



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA
DELL'INFORMAZIONE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

Corso di laurea in
INGEGNERIA INFORMATICA

Standard ICT per lo sviluppo di Smart Sustainable City

Relatore
Prof. Andrea ZANELLA

Correlatore
Dott.ssa Martina CAPUZZO

Laureando
Lorenzo FEBBO
Matr. 1142092

ANNO ACCADEMICO 2021 – 2022

Data di laurea 19/07/2022

Abstract

Le città del prossimo futuro avranno un ruolo chiave nella risoluzione di importanti questioni legate alla sostenibilità, non soltanto ambientale. Le tecnologie ICT saranno fondamentali in questo contesto per lo sviluppo di servizi urbani in grado di rendere una città più innovativa e più sostenibile, rientrando così sotto la definizione di Smart Sustainable City. Questa tesi si propone di illustrare cosa sia effettivamente una Smart Sustainable City, quale sia il lavoro di standardizzazione attualmente in corso e quali siano le prospettive future in questo contesto. Partendo da una discussione introduttiva sul concetto di Smart Sustainable City, di cui verrà data una definizione formale, verrà illustrato lo stato dell'arte delle attività di standardizzazione in questo ambito e gli enti di standardizzazione attualmente al lavoro per il loro sviluppo. Successivamente verranno illustrati alcuni casi studio relativi a tre città che stanno già provando a implementare questi standard innovativi, concludendo con alcune considerazioni su quali possano essere le prospettive future riguardanti il concetto di Smart Sustainable City.

Indice

1	Introduzione	4
2	Internet of Things e Smart City	6
2.1	Introduzione al paradigma Internet of Things	6
2.2	Definizione di Internet of Things	7
2.3	Applicazione dell'IoT: le Smart City	9
2.4	Smart Sustainable City	10
3	Attività di standardizzazione in ambito Smart Sustainable City	13
3.1	Indicatori urbani	13
3.2	Importanza della standardizzazione	15
3.3	Enti di standardizzazione	16
3.3.1	ISO	16
3.3.2	ITU	19
3.3.3	CEN, CENELEC, ETSI	20
3.4	Standard per Smart Sustainable City	22
3.4.1	ISO 37120	22
3.4.2	ISO 37122	23
3.4.3	ITU 4901, 4902, 4903	24
3.4.4	ETSI TS 103 463	25
3.5	Breve confronto tra standard	26
4	Casi studio	28
4.1	Introduzione ai casi studio	28
4.2	Dimensioni dei KPI	30
4.3	Valencia, Spagna	32
4.3.1	Panoramica dei risultati ottenuti	34
4.3.2	Dettaglio di alcuni dei risultati ottenuti	36
4.4	Pully, Svizzera	42
4.4.1	Panoramica dei risultati ottenuti	44
4.4.2	Dettaglio di alcuni dei risultati ottenuti	46
4.5	Alesund, Norvegia	52
4.5.1	Panoramica dei risultati ottenuti	54
4.5.2	Dettaglio di alcuni dei risultati ottenuti	56
4.6	Confronto tra le tre città	61
5	Conclusioni	63

Elenco delle figure

2.1	Paradigma Internet of Things come risultato della convergenza di prospettive diverse [5]	8
2.2	Caratteristiche di una Smart City [22]	10
2.3	Risultati generali ottenuti da Padova nel progetto European Smart City [23]	11
2.4	Sustainable Development Goals [28]	12
3.1	Logo ETSI [33]	16
3.2	Diagramma standard ISO per le Sustainable Cities [34]	17
3.3	Mappa degli standard ISO [34]	18
3.4	Logo ITU [3]	19
3.5	Loghi di CEN, CENELEC ed ETSI [38]	20
3.6	Livelli di certificazione legati allo standard ISO 37120 [42]	22
3.7	Logo ETSI [45]	24
3.8	Grafici [18]	26
4.1	Ambiti delle KPI [50]	29
4.2	Panoramica KPI Valencia [51]	33
4.3	Risultati ottenuti da Valencia per ogni singolo KPI [50]	34
4.4	Risultati sommari ottenuti da Valencia suddivisi per dimensioni [51]	35
4.5	KPI sulla connettività e l'infrastruttura ICT di Valencia [50]	36
4.6	KPI sulla fornitura elettrica di Valencia [50]	36
4.7	KPI su alcuni servizi idrici e igienico-sanitari di Valencia [50]	37
4.8	KPI sui servizi di gestione dei rifiuti di Valencia [50]	38
4.9	KPI sugli spazi pubblici, la natura e la qualità dell'ambiente di Valencia [50]	39
4.10	KPI sul trasporto pubblico di Valencia [50]	40
4.11	Mezzi di trasporto utilizzati a Valencia [50]	41
4.12	KPI sull'istruzione di Valencia [50]	41
4.13	Panoramica KPI Pully [53]	43
4.14	Risultati ottenuti da Pully per ogni singolo KPI [52]	44
4.15	Risultati sommari ottenuti da Pully suddivisi per dimensioni [53]	45
4.16	KPI sulla connettività e l'infrastruttura ICT di Pully [52]	46
4.17	KPI su alcuni servizi idrici e igienico-sanitari di Pully [52]	47
4.18	KPI sui servizi di gestione dei rifiuti di Pully [52]	48
4.19	KPI sulla fornitura elettrica di Pully [52]	49
4.20	KPI sugli spazi pubblici, la natura e la qualità dell'ambiente di Pully [52]	49
4.21	KPI sul trasporto pubblico di Pully [52]	50
4.22	Mezzi di trasporto utilizzati a Pully [52]	51

4.23	KPI sull'istruzione di Pully [52]	51
4.24	Panoramica KPI Alesund [55]	53
4.25	Risultati ottenuti da Alesund per ogni singolo KPI [54]	54
4.26	Risultati sommari ottenuti da Alesund suddivisi per dimensioni [55]	55
4.27	KPI sulla connettività e l'infrastruttura ICT di Alesund [54]	56
4.28	KPI sulla fornitura elettrica di Alesund [54]	56
4.29	KPI su alcuni servizi idrici e igienico-sanitari di Alesund [54]	57
4.30	KPI sui servizi di gestione dei rifiuti di Alesund [54]	58
4.31	KPI sugli spazi pubblici, la natura e la qualità dell'ambiente di Alesund [54]	59
4.32	KPI sull'istruzione di Alesund [54]	59
4.33	KPI sul trasporto pubblico di Alesund [54]	60

Capitolo 1

Introduzione

Dall'avvento di Internet la crescita dei dispositivi interconnessi è stata esponenziale e gli sviluppi nel campo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (*Information and Communication Technology - ICT*) hanno permesso a un numero sempre maggiore di dispositivi di potersi interfacciare con la rete. Questo trend è ulteriormente incrementato a seguito della nascita del paradigma di comunicazione denominato *Internet of Things (IoT)*, che prevede l'applicazione di microcontrollori a oggetti di uso quotidiano con il fine di renderli capaci di comunicare tra loro e con gli utenti attraverso la rete Internet, facendoli dunque diventare una sua parte integrante.

Questo paradigma è stato poi utilizzato in svariati ambiti, dalla domotica all'automazione industriale, e il suo principale campo di applicazione e sviluppo è in ambito urbano e riguarda in modo particolare il concetto di Smart City, ovvero di un ambiente urbano i cui servizi sono resi più "intelligenti" attraverso l'utilizzo dei dati raccolti e scambiati dai dispositivi IoT installati al suo interno.

Per molti anni il termine Smart City è stato utilizzato in relazione ad alcune città in seguito all'installazione di singole tecnologie innovative all'interno di alcune loro aree urbane o per il miglioramento di alcuni loro servizi. Ciò ha portato ad avere città dotate di tecnologie eterogenee e non interoperabili che operano in modo isolato e quindi risultano essere fini a se stesse perché contribuiscono soltanto al miglioramento del singolo servizio per il quale sono state pensate e non al miglioramento globale della città.

Il concetto di Smart City si è evoluto in quest'ultima direzione negli ultimi anni ed è stata sempre più spesso associata non soltanto agli aspetti tecnologici che la caratterizzano, ma anche a quelli relativi alla sostenibilità in tutte le sue forme, i cui obiettivi possono essere più facilmente raggiungibili attraverso l'uso delle tecnologie ICT. Ciò è conseguenza delle attuali preoccupazioni riguardanti soprattutto il cambiamento climatico in corso: secondo una stima della *United Nations Environmental Programme (UNEP)* [1], il costante aumento del tasso di crescita della popolazione mondiale e il conseguente rapido aumento del tasso di urbanizzazione porterà il 66% della popolazione mondiale a vivere nelle aree urbane entro il 2050, rispetto all'attuale 54%, con ricadute importanti sul consumo di materie prime naturali e sull'inquinamento ambientale dovute all'ampliamento delle aree urbane, esacerbando così una situazione già critica. In tale contesto le città avranno un ruolo cardine nella risoluzione di questi problemi e la loro progettazione deve prevedere l'utilizzo di tecnologie ICT in grado di renderle innovative, più intelligenti nell'uso delle risorse naturali e quindi più sostenibili. Si tratta di un concetto di città che va sotto il nome di *Smart Sustainable City (SSC)* e la sua progettazione deve seguire degli standard precisi affinché se ne possano agevolmente valutare i progressi nel corso del tempo e sia replicabile ovunque nel pieno rispetto delle condizioni geografiche, culturali e sociali dell'area interessata.

Questa tesi si pone l'obiettivo di rappresentare lo stato dell'arte delle attività di standardizzazione relative alla progettazione delle Smart Sustainable City, raccogliendo le informazioni e i dati presenti in letteratura riguardanti gli standard attualmente disponibili e la loro implementazione in alcune città del continente europeo.

In particolare, nel primo capitolo vengono presentati i paradigmi di *Internet of Things* (IoT) e di Smart City, evidenziandone i legami e le differenze, arrivando poi alla definizione formale di Smart Sustainable City. Nel secondo capitolo vengono introdotte le attività di standardizzazione attualmente in corso in questo ambito, gli enti di standardizzazione in gioco e alcuni dei loro standard maggiormente rilevanti in questo contesto. Il terzo e ultimo capitolo riporta tre casi studio relativi a tre città del continente europeo che hanno aderito al progetto *United for Smart Sustainable City* (U4SSC) [2] promosso dalle Nazioni Unite con il supporto della *International Telecommunication Union* (ITU) [3] il cui obiettivo è lo sviluppo di indicatori utili per la progettazione e la valutazione continua di una Smart Sustainable City i quali poi vengono raccolti per la creazione di veri e propri standard.

Capitolo 2

Internet of Things e Smart City

In questo capitolo si introduce progressivamente il concetto di Smart Sustainable City, dando inizialmente risalto alle differenze e ai legami presenti tra i concetti di Internet of Things e di Smart City: mentre il primo rappresenta l'insieme di tecnologie che permettono a qualunque tipo di oggetto di interfacciarsi con altri oggetti attraverso la rete Internet, il secondo rappresenta uno dei suoi principali campi applicativi, in cui i dispositivi IoT vengono utilizzati unitamente alle tecnologie ICT per la creazione di una rete di sottoreti interoperabili, ciascuna dedicata alla creazione o al miglioramento di un servizio urbano. Nei primi due paragrafi viene dunque introdotto il paradigma Internet of Things e ne vengono presentate alcune definizioni formali. Si prosegue introducendo il concetto di Smart City nel terzo paragrafo e si arriva progressivamente alla presentazione del concetto di Smart Sustainable City, che rappresenta il fulcro attorno a cui ruotano i capitoli successivi.

2.1 Introduzione al paradigma Internet of Things

Nel periodo a cavallo tra i due millenni, nel campo delle telecomunicazioni wireless si è diffuso un nuovo paradigma di comunicazione, l'*Internet of Things* (IoT), originariamente proposto da Kevin Ashton nel 1998, che ha guadagnato sempre più popolarità e attenzione da parte del mondo accademico e di quello industriale nel corso degli anni [4].

L'idea alla base di questo paradigma è la presenza pervasiva di oggetti attorno a noi capaci, attraverso l'uso di protocolli dotati di un'interfaccia di comunicazione, di interagire tra loro e cooperare con oggetti vicini e con l'utente al fine di raggiungere uno specifico obiettivo, tramite raccolta, condivisione e rappresentazione di dati [5].

Una prima proposta di architettura di rete per oggetti IoT, in cui oggetti comuni erano muniti di ricetrasmittenti a corto raggio, è stata proposta da EPCglobal [4], con il supporto di Auto-ID Labs [6]. Quest'ultimo è un network mondiale di laboratori di ricerca accademici nel campo delle *Radio-Frequency Identification* (RFID), una tecnologia di identificazione automatica che consente di 'etichettare' gli oggetti tramite identificativi univoci sulla base di onde elettromagnetiche interpretabili solo da specifici lettori RFID [7]. La tecnologia RFID è stata concepita con l'obiettivo di consentire la comunicazione tra oggetti [8]. La definizione di IoT data da Auto-ID Labs si riferisce infatti a una rete di dispositivi RFID [5].

In [5] sono proposti tre temi fondamentali che offrono tre punti di vista differenti dai quali poter osservare e definire il paradigma IoT.

Il primo è incentrato sugli oggetti veri e propri e sulla loro comunicazione a livello fisico, tramite segnali elettromagnetici. Questa è stata la prospettiva iniziale dalla quale si è partiti per una

prima concettualizzazione del paradigma, proprio perchè i dispositivi RFID comunicano attraverso lo scambio di segnali elettromagnetici. In questo ambito, sono stati proposti nel tempo diversi standard e tecnologie, come la *Near Field Communications* (NFC), che rappresenta l'evoluzione dell'RFID e ha permesso lo sviluppo di servizi oggi usati quotidianamente, come il pagamento contactless [9]. Altre tecnologie di questo tipo sono IEEE 802.15.4, che definisce il livello fisico per i dispositivi a limitato consumo energetico, il più noto Bluetooth e la sua versione a basso impatto energetico, il Bluetooth Low Energy [10].

Il secondo tema fondamentale proposto in [5] è quello che considera il paradigma IoT dal punto di vista della connessione a Internet degli oggetti, promossa dalla *IP for Smart Objects* (IPSO) *Alliance* [11], che propone l'*Internet Protocol* (IP) come tecnologia di rete per interconnettere gli oggetti IoT in tutto il mondo. Questo protocollo connette già una grande quantità di dispositivi di comunicazione e può essere utilizzata anche su piccoli dispositivi a basso consumo energetico, come i dispositivi IoT. Esistono due versioni del protocollo IP, IPv4 e IPv6. La prima è quella attualmente più utilizzata sulla rete Internet, di cui però la *Internet Assigned Numbers Authority* (IANA) ha annunciato già da diverso tempo l'esaurimento dei blocchi di indirizzi. Considerando che le reti IoT immetteranno nella rete miliardi di dispositivi in più oltre a quelli già presenti, si avrà la necessità di ulteriori indirizzi IP per poter identificare univocamente ogni singolo dispositivo connesso in rete. Questo problema può essere superato attraverso l'adozione del protocollo IPv6, che utilizza indirizzi IP a 128 bit e quindi permette di assegnare un indirizzo univoco a un numero molto maggiore di dispositivi rispetto al protocollo IPv4, che utilizza indirizzi da 32 bit. Il protocollo IPv6 non può essere utilizzato direttamente sui dispositivi IoT poiché questi sono tecnicamente limitati, perciò si utilizza la sua versione semplificata, il protocollo 6LoWPAN, che stabilisce un formato compresso dell'indirizzo IPv6 e dei suoi header UDP, al fine di poterlo utilizzare per la comunicazione tra dispositivi con limitate capacità di elaborazione [10].

Una delle sfide che si presenta nella costruzione di una rete IoT urbana, quindi di grandi dimensioni, è quella di trovare una soluzione per la rappresentazione, l'immagazzinamento e l'organizzazione delle informazioni generate dall'elevato numero di dispositivi che costituiscono una rete IoT. Questo rientra nel terzo tema fondamentale proposto in [5], quello relativo ai dati e alla loro semantica, i quali svolgono un ruolo fondamentale in qualunque tipo di rete, in quanto consentono una corretta comunicazione tra i dispositivi che la costituiscono. Solitamente i dati scambiati sulla rete sono accompagnati da una descrizione del contenuto dei dati trasferiti, effettuata tramite l'utilizzo di appositi linguaggi per la rappresentazione semantica, il più utilizzato dei quali è l'*eXchange Markup Language* (XML), i cui dati hanno però una dimensione troppo elevata in relazione alle limitate capacità di archiviazione dei dispositivi IoT. Per questa ragione, il *World Wide Web Consortium* (W3C) ha proposto l'uso dell'*Efficient XML Interchange* (EXI), che rende possibile il supporto e la generazione di messaggi in formato compatibile con l'XML anche da parte di dispositivi tecnicamente molto limitati [10].

L'insieme di questi tre sottoinsiemi converge nel paradigma IoT [5], come illustrato in Fig. 2.1.

2.2 Definizione di Internet of Things

Nonostante la popolarità del paradigma, l'IoT non possiede una definizione formale globalmente accettata. Ne esistono molte, a testimonianza del grande interesse sul tema proveniente soprattutto da enti di standardizzazione internazionale e aziende del campo ICT, ciascuna delle quali fornisce una propria definizione di IoT sulla base dei propri ambiti d'interesse, contribuendo così ad

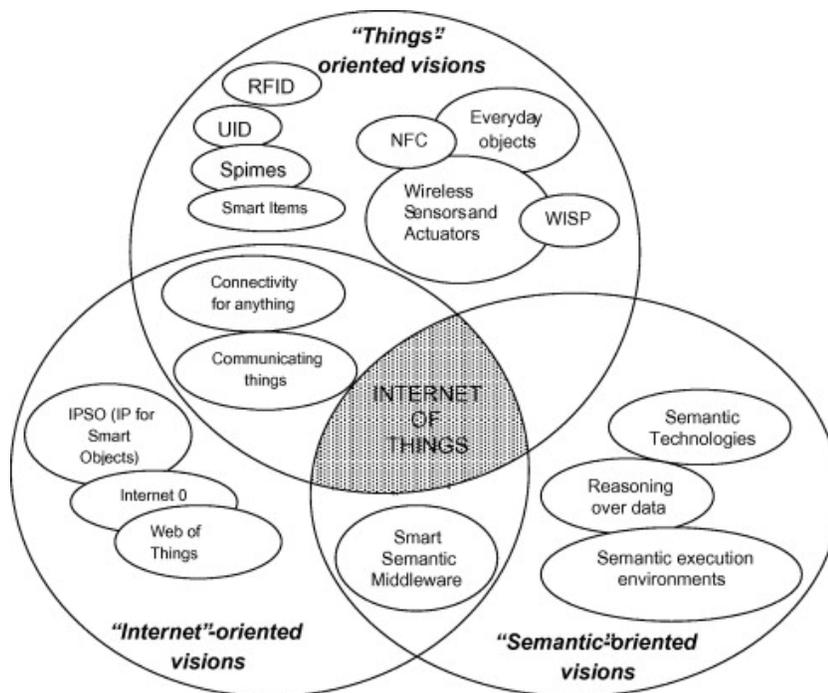


Figura 2.1: Paradigma Internet of Things come risultato della convergenza di prospettive diverse [5]

accrescere le difficoltà nel trovarne una universale. Un'ulteriore difficoltà proviene dalle infinite possibilità d'applicazione offerte da questo paradigma [5].

Come presentato in [12], "Internet of Things" indica una "rete globale di oggetti interconnessi univocamente identificabili, sulla base di protocolli standard di comunicazione". Ciò implica il coinvolgimento di una vasta quantità di oggetti eterogenei [5].

Tra le definizioni prodotte da enti di standardizzazione internazionale, c'è quella dell'*International Telecommunication Union (ITU)* [13], che definisce l'IoT come "un'infrastruttura globale che abilita servizi avanzati attraverso l'interconnessione di oggetti (fisici e virtuali) sulla base delle attuali e future tecnologie nel campo delle *Information and Communication Technology (ICT)*". In essa viene enfatizzata la distinzione tra "oggetti fisici", come le apparecchiature elettroniche, che sono tangibili e possono essere attuati e connessi, e "oggetti virtuali", ovvero quelli del mondo dell'informazione, come contenuti multimediali e software applicativi, che possono essere identificati delle reti di comunicazione, immagazzinati, processati e consultati [13].

Altri due enti di standardizzazione internazionale, l'*International Standard Organization (ISO)* e l'*International Electrotechnical Commission (IEC)* hanno definito l'IoT come "un'infrastruttura di oggetti, persone, sistemi e risorse informative connessi a servizi intelligenti che permettano loro di processare informazioni del mondo fisico e di quello virtuale e di intraprendere determinate azioni in base a esse" [14].

Tra le definizioni provenienti da aziende private in campo ICT la più rilevante è quella fornita da Cisco, che definisce l'IoT come [15] "un ecosistema di dispositivi o oggetti connessi per scambiare informazioni rilevanti senza che sia necessario l'intervento umano, permettendo di intraprendere un processo decisionale intelligente basato su certe condizioni prestabilite".

Il consorzio CASAGRAS [11] ha una visione che va oltre le specifiche tecnologie, proponendo "un mondo in cui gli oggetti possano comunicare automaticamente con i computer e tra di essi per fornire servizi volti al benessere del genere umano", in una visione di IoT come un'infrastruttura

globale capace di connettere attraverso la rete Internet oggetti fisici e virtuali. In tal senso, l'IoT diventa l'architettura naturale per lo sviluppo di specifici servizi e applicazioni, caratterizzate da un'elevata autonomia nella raccolta dati e nel loro trasferimento, così come nella connettività e nell'interoperabilità con la rete.

In tutte le definizioni, i termini ricorrenti sono *infrastruttura o rete, oggetti, servizi e connessi o interconnessi*, i quali indicano la natura di questo paradigma: un insieme di oggetti che possono essere interconnessi attraverso la rete Internet, formando una rete che può essere utilizzata per la fornitura di servizi di qualunque genere.

2.3 Applicazione dell'IoT: le Smart City

L'IoT è una tecnologia onnipresente e che diventerà sempre più pervasiva in futuro. Una delle sue principali applicazioni saranno le Smart City [16].

L'obiettivo ultimo dell'integrazione nell'ambiente urbano dei dispositivi IoT è un miglior utilizzo delle risorse pubbliche attraverso l'incremento della qualità dei servizi offerti e la riduzione dei costi necessari per la loro erogazione [17]. Le soluzioni smart aiutano nell'ottimizzazione dell'efficienza e della qualità dei servizi urbani tramite l'ausilio delle tecnologie ICT [18].

La rete IoT deve essere in grado di incorporare in modo trasparente e senza soluzione di continuità un gran numero di dispositivi terminali, fornendo al tempo stesso il libero accesso a specifici insiemi di dati per favorire lo sviluppo di una moltitudine di servizi digitali [10].

L'applicazione del paradigma IoT in contesto urbano è di particolare interesse, in quanto risponde alla forte spinta di molti governi nazionali nell'adozione delle soluzioni ICT per facilitare la gestione pubblica e realizzare il concetto di Smart City [10].

Il termine Smart City è stato usato per la prima volta negli anni '90 e si focalizzava sulla rilevanza delle nuove tecnologie ICT nelle moderne infrastrutture urbane. Il *California Institute for Smart Communities* è stato tra i primi a ragionare su come progettare le città per implementare al loro interno le tecnologie ICT [19].

C'è ancora confusione su cosa effettivamente sia una Smart City, specialmente perché termini simili sono usati in modo intercambiabile [19].

Smart City è prima di tutto un concetto, che descrive un luogo in cui le reti e i servizi tradizionali vengono resi più efficienti, flessibili e sostenibili attraverso l'uso delle tecnologie ICT al fine di migliorare la vita dei cittadini e la qualità dei servizi, ma non esiste ancora una sua definizione chiara e consistente [20].

Ci sono molte definizioni differenti di Smart City, ciascuna focalizzata su alcuni aspetti piuttosto che su altri, dalle quali risulta evidente che il concetto di Smart City non è limitato alla mera diffusione delle soluzioni ICT, nonostante queste costituiscano un elemento chiave per il suo sviluppo. Infatti dal punto di vista tecnico una Smart City è una città con una grande presenza di soluzioni ICT, ma l'idea di base è che tali tecnologie devono adattarsi alle esigenze dei cittadini per poterne migliorare la qualità della vita all'interno dell'ambiente urbano [19].

In [19] viene spiegato come risulti difficile definire univocamente il concetto di "Smart City" in quanto questo è costituito dalla sovrapposizione di concetti simili ma focalizzati su un numero minore di aspetti, più specifici e meno inclusivi, come "intelligent city", "digital city" o "ubiquitous city". Una "digital city" è un ambiente basato sulla condivisione di dati e informazioni al suo interno. L'"intelligent city" è una "digital city" in cui viene aggiunta la componente della conoscenza per poter sviluppare ulteriormente le tecnologie utilizzate e tramite queste migliorare la vita nella società. La "ubiquitous city" è un'ulteriore estensione della "digital city", in cui chiunque può usufruire

di un qualsiasi servizio ovunque, in qualsiasi momento e tramite qualsiasi dispositivo. Procedendo tramite ulteriori estensioni, si arriva al concetto di "smart city" che a differenza degli altri include la componente delle persone che popolano la città, fornendo loro il ruolo di protagonisti che danno forma alla città attraverso l'interazione continua. La creatività e il livello di istruzione delle persone hanno ruoli chiave all'interno di una Smart City.

I settori urbani in cui l'IoT può contribuire nello sviluppo di una Smart City sono molteplici. I principali sono quelli illustrati in Fig. 2.2, ovvero quelli presi in considerazione dal progetto European Smart Cities [21], ideato da R. Giffinger [22] per favorire la competitività e il confronto tra le soluzioni smart adottate dalle città.

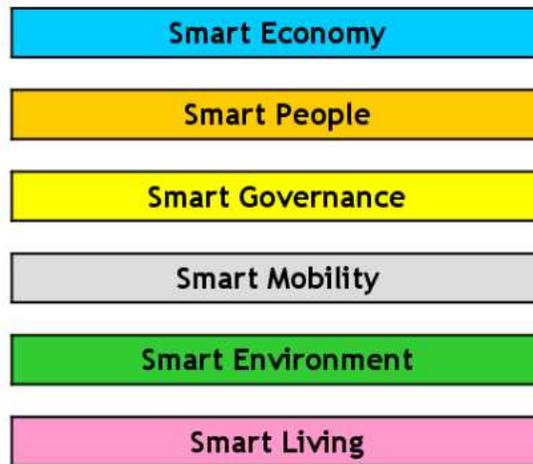


Figura 2.2: Caratteristiche di una Smart City [22]

Il progetto prende in considerazione città di medie dimensioni, spesso ignorate da progetti ed esperimenti in ambito Smart City in favore delle principali metropoli globali, nonostante siano le città che accolgono la maggior parte della popolazione mondiale [22]. La classifica di queste Smart City è basata su un insieme completo di indicatori e offre un innovativo punto di vista sulle città europee di medie dimensioni, sulle loro differenze e sui loro relativi vantaggi e svantaggi [22].

Tra le città prese in considerazione nel progetto è presente anche Padova, classificata al 61esimo posto su un totale di 77 partecipanti, i cui risultati sono illustrati in Fig. 2.3

2.4 Smart Sustainable City

Un problema con il concetto di Smart City è la sua mancata considerazione degli aspetti urbani riguardanti la sostenibilità. La sua propensione nel privilegiare gli aspetti tecnologici della città è stata oggetto di pesanti critiche da parte di chi riteneva che un tale concetto di Smart City non prestasse sufficiente attenzione alle esigenze dei cittadini e dell'ambiente e non contribuisse quindi allo sviluppo sostenibile delle città [18].

Il concetto di sostenibilità non comprende soltanto quella ambientale. La sua definizione originale del 1987, da parte della *World Commission on Environment and Development* (WCED) [24] poggia su tre pilastri: sostenibilità sociale, ambientale ed economica. Questa potrebbe essere oggi considerata obsoleta, in quanto le esigenze di una società altamente digitalizzata sono differenti [18].

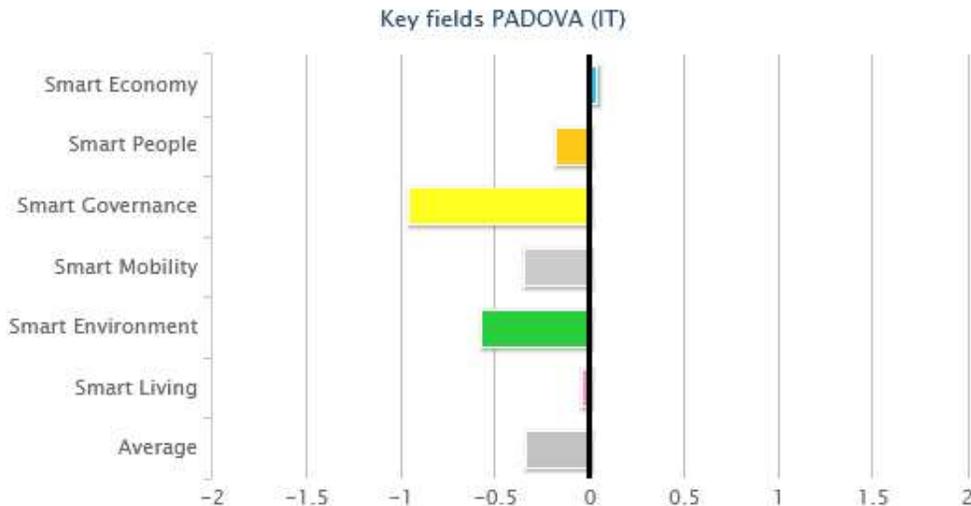


Figura 2.3: Risultati generali ottenuti da Padova nel progetto European Smart City [23]

Una versione più recente del concetto di sostenibilità è fornita da ITU in [25], in cui si stabilisce che la sostenibilità di una Smart City è basata su quattro aspetti principali: economico, sociale, ambientale e amministrativo. Tramite questi, una Smart City è in grado di fornire servizi in modo indiscriminato per il benessere di tutti i cittadini, di garantire la stabilità sociale e la giustizia e di rispettare e proteggere l'ambiente naturale.

Come compromesso alle suddette criticità presenti nel concetto di Smart City è stato proposto di recente il concetto di *Smart Sustainable City* (SSC) [18], che può essere visto come un'ulteriore estensione del concetto di Smart City dato nel paragrafo 2.3, al quale viene aggiunto il criterio della sostenibilità in tutte le sue forme.

La definizione formale di SSC è stata proposta da ITU, all'interno della sua raccomandazione Y.4900/L.1600 [25] che definisce gli indicatori standard da utilizzare per misurare le performance di una SSC. Secondo tale definizione, una SSC è "una città innovativa che utilizza le tecnologie per l'informazione e la comunicazione (ICT) e ulteriori mezzi al fine di migliorare la qualità della vita, l'efficienza dei servizi urbani e la competitività, assicurando al tempo stesso di andare incontro alle esigenze delle generazioni presenti e future riguardo gli aspetti economici, sociali, ambientali e culturali" [25].

Questo nuovo concetto emergente ha un ampio raggio d'azione e combina i concetti di sostenibilità urbana e intelligenza urbana, enfatizzando il fatto che entrambi dovrebbero essere presi in considerazione simultaneamente [18].

La nascita di questo concetto si è resa necessaria in quanto col passare degli anni diventa sempre più urgente la necessità di agire in modo sostenibile per poter affrontare nel modo migliore possibile il grave problema del cambiamento climatico. La rapida urbanizzazione e la continua crescita della popolazione mondiale fornisce alle città un ruolo centrale nel combattere questo problema [18]. Infatti, il report della *United Nations Environmental Programme* (UNEP)[1] stima che nel 2050 il 66% della popolazione mondiale vivrà nelle città, rispetto al 54% attuale. Ciò significa quantitativamente un aumento di 2,4 miliardi di persone residenti in ambienti urbani, i quali occupano meno del 2% della superficie terrestre ma consumano più del 75% delle risorse naturali disponibili a livello globale. La transizione verso città che rispettino la definizione di SSC è considerata essenziale per il raggiungimento dell'11° dei 17 *Sustainable Development Goal* (SDG) [26] proposti nel 2015 dalle

Nazioni Unite nel contesto della *2030 Agenda for Sustainable Development* [27] con l'obiettivo di fornire un piano globale per lo sviluppo di una società sostenibile.

Ogni singolo goal tratta ambiti diversi e, in particolare, il numero 11 fornisce indicatori per lo sviluppo sostenibile delle future città, puntando a "rendere le città inclusive, sicure, resilienti e sostenibili" [28].

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



Figura 2.4: Sustainable Development Goals [28]

Capitolo 3

Attività di standardizzazione in ambito Smart Sustainable City

In questo capitolo viene presentato lo stato dell'arte delle attività di standardizzazione relative alle Smart Sustainable City. Gli standard sviluppati in questo ambito sono costituiti da indicatori per la valutazione dei progressi delle città, dunque si parte con una loro introduzione all'interno del primo paragrafo. Successivamente, dopo una breve presentazione delle motivazioni che hanno portato alla necessità di sviluppare degli standard specifici per questo tipo di realtà urbana, vengono presentati gli enti di standardizzazione attualmente al lavoro in questo contesto e alcuni dei loro standard di maggior interesse, con un loro breve confronto finale nell'ultimo paragrafo del capitolo.

3.1 Indicatori urbani

Gli indicatori sono per definizione [29] misure quantitative, qualitative o descrittive che forniscono informazioni su fenomeni complessi, come ad esempio un ambiente urbano dinamico, semplificandoli in modo tale da renderli facilmente comprensibili e utilizzabili.

Una continua attività di monitoraggio e valutazione del fenomeno sotto studio attraverso l'utilizzo di indicatori adeguati permette mostrare i suoi cambiamenti nel corso del tempo [30].

Gli indicatori urbani in particolare aiutano le città nella fase di impostazione dei loro obiettivi e nella fase di continuo monitoraggio delle loro prestazioni nel corso del tempo [29].

Con l'aumento esponenziale di dati urbani disponibili, si è resa necessaria la selezione di un numero relativamente ristretto di indicatori, denominati *Key Performance Indicator* (KPI), utili per fornire agli amministratori cittadini un'istantanea della propria città, permettendo di visualizzare in modo rapido e comprensibile le sue prestazioni in diverse aree specifiche e conseguentemente di valutare i suoi progressi verso il raggiungimento degli obiettivi prefissati [18].

La ITU-T fornisce all'interno dei suoi standard [31] sei principi fondamentali sui quali deve essere basata l'attività di selezione dei KPI:

- **Esaustività:** l'insieme di indicatori deve coprire tutti gli aspetti della Smart Sustainable City e riflettere il livello di evoluzione globale raggiunto riguardo alcuni aspetti particolari.
- **Comparabilità:** i KPI devono essere definiti in modo tale che i dati possano essere comparati tra loro attraverso le diverse fasi dello sviluppo della città.
- **Reperibilità:** i KPI devono essere misure quantitative e l'intera cronologia dei dati raccolti deve essere disponibile e facile da raccogliere.

- **Indipendenza:** i KPI nello stesso ambito devono essere indipendenti o quasi eterogenee. La sovrapposizione di KPI deve essere evitata il più possibile.
- **Semplicità:** il significato di ciascun indicatore deve essere semplice e di facile comprensione. Anche il calcolo dei dati associati ad un indicatore deve risultare intuitivo e di semplice realizzazione.
- **Tempestività:** abilità di realizzare KPI relativamente a problemi emergenti durante la costruzione della Smart Sustainable City [31].

Le città utilizzano gli indicatori come supporto nelle attività decisionali, soprattutto quando sono presenti diverse alternative tra cui scegliere. [18].

In generale, gli indicatori urbani sono applicabili all'interno delle città per un'ampia varietà di scopi. La selezione di quelli più adatti, svolta dall'amministrazione comunale, è un'attività di fondamentale importanza in quanto un uso improprio degli indicatori urbani può avere conseguenze significative.

Si tratta però di un'attività complessa che richiede conoscenze specifiche approfondite, le quali solitamente mancano all'interno di un municipio [18].

I KPI per le SSC possono riguardare diversi aspetti di una SSC, come l'infrastruttura ICT, i servizi di fornitura elettrica e idrica, il sistema di trasporti, la qualità dell'aria e delle aree verdi, l'istruzione, la sanità e molto altro. KPI specifici possono riguardare per esempio la valutazione della copertura 4G nell'intera area urbana, la diffusione di contatori elettrici e idrici intelligenti per la misurazione dei consumi, la percentuale di riciclo dei rifiuti urbani e l'estensione della rete di trasporto pubblico. Questi sono soltanto alcuni degli indicatori utilizzati per la valutazione di una SSC, maggiori dettagli sono forniti nel capitolo 4.

3.2 Importanza della standardizzazione

Al centro di qualunque transizione urbana verso un ambiente maggiormente innovativo e sostenibile c'è la necessità di servizi che siano interoperabili, accessibili, scalabili ed energeticamente efficienti. La standardizzazione è la chiave per garantire questo tipo di risultati [32].

Gli standard internazionali possono fornire una guida fondamentale tramite raccomandazioni tecniche e normative che gli amministratori urbani possono utilizzare per stabilire le priorità della città e implementare soluzioni innovative per accelerare la trasformazione digitale e rendere le comunità, le città e infine le nazioni più innovative e sostenibili [32].

L'interoperabilità è la chiave per assicurare la corretta integrazione di tecnologie diverse all'interno di un unico ambiente, la Smart Sustainable City. Gli standard agevolano questa necessaria interoperabilità e inoltre forniscono un quadro di riferimento per le transizioni delle città in Smart Sustainable City. Questi standard costituiscono una base per le città e le comunità dalla quale poter partire per implementare tecnologie affidabili, costruire ecosistemi integrati con tecnologie IoT e trarre beneficio dai dati risultanti. La loro applicazione permette alle città di ridurre i costi energetici e la quantità di emissioni di agenti inquinanti tramite edifici, reti elettriche e reti idriche smart. Inoltre, gli standard offrono le basi tecniche essenziali per le transizioni smart e sostenibili delle città e fornisce loro una guida di riferimento per innovarsi in modo efficiente e scalabile [32].

Gli indicatori vengono raccolti all'interno di un'unica struttura da parte dell'ente che li ha sviluppati e all'interno di essa vengono organizzati e suddivisi a seconda dei vari ambiti d'applicazione.

Esiste una grande varietà di tali strutture di indicatori, in quanto ciascun ente di standardizzazione o organizzazione privata ne crea una propria versione costituita dai propri indicatori. Queste possono poi essere utilizzate, con l'ausilio di ulteriori strumenti, per la valutazione della sostenibilità e/o dell'"intelligenza" di una città.

Per gli amministratori urbani risulta però molto difficile navigare tra le centinaia di indicatori presenti in ciascuna struttura e inoltre la scelta di quali indicatori utilizzare all'interno della propria città richiede conoscenze tecniche molto specifiche e approfondite. In aggiunta a tutto ciò, molti set di indicatori sono sviluppati per problemi e ambienti specifici e perciò non applicabili altrove.

La somma di tutte queste difficoltà non permette una rapida scelta degli indicatori, causando una catena di ritardi nello sviluppo e nell'implementazione delle soluzioni smart, rischiando perciò di trovarsi in una situazione in cui le soluzioni ICT scelte risultino già superate nel momento della loro implementazione all'interno del contesto urbano e che quindi diventino obsolete nel giro di pochi anni, portando a grandi inefficienze e a cattivi investimenti di soldi pubblici.

Tramite la standardizzazione degli indicatori urbani è possibile evitare tutti questi problemi, in quanto gli standard permettono un'armonizzazione degli indicatori, che vengono resi generici e applicabili in qualsiasi contesto urbano, e inoltre forniscono affidabilità e trasparenza ai metodi per il calcolo degli indicatori e per il confronto tra i risultati.

In questo modo gli standard costituiscono anche uno strumento tramite il quale confrontare i risultati ottenuti da città diverse, permettendo a città che aspirano a diventare delle Smart Sustainable City di analizzare i risultati ottenuti da città in contesti simili al proprio e perciò di scegliere più rapidamente le soluzioni smart da adottare e gli indicatori più adeguati per monitorare i propri progressi verso gli obiettivi prestabiliti [18].

3.3 Enti di standardizzazione

Nel contesto delle Smart Sustainable City la standardizzazione degli indicatori è stata introdotta soltanto di recente e la letteratura scientifica a riguardo è molto scarsa [18].

In [18] Huovila et al. forniscono una panoramica sullo stato dell'arte delle attività di standardizzazione degli indicatori nel contesto delle Smart Sustainable City. In particolare, risulta che i lavori in questo campo siano portati avanti da tre enti di standardizzazione internazionale:

- *International Organization for Standardization (ISO)*;
- *International Telecommunication Union (ITU)*;
- l'alleanza di enti europei formata da *European Committee for Standardization (CEN)*, *European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC)* e *European Telecommunications Standards Institute (ETSI)*.

3.3.1 ISO

La ISO è un'organizzazione internazionale indipendente e non governativa di cui fanno parte 167 enti nazionali di standardizzazione, ciascuno a rappresentanza della propria nazione d'appartenenza, attraverso i quali riunisce esperti da tutto il mondo con lo scopo di sviluppare standard internazionali volontari, consensuali, rilevanti sul mercato e che siano in grado di fornire soluzioni a problemi globali [33].



Figura 3.1: Logo ETSI [33]

Gli standard ISO sono sviluppati da parte di gruppi di esperti all'interno di commissioni tecniche, formate da rappresentanti del mondo dell'industria, delle organizzazioni non governative, dei governi e di altri settori di interesse. Ciascuna commissione tecnica si focalizza su un argomento specifico diverso, come ad esempio la gestione energetica, la qualità dell'acqua o la gestione intelligente dei sistemi di trasporto [34].

Un esempio è la commissione tecnica ISO/TC 268 denominata *Sustainable cities and communities*, creata nel 2012 e formata da esperti di urbanistica e di standardizzazione provenienti da più di 50 nazioni. È la commissione tecnica responsabile dello sviluppo della serie di standard ISO 37100, che ha l'obiettivo di aiutare le città nel definire i loro obiettivi di sostenibilità e nel mettere in atto le strategie necessarie per raggiungerli [34].

Gli standard ISO forniscono alle città un quadro generale attraverso cui poter definire e comprendere cosa significhi per esse diventare smart e come poter ottenere un tale risultato.

Ad esempio, lo standard ISO 37101 stabilisce i requisiti di base per lo sviluppo sostenibile delle comunità, aiutando le città nel determinare i propri obiettivi di sostenibilità e nel mettere in atto la strategia più adeguata per poterli raggiungere.

Questo standard è rivolto direttamente a coloro che gestiscono una città e tratta tutti gli aspetti che è necessario prendere in considerazione per farla diventare più sostenibile, come l'uso responsabile delle risorse, la gestione ambientale, la salute e il benessere dei cittadini, l'amministrazione, la mobilità e tanti altri [34].

Lo standard ISO 37101 è supportato da una varietà di altri standard che stabiliscono ad esempio la corretta terminologia da utilizzare e gli indicatori chiave necessari per la corretta valutazione delle prestazioni dei servizi urbani, offrendo dunque una guida specifica che permetta di sviluppare strategie adeguate e successivamente di implementarle in maniera corretta [34].

Tra questi, sono presenti gli standard ISO 37120 e ISO 37122, i quali forniscono rispettivamente indicatori per la valutazione delle prestazioni dei servizi urbani e della qualità della vita e indicatori per le Smart City.

Questi due standard sono di particolare interesse in questo elaborato e verranno analizzati in maniera più approfondita nel paragrafo 1.4.

In più, lo standard ISO 26000 *Guidance on social responsibility* aiuta le imprese e le istituzioni a operare in un modo socialmente responsabile, contribuendo così a migliorare lo stato di salute e di benessere della società [34].



Figura 3.2: Diagramma standard ISO per le Sustainable Cities [34]

ISO sviluppa standard per ogni specifica necessità urbana, coprendo una vasta gamma di problematiche rilevanti per le città in ottica Smart City come ad esempio:

- gestione energetica intelligente (ISO 17742);
- gestione intelligente dei sistemi di trasporto (ISO 39001, ISO 39002);
- gestione intelligente del sistema idrico (ISO 46001, ISO 24150);
- gestione di una connessione a Internet sicura e distribuita in tutta l'area urbana (ISO/IEC 27001, ISO/IEC 38500, ISO/IEC 30182);
- gestione intelligente delle infrastrutture edilizie urbane (ISO/TS 37151, ISO/TR 37152);
- gestione intelligente della sicurezza pubblica (ISO 22313) [34].

Un'efficace sintesi dell'insieme di standard ISO rilevanti all'interno dell'ambiente di una Smart City è presente in Figura 3.3.

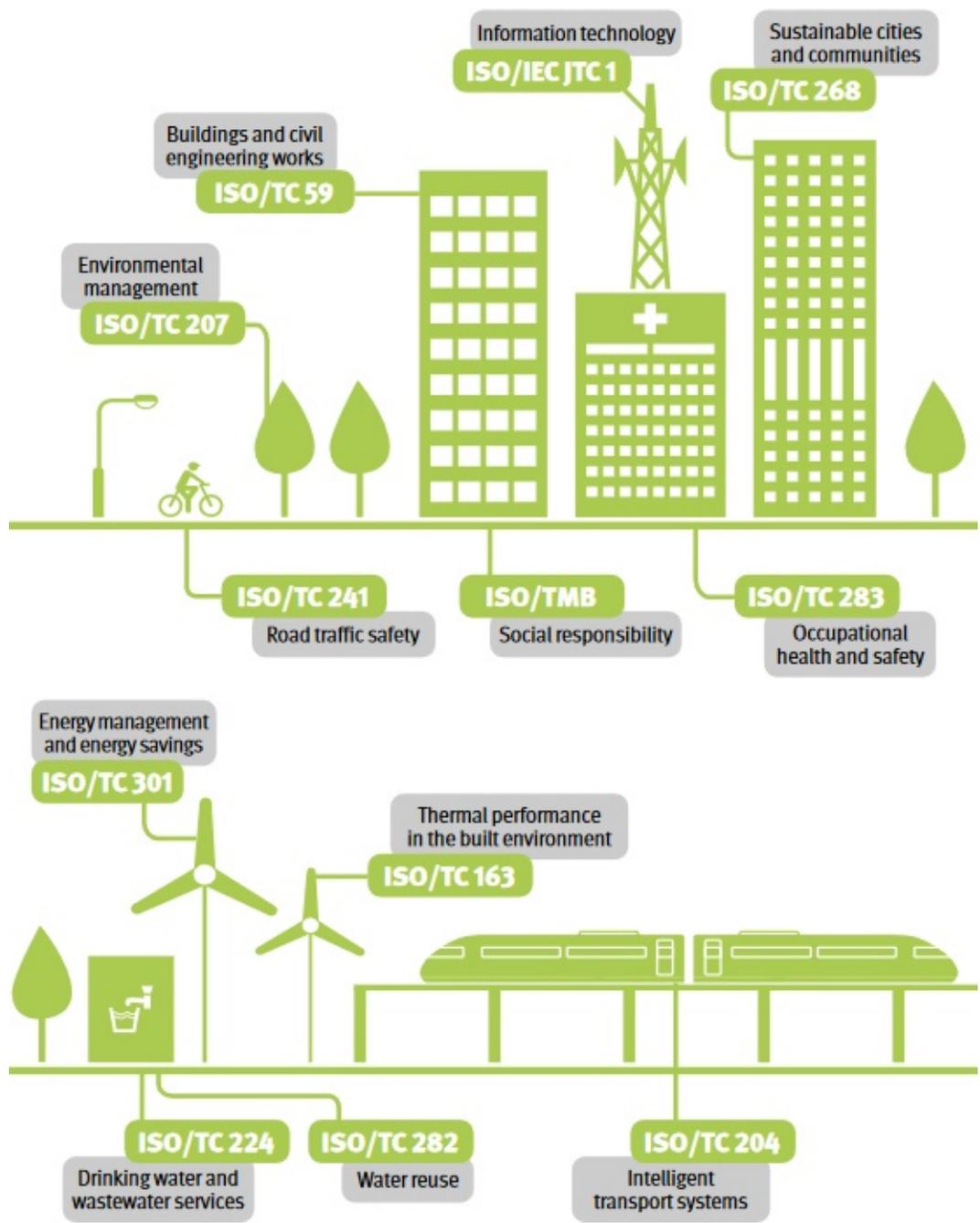


Figura 3.3: Mappa degli standard ISO [34]

3.3.2 ITU

L'*International Telecommunication Union* è l'agenzia delle Nazioni Unite specializzata in ambito ICT.



Figura 3.4: Logo ITU [3]

Fondata nel 1865 per promuovere la cooperazione tra le diverse reti telegrafiche internazionali dell'epoca, nel corso degli anni ha costantemente avuto un ruolo primario nello sviluppo di standard internazionali per le telecomunicazioni, standardizzando ad esempio l'utilizzo del codice Morse e le prime reti di telecomunicazione cablate e radio [3].

Oggi le sue attività sono organizzate in tre settori distinti: comunicazione radio, sviluppo e standardizzazione.

La gran parte del lavoro di ITU si svolge attraverso i cosiddetti '*gruppi di studio*', ognuno con obiettivi e competenze specifiche.

Il principale risultato prodotto dal lavoro di questi gruppi è l'istituzione di standard tecnici, i quali prendono il nome di '*recommendation*'[3].

Il ramo di ITU dedicato allo sviluppo di standard nel campo delle telecomunicazioni prende il nome di *ITU Telecommunication Standard Sector* (ITU-T) e riunisce esperti da tutto il mondo con il fine di sviluppare standard internazionali nel campo delle tecnologie ICT [35].

Al suo interno è presente un gruppo di studio dedicato allo sviluppo di tali standard, denominato '*ITU-T Study Group 20 - Internet of Things (IoT) and Smart Cities and Communities (SC&C)*' (SG20) [36], nato nel 2016 dal precedente '*ITU-T Focus Group on Smart Sustainable Cities*' (FG SSC) [37], il quale ha prodotto nel 2015 la definizione formale di Smart Sustainable City.

ITU-T SG20 è dunque responsabile dello sviluppo di standard internazionali che forniscano una guida universalmente riconosciuta per l'implementazione delle tecnologie IoT e delle sue applicazioni [36].

Il suo lavoro di standardizzazione ha portato alla pubblicazione di oltre 160 standard che supportano l'utilizzo dell'IoT e di altre tecnologie emergenti per affrontare al meglio le sfide poste dallo sviluppo urbano, applicabili negli ambienti urbani sviluppati così come nelle aree rurali.

Questi standard permettono quindi a comunità, governi e industrie di accelerare la trasformazione digitale delle proprie città [36].

Gli standard ITU-T SG20 sono rivolti alle problematiche legate all'implementazione delle tecnologie IoT in ambienti urbani, come ad esempio quelle legate all'aspetto dell'interoperabilità tra dispositivi diversi oppure quelle legate al soddisfacimento dei requisiti architettonici per permettere il supporto di tecnologie IoT diverse.

Inoltre specificano i requisiti necessari per la corretta implementazione dei sistemi IoT e per l'ottimizzazione della loro efficienza, aiutando così le città che li implementano nel semplificare la condivisione continua di dati tra i vari settori della città e nell'ottimizzare le capacità di elaborazione e gestione dei dati.

Ulteriori standard di questo gruppo di studio forniscono alle città delle KPI per diversi settori specifici come ambiente, sicurezza, trasporto, salute ed educazione, attraverso i quali gli amministratori urbani possono monitorare i progressi della città nella sua transizione in Smart Sustainable City [36].

Tra questi standard, tre sono di particolare rilevanza per quanto riguarda le Smart Sustainable City, ognuno dei quali fornisce indicatori focalizzati su aspetti differenti:

- ITU 4901 sull'utilizzo delle tecnologie ICT;
- ITU 4902 sull'impatto che l'implementazione delle tecnologie ICT hanno sulla sostenibilità;
- ITU 4903 sulla valutazione dei SDG [18].

Inoltre la ITU, affiancata dalla *United Nations Economic Commission for Europe* (UNECE), guida l'iniziativa *United 4 Smart Sustainable Cities* (U4SSC), tramite cui è stato sviluppato un manuale di KPI basato sullo standard ITU 4903 e direttamente connesso ai SDG, con l'obiettivo di realizzare casi studio nelle diverse città aderenti per avere riscontri riguardo la praticabilità degli indicatori.

Il suo fine ultimo è quello di realizzare un indice globale per le Smart Sustainable City [18].

L'iniziativa è attualmente supportata anche da ulteriori 14 organi delle Nazioni Unite [2].

3.3.3 CEN, CENELEC, ETSI



Figura 3.5: Loghi di CEN, CENELEC ed ETSI [38]

In Europa, le attività di standardizzazione in ambito Smart Sustainable City sono coordinate attraverso il lavoro comune di tre enti, CEN, CENELEC e ETSI, attraverso un loro organo di coordinamento denominato *Smart and Sustainable Cities and Communities Sector Forum* (SF-SSCC), creato nel gennaio 2017 [18].

CEN e CENELEC sono associazioni internazionali senza scopo di lucro che lavorano congiuntamente per sviluppare e definire gli standard che sono considerati necessari per sostenere la corretta attuazione della legislazione europea [39].

In particolare la CEN riunisce gli enti di standardizzazione nazionale di 34 paesi europei, fornendo loro una piattaforma per lo sviluppo di standard e documentazione tecnica relativa a vari tipi di prodotti, materiali, servizi e processi, supportando in questo modo l'attività di standardizzazione in una vasta gamma di campi e settori, tra cui quello dell'ICT [38].

Come CEN, anche CENELEC riunisce le commissioni nazionali di 34 paesi europei in campo elettrotecnico ed elabora standard per semplificare gli scambi commerciali tra i paesi aderenti, ridurre i costi e sostenere lo sviluppo di un singolo mercato europeo [40].

ETSI è riconosciuto come ente di standardizzazione regionale nel campo delle telecomunicazioni e delle reti e servizi di comunicazione elettronica. Inizialmente fondata per servire le esigenze

europee, i suoi standard sono oggi usati in tutto il mondo e conta più 900 membri da più di 60 paesi [41].

Fino ad ora, da parte di ETSI è stato pubblicato un insieme di indicatori per Smart Sustainable City sotto forma di insieme di specifiche tecniche riguardanti le KPI dedicate ai '*Sustainable Digital Multiservice Cities*' [18].

3.4 Standard per Smart Sustainable City

3.4.1 ISO 37120

Lo standard ISO 37120 è il primo standard internazionale per le città mai pubblicato dalla ISO e fornisce un insieme di indicatori per valutare i servizi di una città e la qualità della vita dei suoi cittadini. Pubblicato per la prima volta nel 2014, esso include 104 KPI riguardanti 19 diversi ambiti urbani, tutti di prioritaria importanza per una corretta valutazione delle prestazioni dei servizi offerti dalle città e della qualità di vita dei loro abitanti [42].

In particolare, attraverso i suoi indicatori è possibile valutare le prestazioni di una città in termini di sviluppo sostenibile e di resilienza, colmando il vuoto lasciato da altri insiemi di indicatori non standardizzati o che non permettono di effettuare comparazioni tra città diverse.

Questo standard fornisce una metodologia esaustiva che permette di valutare le prestazioni di città di qualunque dimensione in termini di sviluppo sostenibile (economico, ambientale e sociale) e quindi anche di poter confrontare i risultati ottenuti da città diverse.

I suoi indicatori sono strutturati attorno a diverse tematiche a seconda dei diversi settori e dei servizi offerti da una città: Economia, Istruzione, Energia, Ambiente, Finanza, Pronto intervento, Amministrazione, Salute, Svago, Sicurezza, Rifiuti solidi, Telecomunicazioni e innovazione, Trasporto e Pianificazione urbana, Acque reflue, Acqua e Servizi igienici.

L'insieme di indicatori è suddiviso in 46 indicatori *core*, vale a dire indicatori fondamentali e per questo di uso obbligatorio per la valutazione delle prestazioni di una città, e in altri 54 indicatori denominati *supporting*, ovvero indicatori di supporto il cui utilizzo nella valutazione è raccomandato ma non obbligatorio.

In aggiunta, ci sono ulteriori indicatori denominati *profile*, ovvero indicatori di contorno che forniscono statistiche e conoscenze di base [43].

Come riportato dal *World Council on City Data* (WCCD), lo standard ISO 37120 offre alle città dati quantitativi e comparabili a livello globale.

Avere dati standardizzati permette a qualsiasi città, di qualunque dimensione, di valutare e comparare i suoi progressi sociali, economici e ambientali anno dopo anno, sia internamente, a livello locale, sia in relazione ad altre città simili, della propria nazione ma anche di altre nazioni a livello globale [42].

La WCCD riconosce le città che implementano correttamente gli indicatori di questo standard, alle quali viene assegnato un certificato come quelli in figura 3.6 in base al numero di indicatori implementati.



Figura 3.6: Livelli di certificazione legati allo standard ISO 37120 [42]

3.4.2 ISO 37122

Questo standard internazionale descrive e stabilisce definizioni e metodologie per una serie di indicatori dedicati alle Smart City [44].

Secondo la WCCD [45], il concetto di Smart City è adottato da molte città in tutto il mondo, così come molti governi e organizzazioni internazionali hanno adottato lo sviluppo delle Smart City come priorità strategica fondamentale. Tuttavia, fino ad ora c'è stata una mancanza di coerenza globale attorno a tale concetto.

Gli specialisti ISO e la sua commissione tecnica *Technical Committee 268 (TC268)* hanno quindi riscontrato la necessità di sviluppare uno standard basato su indicatori urbani per le Smart City, arrivando così a sviluppare lo standard ISO 37122: *Sustainable Development of Communities - Indicators for Smart Cities*.

Questo standard va a integrare lo standard ISO 37120 stabilendo indicatori e definendo metodologie per la corretta valutazione di aspetti e procedure che consentano di aumentare drasticamente il ritmo con cui le città migliorano i propri risultati in termini di sostenibilità sociale, economica e ambientale.

Le città potranno in questo modo far fronte a sfide come quelle del cambiamento climatico, della rapida crescita della popolazione e delle instabilità economiche e politiche, migliorando radicalmente il modo in cui le città attuali si impegnano nella società e utilizzano i dati e le tecnologie moderne [44].

Questo standard internazionale, usato in parallelo con lo standard ISO 37120, supporta le città nelle attività di identificazione degli indicatori, di applicazione dei sistemi di gestione urbana e di implementazione delle norme riguardanti le Smart City al fine di:

- migliorare i servizi offerti ai cittadini;
- migliorare gli ambienti urbani ponendo le norme e le tecnologie al servizio dei cittadini;
- raggiungere gli obiettivi di sostenibilità in un modo più innovativo;
- individuare la necessità di disporre infrastrutture intelligenti;
- agevolare crescita e innovazione;
- costruire un'economia innovativa e dinamica che sia pronta per le sfide future [44].

Il continuo e rapido miglioramento dei servizi urbani e della qualità della vita è fondamentale per la definizione di una Smart Sustainable City e l'utilizzo congiunto di questi due standard fornisce un insieme completo di indicatori per valutare i progressi compiuti da una città verso il suo status di Smart Sustainable City [44].

I settori principali a cui si riferiscono gli indicatori di questo standard sono esattamente gli stessi considerati nello standard ISO 37120 e presentati in 3.4.1 [46].

Le città che ricevono una certificazione per la corretta adozione dello standard ISO 37120 e che fanno parte della rete globale della WCCD sono considerate idonee ai fini dell'attribuzione della certificazione ISO 37122, rappresentata in figura 3.7 da parte di WCCD, posizionandosi in questo modo alla guida delle attività globali di sviluppo riguardanti le Smart Sustainable City attraverso l'ausilio degli indicatori standardizzati, confrontabili e verificabili in modo indipendente sviluppati dalla ISO [45].

ISO 37122



WORLD COUNCIL
ON CITY DATA

EARLY ADOPTER

Figura 3.7: Logo ETSI [45]

3.4.3 ITU 4901, 4902, 4903

Lo standard ITU-T Y.4901 offre una guida generale dedicata alle città e fornisce le definizioni di KPI specifiche relative all'utilizzo delle tecnologie ICT nel contesto delle Smart Sustainable City.

In particolare, fornisce la descrizione dell'applicabilità delle KPI e più in dettaglio le definizioni, i criteri e le caratteristiche degli indicatori corrispondenti.

La valutazione di questi indicatori aiuta le città e le loro parti interessate a capire in che misura esse possano essere percepite come Smart Sustainable City. [31].

Lo scopo dell'identificazione delle KPI è quello di stabilire dei criteri attraverso i quali poter valutare i contributi dati dalle tecnologie ICT nel rendere le città più smart e più sostenibili, così come di fornire alle città i mezzi con cui poter valutare autonomamente i propri progressi. Infatti è auspicabile che le città possano quantificare i propri risultati in base ai propri obiettivi [31].

Gli obiettivi necessari per ottenere un ambiente urbano più smart e sostenibile differiscono da una città all'altra. Essendo gli indicatori *core* elencati in questo standard applicabili in qualsiasi contesto urbano, le città possono scegliere quelli più adatti, così come proporre altri totalmente nuovi, in base alle proprie condizioni ambientali e demografiche, al tasso di crescita della propria popolazione, alla propria posizione geografica ecc. [31].

Lo standard ITU-T Y.4902 fornisce anch'essa una guida generale per le città e fornisce le definizioni di KPI specifiche relative all'impatto che l'implementazione delle tecnologie ICT ha sulla sostenibilità nel contesto delle Smart Sustainable City [47].

Anche lo standard ITU-T Y.4903 fornisce una guida generale per le città e definisce KPI specifiche per le Smart Sustainable City al fine di supportarle nel raggiungimento dei Sustainable Development Goals. Questo standard è stato realizzato in collaborazione con UNECE e altre agenzie delle Nazioni Unite [48].

Gli standard ITU-T 4901 e ITU-T 4902 sono parte di una serie di standard che definiscono KPI e che comprende anche lo standard ITU-T Y.4900 che fornisce una panoramica delle KPI nel contesto delle Smart Sustainable City e il lo standard supplementare ITU-T Y-Suppl. 39 che fornisce informazioni sulle KPI e sui sistemi di valutazione per le Smart City [31] [47].

All'interno di questi standard viene specificato che la sostenibilità viene intesa come composizione di quattro aspetti principali:

- Economico: capacità di generare reddito e occupazione per il sostentamento degli abitanti.
- Sociale: capacità di assicurare che il benessere (sicurezza, salute, istruzione) dei cittadini sia distribuito in modo equo indipendentemente dalle differenze di classe sociale, etniche o di genere.

- Ambientale: abilità di proteggere la futura qualità e riproducibilità delle risorse naturali.
- Amministrativo: abilità di mantenere condizioni di stabilità sociale, democrazia, partecipazione e giustizia [31] [47].

Questi standard possono essere utilizzati da:

- Città e amministrazioni municipali, consentendo loro di sviluppare strategie e di comprendere i progressi effettuati relativamente all'utilizzo delle tecnologie ICT al fine di rendere le città più intelligenti e più sostenibili.
- Cittadini e organizzazioni senza scopo di lucro, permettendo loro di comprendere gli sviluppi e i progressi delle Smart Sustainable City, relativamente alle tecnologie utilizzate (ITU-T 4901) e al loro impatto sulla sostenibilità della città (ITU-T 4902).
- Organizzazioni che si occupano dello sviluppo e del funzionamento della Smart Sustainable City, aiutandoli nella condivisione delle informazioni relative all'utilizzo delle tecnologie ICT in città (ITU-T 4901) e al loro impatto sulla sostenibilità della stessa (ITU-T 4902).
- Organizzazioni di valutazione e accademie, supportandoli nella selezione delle KPI rilevanti per la valutazione del contributo apportato dall'utilizzo delle tecnologie ICT nello sviluppo delle Smart Sustainable City [31] [47].

3.4.4 ETSI TS 103 463

Lo standard di ETSI descrive una selezione di indicatori che possano svolgere la funzione di Key Performance Indicator tramite i quali tener traccia dei progressi fatti dalle città verso i loro obiettivi e monitorare quindi l'evoluzione di una città in Smart Sustainable City.

Gli indicatori urbani possono essere usati per mostrare in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi prefissati oppure in generale se questi sono alla portata.

Gli indicatori sono disposti secondo un quadro generale di sostenibilità che comprende tutti i suoi temi fondamentali, ovvero sociale, ambientale ed economica, ed è completata con specifici indicatori dedicati alle Smart City.

Sono stati selezionati un totale di 73 indicatori urbani, di cui 43 sono stati originariamente definiti all'interno dell'iniziativa europea CITYkeys [49].

3.5 Breve confronto tra standard

Gli standard presentati sono stati sviluppati da enti di standardizzazione differenti e perciò si prestano in modo naturale ad un confronto degli indicatori in essi contenuti. Nonostante ciò, esiste pochissima letteratura scientifica che analizzi e confronti gli indicatori presenti in questi standard.

La prima attività di analisi e confronto è stata effettuata da Huovila et al. in [18], in cui oltre ai sei standard presentati in questo elaborato viene inserito nel confronto anche il *Sustainable Development Goal 11* (UN SDG 11) elaborato dalle Nazioni Unite.

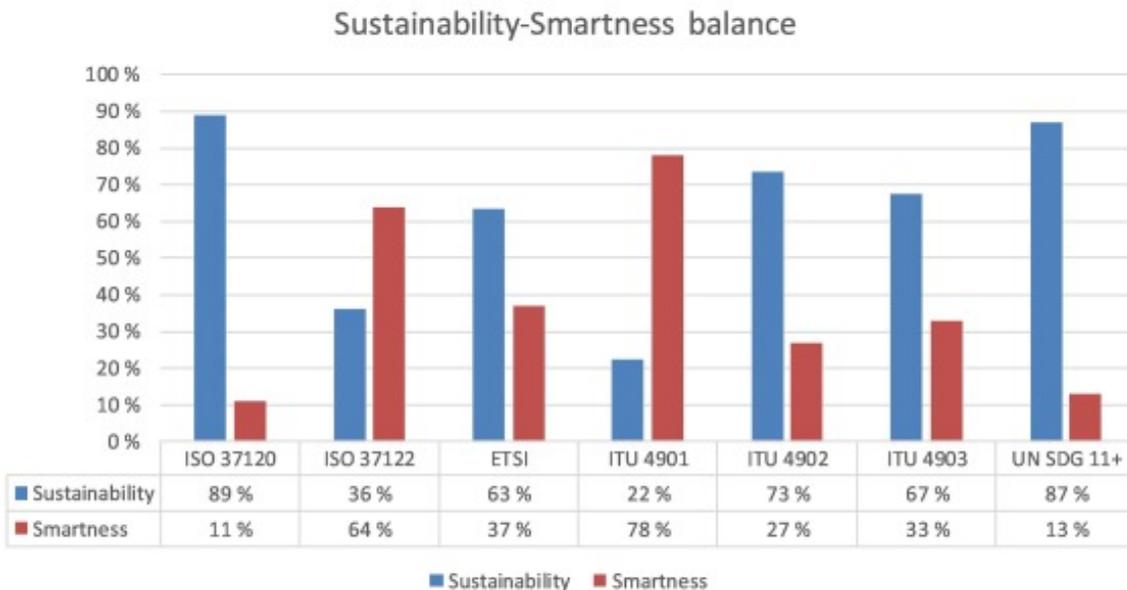


Figura 3.8: Grafici [18]

Dai risultati ottenuti in [18], visibili nel grafico in figura 3.8, emerge prima di tutto la conferma degli obiettivi iniziali degli standard ISO 37120 e UN SDG 11 di valutare la sostenibilità urbana, in quanto quasi il 90% degli indicatori di questi due standard verte sulla sostenibilità.

ITU 4901, d’altro canto, ha prevalentemente indicatori focalizzati sull’intelligenza dell’ambiente urbano, con un punteggio del 78%.

Per quanto riguarda i rimanenti quattro standard, questi sono più bilanciati tra i due aspetti: ISO 37122 ha il 64% degli indicatori incentrati sull’aspetto dell’intelligenza urbana, mentre lo standard ETSI e i rimanenti due standard di ITU, 4902 e 4903, hanno tra il 63% e il 73% di indicatori dedicati alla sostenibilità urbana [18].

In [18] viene effettuata anche un’analisi settoriale degli indicatori di questi standard, che mira a evidenziare verso quali settori urbani sono diretti maggiormente gli sforzi del lavoro di standardizzazione. Questa ha mostrato una differenza lampante riguardo la focalizzazione sul settore ICT: lo standard ITU 4901 possiede il 54% di indicatori dedicati a questo settore, seguito dallo standard ISO 37122 che ne possiede il 32%.

Un altro gruppo di standard, comprendente UN SDG 11, ISO 37120, ITU 4902 e ITU 4903, dedica molti indicatori ai settori riguardanti la salute, il benessere, la sicurezza, l’acqua, i rifiuti e l’economia [18].

Lo standard ETSI copre invece tutti i settori in modo bilanciato, con una percentuale di indicatori tra il 4% e il 16% per ciascun settore [18].

In generale, il settore meno rappresentato in questi standard è quello dell'energia, con una media del 5% di indicatori dedicati tra tutti gli standard. Questo costituisce un aspetto interessante, in quanto il settore energetico, insieme a quello dei trasporti e dell'ICT, costituiscono i capisaldi a livello settoriale della politica europea relativamente allo sviluppo di Smart City [18].

Una possibile spiegazione al fatto che il settore energetico sia sottorappresentato tanto negli standard relativi alle Smart City quanto in quelli relativi alle città sostenibili potrebbe essere legata al fatto che i suoi indicatori siano facilmente aggregabili in Joules e kWh, mentre alcuni aspetti sociali come salute, inclusione sociale e amministrazione sono problemi molto più complessi e di conseguenza necessitano di un maggior numero di indicatori [18].

Capitolo 4

Casi studio

In questo capitolo vengono presentate alcune città del continente europeo che hanno aderito al progetto *United for Smart Sustainable Cities (U4SSC)* [50]. Vengono prima presentate le finalità del progetto e il metodo con il quale vengono calcolati i punteggi delle prestazioni dei vari settori urbani da parte della U4SSC. Successivamente, per ogni città vengono mostrati i risultati ottenuti, dapprima in generale per poter avere una panoramica della situazione, per poi fornire i principali risultati ottenuti in alcuni degli ambiti di maggior interesse.

Si sottolinea inoltre che, nonostante nell'elaborato siano stati presentati più standard provenienti da enti di standardizzazione internazionale differenti, i casi studio riguardano soltanto città che hanno implementato i KPI presenti negli standard ITU-T. Questo è dovuto al fatto che in letteratura è pressochè assente documentazione ad accesso libero riguardante l'implementazione dei KPI presenti negli altri standard qui presentati. In particolare, per gli standard ETSI non sono ancora presenti casi studio documentati, mentre ISO non permette un libero accesso alla documentazione relativa ai casi studio da essa sviluppati.

4.1 Introduzione ai casi studio

Lo U4SSC è un'iniziativa promossa dalle Nazioni Unite che ha l'obiettivo di promuovere la standardizzazione, l'integrazione e l'interoperabilità delle tecnologie digitali all'interno delle città con il fine di renderle maggiormente innovative e sostenibili.

Attraverso tale progetto, sono state sviluppate una serie di *Key Performance Indicator (KPI)* per le *Smart Sustainable City (SSC)*, già descritte nel capitolo 2.

Approssimativamente un terzo dei KPI della U4SSC riguarda la digitalizzazione, mentre i restanti due terzi riguardano principalmente lo sviluppo sostenibile e l'impatto delle tecnologie ICT sull'ambiente. In questo modo la U4SSC costituisce un indispensabile punto di raccordo tra digitalizzazione e sviluppo sostenibile.

Le finalità di questo progetto sono quindi quelle di aiutare città di tutto il mondo a utilizzare la tecnologia come strumento per soddisfare al meglio gli interessi e le necessità dei cittadini e dell'ambiente. Per questo, i fattori che giocano un ruolo chiave all'interno di questo contesto sono quelli ambientali e socio-economici, infatti le KPI sono categorizzate in tre ambiti, "Economia", "Ambiente" e "Società e Cultura", rappresentati in Figura 4.1.



Figura 4.1: Ambiti delle KPI [50]

All'interno di questi ambiti principali, sono presenti sette sotto-ambiti:

- ICT
- Produttività
- Infrastrutture
- Ambiente
- Energia
- Educazione, Salute e Cultura
- Sicurezza, Soluzioni abitative e Inclusione Sociale [50]

I KPI sono poi ulteriormente suddivisi in indicatori **core** e **advanced**; i primi sono quelli che tutte le città dovrebbero essere in grado di riportare, in quanto forniscono un quadro di base riguardo i livelli di intelligenza e sostenibilità raggiunti dalla città, mentre gli altri forniscono informazioni sulla città a livello più dettagliato, misurandone i progressi raggiunti in iniziative di livello più avanzato.

Ciascun indicatore è stato scelto attraverso un processo di revisione svolto da esperti e da agenzie ONU per assicurare che i dati raccolti supportino i SDG nel contesto locale. I dirigenti urbani ottengono benefici da queste KPI in termini di pianificazione strategica e valutazione dei progressi della città verso gli obiettivi SSC locali. Gli indicatori permettono alle città di valutare le loro prestazioni nel tempo e di compararle con quelle di altre città, di usare i dati e gli approfondimenti raccolti come strumenti politici e per la definizione di processi decisionali informati.

Inoltre, attraverso l'analisi e la condivisione pubblica dei dati, le città sono in grado di diffondere le pratiche ottimali da adottare per far progredire le città verso il raggiungimento dei SDG.

Nell'ambito di questo progetto sono stati sviluppati dei criteri di riferimento per la gran parte dei KPI per sviluppare un quadro di rendicontazione con cui dimostrare alle città in che modo le loro prestazioni possono essere comunicate. Tali criteri sono stati stabiliti in base a diversi fattori, tra cui il pieno soddisfacimento di tutti i SDG previsti e la possibilità di confronto delle prestazioni con gli obiettivi fissati dalle agenzie ONU e con altri obiettivi internazionali.

Le prestazioni ottenute dalle città sono state poi suddivise in quattro fasce sulla base di questi criteri di riferimento per ciascun KPI, le quali sono riportate di seguito, dove le percentuali indicano il raggiungimento dell'obiettivo considerato:

- 0 - 33 % - 1 punto

- 33 - 66 % - 2 punti
- 66 - 95 % - 3 punti
- 95 - 100 % - 4 punti

I risultati ottenuti per ciascun KPI vengono sommati per ottenere un punteggio percentuale suddiviso per singole categorie, ambiti e sottoambiti e riportati in base ai punteggi di cui sopra.

Ad esempio, se una città riporta tutti i KPI di un gruppo da quattro, con punteggi rispettivamente 1, 3, 1 e 4 punti, il punteggio totale raggiunto è di 9 su 16, pari al 56.25%, ponendo questo gruppo di KPI nell'intervallo 33 - 66%, ottenendo dunque 2 punti [50].

4.2 Dimensioni dei KPI

La prima delle tre dimensioni dei KPI della U4SSC è quella dell'economia, in cui viene principalmente valutato il livello di implementazione delle tecnologie ICT. Una SSC necessita di infrastrutture ICT, cablate e non, per permettere lo sviluppo di applicazioni che agevolino il suo progresso, promuovano impegno civico e miglioramenti alla sostenibilità. Sotto tale dimensione sono anche presenti KPI che hanno lo scopo di aiutare ad analizzare il benessere economico generale e l'innovazione di una città valutando il supporto fornito dalle tecnologie ICT in questo processo [50].

• **Economia**

- **ICT:** KPI relativi a infrastruttura ICT, servizi idrici e igienico-sanitari, fornitura di energia elettrica, trasporti e settore pubblico. Il loro obiettivo è di valutare la disponibilità e l'utilizzo delle infrastrutture ICT che migliorino i servizi urbani.
- **Produttività:** KPI il cui obiettivo è di valutare l'utilizzo e l'impatto delle tecnologie ICT nello sviluppo economico delle città. Sono relativi a innovazione, creazione di posti di lavoro, commercio e produttività, valutando l'adozione da parte delle città delle tecnologie ICT che supportano lo sviluppo socio-economico.
- **Infrastrutture:** KPI relativi a gestione dei rifiuti, fornitura di energia elettrica, trasporti, edifici e pianificazione urbana. Inoltre sono presenti anche qui dei KPI relativi a servizi idrici e igienico-sanitari. Il loro obiettivo è di valutare quale impatto ha l'utilizzo delle tecnologie ICT sulle infrastrutture urbane, sullo sviluppo e sulla sostenibilità delle città [50].

La seconda dimensione è quella relativa all'ambiente. Viene valutato il supporto che le tecnologie ICT forniscono ai servizi ambientali urbani e al miglioramento della qualità ambientale complessiva delle città, della sostenibilità ambientale e dell'efficienza energetica. L'utilizzo efficiente delle risorse attraverso l'aiuto delle tecnologie ICT è di fondamentale importanza per il raggiungimento di obiettivi di sostenibilità ambientale a lungo termine per tutte le città che aspirano a diventare SSC [50].

• **Ambiente**

- **Ambiente:** KPI relativi a qualità dell'aria, servizi idrici e igienico-sanitari, gestione dei rifiuti, qualità dell'ambiente e degli spazi pubblici.

- **Energia:** KPI il cui obiettivo è di valutare l'utilizzo di fonti di energia rinnovabile e sostenibile, l'efficienza energetica delle città e le misure di riduzione dei consumi energetici.

La terza dimensione è relativa alla società e alla cultura. Viene valutata la qualità di vita dei cittadini e il grado di implementazione delle tecnologie ICT nei settori dell'istruzione, della sanità e della sicurezza pubblica. Questi KPI hanno l'obiettivo di valutare l'impatto che hanno le tecnologie ICT nella promozione dell'equità urbana, nella partecipazione dei cittadini e nel miglioramento dell'inclusività sociale.

Si pone molta enfasi sullo sviluppo delle fondamenta su cui creare piattaforme elettroniche, per i pubblici e per i privati, che pongano le basi per un'amministrazione urbana più trasparente ed efficiente e per una maggiore inclusività dei cittadini quali portatori di interesse principali all'interno dei processi decisionali della città [50].

- **Società**

- **Istruzione, Salute e Cultura:** KPI che hanno l'obiettivo di valutare l'impatto che le tecnologie ICT hanno nel miglioramento della qualità della vita dei cittadini.
- **Sicurezza, Abitazioni e Inclusione sociale:** KPI relativi alla sicurezza del cibo, degli alloggi e dei centri abitati e all'inclusione sociale.

Le città di Valencia (ES), Pully (CH) e Alesund (NO) hanno deciso di aderire a questo progetto guidato da ITU considerando obiettivi e soluzioni proposti dalla U4SSC. I progetti di queste tre realtà urbane molto diverse tra loro le aiuteranno a valutare e comparare il loro grado di digitalizzazione e sostenibilità.

Ci si aspetta che i risultati che verranno ottenuti da questi progetti siano d'esempio per lo sviluppo delle SSC, e che fungano da stimolo per gli amministratori urbani di altre realtà simili per dimensioni e capacità a quelle qui presentate nel momento in cui studieranno le strategie per trasformare la loro realtà urbana in una SSC.

Portando avanti questi progetti, Valencia, Pully e Alesund possono dimostrare i loro progressi verso il raggiungimento dei SDG e migliorare progressivamente l'utilizzo delle tecnologie ICT attraverso una revisione periodica interna [50].

4.3 Valencia, Spagna



Abitanti: 795 736

Estensione: 138.35 km²

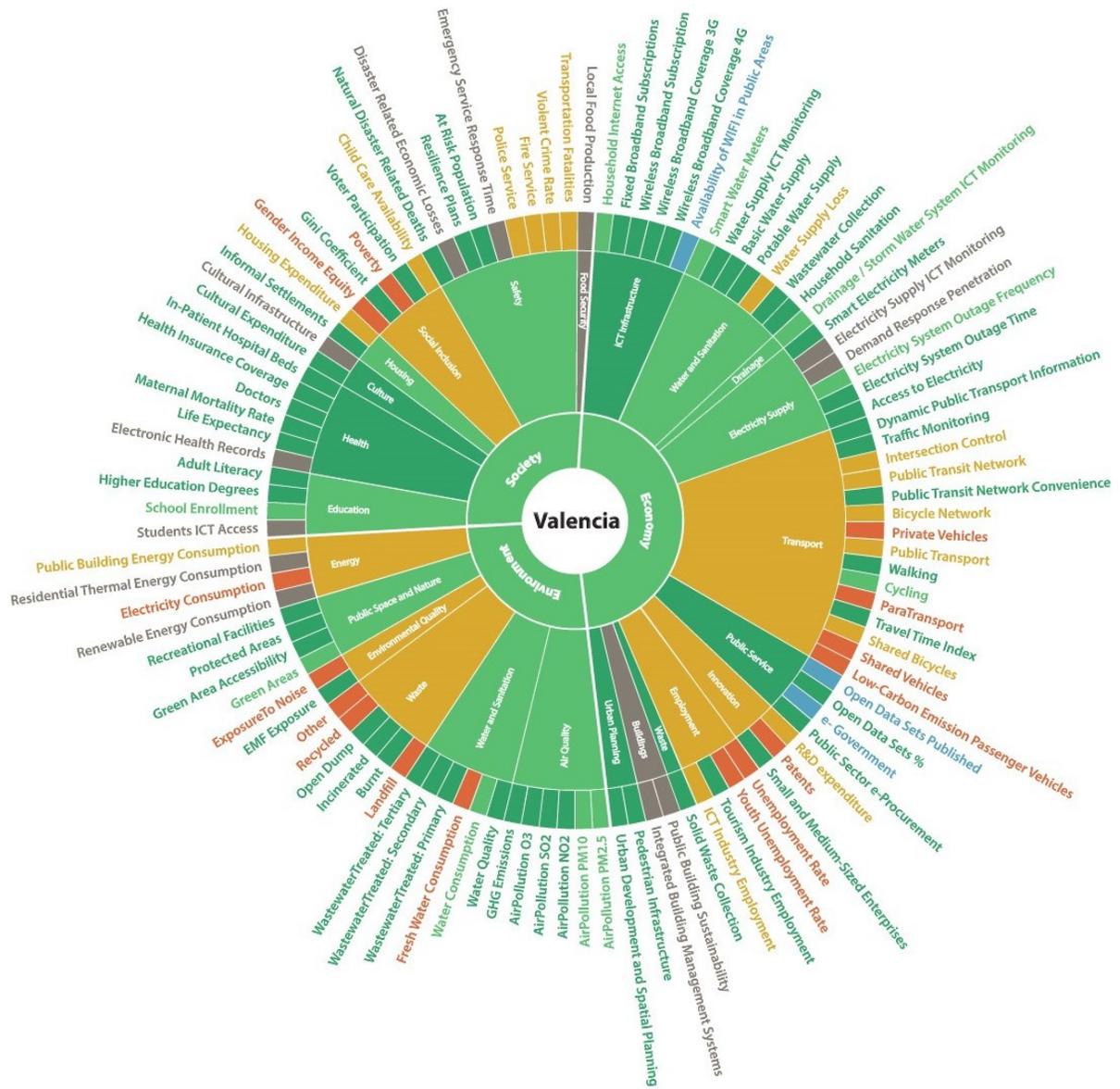
Valencia è la capitale dell'omonima provincia spagnola e la terza città della Spagna per dimensioni, dopo Madrid e Barcellona. È uno degli esempi più importanti di Smart City in Spagna e in quanto tale ha introdotto diverse novità nel paese, tra cui l'integrazione di una piattaforma digitale per la gestione di una Smart City. L'amministrazione comunale di Valencia investe annualmente molte risorse per far diventare la città un centro di innovazione urbana, al fianco di altre Smart Sustainable City di successo europee.

La città di Valencia è ricca sotto diversi punti di vista: topografico e ambientale, storico e culturale, ma soprattutto economico e industriale, grazie alle oltre 170.000 aziende presenti sul suo territorio e al suo porto, il più grande del Mediterraneo occidentale, attraverso cui avvengono i principali scambi commerciali con i paesi esteri.

Queste caratteristiche e l'impegno pubblico di Valencia verso le iniziative tecnologiche e orientate al concetto di Smart Sustainable City la rendono una città ideale per l'implementazione dei KPI della U4SSC relative alle Smart Sustainable City [50].



Il grafico in Figura 4.2 fornisce una panoramica di come sono attualmente soddisfatti i KPI dai progetti Smart Sustainable City di Valencia. Partendo dal centro, le tre corone circolari indicano i criteri di valutazione come segue: Dimensioni, Categorie e KPI.



● 95%+ Target
 ● 66-95% of Target
 ● 33-66% of Target
● Less than 33% of Target
● No Data or No Target
● Data Reported, No Targets Yet Available

Figura 4.2: Panorámica KPI Valencia [51]

4.3.1 Panoramica dei risultati ottenuti



Figura 4.3: Risultati ottenuti da Valencia per ogni singolo KPI [50]

Dai tre grafici in Figura 4.3 è possibile fare una prima valutazione sommaria sui risultati ottenuti da Valencia per ogni singola categoria di KPI, nelle tre diverse dimensioni Economia, Ambiente e Società e Cultura.

Risulta evidente che i punteggi ottenuti sono generalmente buoni. Le prestazioni di Valencia sono eccellenti in categorie fondamentali come quelli riguardanti, tra gli altri, l'infrastruttura ICT della città, la pianificazione urbana, la fornitura di energia elettrica, la gestione degli spazi pubblici e naturali, la sanità e la cultura.

Si hanno risultati buoni ma con margini di miglioramento in settori quali la gestione idrica, il drenaggio, la gestione dei rifiuti urbani, la qualità dell'aria, l'istruzione e la sicurezza.

Aspetti da migliorare sono invece quelli riguardanti i trasporti, l'occupazione, l'innovazione e l'inclusione sociale.

Per i settori riguardanti l'edilizia urbana, l'energia e la sicurezza del cibo non è stata fornita una quantità sufficiente di dati per poter effettuare una corretta valutazione tramite i relativi KPI [50].



Figura 4.4: Risultati sommari ottenuti da Valencia suddivisi per dimensioni [51]

4.3.2 Dettaglio di alcuni dei risultati ottenuti

Infrastruttura ICT

I risultati ottenuti da Valencia per la connettività e l'infrastruttura ICT, con il dettaglio dei singoli KPI, è esposto nella tabella in Figura 4.5.

Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Fixed Broadband Subscriptions	75.62 %		
	Wireless Broadband Subscriptions (per 100 000 inhabitants)	116 000.00		
	Household Internet Access	79.60 %		
	Wireless Broadband Coverage – 3G and 4G	100.00 %		
	Availability of WiFi in Public Areas	250.00 Spots	No Benchmark Available	

Figura 4.5: KPI sulla connettività e l'infrastruttura ICT di Valencia [50]

Attualmente Valencia eccelle in questo campo, con l'unica pecca riguardante la diffusione di Internet fisso nelle case, il cui tasso è leggermente inferiore alla media nazionale. Prevale invece la connessione mobile a Internet e ciò è ben rappresentato anche dalla strategia smart adottata da Valencia, tramite cui è stata fornita connessione WiFi nei principali spazi pubblici della città, ad esempio installando access point WiFi nelle librerie municipali, nei musei, nei centri culturali, ecc. [50].

Fornitura elettrica

I risultati mostrati in Figura 4.6 mostrano i risultati ottenuti da Valencia per quanto riguarda la fornitura di energia elettrica.

Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Smart Electricity Meters	91.27 %		
	Electricity Supply ICT Monitoring	Not Reported		
	Demand Response Penetration	Not Reported		
	Electricity System Outage Frequency	1.01		
	Electricity System Outage Time	0.68 Minutes		
	Access to Electricity	100.00 %		

Figura 4.6: KPI sulla fornitura elettrica di Valencia [50]

Il servizio elettrico di Valencia è efficiente, con poche interruzioni e un monitoraggio continuo grazie all'installazione diffusa di contatori intelligenti.

Si nota l'assenza di dati forniti dalla città riguardo l'utilizzo delle tecnologie ICT per il monitoraggio dei sistemi di fornitura elettrica, nonché sulla capacità di soddisfare la domanda esistente sul mercato. Quest'ultima è fondamentale per il contenimento dei prezzi energetici in futuro.

La valutazione di questi due fattori, attraverso i rispettivi KPI, è fortemente raccomandato da ITU, in quanto consentirebbe a Valencia di rendere il settore energetico sostenibile e performante, come già fatto con successo da altre città europee [50].

Acqua, servizi igienici, drenaggio e rifiuti

Dai dati presenti nelle Fig. 4.7 e 4.8 emergono prestazioni ottime per Valencia in queste categorie, ma con un elevato tasso di perdita d'acqua lungo i sistemi di distribuzione idrica, pari al 9.27%, comunque inferiore a quello di molte città paragonabili con Valencia [50].

Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Smart Water Meters	94.80 %		
	Water Supply ICT Monitoring	100.00 %		
	Basic Water Supply	100.00 %		
	Potable Water Supply	99.10 %		
	Water Supply Loss	9.27 %		
	Wastewater Collection	99.70 %		
	Household Sanitation	100.00 %		
	Drainage/Storm Water System ICT Monitoring	87.50 %		
	Solid Waste Collection	100.00 %		
Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Drinking Water Quality	100.00 %		
	Water Consumption (per capita)	147.70 l / day		
	Freshwater Consumption	100.00 %		
	Wastewater Treatment: Primary	100.00 %		
	Wastewater Treatment: Secondary	100.00 %		
	Wastewater Treatment: Tertiary	100.00 %		

Figura 4.7: KPI su alcuni servizi idrici e igienico-sanitari di Valencia [50]

Dalla tabella in Fig. 4.7 si nota che il consumo medio di acqua a Valencia è pari a 147 litri al giorno pro capite, in linea con la media dei consumi nazionali. Nonostante ciò, viene raccomandato

di ridurre la sua dipendenza dall'acqua dolce per tutti i tipi di consumo. Viene raccomandato in particolare di sviluppare una serie di normative che impongano ai gestori pubblici di acqua potabile di presentare un piano di conservazione idrica, oltre a strategie di rilevamento, riparazione e contabilizzazione delle perdite idriche nel sistema di trasporto [50].

Per ciò che riguarda invece la gestione dei rifiuti urbani, si nota l'eccellente punteggio raggiunto nella raccolta dei rifiuti solidi (Fig. 4.7) ma anche il contrasto presente con quelli relativi al loro riciclo e al loro accumulo in discarica (Fig. 4.8).

Viene perciò raccomandato di dare priorità al riciclo dei rifiuti solidi attraverso impianti regolamentati oppure attraverso il loro incenerimento con conseguente produzione di energia, a scapito di tutte le altre forme di smaltimento. Per ottimizzare le pratiche di riciclo di questi rifiuti, viene consigliato in particolare di modificare le tecniche di raccolta, per migliorarne l'efficienza, e inoltre di regolamentare e finanziare programmi di riciclo smart che utilizzino le tecnologie ICT per la gestione dei rifiuti [50].

Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Solid Waste: Landfill	63.50 %		
	Solid Waste: Burnt	0.00 %		
	Solid Waste: Incinerated	0.00 %		
	Solid Waste: Open Dump	0.00 %		
	Solid Waste: Recycled	14.75 %		
	Solid Waste: Other	21.74 %		

Figura 4.8: KPI sui servizi di gestione dei rifiuti di Valencia [50]

Valencia si sta muovendo in questa direzione attraverso l'introduzione di contenitori dei rifiuti dotati di sensori capaci di monitorare, per esempio, il livello di riempimento e la temperatura e di comunicare questi dati da remoto al centro operativo. Ciò ridurrà i costi e le risorse necessarie per il trasporto dei rifiuti, in particolare per i rifiuti speciali come vetri e plastiche riciclabili [50].

Spazi pubblici, natura e qualità dell'ambiente

In figura 4.9 sono rappresentati i risultati ottenuti da Valencia relativamente all'applicazione dei KPI nell'ambito della gestione degli spazi pubblici, della natura e della qualità dell'ambiente urbano.

Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Green Areas (per 100 000 inhabitants)	61.03 ha		
	Green Area Accessibility	97.56 %		
	Protected Natural Areas	41.51 %		
	Recreational Facilities (per 100 000 inhabitants)	5 255 291 m ²		
	EMF Exposure	100.00 %		
	Noise Exposure	70.48 %		

Figura 4.9: KPI sugli spazi pubblici, la natura e la qualità dell'ambiente di Valencia [50]

La città di Valencia ha ottenuto buoni risultati nella maggior parte di questi KPI. L'unica area nella quale bisogna apportare miglioramenti è quella dell'inquinamento acustico, che solitamente riceve meno attenzioni rispetto ad ambiti quali la qualità dell'acqua e dell'aria. Tuttavia un'esposizione prolungata a elevati livelli di rumore ambientale può portare a effetti negativi sulla salute delle persone e a influire negativamente sulle possibilità dei residenti di godersi la vita cittadina sia all'aperto sia al chiuso.

Viene dunque raccomandato alla città di Valencia di studiare i principali fattori a cui può essere attribuito l'inquinamento acustico della città di concentrarsi sull'implementazione di misure per limitarne gli effetti.

In questo senso, il progetto pilota di gestione dei rumori ambientali implementato in piazza Tossal Plaza costituisce un passo verso il raggiungimento di questi obiettivi. Il progetto prevede l'installazione di lampioni la cui intensità luminosa, in orari notturni, viene modificata in base al rumore ambientale. In particolare l'intensità luminosa dei lampioni diminuisce all'aumentare del rumore ambientale, incoraggiando in questo modo le persone a rispettare il silenzio richiesto durante tale fascia oraria [50].

Trasporti

In Figura 4.10 sono rappresentati i risultati ottenuti da Valencia relativamente all'applicazione dei KPI nell'ambito della gestione dei sistemi di trasporto urbano.

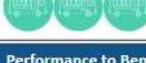
Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Dynamic Public Transport Information	100.00 %		
	Traffic Monitoring	100.00 %		
	Intersection Control	34.38 %		
	Public Transport Network (per 100 000 inhabitants)	69.50 km		
	Public Transport Network Convenience	100.00 %		
	Bicycle Network (per 100 000 inhabitants)	20.11 km		
	Transportation Mode Share: Private Vehicles	35.34 %		
	Transportation Mode Share: Public Transport	30.43 %		
	Transportation Mode Share: Walking	26.73 %		
	Transportation Mode Share: Cycling	7.38 %		
	Transportation Mode Share: Para Transport	0.12 %		
	Travel Time Index	1.40		
	Category	KPI	Result	
	Shared Bicycles (per 100 000 inhabitants)	344.38		
	Shared Vehicles (per 100 000 inhabitants)	15.65		
	Low-Carbon- Emission Passenger Vehicles	0.04 %		

Figura 4.10: KPI sul trasporto pubblico di Valencia [50]

Valencia offre un'ampia gamma di opzioni per il trasporto pubblico, tra cui Metrovalencia, Renfe Cercanias, EMT e MetroBus. Nonostante l'ampia disponibilità e la facilità d'accesso alle varie opzioni offerte dal sistema di trasporto pubblico urbano, molti abitanti si affidano ancora ai veicoli privati come principale mezzo di trasporto.

Viene dunque raccomandato alla città di Valencia di incoraggiare maggiormente la popolazione a utilizzare il trasporto pubblico urbano come principale opzione per spostarsi in città, incentivando l'utilizzo di servizi di car-sharing come alternative alle auto private. Alcune misure fanno parte del programma Smart Strategy Valencia 2020.

Viene inoltre raccomandato di incentivare a un maggior utilizzo dei veicoli elettrici, aumentando l'esiguo numero di colonnine per la loro ricarica attualmente presenti in città lungo le strade e le aree pubbliche.

Tutte queste misure, affiancate da altre riguardanti un sistema di controllo del traffico più flessibile, aiuteranno ad alleviare ed evitare le situazioni di traffico congestionato in tutta la città [50].

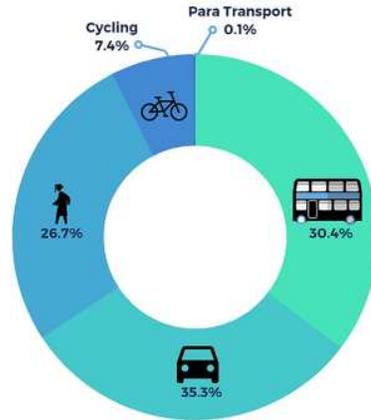


Figura 4.11: Mezzi di trasporto utilizzati a Valencia [50]

Istruzione

In Fig. 4.12 sono rappresentati i risultati ottenuti da Valencia relativamente all'applicazione dei KPI nell'ambito dell'istruzione.

Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Student ICT Access	Not Reported		
	School Enrollment	92.36 %		
	Higher Education Degrees (per 100 000 inhabitants)	48 816.00		
	Adult Literacy	99.63 %		

Figura 4.12: KPI sull'istruzione di Valencia [50]

Valencia riporta ottimi risultati per quanto riguarda l'istruzione pubblica, dal livello di alfabetizzazione generale al tasso di persone laureate.

Risultano però assenti i dati riguardanti l'accesso degli studenti alle tecnologie ICT, inteso come percentuale di studenti che hanno accesso ad aule dotate di strumenti ICT. Viene dunque raccomandato alla città di Valencia di raccogliere dati dai diversi tipi di istituti educativi, sia pubblici sia privati, e riportare i dati sugli strumenti ICT presenti nelle scuole catalogandoli in base alla connettività a internet, laboratori, strumenti di apprendimento digitale e così via.

Oltre ad introdurre questi strumenti nelle scuole, è necessario formare gli insegnanti sul loro corretto utilizzo, la connettività nell'intero edificio scolastico deve essere stabile e affidabile e devono essere adottate misure di sicurezza per l'accesso a internet da parte degli studenti, applicando e aggiornando filtri e blocchi di siti web. Queste sono soltanto alcune delle misure che è necessario adottare per una corretta implementazione delle tecnologie ICT negli edifici scolastici [50].

4.4 Pully, Svizzera



Abitanti: 17 979

Estensione: 6 km²

Pully fa parte dell'area suburbana della città di Losanna, nel cantone di Vaud, in Svizzera, e comprende diversi villaggi per un totale di 6 km² di area municipale. Grazie alle sue politiche e ai suoi progetti innovativi, rappresenta un'interessante cornice attraverso cui poter studiare le soluzioni migliori nell'ambito dell'innovazione e della sostenibilità a livello locale. Considerando inoltre le sue dimensioni relativamente ridotte e la sua conseguente flessibilità, risulta un luogo ideale per l'implementazione dei KPI della U4SSC relative alle Smart Sustainable City [52].



Il grafico in Fig. 4.13 fornisce una panoramica di come sono attualmente soddisfatti i KPI dai progetti Smart Sustainable City di Pully. Partendo dal centro, le tre corone circolari indicano i criteri di valutazione come segue: Dimensioni, Categorie e KPI.

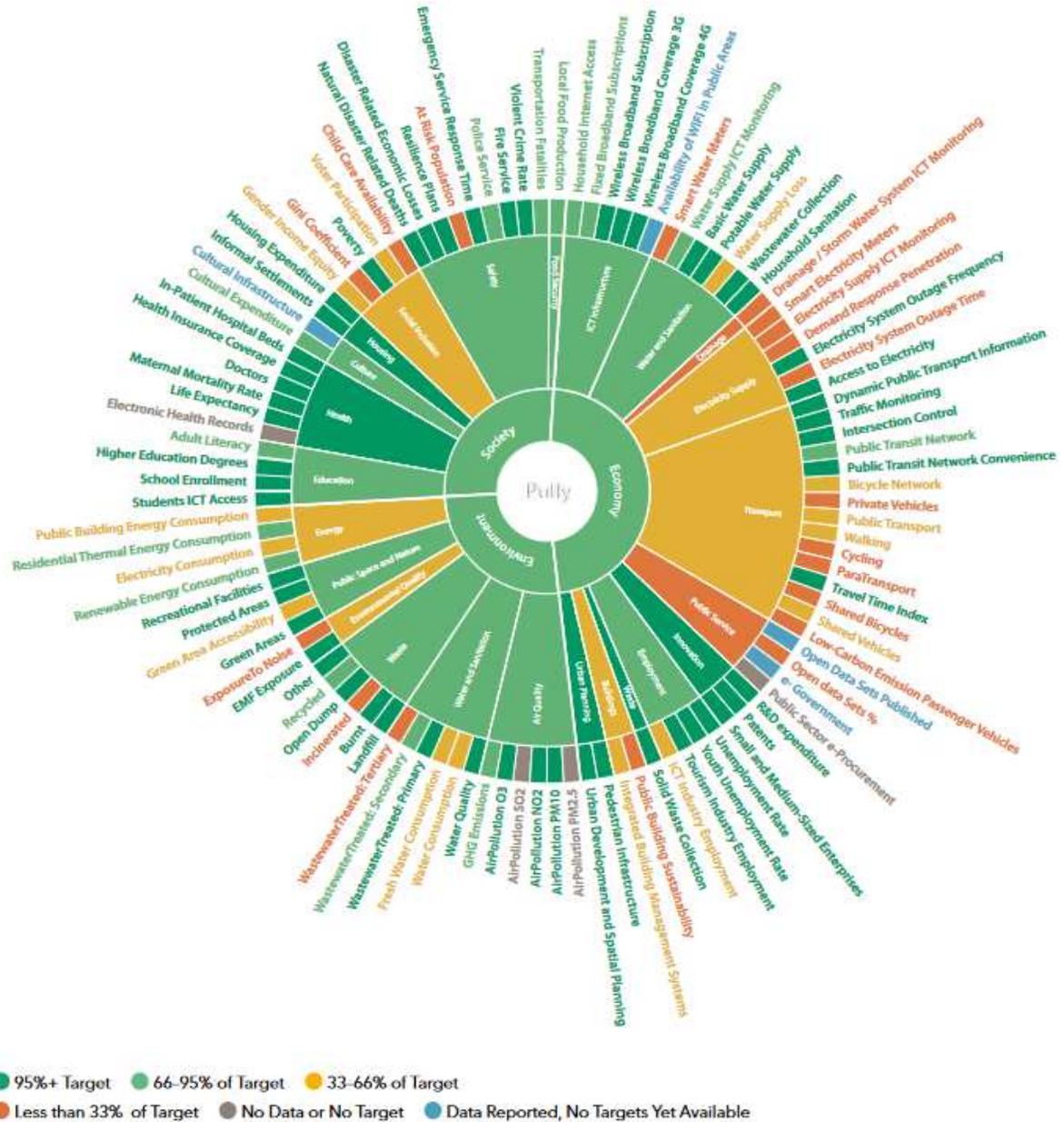


Figura 4.13: Panoramica KPI Pully [53]

4.4.1 Panoramica dei risultati ottenuti

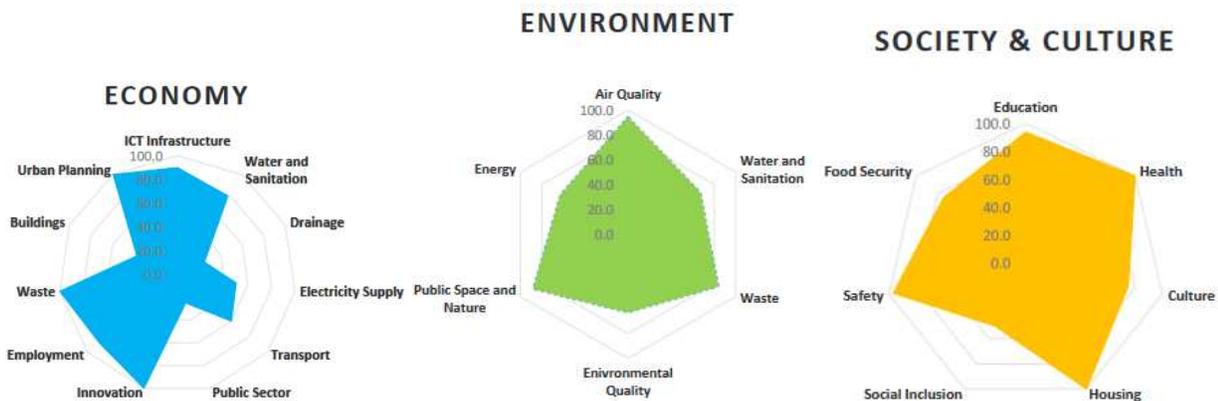


Figura 4.14: Risultati ottenuti da Pully per ogni singolo KPI [52]

Dai tre grafici in Figura 4.14 è possibile fare una prima valutazione sommaria sui risultati ottenuti da Pully per ogni singola categoria di KPI, nelle tre diverse dimensioni Economia, Ambiente e Società e Cultura.

Nella dimensione dell'Economia, si notano alcuni risultati eccellenti, come quelli per i KPI riguardanti la gestione dei rifiuti urbani, l'innovazione e la pianificazione urbana, mentre si hanno risultati generalmente molto buoni per quanto riguarda l'infrastruttura ICT, il tasso di occupazione e la gestione idrica. Sono molto evidenti invece gli ampi margini di miglioramento presenti per la gran parte degli ambiti di questa dimensione, dalla gestione del sistema di trasporto a quella della rete elettrica, passando per l'edilizia urbana e il settore pubblico.

La situazione risulta migliore per le altre due dimensioni. In quella relativa all'ambiente, ci sono alcuni risultati molto buoni, come per i KPI relativi alla qualità dell'aria e alla presenza delle aree verdi naturali, mentre gli altri risultano buoni ma con ampi margini di miglioramento, come per l'energia e la qualità dell'ambiente. Nella dimensione riguardante la società e la cultura la situazione è ulteriormente migliore, con risultati per la gran parte eccellenti e margini di miglioramento per i KPI relativi alla sicurezza del cibo, l'inclusione sociale e la cultura [52].



Figura 4.15: Risultati sommari ottenuti da Pully suddivisi per dimensioni [53]

4.4.2 Dettaglio di alcuni dei risultati ottenuti

Infrastruttura ICT

Dai risultati ottenuti, si nota l'eccellente risultato riguardante la copertura di connettività wireless 3G e 4G, un tratto distintivo di una smart city. La connettività riduce al minimo i vincoli geografici e ciò generalmente favorisce soprattutto le città più piccole o rurali. In particolare, nell'odierno modello di lavoro telematico, la connettività è un fattore determinante per la prosperità economica di queste città. Questo è di buon auspicio per Pully, dove c'è un numero così elevato di persone dotate di una connessione 4G che persino l'uso del Wi-Fi pubblico è in calo.

Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Fixed Broadband Subscriptions	44.80 %		
	Wireless Broadband Subscriptions (per 100 000 inhabitants)	101.200.00		
	Household Internet Access	91.00 %		
	Wireless Broadband Coverage: 3G and 4G	100.00 %		
	Availability of Wi-Fi in Public Areas	5.00 Spots	No Benchmark Available.	

Figura 4.16: KPI sulla connettività e l'infrastruttura ICT di Pully [52]

Le città più piccole e i comuni possono trarre vari benefici legati ad un elevato tasso di connettività. Il primo fra tutti è legato alla relativa semplicità delle attività di progettazione e implementazione di un'infrastruttura di rete diffusa all'interno di aree urbane più piccole e meno densamente popolate. Inoltre, la presenza di una tale infrastruttura consente alle piccole città di trattenere una percentuale maggiore di manodopera locale qualificata, che altrimenti andrebbe alla ricerca di lavoro in centri urbani più grandi. Elevati livelli di connettività rende una piccola città attraente anche per i giovani e per gli imprenditori nel settore ICT provenienti da zone limitrofe. Tutti questi fattori potrebbero avere un'implicazione positiva per il futuro economico di Pully [52].

Acqua, servizi igienici, drenaggio e rifiuti

Pully ha ottenuto risultati eccellenti in queste categorie, con alcune eccezioni. La prima riguarda la percentuale di acqua persa lungo il sistema di trasporto idrico, pari all'11% del totale, e ciò richiede un intervento efficace sul sistema per poterle mitigare. A tal fine, Pully ha sviluppato e attuato a partire dal 2018 il *Plan Directeur de Distribution de l'Eau* (PDDE), che prevede l'obbligo di conservazione delle risorse idriche da parte delle aziende pubbliche che si occupano della loro distribuzione, richiedendo loro di attuare dei progetti per il raggiungimento di tale obiettivo. In aggiunta, è stata implementata una rete di sensori lungo tutta la rete idrica urbana per il rilevamento delle perdite d'acqua [52].

Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Smart Water Meters	0.00 %		
	Water Supply ICT Monitoring	94.18 %		
	Basic Water Supply	100.00 %		
	Potable Water Supply	99.10 %		
	Water Supply Loss	11.07 %		
	Wastewater Collection	100.00 %		
	Household Sanitation	100.00 %		
	Drainage/Storm Water System ICT Monitoring	0.00 %		
	Solid Waste Collection	100.00 %		
Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Drinking Water Quality	100.00 %		
	Water Consumption (per capita)	216.81 l / day		
	Freshwater Consumption	0.00 %		
	Wastewater Treatment: Primary	100.00 %		
	Wastewater Treatment: Secondary	100.00 %		
	Wastewater Treatment: Tertiary	0.00 %		

Figura 4.17: KPI su alcuni servizi idrici e igienico-sanitari di Pully [52]

Tuttavia, non sono stati installati contatori idrici intelligenti per uso domestico e mancano sistemi ICT per il monitoraggio del sistema di drenaggio delle acque piovane. Il primo risulta particolarmente importante, infatti viene raccomandato a Pully di imporre l'installazione di contatori intelligenti, o l'adeguamento di quelli esistenti, nelle abitazioni di tutta la città. Questi nuovi conta-

tori potranno utilizzare un sistema di monitoraggio avanzato per consentire la lettura in remoto dei contatori, l'analisi dei dati e l'invio di segnalazioni in caso di perdite o problemi legati al flusso idrico. Questi dati in tempo reale possono garantire una maggior accuratezza nella misurazione delle risorse idriche effettivamente utilizzate, permettendo alla città e ai suoi abitanti di rilevare potenziali problemi e di ridurre i costi [52].

Per quanto riguarda la qualità e la sicurezza dell'acqua pubblica la città di Pully ha ottenuto punteggi elevati su questi indicatori, in quanto sono delle priorità in tutte le città svizzere. Tuttavia, i consumi idrici di Pully sono significativamente elevati rispetto alla media nazionale, con 216.81 litri pro capite al giorno. Viene dunque raccomandato alla città di Pully di monitorare l'incidenza della domanda idrica rispetto al volume totale di produzione, di valutare l'andamento dei consumi e della produzione nei giorni e negli orari di punta, tenendo conto anche delle temperature e delle precipitazioni della stagione in corso. In tal modo la città potrebbe stabilire delle previsioni di produzione idrica in base alla domanda prevista [52].

Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Solid Waste: Landfill	0.00 %		
	Solid Waste: Burnt	0.00 %		
	Solid Waste: Incinerated	41.93 %		
	Solid Waste: Open Dump	0.00 %		
	Solid Waste: Recycled	58.07 %		
	Solid Waste: Other	0.00 %		

Figura 4.18: KPI sui servizi di gestione dei rifiuti di Pully [52]

La città di Pully ha ottenuto risultati eccellenti anche con gli indicatori relativi alla gestione dei rifiuti urbani. Viene richiesto di privilegiare il riciclo dei rifiuti solidi attraverso impianti regolamentati o la produzione di energia in seguito al loro incenerimento rispetto alle altre forme di smaltimento. Il sistema di smaltimento rifiuti di Pully risulta essere piuttosto efficace e sostenibile, con alcuni margini di miglioramento. Perciò viene raccomandato di continuare a sviluppare ulteriormente le competenze e la cultura del riciclo come parte della sua strategia di sostenibilità intelligente. A tal fine Pully dovrebbe rafforzare la sensibilizzazione dei cittadini verso le attività di corretto riciclo dei vari rifiuti per aumentare la partecipazione pubblica complessiva e soprattutto promuovere e finanziare progetti per il riciclo intelligente [52].

Fornitura elettrica

Il servizio di fornitura di energia elettrica di Pully è efficace, con una bassa frequenza di interruzioni elettriche, le quali hanno però una durata media elevata, pari a 512,88 minuti. L'accesso all'elettricità è totale e il sistema di monitoraggio intelligente dell'energia elettrica fornita e consumata è in fase di implementazione in tutta la città, in conformità con una legge nazionale che richiede l'implementazione di tecnologie ICT per il monitoraggio della rete elettrica urbana e di contatori intelligenti in tutte le abitazioni entro il 2027.

Questo consentirà alla città di prevenire e ridurre qualsiasi interruzione elettrica e di ripristinare velocemente la fornitura di elettricità in caso di interruzioni [52].

Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Smart Electricity Meters	0.00 %		
	Electricity Supply ICT Monitoring	0.00 %		
	Demand Response Penetration	0.00 %		
	Electricity System Outage Frequency	0.06		
	Electricity System Outage Time	512.88 Minutes		
	Access to Electricity	100.00 %		

Figura 4.19: KPI sulla fornitura elettrica di Pully [52]

Spazi pubblici, natura e qualità dell'ambiente

Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Green Areas (per 100 000 inhabitants)	2 244.86 ha		
	Green Area Accessibility	53.47 %		
	Protected Natural Areas	58.03 %		
	Recreational Facilities (per 100 000 inhabitants)	6 582 346 m ²		
	EMF Exposure	98.70 %		
	Noise Exposure	37.40 %		

Figura 4.20: KPI sugli spazi pubblici, la natura e la qualità dell'ambiente di Pully [52]

La città di Pully ha ottenuto ottimi risultati per la maggior parte dei KPI di questa categoria, specialmente per quanto riguarda la diffusione delle aree verdi. Le aree naturali all'interno di una città dovrebbero essere estese, contigue e facilmente accessibili da parte della maggioranza degli abitanti. A Pully un'elevata percentuale della popolazione ha un accesso agevole alle aree verdi pubbliche, ovvero vive nel raggio di 300 metri da una di esse. L'unico KPI in cui Pully ha ottenuto un risultato non elevato riguarda l'esposizione della popolazione al rumore, che può avere effetti negativi sulla vita e sulla salute dei cittadini. Un approccio a lungo termine per la gestione di questo problema dovrebbe prevedere politiche di intervento riguardanti per esempio la gestione del traffico e norme per limitare i rumori in determinate fasce orarie, quindi anche interventi per migliorare la consapevolezza e l'impegno civico. Altri approcci possono ovviamente prevedere l'utilizzo delle tecnologie ICT sotto diversi aspetti [52].

Trasporti

Per quanto riguarda l'infrastruttura dei trasporti e la rete stradale di Pully, i risultati di base sono buoni, mentre tutto ciò che riguarda la diffusione e l'utilizzo delle tecnologie ICT, dei mezzi condivisi e del trasporto pubblico ha ampi margini di miglioramento. Attualmente gli abitanti di Pully preferiscono spostarsi tramite i propri mezzi privati invece che con i mezzi pubblici messi a disposizione dal comune, la cui rete non copre l'intera area urbana. Inoltre, i mezzi di trasporto condivisi sono quasi del tutto assenti e non sono presenti servizi di bike sharing.

Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Dynamic Public Transport Information	100.00 %		
	Traffic Monitoring	100.00 %		
	Intersection Control	100.00 %		
	Public Transport Network (per 100 000 inhabitants)	133.60 km		
	Public Transport Network Convenience	99.99 %		
	Bicycle Network (per 100 000 inhabitants)	24.92 km		
	Transportation Mode Share: Private Vehicles	69.00 %		
	Transportation Mode Share: Public Transport	24.00 %		
	Transportation Mode Share: Walking	5.00 %		
	Transportation Mode Share: Cycling	1.00 %		
	Transportation Mode Share: Para Transport	1.00 %		
	Travel Time Index	1.14		
	Shared Bicycles (per 100 000 inhabitants)	0.00		
	Category	KPI	Result	
	Shared Vehicles (per 100 000 inhabitants)	50.06		
	Low-Carbon Emission Passenger Vehicles	0.18 %		

Figura 4.21: KPI sul trasporto pubblico di Pully [52]

Vengono dunque raccomandati investimenti importanti per il miglioramento della rete di trasporto pubblico, che comprendano la sua estensione a tutta l'area urbana, ad esempio introducendo linee di trasporto più dirette e collegamenti efficienti con le altre aree urbane della regione, e anche il finanziamento di servizi per la condivisione di auto e biciclette, con l'obiettivo di limitare al massimo l'utilizzo dei mezzi di trasporto privati per spostarsi in città [52].

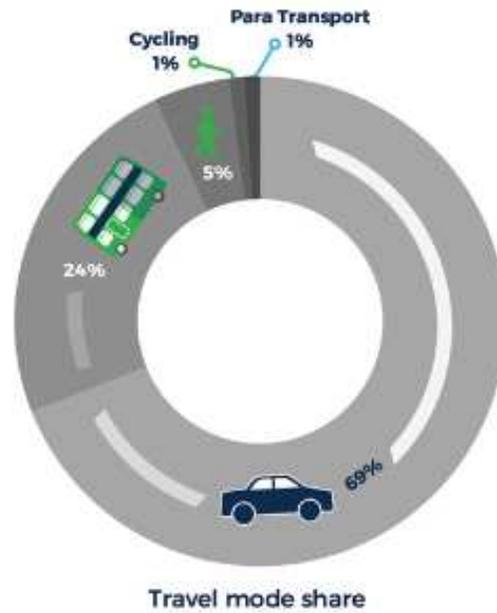


Figura 4.22: Mezzi di trasporto utilizzati a Pully [52]

Istruzione

I risultati di Pully nell'ambito dell'istruzione sono tutti eccellenti. In particolare, l'accesso alle tecnologie ICT da parte degli studenti risulta essere ai massimi livelli. La strategia per l'introduzione e l'utilizzo di tali tecnologie all'interno delle scuole è definita in modo congiunto con il governo svizzero, come parte di progetti nazionali e locali di digitalizzazione [52].

Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Student ICT Access	100.00 %		
	School Enrollment	99.96 %		
	Higher Education Degrees (per 100 000 inhabitants)	38 939.87		
	Adult Literacy	89.61 %		

Figura 4.23: KPI sull'istruzione di Pully [52]

4.5 Alesund, Norvegia



Abitanti: 82 488

Estensione: 3 606 km²

Fondata come città portuale nel 1848, Alesund fa parte di una zona della Norvegia ricca di storia. La regione di Alesund nella sua interezza è costituita da un gruppo di sette municipi cooperanti tra loro, con l'obiettivo di migliorare lo sviluppo economico di ciascuna di esse per rendere la regione nel suo complesso più competitiva e attraente per le persone e le imprese. La presenza di due università, la Alesund University College e la Norwegian University of Science and Technology (NTNU), ha portato Alesund a diventare una città universitaria, con un totale di 2600 studenti residenti all'interno della sua area urbana. Ciò ha portato Alesund a sviluppare anche una forte rete di imprese globali, rendendola una delle aree più produttive della Norvegia. Considerando queste caratteristiche e l'impegno pubblico di Alesund verso le iniziative tecnologiche e orientate al concetto di Smart Sustainable City, questa regione risulta ideale per l'implementazione dei KPI della U4SSC dedicati alle SSC [54].



Il grafico in Figura 4.24 fornisce una panoramica di come sono attualmente soddisfatti i KPI dai progetti Smart Sustainable City di Alesund. Partendo dal centro, le tre corone circolari indicano i criteri di valutazione come segue: Dimensioni, Categorie e KPI.

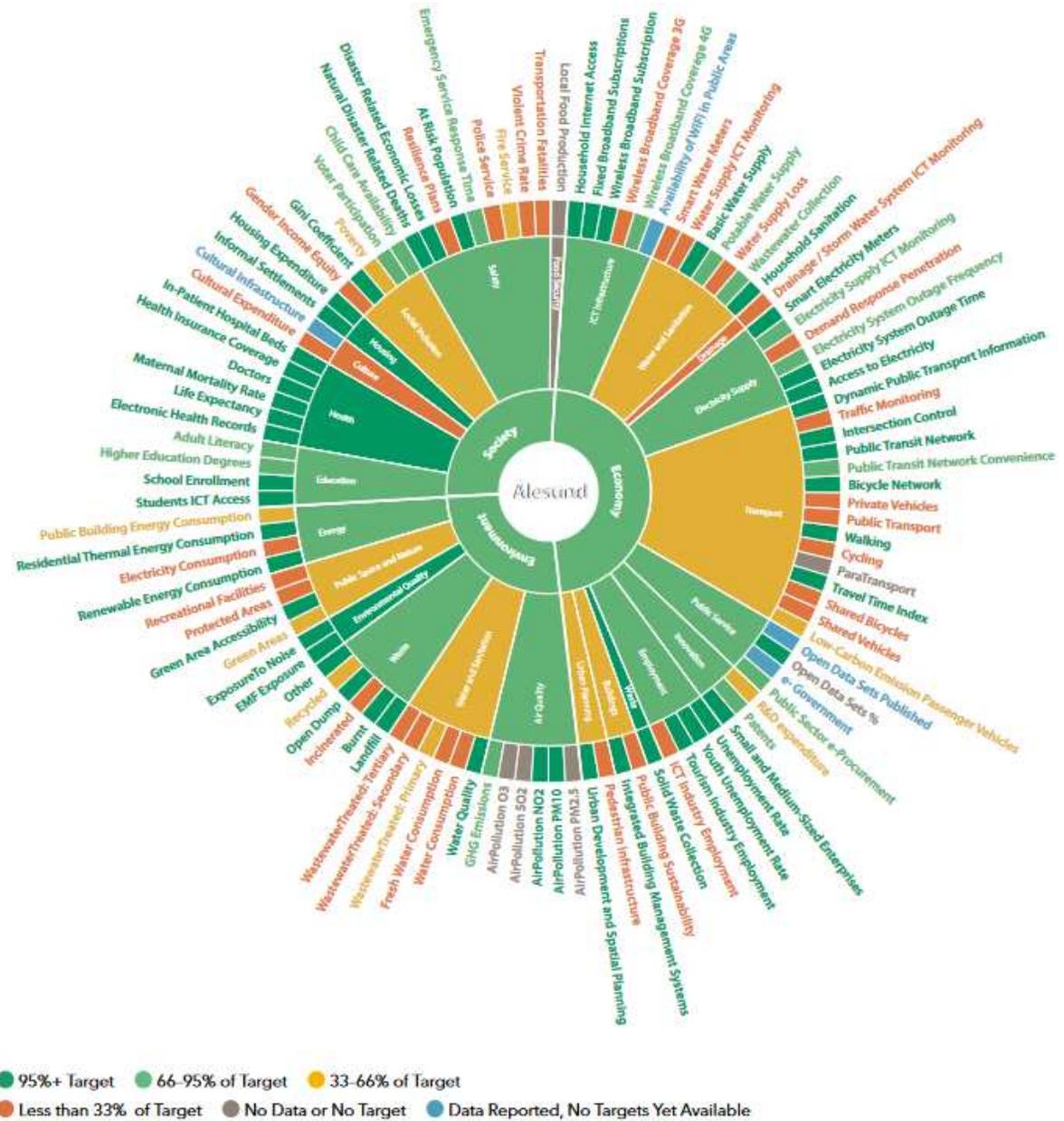


Figura 4.24: Panoramica KPI Alesund [55]

4.5.1 Panoramica dei risultati ottenuti

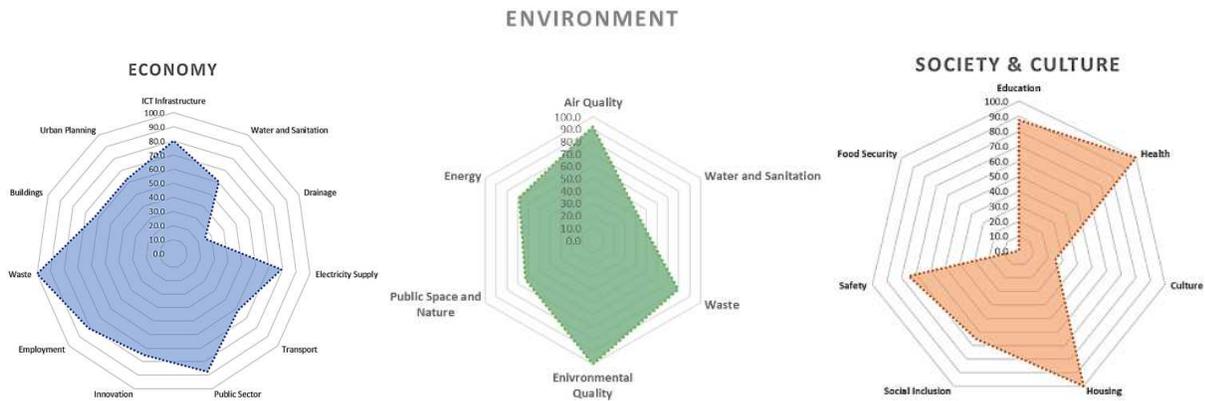


Figura 4.25: Risultati ottenuti da Alesund per ogni singolo KPI [54]

Dai tre grafici in Figura 4.14 è possibile fare una prima valutazione sommaria sui risultati ottenuti da Alesund per ogni singola categoria di KPI, nelle tre diverse dimensioni Economia, Ambiente e Società e Cultura.

Per i KPI della dimensione Economia c'è un unico risultato eccellente, ovvero quello relativo alla raccolta dei rifiuti urbani. Tutti gli altri KPI hanno ottenuto in generale dei buoni risultati, con ampi margini di miglioramento soprattutto per quanto riguarda il sistema di drenaggio delle acque reflue, i trasporti e la pianificazione urbana.

Anche nella dimensione Ambiente c'è un unico risultato eccellente, quello relativo alla qualità dell'ambiente urbano. Risultati molto buoni sono stati ottenuti per i KPI relativi alla qualità dell'aria e alla gestione dei rifiuti urbani, mentre per gli altri KPI c'è un ampio margine di miglioramento.

I risultati nella dimensione Società e Cultura sono altalenanti. Sono stati ottenuti ottimi risultati per i KPI relativi alla sanità, alla qualità abitativa e all'istruzione, mentre risultati da migliorare sono quelli relativi all'inclusione sociale e alla cultura. Si sottolinea inoltre che non sono stati forniti dati sufficienti per la valutazione dei KPI relativi alla sicurezza del cibo [54].



Figura 4.26: Risultati sommari ottenuti da Alesund suddivisi per dimensioni [55]

4.5.2 Dettaglio di alcuni dei risultati ottenuti

Infrastruttura ICT

Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Fixed Broadband Subscriptions	82.85 %		
	Wireless Broadband Subscriptions (per 100 000 inhabitants)	116 674		
	Household Internet Access	96.00 %		
	Wireless Broadband Coverage – 4G	92.20 %		
	Availability of Wi-Fi in Public Areas	232 Spots	No benchmark available	

Figura 4.27: KPI sulla connettività e l’infrastruttura ICT di Alesund [54]

Alesund ha ottenuto ottimi risultati con questi KPI, da cui si nota una percentuale molto elevata di abitazioni dotate di accesso a Internet, pari al 96%, maggiore rispetto alla media nazionale. Si nota anche la prevalenza dell’utilizzo delle connessioni mobili 4G a Internet e ciò rappresenta un importante risultato per questa regione, in quanto permette l’avanzamento tecnologico della città e di conseguenza una crescita economica e occupazionale. Ciò risulta fondamentale per città in fase di espansione come Alesund per poter competere al meglio con realtà urbane più grandi nell’attrarre risorse e talenti [54].

Fornitura elettrica

Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Smart Electricity Meters	95.01 %		
	Electricity Supply ICT Monitoring	91.41 %		
	Demand Response Penetration	0.04 %		
	Electricity System Outage Frequency	1.05		
	Electricity System Outage Time	66.86 Minutes		
	Access to Electricity	97.39 %		

Figura 4.28: KPI sulla fornitura elettrica di Alesund [54]

I risultati ottenuti in questo ambito sono in gran parte ottimi, con un accesso all’elettricità pressoché totale e la diffusione quasi totale di tecnologie ICT lungo la rete elettrica e di contatori intelligenti per il monitoraggio dei consumi. Ciò permette una continua valutazione in tempo reale del carico della rete elettrica e delle abitudini di consumo dei consumatori. La raccolta in tempo reale dei dati permette di avere un continuo aggiornamento sul prezzo dell’energia elettrica e inoltre di poter implementare strumenti utili per la gestione del suo utilizzo e dei picchi di domanda. L’unico

dato da migliorare risulta essere quello riguardante il coinvolgimento dei consumatori nella riduzione dei consumi durante i periodi di picco massimo della domanda energetica, ciò che nella tabella in Figura 4.28 risulta denominato come Demand Response Penetration [54].

Acqua, servizi igienici, drenaggio e rifiuti

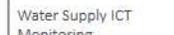
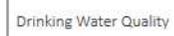
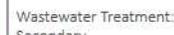
Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Smart Water Meters	0.76 %		
	Water Supply ICT Monitoring	20.94 %		
	Basic Water Supply	100.00 %		
	Potable Water Supply	92.00 %		
	Water Supply Loss	32.12 %		
	Wastewater Collection	93.53 %		
	Household Sanitation	100.00 %		
	Drainage/Storm Water System ICT Monitoring	0.00 %		
	Solid Waste Collection	100.00 %		
Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Drinking Water Quality	99.45 %		
	Water Consumption (per capita)	560.72 l / day		
	Freshwater Consumption	100.00 %		
	Wastewater Treatment: Primary	62.85 %		
	Wastewater Treatment: Secondary	31.74 %		
	Wastewater Treatment: Tertiary	00.00 %		

Figura 4.29: KPI su alcuni servizi idrici e igienico-sanitari di Alesund [54]

I risultati ottenuti da Alesund in questo settore sono in gran parte migliorabili. Attualmente risulta che meno di un quarto della rete di distribuzione idrica della città sia monitorata attraverso l'utilizzo di tecnologie ICT, così come c'è una scarsa diffusione di contatori intelligenti per il monitoraggio dei consumi. Analogamente il sistema di smaltimento delle acque reflue non è monitorato tramite alcuna tecnologia ICT.

Al contempo c'è un elevato tasso di perdita idrica dal sistema di distribuzione e questo dovrebbe essere un'area di forte interesse, in quanto tutta l'acqua persa non è recuperabile. La salvaguardia delle risorse idriche sta diventando un problema sempre più importante, visto il sempre maggiore stress idrico riscontrato in tutto il mondo ed esacerbato dal cambiamento climatico globale che

influisce sui fenomeni meteorologici e idrici. Viene dunque fortemente raccomandato alla città di Alesund di studiare le cause dietro queste perdite così elevate attraverso l'impiego di metodi standardizzati per il conteggio delle perdite idriche, come il Water Audit Method fornito dall'associazione americana Wastewater Association. Risulta altrettanto importante che Alesund promuova leggi per la conservazione delle risorse idriche regionali, tra cui delle soglie progressive per le perdite idriche. A fronte di questi problemi, Alesund ha recentemente avviato un'iniziativa per l'installazione di contatori idrici intelligenti nell'intera regione [54].

Il consumo giornaliero di acqua da parte della città di Alesund, pari a 560 litri pro capite, è significativamente più elevato della media nazionale. Viene dunque raccomandato di dare priorità all'analisi, monitorando il rapporto presente tra domanda e produzione idrica della regione analizzando quali siano generalmente i periodi di picco del consumo idrico.

Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Solid Waste: Landfill	4.10 %		
	Solid Waste: Burnt	0.00 %		
	Solid Waste: Incinerated	59.53 %		
	Solid Waste: Open Dump	0.00 %		
	Solid Waste: Recycled	36.37 %		
	Solid Waste: Other	0.00 %		

Figura 4.30: KPI sui servizi di gestione dei rifiuti di Alesund [54]

Per ciò che riguarda il trattamento dei rifiuti, Alesund ha ottenuto buoni risultati, in particolare per quanto riguarda la raccolta e il successivo trattamento dei rifiuti. In particolare una percentuale molto bassa di rifiuti solidi viene lasciata in discarica, ma soltanto il 36% viene riciclato e quasi il 60% viene incenerito. Questi risultati hanno dunque ampio margine di miglioramento soprattutto perché, come per ogni città, viene fortemente raccomandato di privilegiare il riciclo dei rifiuti solidi oppure il loro incenerimento volto alla produzione di energia rispetto a tutte le altre forme di smaltimento.

Spazi pubblici, natura e qualità dell'ambiente

Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Green Areas (per 100 000 inhabitants)	67 240.10 ha		
	Green Area Accessibility	98.86 %		
	Protected Natural Areas	2.88 %		
	Recreational Facilities (per 100 000 inhabitants)	77 745.85 m ²		
	EMF Exposure	100.00 %		
	Noise Exposure	6.09 %		

Figura 4.31: KPI sugli spazi pubblici, la natura e la qualità dell'ambiente di Alesund [54]

Alesund ha buone prestazioni generali per questo insieme di KPI. La presenza di aree verdi e la loro accessibilità sono fattori importanti che permettono di avere zone all'interno dell'area urbana che aiutano a produrre ossigeno e a mitigare in modo naturale i livelli di inquinamento dell'aria, a raffrescare la città e ad agevolare attività fisiche, di rilassamento e di interazione sociale per gli abitanti [54].

Istruzione

I risultati riportati da Alesund per questo insieme di KPI sono eccellenti, con il massimo risultato possibile per quanto riguarda l'accesso alle tecnologie ICT da parte degli studenti e con percentuali molto elevate di alfabetizzazione della popolazione adulta e di popolazione che ha ottenuto una laurea, entrambi in linea con le percentuali nazionali [54].

Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Student ICT Access	100.00 %		
	School Enrollment	100.25 %		
	Higher Education Degrees (per 100 000 inhabitants)	25 027.88		
	Adult Literacy	94.80 %		

Figura 4.32: KPI sull'istruzione di Alesund [54]

Trasporti

I risultati ottenuti da Alesund nell'ambito dei trasporti sono buoni ma con ampi margini di miglioramento. Si può notare ad esempio il contrasto presente tra gli ottimi risultati per i KPI che indicano

l'ampiezza delle reti di trasporto pubblico e delle piste ciclabili e le basse percentuali di persone che si spostano abitualmente tramite mezzi pubblici e biciclette, rispettivamente pari al 6% e al 3%.

Category	KPI	Result	Performance to Benchmark	SDG
	Dynamic Public Transport Information	100.00 %		
	Traffic Monitoring	10.20 %		
	Intersection Control	100.00 %		
	Public Transport Network (per 100 000 inhabitants)	755.26 km		
	Public Transport Network Convenience	93.53 %		
	Bicycle Network (per 100 000 inhabitants)	150.32 km		
	Transportation Mode Share: Private Vehicles	71.00 %		
	Transportation Mode Share: Public Transport	6.00 %		
	Transportation Mode Share: Walking	19.00 %		
	Transportation Mode Share: Cycling	3.00 %		
	Transportation Mode Share: Para Transport	Not Reported		
	Travel Time Index	1.18		
	Shared Bicycles (per 100 000 inhabitants)	0.00		
	Category	KPI	Result	
	Shared Vehicles (per 100 000 inhabitants)	0.00		
	Low-Carbon Emission Passenger Vehicles	3.91 %		

Figura 4.33: KPI sul trasporto pubblico di Alesund [54]

A fronte di tale situazione, Alesund ha recentemente approvato una strategia per incrementare l'utilizzo del trasporto pubblico urbano in pieno rispetto dell'ambiente. Viene inoltre raccomandato di incentivare i servizi di car sharing come alternative per lo spostamento all'interno della regione, portandola a diventare maggiormente connessa. Un ulteriore aspetto da migliorare riguarda l'utilizzo di mezzi di trasporto elettrici, attualmente molto limitati ad Alesund (3,91%) in un momento in cui la Norvegia risulta essere uno dei più grandi mercati mondiali per i veicoli elettrici per quanto riguarda il numero di veicoli venduti [54].

4.6 Confronto tra le tre città

Le tre città analizzate in questo capitolo sono molto diverse tra loro per diversi aspetti: estensione, numero di abitanti, posizione geografica, cultura ecc. Nonostante ciò, proprio grazie al sistema di indicatori ideato dalla U4SSC, è comunque possibile effettuare un confronto diretto tra esse. Ciò sottolinea l'utilità e le potenzialità di questo sistema nella descrizione dei servizi offerti da una qualunque città in ottica Smart Sustainable City e nella successiva possibilità di confronto con una qualunque altra città, avviando così un circolo virtuoso di miglioramenti attraverso la promozione di progetti pubblici da parte di ogni singola realtà urbana.

In questo paragrafo si vogliono evidenziare le differenze e le similitudini di maggiore rilevanza tra i risultati ottenuti dalle tre città analizzate, esponendo anche eventuali progetti in cantiere da parte di ognuna di esse.

Per quanto riguarda gli ambiti dell'infrastruttura ICT e della connettività, le tre città hanno ottenuto risultati pressoché identici e generalmente ottimi, sottolineando l'impegno collettivo nel raggiungere gli obiettivi di questo settore prioritario per una smart city. Tra tutte, la città di Valencia porta avanti dal 2013 un ampio progetto, denominato VLCi Smart City Platform, volto a farla diventare la prima città spagnola dotata di un sistema di gestione interna basata interamente sulle tecnologie cloud. Si tratta infatti di un avanzato sistema computazionale e di archiviazione dati che permette alle autorità locali di raccogliere una grande quantità di informazioni da sistemi e dispositivi distribuiti in tutta la città e di archivarli tutti in un unico archivio, di analizzarli usando strumenti avanzati di Big Data e successivamente di sviluppare servizi che aiutino i gestori dei servizi urbani nelle attività decisionali. Ciò permette di avere una maggiore trasparenza verso i cittadini e una loro maggiore partecipazione, migliorando così la qualità della vita degli abitanti e l'efficienza dei servizi urbani. La città ha inoltre sviluppato una propria applicazione per smartphone, denominata AppValencia, basata sulla piattaforma VLCi, tramite cui i cittadini e i turisti possono accedere ai dati e ai servizi offerti dalla città [50][56].

Le tre città hanno invece ottenuto risultati sensibilmente diversi tra loro per quanto riguarda i sistemi pubblici di fornitura elettrica e idrica. Dal punto di vista della rete elettrica, Alesund risulta essere la migliore delle tre, con punteggi molto elevati riguardo la diffusione delle tecnologie ICT nella gestione e nel monitoraggio della rete di trasporto e dei consumi. Lo scopo generale di tutte le città è il miglioramento di questo aspetto, con il fine di un miglior utilizzo delle risorse energetiche e l'abbattimento dei costi. Invece dal punto di vista della rete idrica, la migliore delle tre risulta essere Valencia, la quale dispone di una rete idrica totalmente monitorata attraverso tecnologie ICT è un'ampia diffusione di contatori idrici intelligenti, come conseguenza di un progetto municipale che prevede la diffusione capillare di sensori per il monitoraggio del consumo idrico in tutta la città. La città di Pully ha invece avviato a partire dal 2016 un progetto, in collaborazione con altre città limitrofe, per la gestione della rete idrica attraverso l'utilizzo di programmi open source [50][52].

Ottimi risultati sono stati invece ottenuti in generale da tutte e tre le città riguardo la gestione dei rifiuti urbani, con la migliore che risulta essere Pully. In tutte le città ci sono piani per l'utilizzo delle tecnologie ICT in entrambe le fasi di raccolta e smaltimento dei rifiuti. In particolare, come già citato nella paragrafo 4.3.2, Valencia ha introdotto in tutta la città dei contenitori per rifiuti dotati di sensori in grado di monitorare alcune variabili, ad esempio il livello di riempimento del contenitore e di trasmettere questi dati alla piattaforma VLCi, che li analizza e li comunica ai mezzi per la loro raccolta. Questo progetto ha dunque l'obiettivo di fornire uno strumento per la comunicazione continua tra i contenitori dei rifiuti e mezzi che effettuano la raccolta, con l'obiettivo di ottimizzare i loro percorsi e minimizzare il loro utilizzo [50][57].

Infine, i risultati riguardanti la gestione dei trasporti urbani sono relativamente buoni per tutte e tre le città. I maggiori miglioramenti da apportare riguardano il trasporto condiviso (servizi di bike sharing e car sharing) e l'aumento delle colonnine di ricarica per veicoli elettrici per agevolare maggiormente i cittadini a scegliere questo tipo di veicoli come mezzi di trasporto privato. Alesund ha diversi progetti per ampliare la propria rete di trasporti pubblici che utilizzi principalmente veicoli elettrici o comunque a basso impatto ambientale e acustico. La città di Pully ha condotto uno studio a partire dal 2015, in collaborazione con Swisscom, in cui sono stati analizzati, attraverso l'uso di dati anonimi provenienti dagli smartphone, i principali flussi di spostamento all'interno della città con l'obiettivo di ottimizzare il flusso del traffico all'interno del suo centro abitato. Il progetto prevede inoltre l'installazione di sensori lungo le strade della città per poter controllare e gestire il traffico ed evitare congestioni. La città di Valencia sta portando avanti diversi progetti relativi ai trasporti: dalla disposizione di una flotta di bus intelligenti, dotati anche di sensori per il monitoraggio della temperatura e della qualità dell'aria, all'installazione di parcheggi intelligenti, dotati di sensori in grado di comunicare lo stato del posto auto (libero o occupato), passando per il servizio di bike sharing offerto dal comune, Valenbisi. Tutti i servizi si appoggiano alla piattaforma VLCi e sono visualizzabili sia sull'applicazione AppValencia sia sulla piattaforma València al Minut Dashboard, ovvero una piattaforma web in cui sono riportati tutti i dati in tempo reale sui percorsi e gli orari dei bus, sulle condizioni del traffico, sui posti auto disponibili, sui cantieri presenti lungo le strade, sulla disponibilità di biciclette del servizio Valenbisi e altro ancora.

Capitolo 5

Conclusioni

In questa tesi è stato presentato l'importante e innovativo concetto di Smart Sustainable City assieme al grande lavoro di standardizzazione attualmente in corso da parte di alcuni dei maggiori enti internazionali di standardizzazione e la rilevanza che questo lavoro ha nella costruzione di un futuro migliore per tutti.

La tesi ha prima di tutto presentato il concetto di Smart Sustainable City, introducendolo progressivamente come conseguenza naturale dei paradigmi di IoT e di Smart City e delle criticità di quest'ultimo. Si è poi passati alla presentazione delle attività di standardizzazione attualmente in corso in questo ambito, degli enti di standardizzazione internazionale che sono al lavoro per il loro sviluppo e degli standard attualmente disponibili, fornendo un loro breve confronto alla fine del capitolo. Infine sono stati presentati dei casi studio riguardanti tre città del continente europeo, Valencia (ES), Pully (CH) e Alesund (NO), le quali hanno applicato gli standard della ITU per lo sviluppo delle loro realtà urbane. Di queste città sono stati analizzati alcuni dei risultati più rilevanti tramite cui è stato possibile visualizzare le loro situazioni attuali e metterle a confronto, evidenziando gli eventuali progetti già avviati o in cantiere da parte di tutte e tre le città.

Il concetto di Smart Sustainable City è nato da poco e non ha ancora la stessa notorietà del più diffuso concetto di Smart City, con cui tutti hanno più o meno familiarità. Il futuro delle città è però perfettamente rappresentato dalla sua definizione formale ed è ciò che ci aspetta in futuro: città ricche dal punto di vista tecnologico ma in cui l'utilizzo delle tecnologie è orientato al miglioramento della sostenibilità delle città e del benessere dei suoi abitanti. La standardizzazione di questo modello urbano è fondamentale per indicare agli amministratori cittadini la strada da seguire e le attività da intraprendere per la sua corretta realizzazione, per favorire la condivisione di dati con il fine di confrontarsi in modo perpetuo con altre realtà urbane e così favorire la sua diffusione in tutto il mondo.

Da questo elaborato emerge dunque l'importanza centrale del ruolo svolto dalle tecnologie ICT nella costruzione del mondo di domani. Nonostante il concetto di Smart Sustainable City sia molto recente, tanto che la letteratura scientifica disponibile risulta essere relativamente scarsa, il lavoro svolto dagli enti di standardizzazione internazionale nel campo ICT come ITU, ISO e ETSI per la creazione di standard volti alla definizione di procedure esatte per lo sviluppo di queste città innovative e la loro valutazione continua risulta essere già molto consistente.

Lo scopo finale delle associazioni e degli enti che lavorano allo sviluppo di queste città è il raggiungimento dei *Sustainable Development Goals* proposti dalle Nazioni Unite, fondamentali per la risoluzione di problemi ambientali critici come il surriscaldamento globale e l'esaurimento delle risorse naturali, di problemi sanitari resi evidenti dalla pandemia di COVID-19, ma anche problemi sociali, economici o politici. L'impegno profuso oggi verso la realizzazione di questi

obiettivi permetterà alle future generazioni di vivere meglio all'interno di una società più sostenibile, più inclusiva e più efficiente.

Bibliografia

- [1] “The Weight of Cities - Resource Requirements of Future Urbanization,” *International Resource Panel Secretariat*, 2018, ultimo accesso 11/04/2022. [Online]. Available: <https://www.resourcepanel.org/reports/weight-cities>
- [2] “About U4SSC,” ultimo accesso: 04/05/2022. [Online]. Available: <https://u4ssc.itu.int/about/>
- [3] “About International Telecommunication Union,” ultimo accesso 02/05/2022. [Online]. Available: <https://www.itu.int/en/about/Pages/default.aspx>
- [4] D.-L. Yang, F. Liu, and Y.-D. Liang, “A Survey of the Internet of Things,” in *Proceedings of the 1st International Conference on E-Business Intelligence (ICEBI 2010)*. Atlantis Press, 2010/12, pp. 524–532. [Online]. Available: <https://doi.org/10.2991/icebi.2010.72>
- [5] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, “The Internet of Things: A Survey,” *Computer Networks*, pp. 2787–2805, 10 2010.
- [6] A.-I. Lab, “Auto-Id Lab,” accessed 2022-04-03. [Online]. Available: <http://www.autoidlabs.org>
- [7] R. Weinstein, “RFID: a technical overview and its application to the enterprise,” *IT professional*, vol. 7, no. 3, pp. 27–33, 2005.
- [8] R. Global, “Tecnologia rfid: che cos’è e come funziona,” accessed 2022-04-04. [Online]. Available: <https://www.rfidglobal.it/tecnologia-rfid/>
- [9] N. K. Singh, “Near-field Communication (NFC),” *Information Technology and Libraries*, vol. 39, no. 2, Jun. 2020. [Online]. Available: <https://ejournals.bc.edu/index.php/ital/article/view/11811>
- [10] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, and M. Zorzi, “Internet of things for smart cities,” *IEEE Internet of Things journal*, vol. 1, no. 1, pp. 22–32, 2014.
- [11] A. Dunkels, “IP for Smart Objects,” *Internet Protocol for Smart Objects Alliance*, Sep. 2008.
- [12] I. D. N. E. . R. I. G. M. . Nanosystems, “Internet of Things in 2020, Roadmap for the future,” no. 1.1, 2008.
- [13] “Overview of the Internet of Things,” *Recommendation ITU-T Y.2060*, Jun. 2012.
- [14] “Internet of Things (IoT),” 2014.
- [15] V. Saini, “Designing IoT Aware Enterprise,” Jun. 2020.

- [16] T. Gea, J. Paradells, M. Lamarca, and D. Roldán, “Smart Cities as an Application of Internet of Things: Experiences and Lessons Learnt in Barcelona,” in *2013 Seventh International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing*, 2013, pp. 552–557.
- [17] A. Zanella, “Smart cities: potential and challenges,” 2018.
- [18] A. Huovila, P. Bosch, and M. Airaksinen, “Comparative analysis of standardized indicators for Smart sustainable cities: What indicators and standards to use and when?” *Cities*, vol. 89, pp. 141–153, 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275118309120>
- [19] V. Albino, U. Berardi, and R. M. Dangelico, “Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives,” *Journal of urban technology*, vol. 22, no. 1, pp. 3–21, 2015.
- [20] S. P. Mohanty, U. Choppali, and E. Kougianos, “Everything you wanted to know about smart cities: The Internet of things is the backbone,” *IEEE Consumer Electronics Magazine*, vol. 5, no. 3, pp. 60–70, Jul. 2016.
- [21] “European Smart City project,” ultimo accesso 06/04/2022. [Online]. Available: <http://www.smart-cities.eu>
- [22] R. Giffinger, C. Fertner, H. Kramar, and E. Meijers, “City-ranking of European medium-sized cities,” *Cent. Reg. Sci.*, pp. 1–12, 01 2007.
- [23] “European Smart City project - Padova,” 2014, ultimo accesso: 27/06/2022. [Online]. Available: <http://www.smart-cities.eu/?cid=6&city=38>
- [24] S. W. S. WCED, “World commission on environment and development,” *Our common future*, vol. 17, no. 1, pp. 1–91, 1987.
- [25] “Recommendation ITU-T Y.4900/L.1600: Overview of key performance indicator in smart sustainable cities,” Jun. 2016.
- [26] “The 17 goals,” ultimo accesso: 11/04/2022. [Online]. Available: <https://sdgs.un.org/goals>
- [27] “Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development,” ultimo accesso: 11/04/2022. [Online]. Available: <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- [28] “Sustainable Development Goal 11: Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable,” 2015, ultimo accesso 11/04/2022. [Online]. Available: <https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/SDG%20Goal%2011%20Monitoring%20Framework.pdf>
- [29] “ISO 37120: Sustainable development of communities,” 2014.
- [30] “ISO 21929-1: Sustainability in building construction - Sustainability indicators,” 2010.
- [31] “ITU-T Y.4901/L.1601 - Key performance indicators related to the use of information and communication technology in smart sustainable cities,” Jun 2016.
- [32] “ITU Smart Sustainable Cities,” *ITUPublications*, Mar 2021.

- [33] “About us,” ultimo accesso: 03/05/2022. [Online]. Available: <https://www.iso.org/about-us.html>
- [34] “ISO and Sustainable Cities,” Apr 2020.
- [35] “ITU-T in brief,” ultimo accesso 02/05/2022. [Online]. Available: <https://www.itu.int/en/ITU-T/about/Pages/default.aspx>
- [36] “About SG20,” ultimo accesso: 02/05/2022. [Online]. Available: <https://www.itu.int/en/ITU-T/about/groups/2022-2024/Pages/sg20.aspx>
- [37] “Focus Group on Smart Sustainable Cities,” ultimo accesso: 04/05/2022. [Online]. Available: <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Pages/default.aspx>
- [38] “About CEN,” ultimo accesso: 02/05/2022. [Online]. Available: <https://www.cencenelec.eu/about-cen/>
- [39] “CEN and CENELEC,” ultimo accesso: 02/05/2022. [Online]. Available: <https://www.cencenelec.eu/european-standardization/cen-and-cenelec/>
- [40] “about CENELEC,” ultimo accesso: 02/05/2022. [Online]. Available: <https://www.cencenelec.eu/about-cenelec/>
- [41] “about ETSI,” ultimo accesso: 02/05/2022. [Online]. Available: <https://www.etsi.org/about>
- [42] “About ISO 37120 - Indicators for Sustainable Cities,” ultimo accesso: 06/05/2022. [Online]. Available: <https://www.dataforcities.org/iso-37120>
- [43] G. Dall’O’, E. Bruni, A. Panza, L. Sarto, and F. Khayatian, “Evaluation of cities’ smartness by means of indicators for small and medium cities and communities: A methodology for Northern Italy,” *Sustainable Cities and Society*, vol. 34, pp. 193–202, 2017. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670717301257>
- [44] “ISO/DIS 37122: Sustainable development in communities - Indicators for Smart Cities,” ultimo accesso: 08/05/2022. [Online]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:37122:dis:ed-1:v1:en:e%20d-1:v1>
- [45] “About ISO 37122 - Indicators for Smart Cities,” ultimo accesso: 08/05/2022. [Online]. Available: <https://www.dataforcities.org/iso-37122>
- [46] E. d. S. de Santana, É. de Oliveira Nunes, and L. B. Santos, “The use of ISO 37122 as standard for assessing the maturity level of a smart city,” *Int. J. Adv. Eng. Res. Sci*, vol. 5, pp. 309–315, 2018.
- [47] “ITU-T Y.4902/L.1602 - Key performance indicators related to the sustainability impacts of information and communication technology in smart sustainable cities,” Jun 2016.
- [48] “ITU-T Y.4903/L.1603 - Key performance indicators for smart sustainable cities to assess the achievement of sustainable development goals,” Oct 2016.
- [49] “ETSI TS 103 463 - Key Performance Indicators for Sustainable Digital Multiservice Cities,” Jul 2017.

- [50] “Factsheet - Valencia, Spain,” Jun. 2020.
- [51] “City snapshot - Valencia, Spain,” Jun. 2020.
- [52] “Factsheet - Pully, Switzerland,” Jun. 2020.
- [53] “City snapshot - Pully, Switzerland,” Jun. 2020.
- [54] “Factsheet - Alesund, Norway,” Jun. 2020.
- [55] “City snapshot - Alesund, Norway,” Jun. 2020.
- [56] “València Smart City FIWARE information repository,” ultimo accesso: 27/06/2022. [Online]. Available: <https://smartcity.valencia.es/vlci/vlci-platform/>
- [57] “Solid waste hauling and street sweeping monitoring | València Smart City,” ultimo accesso: 27/06/2022. [Online]. Available: <https://smartcity.valencia.es/vlci/monitoring-of-solid-waste-hauling-vehicles-and-street-sweeping/>