universitaria di via Terracini. Nelle figure successive è rappresentato il tetto verde che occupa una porzione dell'edificio del LAGIRN.



Figure 26 e 27 – A sinistra la sede di via Terracini del Dipartimento di Ingegneria e Architettura, a destra si evidenzia la posizione del tetto verde.

Il tetto dell'edificio ha una superficie di 114 m<sup>2</sup> ed è suddiviso in due aree speculari, entrambe con un'estensione di 57 m<sup>2</sup> e con pendenza dello 0,5% verso il pluviale. Anche gli scarichi delle due porzioni di tetto sono simmetrici. Una di queste due aree è coperta da un tetto verde, composto da una membrana antiradice, da un feltro di protezione, da un elemento di drenaggio, accumulo e areazione, da un filtro di protezione, da un substrato spesso 10 cm e da uno strato di vegetazione (Fig. 28).



Figura 28 – Stratigrafia del tetto verde pensile estensivo presente alla sede di via Terracini del Dipartimento di Ingegneria e Architettura.

Studi sul tetto verde del LAGIRN sono stati effettuati con lo scopo di raccogliere dati in modo continuo, da ottobre 2013 a dicembre 2014, per un periodo di studio totale di 15 mesi. Il tetto verde è stato suddiviso in due porzioni, in una è stata piantata una erborea specie di Sedum, nell'altra invece, una specie erbacee perenni autoctone. I loro tassi di ritenzione sono stati misurati rispettivamente di 52% e 59%. Entrambe le specie erbacee si sono mostrate efficaci nel trattenere le acque meteoriche di dilavamento. Uno studio del tetto verde ha analizzato l'evento meteorico del 20 agosto 2013 di 9,7 mm e caratterizzato da due picchi. Il primo ha avuto un'intensità di 54 mm/h, il secondo di 18 mm/h. Per la porzione di tetto impermeabilizzato al primo picco corrisponde un deflusso di 0.24 l/s, per il tetto verde invece corrisponde un deflusso di 0,02 l/s. Il secondo picco di pioggia genera un deflusso sul tetto impermeabilizzato inferiore a quello del primo picco. Per il tetto verde invece la situazione è opposta a causa della saturazione del terreno. Si osserva anche che il periodo di tempo tra il picco di pioggia e il deflusso massimo è di circa 2 minuti per la porzione di tetto impermeabilizzata e di 13 per il tetto verde (Fig. 29).

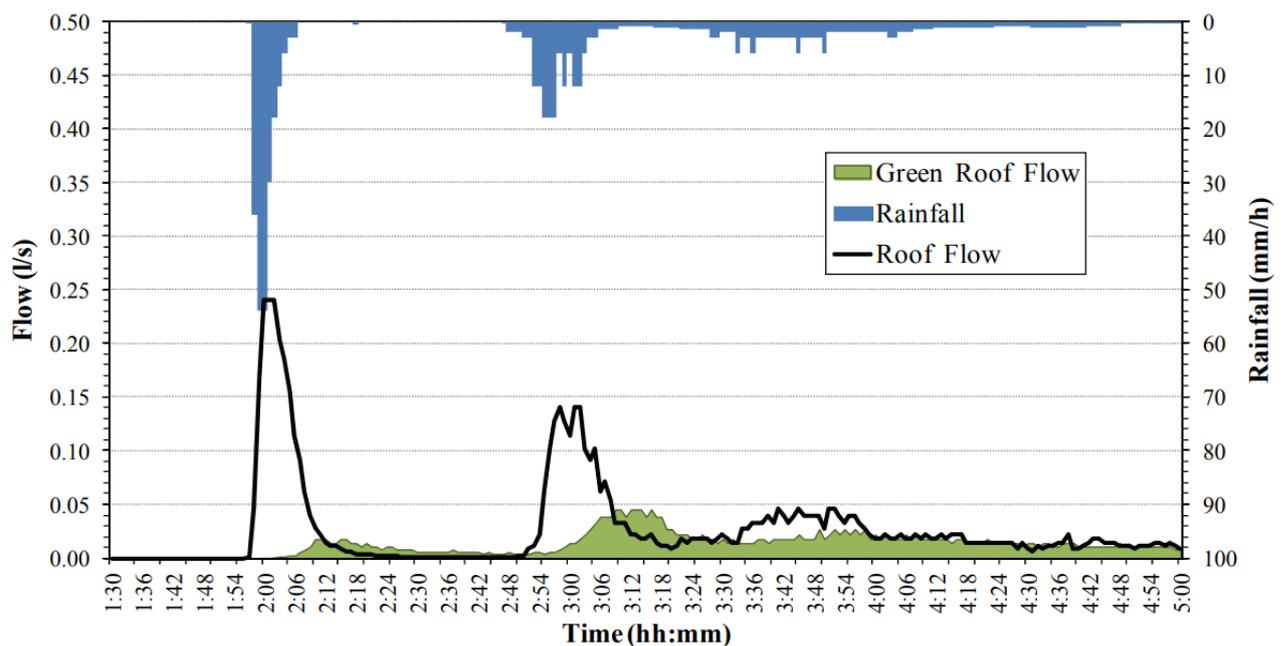


Figura 29 – mm/h di pioggia, deflussi sul tetto impermeabilizzato e sul tetto verde in l/s, in funzione del tempo

Si può applicare la formula per calcolare la riduzione annua di deflusso d'acqua meteorica, vista nel paragrafo "2.3.1 Il tetto verde e quantificazione effetti", al tetto verde qui in esame, considerando i dati della seguente tabella.

Precipitazione annua a Bologna	770 mm
Superficie interessata	57 m <sup>2</sup>
Trattenuto	59%

Tabella 7 – Caratteristiche del tetto verde del LAGIRN considerate

La riduzione del deflusso annuale totale d'acqua risulta di 26 m<sup>3</sup>. Il Living-Lab di Terracini in Transizione, per la realizzazione del compost per il proprio tetto verde, ha ideato compostiere all'interno della facoltà. La quantità di compost che si realizzerebbe sarebbe sufficiente per il fabbisogno del tetto verde e di tutte le aree verdi della sede.

#### 4.1.5 Fattoria urbana

Il mantenimento del verde è fondamentale per una corretta gestione della risorsa idrica. Un esempio di questa buona pratica è “Fattoria urbana”. È una cooperativa nata nel 1970 come centro di aggregazione ed è tutt'ora in corso. È costituita da un'area verde nell'area urbana di Pilastro. È costituita da due orti urbani, uno sociale e uno didattico. Gli orti sociali sono dati in gestione a terzi che pagano una quota annuale legata ai consumi idrici. Gli orti didattici hanno l'obiettivo di avvicinare adulti e bambini ai temi di sostenibilità e alla conoscenza di uno stile di vita sostenibile. La Fattoria Urbana ha un sistema di raccolta e riutilizzo di acqua piovana, attualmente non è funzionante ma è prevista una sua riparazione. Si prevede anche una futura collaborazione con Aquaponic Design per la costruzione di sistemi efficienti di coltivazione.

#### 4.1.6 I-CHANGE

I-CHANGE è un progetto Horizon 2020 iniziato nel novembre 2021, durerà 3,5 anni e l'Università di Bologna è un partner del progetto. L'obiettivo principale è di incentivare il cambiamento comportamentale dei cittadini verso la sostenibilità con iniziative di citizen science e con processi partecipativi legati ad un forte supporto scientifico. I-CHANGE ha sviluppato 8 Living Lab, 6 in Europa (Amsterdam, Barcellona, Bologna, Dublino, Genova e Hasselt) e 2 internazionali, uno a Gerusalemme e uno in Burkina Faso. Ogniuno di questi è focalizzato su alcuni aspetti del cambiamento climatico. Il Living Lab di Bologna è focalizzato su buone pratiche per: l'incremento del verde urbano, la valutazione dell'inquinamento urbano, il trasporto sostenibile, la biodiversità e il consumo di energia. Lo scopo dell'incremento del

verde urbano è quello di mitigare l'effetto isola di calore. Tramite modelli matematici, si vuole trovare la miglior strategia di pianificazione, anche per migliorare la qualità dell'aria. Le aree del centro urbano di Bologna coinvolte in questo studio sono l'area di via Imerio che include anche il Parco della Montagnola e un'area di San Donato. Sono state scelte queste due aree perché ritenute rispettivamente prototipo del centro città e prototipo della periferia. Il concludersi di questo studio è previsto alla fine 2023. La valutazione dell'inquinamento urbano avviene con misure effettuate da sensori fissi e dislocati per la città di Bologna e da piccoli dispositivi montati su mezzi di trasporto. I-CHANGE si è occupato anche degli impatti positivi delle NBS, in particolare le Blue NBS in contesti urbani, che sono specchi d'acqua urbani, affluenti o stagnanti. Le acque affluenti urbane sono fonte di acqua fresca proveniente da aree fuori città. Le acque stagnanti invece sono sensibili alle oscillazioni delle temperature stagionali. Non sono presenti molti studi delle infrastrutture blu, quindi, i loro effetti non sono ben noti e non è certo che portino sempre degli effetti positivi. Eventuali aspetti negativi di una Blue NBS sono l'aumento dell'umidità e la diminuzione di moti ascensionali verticali, che rimuovono gli inquinanti dagli strati più bassi dell'atmosfera, causati da corpi idrici freddi. Gli effetti positivi di queste soluzioni sono l'evaporazione dell'acqua, che stabilizza la temperatura, la mitigazione dell'effetto isola di calore e la creazione di fenomeni convettivi di ricircolo d'aria, che possono trasportare gli inquinanti all'esterno del canyon urbano. Quindi I-CHANGE è un buon esempio di applicazione di buone pratiche, soprattutto per la rigenerazione di aree urbane, implementando aree verdi e blu.

#### *4.1.7 Orti del Paleotto*

È un'associazione di promozione sociale, esempio di rigenerazione urbana, nata nel 1997 e ancora in corso. La volontà e la proposta del progetto di riqualificazione degli Orti del Paleotto nascono dalla volontà, dell'attuale Comitato di gestione, di realizzare uno "spazio di socialità attiva e partecipata". Gli orti del Paleotto sono costituiti da 130 orti, ciascuno di circa 70 m<sup>2</sup>, gestiti da un assegnatario scelto dal Comune di Bologna tramite una graduatoria. Questa associazione è rivolta ad un'agricoltura sostenibile. Per un'ottimale gestione della risorsa idrica si sono effettuate soluzioni strutturali e non. Una soluzione è stata la sensibilizzazione degli ortolani rendendoli coscienti, tramite un agronomo, dei metri cubi d'acqua necessari per la coltivazione del proprio orto. Tramite dei contatori per ogni orto, ogni ortolano è stato stimolato e invogliato a controllare autonomamente, e con una certa frequenza, se i suoi consumi

rispettavano quelli descritti dall'agronomo, regolandosi di conseguenza. Una soluzione strutturale invece è stata quella di realizzare un sistema di raccolta acqua piovana per ogni orto. L'acqua meteorica viene raccolta tramite i pluviali dei tetti delle piccole casette presenti in ogni orto. Viene poi trattenuta in 2 barili di circa 200 l, per essere poi utilizzarla per annaffiare il relativo orto. Nel 2021, ante sensibilizzazione e implementazione della raccolta di acqua piovana, i consumi idrici totali erano di 2.638 m<sup>3</sup>. Nel 2022, con l'implementazione di azioni di sensibilizzazione e del sistema di raccolta acqua meteorica, i consumi idrici totali erano di 1.340 m<sup>3</sup>, registrando un risparmio dei consumi idrici leggermente superiori al 50%. Nel 2023, al 31 agosto, i consumi idrici risultano di 1.007 m<sup>3</sup>, registrando sempre un trend positivo di risparmio. Un'altra soluzione circolare che gli Orti del Paleotto adottano è il riciclo di una parte degli sfalci prodotti, destinandoli a una compostiera in sito. Il compost prodotto viene utilizzato nei propri orti. Sono presenti anche orti didattici che coinvolgono le scuole. Il progetto è in partenariato con il Comune di Bologna, il Comitato di gestione, il centro culturale Paleotto11, l'Università di Bologna, il WWF, per lo studio della biodiversità, e con le scuole per eventi di sensibilizzazione ambientale.

#### *4.1.8 Porto Verde Di Bologna*

Fondazione Innovazione Urbana è un'istituzione municipale, impegnata nelle trasformazioni in ambito urbano, volte ad affrontare la sfida del cambiamento climatico. Nel 2023 ha promosso il bilancio partecipativo del Comune di Bologna che prevede la presentazione di progetti innovativi da parte di cittadini. Tra i progetti vincitori nel 2023 vi è "Il Porto Verde di Bologna". Gli obiettivi di questo progetto sono la valorizzazione del quartiere Porto-Saragozza, con la realizzazione di attività culturali per la promozione dell'educazione ambientale, e con la realizzazione di collegamenti verdi tra gli spazi pubblici e tra le aree naturali della zona. Le aree che il progetto vuole connettere sono: il Giardino del Cavaticcio, il Parco 11 Settembre 2001, il Giardino Stefano Casa Grande, il Giardino Graziella Fava, il Giardino Lorusso arrivando fino a via Dello Scalo. Per il collegamento del Giardino Graziella Fava con Piazza dei Martiri si prevedeva la completa pedonalizzazione di Via Cairoli, tramite l'inserimento di elementi verdi realizzando una nuova piazza. Questa soluzione ridurrebbe l'effetto isola di calore e le aree impermeabilizzate, ma la sua realizzazione ha delle criticità sociali, economiche e tecniche. L'area verde sostituirebbe parcheggi molto utili per i residenti della zona. Per questo sono arrivate molte critiche. La proposta originaria, quindi, è stata molto ridimensionata, ora la

soluzione prevede la sostituzione di una porzione dell'area con elementi di arredo verde, riducendo l'intensità dei benefici che il progetto originale avrebbe portato. Gli impatti benefici del progetto originale di Via Cairoli in tema di trattenuta dell'acqua meteorica grazie all'area verde sono stati quantificati. Seguendo la formula per la riduzione del deflusso totale d'acqua vista nel paragrafo “2.3.4 Pavimenti permeabili e quantificazione effetti” in un anno si ridurrebbe il run-off di 339 m<sup>3</sup>. I calcoli sono stati effettuati ipotizzando una precipitazione annua a Bologna di 770 mm, una superficie interessata di circa 550 m<sup>2</sup> e un trattenuto del terreno dell'80%. L'eventuale piantumazione di alberi ridurrebbe ulteriormente il deflusso superficiale d'acqua meteorica. A settembre si è effettuata una riunione, tra tutte le realtà che hanno co-programmato le proposte del progetto, con un focus specifico riguardante gli eventi materiali e immateriali, che si realizzeranno entro tre anni. Attualmente gli interventi intrapresi non stati di tipo immateriale, come mercatini e feste di strada. Le soluzioni materiali prenderanno vita nel 2024. Siccome la città di Bologna è coinvolta nella missione “Carbon Neutral 2030” il progetto ha considerato questo aspetto sin dalla progettazione.

#### *4.1.9 Progetto “Parco della Luna”*

La buona pratica che il progetto affronta è quella di rigenerazione urbana. Il progetto tratta un'espansione del Parco Nord, situato in via Stalingrado, che ha un'estensione di 44.000 m<sup>2</sup>. Attualmente il parco è un'area verde aperta, ospita giostre ed eventi musicali tramite dei concerti. Il Nuovo Parco Nord avrà: 17 ettari in più di area boschiva con la piantumazione di circa 35.000 alberi, un sistema di raccolta e depurazione delle acque meteoriche, di circa 4.000 m<sup>3</sup>, una gestione sostenibile di queste con una loro re-immissione nel ciclo loro ciclo naturale, specchi d'acqua e fossi, per la regimentare d'acqua piovana prevenendo allagamenti, 12.000 m<sup>2</sup> di nuovi percorsi ciclopeditoni, 8.000 m<sup>2</sup> di spazi multifunzionali, una nuova arena per spettacoli volti ad accogliere fino 20.000 spettatori, una valorizzazione del corso d'acqua presente, anche tramite nuovi punti di attraversamento e un aumento della biodiversità . Il progetto è iniziato nel 2023, è sostenuto dall'ente Autostrade per l'Italia e dal Comune di Bologna. Considerando i 35.000 alberi di media grandezza e utilizzando la formula del paragrafo “2.3.2 Aree alberate e quantificazione effetti” si otterrebbe una riduzione del deflusso di 150.500 m<sup>3</sup>. Il progetto è stato premiato con la certificazione Envision Platinum per i suoi requisiti di sostenibilità.

#### *4.1.10 Progetto ROCK*

Il Progetto ROCK, Regeneration and Optimization of Cultural Heritage in creative and Knowledge Cities, è nato nel 2017 ed è terminato nel 2020. È un progetto di architettura tattica per la realizzazione di Urban Living Lab nei centri storici delle città europee. Questi eventi hanno avuto un numero partecipanti medio di 25-30 persone, altri incontri invece hanno raggiunto i 50 partecipanti, dove sono state raccolte 200 mail di stakeholder interessati, tra civili e associazioni. Si è osservata una grande componente del mondo studentesco. Il progetto ROCK aveva l'obiettivo di promuovere il verde urbano pedonalizzando Piazza Scaravilli e Piazza Rossini con l'inserimento di elementi verdi. La pedonalizzazione di Piazza Scaravilli è avvenuta ma senza nessun elemento verde. In Piazza Rossini invece l'inserimento di un'area verde è avvenuta, ma la pedonalizzazione non è stata totale. Quindi gli obiettivi di rigenerazione urbana non sono stati completamente realizzati, ma il progetto ha mostrato l'importanza e la necessità di una pianificazione territoriale urbana innovativa. Il ROCK ha visto una collaborazione con Terracini in Transizione, riguardante il Green Office, che è stato spostato temporaneamente in Piazza Verdi, installando un container ospitante: una web radio, un piccolo salotto di discussione e uno sportello per consigli comportamentali sostenibili da poter adottare nella vita universitaria. Il progetto ha anche sviluppato protocolli LCA per eventi, come quello per lo spettacolo "Il barbiere di Siviglia" tenuto al Teatro Comunale, riguardante la produzione di plastica. ROCK, è una metodologia di divulgazione di buone pratiche sostenibili.

#### *4.1.11 Arvaia*

Arvaia, nata nel febbraio 2013 e attualmente in corso, è una CSA, Comunità che Supporta l'Agricoltura. È una cooperativa agricola di autorganizzazione finalizzata all'autoproduzione sostenibile di cibo sano e locale. Si concentra in un'agricoltura sostenibile biologica e secondo i principi dell'agroecologia. Ha 37 ettari di terreno, tra cui 8 a scopo irriguo. L'area non ha edifici e non è possibile realizzare sistemi di raccolta di acqua piovana. Inizialmente l'irrigazione avveniva tramite l'allacciamento alla rete d'acqua pubblica, ma con sistema di irrigazione goccia a goccia indirizzato a minimizzare il consumo idrico e al risparmio della risorsa idrica. Con questo sistema di irrigazione si consumano 4.000 m<sup>3</sup> d'acqua consumati all'anno. Gli orti limitrofi di Villa Bernaroli limitrofi invece, caratterizzati da un'irrigazione a getto tramite il collegamento alla rete idrica potabile, registrano consumi doppi seppur l'area irrigata è molto più ridotta. Nel 2021 Arvaia ha realizzato un pozzo artesiano, grazie alla concessione di Arpa. Da giugno 2022 a giugno 2023, Arvaia ha avuto consumi idrici

maggiorati del 25% a causa delle alte temperature e dalla siccità, ma grazie al sistema di irrigazione a goccia e allo sfruttamento della falda, l'impatto economico e ambientale è stato minore rispetto i consumi precedenti, soprattutto perché non si sfrutta più l'acqua potabilizzata. I costi energetici sono inevitabilmente aumentati a causa dell'utilizzo del pozzo, ma sono minori rispetto a quelli dovuti al consumo d'acqua potabile prima della scelta di sfruttare la falda acquifera. È stata effettuata anche un'agroforestazione, tramite la piantumazione di nuovi filari alberati tra i campi, per un totale di 8.000 piante aggiunte. Ipotizzando che queste siano di grandezza media e utilizzando la formula di riduzione del deflusso di acqua meteorica del paragrafo "2.3.2 Aree alberate e quantificazione effetti" il volume d'acqua che viene trattenuto dalle piante è di 34.400 m<sup>3</sup>.

#### *4.1.12 Spazio DumBo*

DumBO è un progetto di rigenerazione urbana, gestito da Open Event srl, che ha visto la creazione di uno spazio culturale, di quasi 40.000 m<sup>2</sup>, dove prima era presente il deposito ferroviario. L'area è suddivisa in spazi aperti e capannoni che ospitano attività estemporanee come festival, concerti e mostre. Nel loro spazio è stato sottratto dal degrado una porzione importante del quartiere di Porto-Saragozza, rigenerando uno spazio verde ora pubblicamente accessibile tramite il progetto "P.Orto Urbano". Con questa iniziativa si aumenta la biodiversità dell'area e si diffondono temi di ecologia e sostenibilità. Grazie alla collaborazione con l'Azienda Apistica BeeBo, l'Azienda Agricola Palladino e la Blocco Comune la nuova area verde ha ospitato vasche da orto, fiori e arbusti e arnie.

#### *4.1.13 RECiProCo*

RECiProCo è un progetto realizzato nato nel febbraio 2021 e terminato nell'ottobre 2022. Il progetto ha realizzato: percorsi di co-progettazione di soluzioni sostenibili e circolari sul territorio, attività di formazione e sensibilizzazione sui temi dell'economia circolare urbana rivolte ai cittadini, attività di coinvolgimento attivo attraverso l'approccio metodologico degli Urban Living Lab per la co-progettazione di buone pratiche di economia circolare. Il primo incontro di RECiProCo ha trattato temi di conoscenza e risparmio idrico domestico, condividendo le conoscenze dei partecipanti. Il secondo incontro invece ha introdotto temi di economia circolare e ha creato confronti di idee tra piccoli gruppi di persone. Il terzo incontro ha ricapitolato i temi trattati nei due incontri precedenti e, successivamente, ha evidenziato le proposte dei partecipanti in riguardo ai temi da portare avanti nei successivi Urban Living Lab.

Il quarto ed ultimo Urban Living Lab, ha portato a termine la realizzazione di un tabellone descrittivo delle proposte espresse durante l'ultimo incontro. Si è riscontrata una diversità dei temi trattati e un coinvolgimento da tutti i partecipanti. Ogni incontro è valutato con un sondaggio, che tramite una votazione da 1 a 5 trattava: la modalità di svolgimento, le aspettative soddisfatte, la sede dell'evento, la tempistica dell'incontro e il clima di benessere. Le medie di queste voci sono state rispettivamente di: 4,5, 4,4, 4,6, 4,4 4 4,9.

#### *4.1.14 GST4Water*

GST4WATER, Green Smart Technology for Water, è un progetto POR Fesr, iniziato nell'aprile 2016 ed è terminato nel 2018 che ha visto tra i partner ENEA e Univeristà di Bologna. È stato finanziato dalla Comunità Europea, attraverso il patrocinio finanziario della Regione Emilia-Romagna. Il progetto aveva come obiettivi la realizzazione e la diffusione di soluzioni: hardware e software, per un uso sostenibile della risorsa idrica e di sistemi per il riuso delle acque piovane e grigie. Con questi obiettivi il progetto tenta anche di sostenere il cambiamento sociale per una maggiore consapevolezza di consumo d'acqua. Il progetto GST4Water è costituito da quattro pacchetti di lavoro. I primi due riguardano la realizzazione di un sistema di monitoraggio ed elaborazione dati dei consumi idrici. Questo sistema legge in tempo reale i dati inviati dai contatori intelligenti, per poi inoltrarli ad una piattaforma cloud. Qui un sistema di elaborazione analizza i dati misurati e restituisce informazioni sui consumi idrici. Il terzo pacchetto di lavoro riguarda la realizzazione di modelli per il riuso ottimale di acque grigie e di pioggia nel contesto di un edificio. L'ultimo pacchetto elabora strumenti per la valutazione della sostenibilità ambientale ed economica dei sistemi idrici urbani, soprattutto quelli domestici.

#### *4.2 Buone pratiche di economia circolare urbana selezionate per il progetto NiCE*

Tra le 15 realtà identificare nella città di Bologna, 5 sono state selezionate nel progetto NiCE come esempi di economia circolare urbana collegati a una gestione efficiente della risorsa idrica. Queste sono: Impronta blu', RECiProCO, Terracini in Transizione, Il Porto Verde di Bologna, Le Serre dei Giardini Margherita. Di seguito si osserva la mappa georeferenziata e la tabella di tutte le buone pratiche selezionate nell'ambito del progetto NiCE.

#	Nome del partner	Titolo della buona pratica	Topic	Nome del proprietario della buona pratica	URL dell'organizzazione	Paese	Città	Tipo di organizzazione o azienda	Campo di attività dell'organizzazione o dell'azienda	Perché è una buona pratica?	Settore della buona pratica	Riassunto	Soluzione permanente o pratica	Ambito di applicazione	Data d'inizio	Pagina web della buona pratica	Accesso (per es via internet/ web shop o shop/ outlet)	Peculiarità del luogo	Strumenti utili per promuovere, sostenere e supportare la Buona Pratica	
																			Tool 1	Tool 2
1	ENEA (IT)	Impronta blu	Stile di vita circolare: consumo sostenibile	HERA	<a href="https://www.gruppohera.it/">https://www.gruppohera.it/</a>	Italia	Bologna	Servizio pubblico	Servizio pubblico	La chiusura delle fontane senza ricircolo dell'acqua durante la notte e una migliore gestione dell'acqua nei parchi urbani portano a: -la riduzione del consumo di acqua -un risparmio economico	Acqua	Impronta blu' è un progetto di HERA per progettare la resilienza e la sostenibilità della risorsa idrica. Studia casi pilota di gestione delle risorse idriche, ad esempio: -L'utilizzo di acqua da falde poco profonde per il lago di Ca' Bura. -La chiusura delle fontane monumentali senza ricircolo dell'acqua durante le ore notturne (dall'1:00 alle 5:00).	Permanente	Regionale	apr-23	<a href="https://www.gruppohera.it/">https://www.gruppohera.it/</a>	Internet	Le fontane si trovano nel centro della città di Bologna, il Lago di Ca' Bura si trova nel Parco dei Giardini della Ca' Bura.		
2	ENEA (IT)	Terracini in Transizione	Metodologia: urban living lab	Università di Bologna	<a href="https://site.unibo.it/multicampus/sostenibile/it/primoovvere-la-sostenibilita/terracini-in-transizione">https://site.unibo.it/multicampus/sostenibile/it/primoovvere-la-sostenibilita/terracini-in-transizione</a>	Italia	Bologna	Università	Attività professionali, scientifiche e tecniche	L'adozione di strategie di transizione a livello universitario può favorire l'adozione di buone pratiche volte a ridurre gli impatti e a migliorare la sostenibilità degli edifici universitari. Il progetto mira a trasformare la Scuola di Ingegneria e Architettura in un laboratorio di sostenibilità.	Azione circolare per la neutralità climatica	<i>Il percorso Terracini in Transizione nasce con l'intento di valorizzare le buone pratiche di sostenibilità. Coinvolge studenti, docenti, ricercatori e personale tecnico-amministrativo. Ha visto la realizzazione di un tetto verde nella sede universitaria in via Terracini</i>	Permanente	Nazionale	2013	<a href="https://site.unibo.it/multicampus/sostenibile/it/primoovvere-la-sostenibilita/terracini-in-transizione">https://site.unibo.it/multicampus/sostenibile/it/primoovvere-la-sostenibilita/terracini-in-transizione</a>	Internet	La sede è l'Università di Bologna in Via Terracini.	Website	
3	ENEA (IT)	Le Serre dei Giardini Margherita	Modello di business sostenibile	Aquaponic Design	<a href="https://www.aquaponicdesign.it/">https://www.aquaponicdesign.it/</a>	Italia	Bologna	Business Association	Agricoltura, fertilizzanti e silvicoltura	Risparmio idrico (stimato fino al 90%) e riduzione dell'uso di fertilizzanti. Si coltiva di più in meno spazio. Permette alle persone di sperimentare gli spazi in cui è stata attuata la buona pratica.	Agricoltura, fertilizzanti e silvicoltura	Le serre impiegano l'agricoltura acquaponica per sensibilizzare alle buone pratiche e per risparmiare acqua, terra e fertilizzanti.	Permanente	Città	nov-21	<a href="https://www.aquaponicdesign.it/">https://www.aquaponicdesign.it/</a>	Internet	Le Serre si trovano in uno dei giardini pubblici più famosi di Bologna, i Giardini Margherita.		
4	ENEA (IT)	Porto Verde	Metodologia: approccio partecipativo	Fondazione Innovazione Urbana	<a href="https://www.fondazioneinnovazioneurbana.it/">https://www.fondazioneinnovazioneurbana.it/</a>	Italia	Bologna	Istituzione Municipale	Attività professionali, scientifiche e tecniche	Il progetto propone di riqualificare i parchi e i giardini del quartiere Porto-Saragozza, con: spazi pubblici esterni alle mura, nuovi arredi e attrezzature, interventi per aumentare l'accessibilità e la sicurezza, attività culturali, educative e sportive.	Governance	La proposta dei cittadini dei Quartieri Porto-Saragozza riguarda i parchi e i giardini delle loro aree. Si propone di: mettere in sicurezza e di riqualificare percorsi e connessioni, per migliorare la fruizione pedonale e di sperimentare nuovi usi dello spazio pubblico, in un'ottica di sostenibilità ambientale e inclusione sociale.	Permanente	Città	apr-23	<a href="https://www.fondazioneinnovazioneurbana.it/">https://www.fondazioneinnovazioneurbana.it/</a>	Internet	Le proposte sono distribuite nei quartieri di Porto-Saragozza.		
5	ENEA (IT)	RECIProCo	Metodologia: urban living lab	ENEA	<a href="https://www.reciproco.enea.it/">https://www.reciproco.enea.it/</a>	Italia	Bologna	Istituto di ricerca	Attività professionali, scientifiche e tecniche	Realizza Urban Living Lab per sensibilizzare e divulgare ai cittadini i temi di consumi idrici e di economia circolare	Azione circolare per la neutralità climatica	L'educazione e la sensibilizzazione all'economia circolare, con particolare attenzione alla gestione sostenibile della risorsa idrica, potrebbero essere realizzate attraverso il coinvolgimento di cittadini e stakeholder grazie alla metodologia dell'urban living lab. Il questionari e incontri promuovono la partecipazione dei cittadini.	Temporaneo	Regionale	apr-23	<a href="https://www.reciproco.enea.it/">https://www.reciproco.enea.it/</a>	Internet	Centri Sociali		

Tabella 8 – Rappresentazione sintetica delle buone pratiche di economia circolare, presenti nella città di Bologna, selezionate per il progetto NiCE

Di seguito si osserva la mappa che colloca nel territorio bolognese le buone pratiche selezionate.

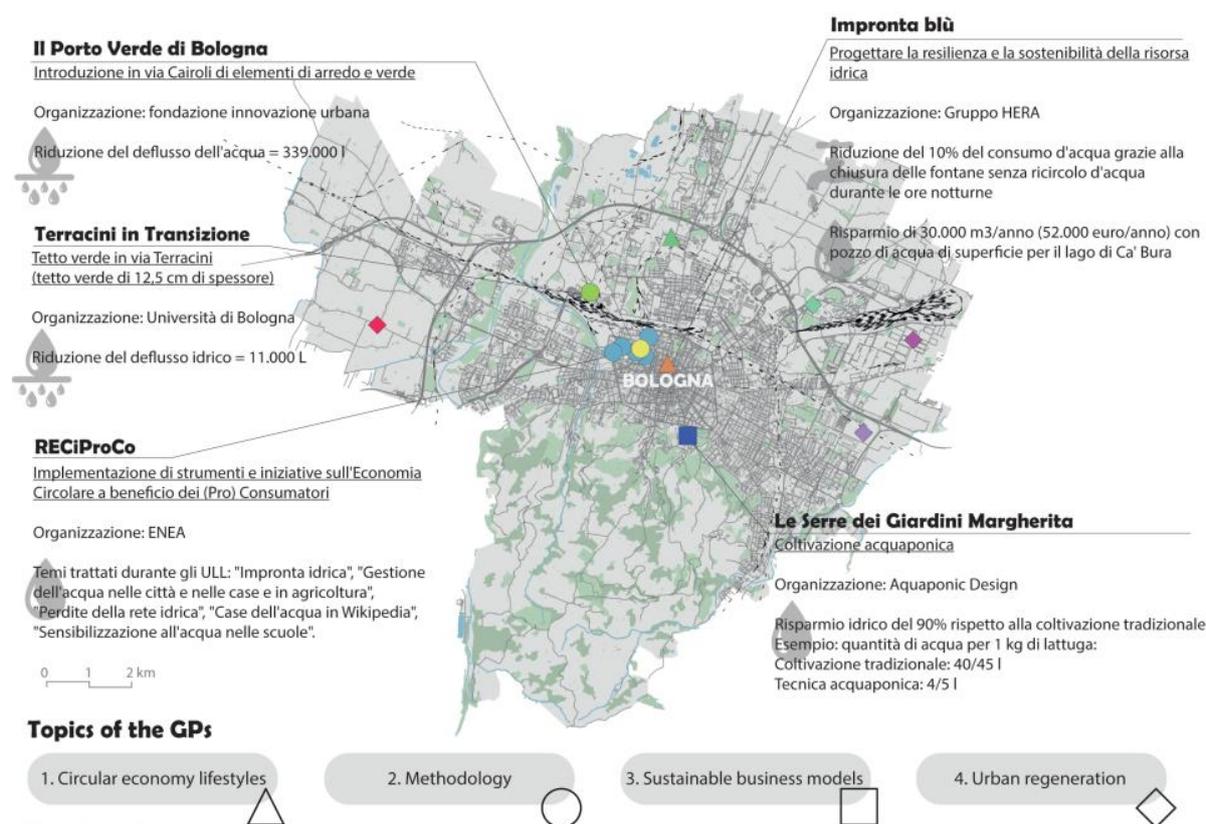


Figura 30 – Mappature delle buone pratiche selezionate per il progetto NiCE (Fonte Federico & Cappellaro, 2023)

Nella tabella successiva si riassumono tutte le buone pratiche selezionate per il progetto NiCE e il loro indice.

Nome buona pratica	Tipologia	Indice della buona pratica
Impronta blu'	Economia circolare	Consumi idrici per: - Fontane senza ricircolo <b>-10%</b> - Il Lago di Ca' Bura <b>-30.000 m<sup>3</sup>/anno</b>
Le Serre dei Giardini Margherita	Modello di business sostenibile	Risparmio idrico tra il <b>90</b> e il <b>98%</b>
Il Porto Verde di Bologna	Metodologia	Riduzione run-off in Via Cairoli di <b>339 m<sup>3</sup>/anno</b>
Terracini in Transizione	Metodologia	Riduzione run-off attorno l'edificio LAGIRN di <b>26 m<sup>3</sup>/anno</b>
RECIProCo	Metodologia	Responsabilizzazione civile

Tabella 9 – Nome, tipologia, indice per ogni buona pratica circolare nella città di Bologna selezionata per il progetto NiCE

#### 4.3 Il ruolo dei cittadini nelle città circolari

Come anticipato al Capitolo 2, l'aumento della consapevolezza e la diffusione di comportamenti sempre più virtuosi dei cittadini ha un ruolo chiave per la realizzazione di obiettivi quali la riduzione degli sprechi, il risparmio o l'uso efficiente della risorsa idrica.

Un'occasione per indagare il livello di consapevolezza dei cittadini sui temi del progetto NICE, è stato l'evento "La Notte dei Ricercatori", del 29 settembre 2023, svolta presso la piazza Lucio Dalla, che ha visto la partecipazione di ENEA in un laboratorio volto a informare il pubblico sul progetto NiCE e a raccogliere informazioni sulle buone pratiche studiate. Ad ogni persona interessata è stato richiesto di compilare un questionario volto a raccogliere il grado di conoscenza e interesse per i temi di economia circolare, sostenibilità e risorsa idrica. In totale le persone che hanno accettato di partecipare al questionario sono state 19, di seguito si osservano i dati raccolti ed elaborati.

#### 4.3.1 Caratteristiche degli intervistati

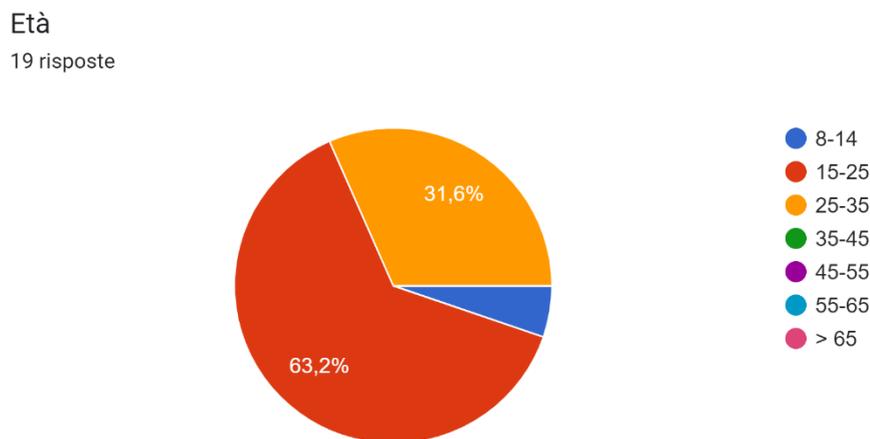


Figura 31 – Età dei partecipanti

Coerentemente all'età media delle persone presenti alla Notte dei Ricercatori, la fascia d'età più grande è quella tra i 15 e 25 anni.

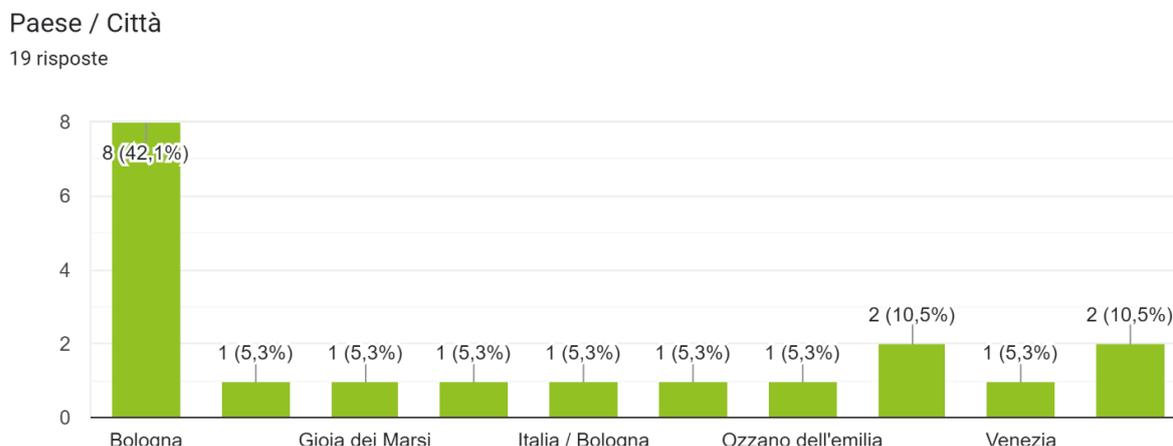


Figura 32 – Paese/Città di provenienza dell'intervistato

La maggior parte degli intervistati proveniva da Bologna. Successivamente il questionario chiedeva la professione o campo di competenza.

#### Professione / campo di competenza

19 risposte

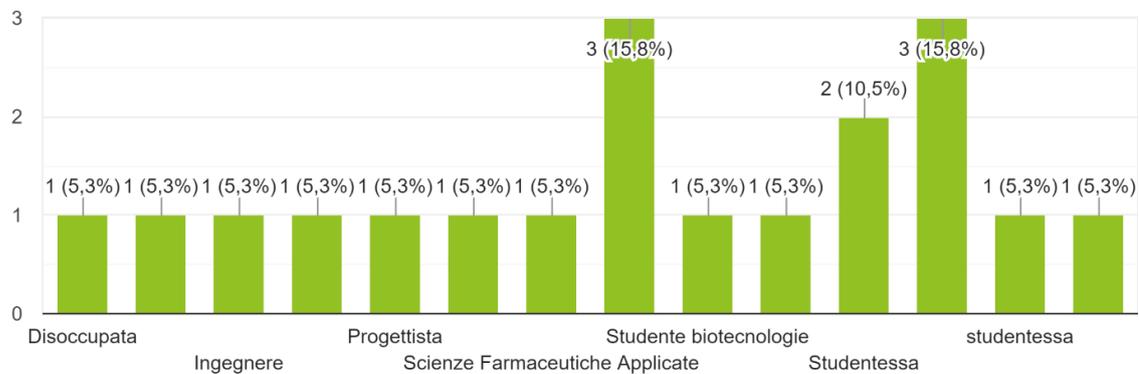


Figura 33 – Professione/campo di competenza dell'intervistato

Qui la voce più frequente è stata quella di studente/studentessa.

#### 4.3.2 Livello di consapevolezza sugli impatti e rischi ambientali

Le domande volte a investigare la consapevolezza delle persone sui temi del cambiamento climatico e impatti e rischi correlati, sono state le seguenti:

- *Le proiezioni sul clima degli scienziati indicano che ci aspettano stagioni sempre più calde e siccitose. È consapevole delle conseguenze che ci potrebbero essere per i cittadini/e? Poco consapevole - Molto consapevole da 1 a 5*

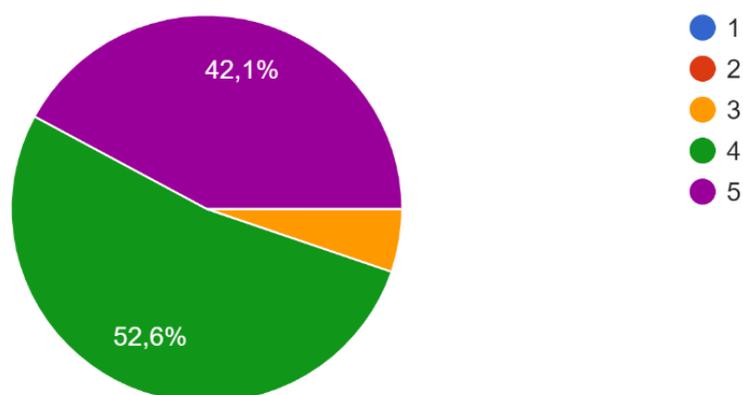


Figura 34 – Consapevole degli intervistati sulle conseguenze che ci potrebbero essere per i cittadini/e

- *Per affrontare le condizioni poste dal nuovo clima si può agire perseguendo azioni di mitigazione e adattamento. Ne è a conoscenza? Scarsa conoscenza - conoscenza approfondita da 1 a 5*

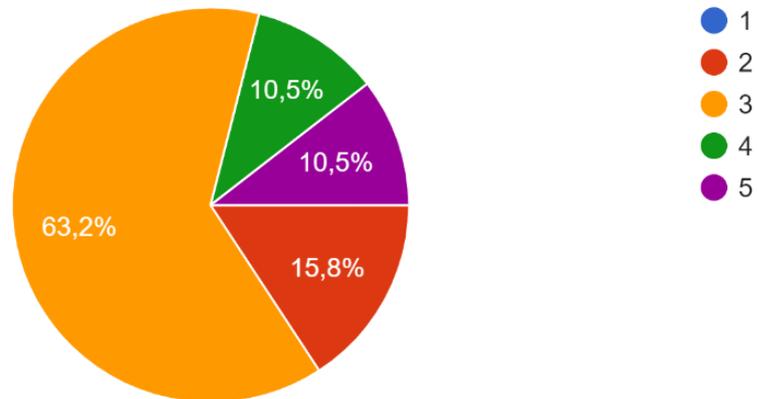


Figura 35 – Conoscenza degli intervistati sulle azioni di mitigazione e adattamento

#### 4.3.3 Reattività a modificare i propri comportamenti

- *La siccità e la mancanza di precipitazioni determinano una crisi idrica. Considerando che potrebbe diventare una costante con il nuovo clima, sarebbe disposto a modificare i comportamenti? Per niente - assolutamente sì da 1 a 5*

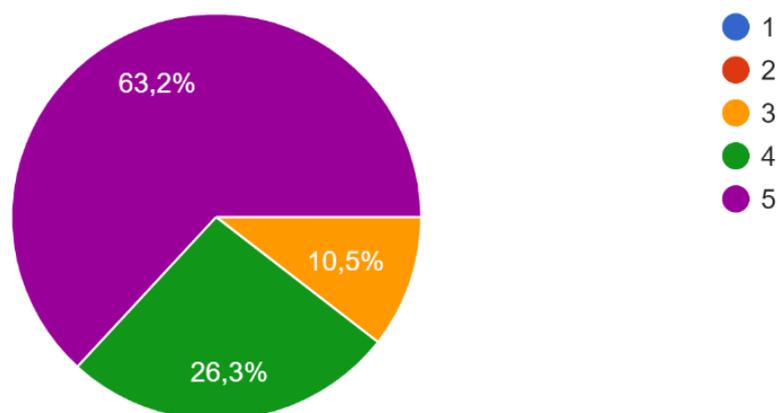


Figura 36 – Quanto gli intervistati sono disposti a cambiare le proprie abitudini a causa del nuovo clima

#### 4.3.4 Adozione di comportamenti virtuosi

- Adotta già dei comportamenti per ridurre e/o riutilizzare l'acqua domestica?

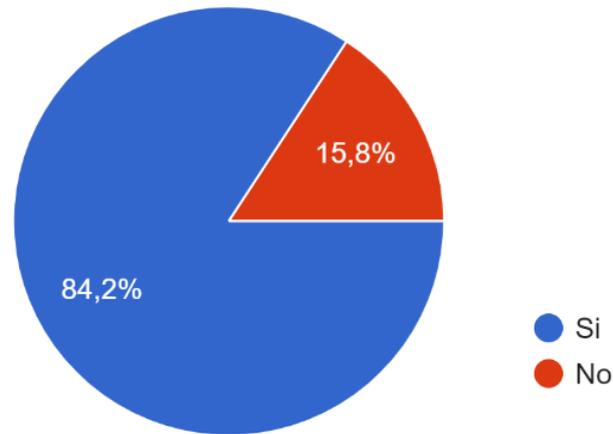


Figura 37 – Intervistati che adottano e non adottano dei comportamenti per ridurre e/o riutilizzare l'acqua domestica

- Se sì, quali?

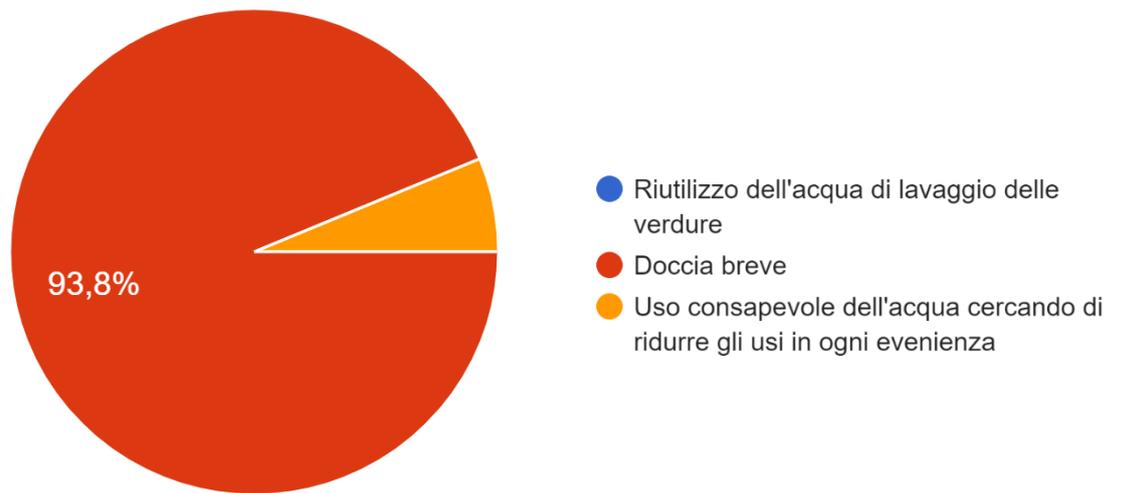


Figura 38 - Comportamenti per ridurre e/o riutilizzare l'acqua domestica adottati dagli intervistati

- Nella sua abitazione ha già sperimentato delle soluzioni per recuperare e riutilizzare l'acqua?

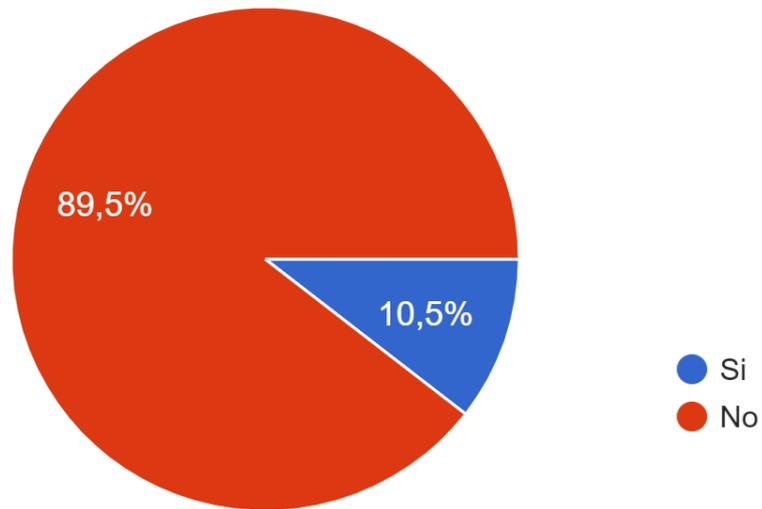


Figura 39 – Intervistati che non hanno e che hanno già sperimentato delle soluzioni per recuperare e riutilizzare l'acqua nelle loro abitazioni

- Se sì, quali?

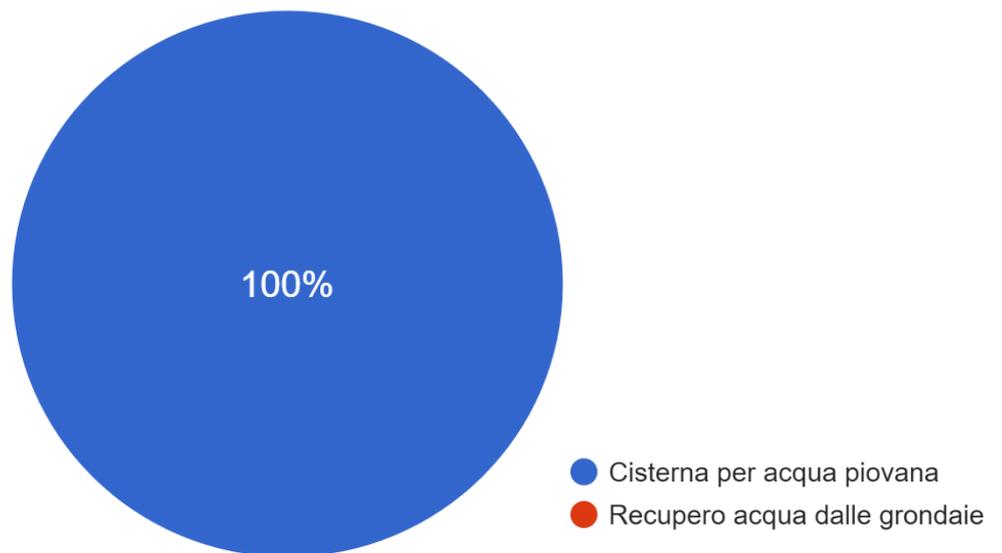


Figura 40 – Tipologie di soluzioni adottate dagli intervistati per recuperare e riutilizzare l'acqua nelle loro abitazioni

#### 4.3.5 Proposte per il futuro

*Quale pensi che sarebbe la migliore strategia per superare le sfide sul riuso della risorsa idrica?*

- Soluzioni tecnologiche (7 risposte)
  - Maggiore utilizzo di sistemi per la raccolta e il riutilizzo dell'acqua
  - Sistemi di separazione delle acque a monte
  - Realizzazione di laghi artificiali e dighe
  - Cisterne acqua piovana
  - Ricircolo
  - Bacini di accumulo
  - Riuso acque non potabili
- Accrescere la consapevolezza (4 risposte)
  - Consapevolezza relativa al problema idrico e impegno da parte di tutti
  - Consapevolezza
  - Creare consapevolezza di massa sull'argomento dello spreco idrico
  - Essere più consapevoli delle sue conseguenze
- Incentivi/Tassazione (2 risposte)
  - Purtroppo, incentivi per chi contribuisce al riuso
  - evitare la disperazione, incremento della tassazione idrica
- Informazione/Educazione (2 risposte)
  - Educazione con un'impronta pratica rivolta al pubblico e con una spiegazione elementare dei comportamenti da poter adottare quotidianamente
  - Informazione
- Altro (2 risposte)
  - Non lo so
  - Non bere più
  
- *Quali sono le tematiche che le piacerebbe approfondire per rendersi più consapevole del problema e provare ad adottare nuove buone pratiche? (es. giardino sostenibile, consumi quotidiani, etc.)*
  - consumi quotidiani (7 risposte)
  - Giardino sostenibile (3 risposte)
  - Altro
    - Fitodepurazione
    - Ingegneria naturalistica
    - Spesa sostenibile
    - Riutilizzo dell'acqua

Dai dati raccolti si può dedurre che molti degli intervistati si descrivono come interessati, consapevoli e attenti ai consumi. Questo denota un grande cambio di pensiero, nettamente

differente a quello del passato. Solo 10 sui 19 intervistati totali hanno lasciato la propria mail per rimanere aggiornati sui temi trattati, nonostante nella domanda precedente tutti si erano dimostrati interessati.

#### 4.3.6 Sondaggio sulle buone pratiche di economia circolare del progetto NiCE

Le buone pratiche sono state divise in categorie: riuso o gestione circolare dell'acqua, rigenerazione urbana con creazione di aree verdi permeabili e progetto partecipativo che promuove stili di vita sostenibili. È stato chiesto poi al pubblico, che ha partecipato al sondaggio, di votare secondo il loro parere, la buona pratica migliore per ogni categoria.

Vota la soluzione per il riuso o la gestione circolare dell'acqua

19 risposte

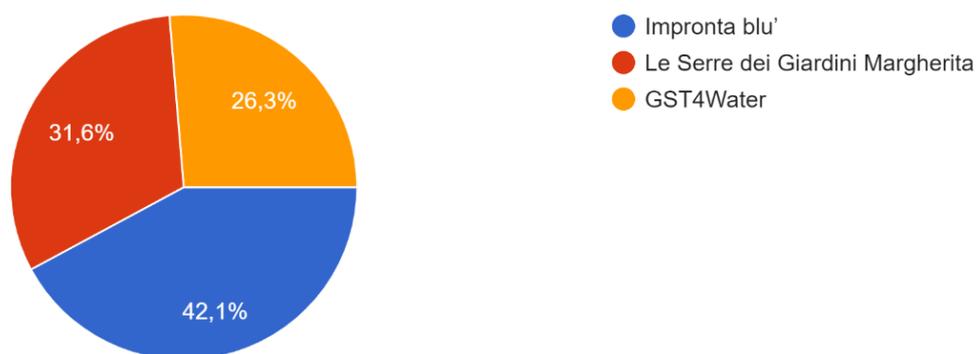


Figura 41 – Soluzioni di riuso o gestione circolare dell'acqua preferite dagli intervistati

Vota la rigenerazione urbana con creazione di aree verdi e permeabili

19 risposte

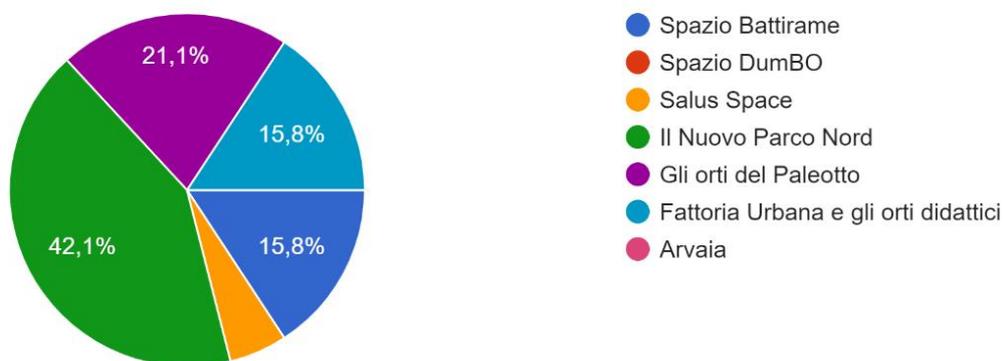


Figura 42 - Soluzioni di rigenerazione urbana con creazione di aree verdi permeabili preferite dagli intervistati

## Vota il progetto partecipativo che promuove stili di vita sostenibili

19 risposte

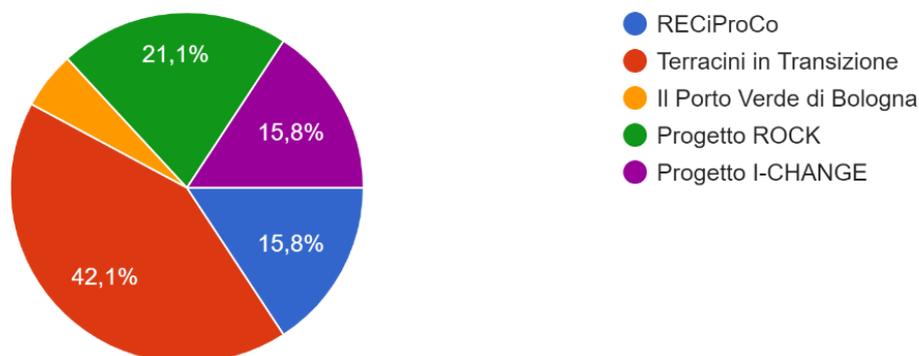


Figura 43 - Progetti partecipativi che promuove stili di vita sostenibili preferiti dagli intervistati

Le soluzioni migliori per ogni categoria sono state: Impronta blu', Terracini in Transizione e Il Nuovo Parco Nord. È stato chiesto poi se l'intervistato fosse a conoscenza di altre buone pratiche.

È a conoscenza di altre soluzioni per il riuso delle acque o la rigenerazione urbana nel Comune di Bologna o nel suo quartiere?

19 risposte

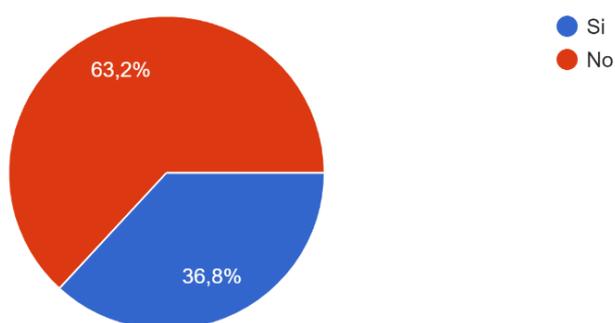


Figura 44 – Intervistati che non conoscono e che conoscono altre soluzioni per il riuso delle acque o la rigenerazione urbana nel Comune di Bologna o nel suo quartiere

Solo 7 persone su 19 hanno risposto di essere a conoscenza di altre soluzioni di riuso dell'acqua e di rigenerazione urbana presenti nella città di Bologna. La tipologia di queste soluzioni sono descritte dal seguente grafico.

Se sì, quali?

7 risposte

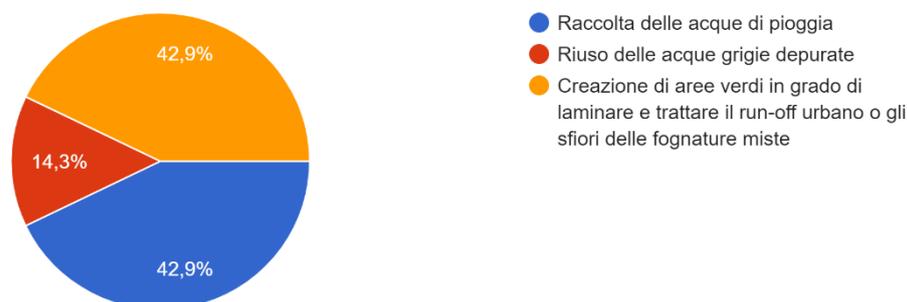


Figura 45 – Tipologia di soluzioni per il riuso delle acque o la rigenerazione urbana nel Comune di Bologna o nel suo quartiere già note

Nessun intervistato ha risposto alla richiesta successiva di indicare il nome e l'indirizzo della soluzione nota.

#### 4.3.7 Considerazioni finali

Tutte le persone intervistate, su cui è possibile realizzare delle considerazioni, rientrano in una fascia di età che è tra gli 8 e i 35 anni. Tra i 19 intervistati, una ha specificato solo il suo paese d'origine, l'Italia, mentre solo 2 non provengono dalla regione Emilia-Romagna. Gli intervistati sono stati soprattutto studenti o lavoratori in settori scientifici. Il livello di consapevolezza sugli impatti e rischi ambientali degli intervistati è stato misurato tramite una autovalutazione da 1 a 5, dove 1 è poco consapevole e 5 è molto consapevole. Il voto più basso è stato 3 ed è stato di una sola persona. In 8 persone hanno votato 5, se ne deduce che tutti gli intervistati si sono dichiarati consapevoli, ma le azioni per mitigare ed adattarsi agli impatti non sono molto note. In riguardo alla reattività nel modificare i propri comportamenti, in vista del cambiamento climatico, più della metà, ben il 63,2%, si è detta più disponibile possibile. Si è registrata quindi una grande apertura in questo tema. L'84,2% delle persone intervistate dichiara di star adottando già comportamenti virtuosi per ridurre il consumo dell'acqua, soprattutto tramite una doccia breve, confermando la loro disponibilità nel cambiamento delle abitudini. Solo il 10,5% degli intervistati ha già sperimentato in casa soluzioni per il recupero e riutilizzo dell'acqua, il 100% di questi tramite una cisterna per acqua piovana. Le proposte per il riuso della risorsa idrica

degli intervistati hanno riguardato soprattutto l'utilizzo di nuove tecnologie, come sistemi per il riuso di acque non potabili. Altre tipologie più diffuse, sono state: l'accrescimento della consapevolezza idrica civile, incentivi e tassazione, incentivando chi utilizza sistemi di riuso dell'acqua e incrementando la tassa della risorsa idrica, informazione e educazione, svolgendole in modo pratico e semplice. Le tematiche che gli intervistati preferirebbero approfondire maggiormente sono i consumi quotidiani e la realizzazione di giardini sostenibili. Il sondaggio sulle buone pratiche di economia circolare del progetto NiCE ha visto, per la categoria "Riuso o la gestione circolare dell'acqua", il progetto Impronta Blu' come il favorito. La scoperta della presenza di fontane senza ricircolo nel centro della città di Bologna ha sorpreso gli intervistati, la loro chiusura nelle ore notturne è stata l'azione più gradita del progetto. Per la categoria "Progetto partecipativo che promuove stili di vita sostenibili" Terracini in Transizione è stato il più gradito, grazie all'impegno dell'Università di Bologna nel coinvolgere gli studenti. Il "Nuovo Parco Nord" è il progetto preferito tra gli intervistati per la categoria "Rigenerazione urbana con creazione di aree verdi e permeabili". In ciò ha coperto un ruolo chiave l'espansione dell'area boschiva dell'attuale Parco Nord con la relativa piantumazione di alberi. La raccolta dati per conoscere il coinvolgimento degli intervistati nella transizione verso un'economia circolare è molto importante, in quanto i cittadini hanno un ruolo nella transizione verso l'economia circolare. Una loro partecipazione nelle realtà sostenibili e circolari, preferendole a quelle non attente al consumo, un'attenzione alla produzione di rifiuti, riducendola e riciclando, e il coinvolgimento delle persone a loro vicine sono azioni che ognuno può adottare. Il coinvolgimento del cittadino, in una transizione circolare, non può essere l'unico, ma è il metodo con cui può partecipare alla creazione di un mondo sano per le generazioni future.

## Conclusioni

Lo sviluppo urbano che prevede la costruzione in zone alluvionali, o con rischio di incendi o frane, un'impermeabilizzazione continua del suolo, delle aree verdi di piccola superficie, insieme all'adozione di un'economia lineare volta consumismo amplifica gli impatti del cambiamento climatico. La pianificazione dell'uso del territorio e la progettazione urbana volta alla realizzazione di città circolari sono il prossimo passo da compiere per ridurre significativamente i futuri e inevitabili danni. Quindi oggi è necessario introdurre non solo norme di pianificazione e di uso del territorio, che tengano conto dei cambiamenti climatici, ma anche favorire l'adozione di un cambiamento dei comportamenti così da garantire delle città europee sicure, vivibili e sane. La città di Bologna si è dimostrata, grazie alle sue 15 realtà analizzate, già pronta per il passaggio da un modello lineare a uno circolare e attraverso le 5 buone pratiche sperimenta come una gestione efficiente e circolare della risorsa idrica sia possibile a livello urbano. Osservando come, rendendo circolare l'utilizzo di una sola risorsa, quale l'acqua, si possano ottenere risultati significativi per la transizione verso l'economia circolare, questa tesi vuole far capire come possa essere importante rendere circolare l'utilizzo di ogni risorsa che oggi utilizziamo. È necessaria però una grande diffusione delle buone pratiche, delle quali quelle idriche sono solo una parte, per far sì che le città diventino circolari. Una città circolare non è tale solo tramite soluzioni tecnologiche riguardanti la gestione delle risorse, ma anche attraverso un accrescimento della consapevolezza dei cittadini verso comportamenti virtuosi. Questa consapevolezza è stata mostrata da ogni stakeholder intervistato, ognuno di questi infatti ha sottolineato come il proprio progetto abbia tra i suoi obiettivi, non solo la realizzazione di una buona pratica circolare, ma anche un'attenzione a più temi, come quella per la sensibilizzazione dei cittadini e degli stakeholder locali, così che possano replicare e diffondere ulteriormente le migliori soluzioni. Di fronte a una popolazione sempre più vulnerabile, anziani, persone in cattive condizioni di salute o in situazioni economiche difficili, occorre che le città circolari si impegnino anche attraverso delle politiche di sviluppo senza lasciare indietro nessuno. Proprio per questo una delle fasi successive del progetto NiCE si concentra sulle politiche circolari delle città. Analogamente alla prima fase, che vedeva le interviste come il mezzo per conoscere e analizzare le buone pratiche circolari, le interviste a stakeholder politici sono utili per la realizzazione di uno strategy framework che porti a Piani d'Azione locali per le città circolari. L'Europa da sola non può contrastare il cambiamento climatico mondiale e progetti come NiCE, anche se virtuosi, non possono essere l'unico mezzo con impegnarsi alla mitigazione e all'adattamento del cambiamento climatico.

Occorre amplificare ed estendere il raggio di azione di programmi come il Green Deal Europeo, perché si passi da una fase di nicchia a una fase di trasformazione dell'intero sistema verso l'economia circolare.

## Sitografia

### ASVIS:

- <https://asvis.it/goal6>

### ISPRA:

- <https://www.isprambiente.gov.it/it/news/caldo-record-e-siccita-nel-2022>
- [https://www.isprambiente.gov.it/files2022/pubblicazioni/rapporti/rapporto\\_dissesto\\_idrogeologico\\_italia\\_ispra\\_356\\_2021\\_finale\\_web.pdf](https://www.isprambiente.gov.it/files2022/pubblicazioni/rapporti/rapporto_dissesto_idrogeologico_italia_ispra_356_2021_finale_web.pdf)
- [https://www.isprambiente.gov.it/files2021/pubblicazioni/rapporti/rapporto\\_alluvioni\\_ispra\\_353\\_16\\_11\\_2021\\_rev2.pdf](https://www.isprambiente.gov.it/files2021/pubblicazioni/rapporti/rapporto_alluvioni_ispra_353_16_11_2021_rev2.pdf)
- [https://indicatoriambientali.isprambiente.it/sys\\_ind/729](https://indicatoriambientali.isprambiente.it/sys_ind/729)
- [https://www.isprambiente.gov.it/files2022/pubblicazioni/rapporti/rapporto\\_dissesto\\_idrogeologico\\_italia\\_ispra\\_356\\_2021\\_finale\\_web.pdf](https://www.isprambiente.gov.it/files2022/pubblicazioni/rapporti/rapporto_dissesto_idrogeologico_italia_ispra_356_2021_finale_web.pdf)
- [https://www.isprambiente.gov.it/files2022/eventi/dissesto-idrogeologico/infografica\\_rapporto\\_dissesto\\_2021.pdf](https://www.isprambiente.gov.it/files2022/eventi/dissesto-idrogeologico/infografica_rapporto_dissesto_2021.pdf)
- <https://www.isprambiente.gov.it/files2021/area-stampa/comunicati-stampa/2021-comunicato-stampa-pericolosita-alluvioni-1.pdf>
- <https://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/pubblicazionidipregio/suolo-radice/58-66.pdf>

### The European House - Ambrosetti:

- <https://eventi.ambrosetti.eu/valoreacqua2022/wp-content/uploads/sites/211/2022/03/Filologico-dello-studio.pdf>
- <https://www.ambrosetti.eu/le-nostre-community/community-valore-acqua-per-litalia/>

### Re Soil Foundation:

- <https://resoilfoundation.org/ambiente/eventi-meteo-estremi-italia-2023/>

- <https://resoilfoundation.org/ambiente/eventi-meteo-estremi-italia-2023/#:~:text=Una%20crisi%20che%20accelera&text=30%20gli%20eventi%20di%20questo,%2C%20Toscana%20>

#### Rinnovabili.it:

- <https://www.rinnovabili.it/ambiente/cambiamenti-climatici/concentrazione-co2-in-atmosfera-record-2023/>
- <https://www.rinnovabili.it/ambiente/cambiamenti-climatici/concentrazione-co2-in-atmosfera-record-2023/>

#### Geopop:

- <https://www.geopop.it/la-rete-idrica-italiana-e-un-colabrodo-il-42-dellacqua-viene-persa-lungo-il-tragitto/>

#### THE EUROPEAN SPACE AGENCY:

- [https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/City\\_heat\\_extremes](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/City_heat_extremes)

#### SNPA:

- [https://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2019/09/Rapporto\\_consumo\\_di\\_suolo\\_20190917-1.pdf](https://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2019/09/Rapporto_consumo_di_suolo_20190917-1.pdf)
- <https://www.snpambiente.it/snpa/consumo-di-suolo-dinamiche-territoriali-e-servizi-ecosistemici-edizione-2023-sintesi/>

#### UN-Habitat:

- [https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr\\_2022.pdf](https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf)

#### Statista:

- <https://www.statista.com/statistics/1391615/water-withdrawals-europe-by-country/>

#### INFOBUILD:

- <https://www.infobuild.it/approfondimenti/consumo-di-suolo-cementificazione-run-off-alluvioni-frane/>

Futura ST:

- <https://sviluppo.futurast.it/ASSETDashboard/main?sections=dashboard,views1,views2&noCache=1698656566.907773>
- <https://sviluppo.futurast.it/ASSETDashboard/main?sections=dashboard,views1,views2&noCache=1698594859.61292>

Green Building Council Italia:

- [https://gbcitalia.org/wp-content/uploads/2023/03/GBC-Italia\\_Position-Paper-Efficienza-Idrica.pdf](https://gbcitalia.org/wp-content/uploads/2023/03/GBC-Italia_Position-Paper-Efficienza-Idrica.pdf)

Ilblogdellasci:

- <https://ilblogdellasci.wordpress.com/2016/07/08/trattamento-e-recupero-di-acque-piovane/>

Index spa:

- [https://www.indexspa.it/indexspacom/capitolati/cap\\_pdf/1/cap10.pdf](https://www.indexspa.it/indexspacom/capitolati/cap_pdf/1/cap10.pdf)

Interreg central europe:

- <https://www.interreg-central.eu/>

FIU:

- <https://www.fondazioneinnovazioneurbana.it/progetto/bolognamissioneclima>
- <https://www.fondazioneinnovazioneurbana.it/45-uncategorised/2850-bologna-tra-le-100-citta-carbon-neutral-entro-il-2030>

Chiara.eco:

- <https://www.chiara.eco/bologna-missione-clima-chiamata-allazione/>

ANCI Emilia-Romagna:

- <https://www.anci.emilia-romagna.it/formazione/sbam-scuola-di-progettazione-bioclimatica-per-ladattamento-e-la-mitigazione-2-edizione/>

#### Regione Emilia-Romagna:

- <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/acque/notizie/2023/avviato-percorso-elaborazione-nuovo-piano-regionale-tutela-acque-pta-2030>

#### Comune di Bologna:

- <https://www.comune.bologna.it/notizie/bologna-europea-100-citta-2030>
- <https://www.comune.bologna.it/notizie/bologna-100-citta-carbon-neutral-entro-2030>

#### CDP:

- [https://cdn.cdp.net/cdp-production/cms/reports/documents/000/005/759/original/CDP\\_Cities\\_on\\_the\\_Route\\_to\\_2030.pdf?1621329680](https://cdn.cdp.net/cdp-production/cms/reports/documents/000/005/759/original/CDP_Cities_on_the_Route_to_2030.pdf?1621329680)

#### ingegno:

- <https://www.ingenio-web.it/articoli/utuli-indicazioni-sul-recupero-e-riuso-delle-acque-meteoriche-e-grigie/>
- <https://www.ingenio-web.it/articoli/osservatorio-riuso-online-la-piattaforma-sulla-rigenerazione-territoriale-degli-spazi-in-italia/>
- <https://www.ingenio-web.it/articoli/la-tecnologia-dei-tetti-verdi-tipologie-e-stratigrafia/>

#### livingroofs:

- <https://livingroofs.org/storm-water-run-off/>

#### Comune di Massalengo:

- <https://bussola.s3-eu-west-1.amazonaws.com/252073/Allegato%204%20alla%20rel.%20geologica%20-%20sistemi%20di%20infiltrazione%20PGT%20Massalengo%202019.pdf>

Consiglio europeo:

- <https://www.consilium.europa.eu/it/press/press-releases/2020/12/17/council-approves-conclusions-on-making-the-recovery-circular-and-green/>

ENEA:

- <https://www.eai.enea.it/archivio/sos-acqua/innovazione-circularita-sostenibilita-la-strategia-enea-per-preservare-l-oro-blu.html>

VISSMANN

- <https://industriale.viessmann.it/>

la Repubblica:

- [https://www.repubblica.it/dossier/economia/transizione-sostenibile/2021/06/07/news/l\\_industria\\_del\\_riciclo\\_tricolore\\_ha\\_il\\_primato\\_in\\_europa-303880372/](https://www.repubblica.it/dossier/economia/transizione-sostenibile/2021/06/07/news/l_industria_del_riciclo_tricolore_ha_il_primato_in_europa-303880372/)

Le Serre dei Giardini Margherita:

- <https://leserredeigiardini.it/il-tavolo-acquaponico-un-nuovo-progetto-alle-serre-che-unisce-bellezza-e-resilienza/>

## **Bibliografia**

- *Andrea Barbabella, Chiara Montanini, Virginia Ferruccio (2023) Troppa o troppo poca: l'acqua in Italia in un clima che cambia Special Report*
- *Valerio De Molli (2023) PRESENTAZIONE DEL LIBRO BIANCO "VALORE ACQUA PER L'ITALIA" 2023*
- *Valerio De Molli (2023) LIBRO BIANCO 2023 VALORE ACQUA PER L'ITALIA 4a edizione*
- *(2022) The European House - Ambrosetti su dati survey Community Valore Acqua per l'Italia ai cittadini italiani.*
- *Marco Maglionico, Margherita Altobelli, Sara Simona Cipolla, (2018) Applicabilità di Nature Based Solutions (NBS) in ambito urbano per la gestione delle acque meteoriche In integrazione con sistemi di real time control ed early warning*
- *Grant J., Gallet D., Morse S., Wise S., Yu C., Nichols K., Waterhouse B., Donahue M. (2011) The Value of Green Infrastructure: A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits*
- *Francesca Cappellaro, Valentina Fantin, Grazia Barberio, Laura Cutaia CIRCULAR ECONOMY GOOD PRACTICES SUPPORTING WASTE PREVENTION: THE CASE OF EMILIA-ROMAGNA REGION. (2020) DOI:10.30638/eemj.2020.160*
- *Roberto Morabito (2023) Innovazione, circolarità, sostenibilità: la strategia ENEA per preservare l'oro blu. Energia, ambiente e innovazione, 1/2023, pp.6-9. Edizioni ENEA.*
- *Luigi Sciubba, Marco Ferraris, Gianpaolo Sabia, Davide Mattioli, Luigi Petta, Francesca Cappellaro, Valentina Fantin, Silvia Scaffoni, Pier Luigi Porta, Carolina Innella (2023) Valorizzazione della risorsa idrica: la comunicazione a vantaggio di consumatori e aziende. Energia, ambiente e innovazione, 1/2023, pp.43-46. Edizioni ENEA. DOI 10.12910/EAI2023-010*

- Cappellaro F., Fantin V., Barberio G., Cutaia L. (2020) *Circular economy good practices supporting waste prevention: the case of Emilia-Romagna Region. Environmental Engineering and Management Journal (EEMJ), Vol. 19, No. 10, pp. 1701 - 1710. ISSN 15829596*
  
- De Lucia F., Pineschi G., Barberio G., Cappellaro F., Eboli F., Innella C., Lucertini G., Musco F. (2020) *“La transizione verso le città circolari. Rassegna Volume 2”.* Report/Rapporto tecnico GdL 5 ICESP. 2020. DOI 10.12910/DOC2020-007
  
- A. Murgia, F. De Lucia, A. M. Petruzzi, G. Pineschi, G. Barberio, F. Cappellaro, C. Innella. (2019) *“L’economia circolare nelle aree urbane e periurbane”.* Rassegna delle attività del Gruppo di Lavoro 5 (GdL5) *“Città e Territorio” della Piattaforma Italian Circular Economy Stakeholder Platform (ICESP).*2019. DOI 10.12910/DOC2020-006.
  
- Grazia Barberio, Claudia Brunori, Francesca Cappellaro, Laura Cutaia, Arianna Dominici Loprieno, Pier Giorgio Landolfo, Marco La Monica, Antonella Luciano, Fabio Musmeci, Luigi Petta, Mario Tarantini. (2017) *La sostenibilità come sfida del futuro. Il ruolo dell’economia. In: La Sostenibilità Ambientale Un manuale per prendere buone decisioni Aggiornamento 2017. A cura di Laura Maria Padovani e Paola Carrabba. Edizioni ENEA. ISBN 978-88-8286-346-3.*
  
- Bonoli A, Cappellaro F (2014). *Terracini in Transizione: la Scuola di Ingegneria e architettura come living-lab della sostenibilità. In: Uscire dalla crisi. Città, Comunità e Specializzazione Intelligenti. XXXV Conferenza Italiana di Scienze Regionali (A.I.S.Re). Padova, 11-13 Settembre 2014.*
  
- Zanni, S.; Cipolla, S.S.; Fusco, E.D.; Lenci, A.; Altobelli, M.; Currado, A.; Maglionico, M.; Bonoli, A. *Modeling for sustainability: Life cycle assessment application to evaluate environmental performance of water recycling solutions at the dwelling level. Sustain. Prod. Consum. 2019, 17, doi:10.1016/j.spc.2018.09.002.*

- *Bonoli, A.; Di Fusco, E.; Zanni, S.; Lauriola, I.; Ciriello, V.; Di Federico, V. Green smart technology for water (GST4Water): Life cycle analysis of urban water consumption. Water (Switzerland) 2019, 11, doi:10.3390/w11020389.*
  
- *Stojkov, I.; Cipolla, S.S.; Maglionico, M.; Bonoli, A.; Conte, A.; Ferroni, L.; Speranza, M. Hydrological performance of Sedum species compared to perennial herbaceous species on a full-scale green roof in Italy; 2018; Vol. 1215; ISBN 9789462612129.*
  
- *Bonoli, A.; Conte, A.; Maglionico, M.; Stojkov, I. Green roofs for sustainable water management in urban areas. Environ. Eng. Manag. J. 2013, 12.*
  
- *Federico Katia, Cappellaro Francesca, Lucertini Giulia, Ferraris Marco, Barberio Grazia, (2023) Sustainability and circular economy related to water resource: resource management and reuse. Good cases of circular water solutions in the city of Bologna. Poster presentation at ECOMONDO Seminar “WATER PROJECTS EUROPE @ ECOMONDO: clusters, synergies and interface with market players and problem owners”*
  
- *Chiarini R.; Farina R.; Ariati L., (2013), Obiettivo sviluppo sostenibile: Il risparmio idrico negli edifici civili (ENEA).*
  
- *Guerrini A., Colarullo G. (2023), Sos acqua: La risorsa idrica fra nuovi rischi. strategie di tutela e di utilizzo (ENEA).*
  
- *Leong, J.Y.C., Oh, K.S., Poh, P.E., Chong, M.N., 2017. Prospects of hybrid rainwatergreywater decentralised system for water recycling and reuse: A review. J. Clean. Prod. 142, 3014–3027. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.167>.*
  
- *Brown C., Gerston J., Colley S., Hari J. Krishna (2005), Texas Water Development Development Board 2005*
  
- *Loux, J., Winer-skonovald, R., Gellerman, E., (2012). Evaluation of combined rainwater and greywater systems for multiple development types in Mediterranean climates. J. Water Sustain 2, 55–77. <http://dx.doi.org/10.11912/jws.2.1.55-77>.*

- Ghisi, E., Mengotti de Oliveira, S., 2007. *Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern brazil. Build. Environ.* 42, 1731–1742. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.02.001>.
- Liuzzo, L., Notaro, V., Freni, G., 2016. *A reliability analysis of a rainfall harvesting system in Southern Italy. Water* 8, 18. <http://dx.doi.org/10.3390/w8010018>.
- Palla, A., Gnecco, I., Lanza, L.G., 2011. *Non-dimensional design parameters and performance assessment of rainwater harvesting systems. J. Hydrol.* 401, 65–76. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.02.009>.
- Ghimire, S., Johnston, J.M., Ingwersed, W.W., Sojka, S., 2017. *Life cycle assessment of a commercial rainwater harvesting system compared with a municipal water supply system. J. Clean. Prod.* 151, 74–86.
- Monika Egerer, Dagmar Haase, Timon McPhearson, Niki Frantzeskaki, Erik Andersson, Harini Nagendra, Alessandro Ossola (2021), *Urban change as an untapped opportunity for climate adaptation*, <https://doi.org/10.1038/s42949-021-00024-y>
- Bean, E., W. Hunt, and D. Bidelspach. (2005). “A Monitoring Field Study of Permeable Pavement Sites in North Carolina.” *NCSU Department of Biological and Agricultural Engineering*. . Accessed 12 July 2010.
- Booth, D., J. Leavitt and K. Peterson. (1996). “The University of Washington Permeable Pavement Demonstration Project: Background and First-Year Field Results.” *The Water Center at the University of Washington*. Seattle, WA.
- Andrea Cominola, Matteo Giuliani, Andrea Castelletti, Piero Fraternali, Sergio Luis Herrera Gonzalez, Joan Carles Guardiola Herrero, Jasminko Novak & Andrea Emilio Rizzoli (2021) “Long-term water conservation is fostered by smart meter-based feedback and digital user engagement”, <https://doi.org/10.1038/s41545-021-00119-0>
- Federico K., Cappellaro F., Lucertini G., Ferraris M., Di Pietro A. Barberio G. (2023) “Soluzioni innovative per la gestione circolare e dell’acqua: esempi nella città di Bologna”, ENEA