



Scuola di Dottorato in Scienze e Ingegneria dell'Ambiente,
delle Costruzioni e dell'Energia (SIACE)

UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA



Dottorato di Ricerca in Scienze e Ingegneria dell'Ambiente, delle Costruzioni e dell'Energia

Approccio integrato alla gestione strategica delle reti idriche per l'ottimizzazione delle performance di sistema

**Settore scientifico Disciplinare ICAR/02
Costruzioni Idrauliche e Marittime e Idrologia**

Supervisori

Prof. Geol. Salvatore Critelli



Critelli Salvatore
12.04.2023
11:41:41
GMT+02:00

Prof. Ing. Vincenzo Belgiorno

Firma oscurata in base alle linee
guida del Garante della privacy

Candidato XXXV Ciclo

Rossella Femiano



Firmato digitalmente da:
ROSSELLA FEMIANO
12/04/2023 12:06



Critelli Salvatore
12.04.2023
11:41:41
GMT+02:00

Il Coordinatore del Corso di Dottorato

Prof. Geol. Salvatore Critelli



ABSTRACT (EN)

Title: Strategic integrated approach for hydraulic network management and optimization of performance system

Water plays a significant role in the twin transition towards a greener and digital European society.

Water scarcity is an increasingly frequent and worrying phenomenon that affects at least 11% of the European population and 17% of EU territory. It is estimated that some 20-40% of Europe's available water is being wasted (leakages in the supply system, no water saving technologies installed, too much unnecessary irrigation, dripping taps etc.).

The main goal of this PhD thesis is to develop an integrated methodology improving the efficiency of the drinking water service through the reduction of network losses and the decrease of maintenance interventions.

The proposed model, with a strong application approach, considers specifically the infrastructural assets and the efficiency criteria indicated by ARERA (i.e. the Italian Organism of Regulation of the Water Supply), in coherence with the various hierarchical plans such as the "Management Plan of Water" introduced by the European Directive 2000/60/CE and allows a quick follow up of system to identify the best solution for maximizing performance indexes.

The methodological path, structured in several distinct and consequential phases, foresees the actual investigation of the physical and operating conditions of the hydraulic assets: an in-depth knowledge of the system is essential to analyse the service and improve its quality, to make more informed decisions in real-time and to direct investments towards concrete and effective priorities.

This approach, thanks to the use of decision-making process with predictive and prescriptive algorithms, is useful for accurately planning interventions even in the medium-term long term and to optimize the maintenance activity based on the reconnaissance analysis of the actual state of the networks rather than the theoretical useful life.

The tool built in this research activity allows the achievement of the general objectives of the European legislation on water, of the national regulation of the sector and - indirectly - of adaptation to climate change: it is based on international asset management best practices so it helps to identify specific processes for effective management of water networks in terms of intervention planning, monitoring and system control.

Below are summarized in simple "operative guidelines", the thesis outcomes useful for evaluating the water system and the possible choices to adopt to improve its management and operational performance:

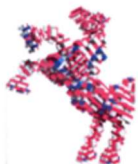
1. Overview of the reference regulatory framework with the combined reading of various regulatory acts of both a sectoral (concerning water services) and general nature, with particular reference to the regulation on local public services, public procurement, corporate shareholdings of public administrations;
2. Investigation on the regulatory framework of the IWS that takes into account the stratification and complexity of multilevel governance;
3. Insights on the construction, technological and maintenance aspects of the main assets of an aqueduct system;



4. Adequate monitoring of functional parameters and careful analysis of network behaviour through:
 - 4.1 Construction of multi-parametric indices starting from the aggregation of simple data processed in a statistically significant period and compared to a homogeneous reference area (Macro - ARERA indicators (M1 and M2) - KPIs (Key Performance Indicators));
 - 4.2 Hydraulic modelling and definition of significant parameters for the implementation of technical and management choices to optimize the service:
 - ✓ Districtualisation;
 - ✓ Positioning of pressure reducing valves;
 - ✓ Planning of reduction activities and active control of losses;
 - ✓ Identification of network sections to be rehabilitated or replaced.

Following these four steps, immediately applicable, it is possible to increase the performances, in terms of efficiency and economy, of water service both in the "ordinary management" and in more wide-ranging strategic projects.

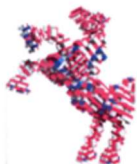
The research activity carried out allowed to build a simple, flexible but at the same time objective and scalable tool for the evaluation and control of network anomalies as well as having identified the significant parameters that affect the main issues of the service (network losses and interruptions in supply water).



RELAZIONE SULLE ATTIVITÀ SVOLTE

1) Corsi e Seminari SIACE

Denominazione Seminario erogato da SIACE presso UNICAL	Data	n. Ore	CFU*
ENERGIA ED ECONOMIA CIRCOLARE <i>Responsabile:</i> NICOLA SORRENTINO	30/09/2020	4	0,5
Inglese tecnico - Technical English Course <i>Responsabile:</i> PAOLO ZIMMARO	Dal 14/09/2021 Al 21/09/2021	8	4
Python: introduction to data and machine learning -BASIC <i>Responsabile:</i> FRANCESCO CALIMERI	Dal 24/11/2020 Al 07/12/2020	15	5
Gestione della ricerca/ Research management Valorizzazione risultati della ricerca/Exploitation of research results - PhD 3.0 La terza missione dell'Università nel Terzo Livello della Formazione: Valorizzazione della ricerca e Creazione d'Impresa" <i>Responsabile:</i> ESTER CORLEONE – LIASON OFFICE D'ATENEO	Dal 16/11/2020 Al 17/12/2020	15	4
Gestione della ricerca/ Research management Valorizzazione risultati della ricerca/Exploitation of research results - Percorso Formativo Verso Horizon Europe: Scenario e prospettive del nuovo programma quadro europeo per la ricerca e innovazione <i>Responsabile:</i> ESTER CORLEONE – LIASON OFFICE D'ATENEO CON APRE	Dal 11/01/2021 Al 12/01/2021	5	1
Gestione della ricerca/ Research management Valorizzazione risultati della ricerca/Exploitation of research results - Verso Horizon Europe: state of the art of msca in the next framework programme MarieSkłodowska - Curie Actions (MSCA) Individual Fellowship (IF) di Horizon2020 <i>Responsabile:</i> ESTER CORLEONE – LIASON OFFICE D'ATENEO CON APRE	Dal 04/05/2021 Al 04/05/2021	5	1
Gestione della ricerca/ Research management Valorizzazione risultati della ricerca/Exploitation of research results - Seminario Soft skills - DIAM Orientamento in Itinere - Seminario Soft skills <i>Responsabile:</i> MANUELA CARINI – DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'AMBIENTE	Dal 26/05/2021 Al 26/05/2021	2	1
Gestione della ricerca/ Research management			

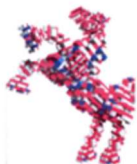


Valorizzazione risultati della ricerca/Exploitation of research results - PhD3.0 - Giornate di mentorship per la valorizzazione dei risultati della ricerca <i>Responsabile:</i> ESTER CORLEONE – LIASON OFFICE D'ATENEO	<i>Dal</i> 07/07/2021 <i>Al</i> 07/07/2021	1	1
Gestione della ricerca/ Research management Valorizzazione risultati della ricerca/Exploitation of research results - HRS4R - Human Resources Strategy for Researchers <i>Responsabile:</i> ESTER CORLEONE – LIASON OFFICE D'ATENEO	<i>Dal</i> 07/07/2021 <i>Al</i> 07/07/2021	3	1
Giornate seminari tematici SIACE 2021 "Recent advances in hydrometeorological monitoring and modelling" <i>Relatore:</i> ALFONSO SENATORE	13/05/2021 – 20/05/2021	8	1
Giornate seminari tematici SIACE 2021 "Green Chemistry: "Unconventional Solvents and their Application in Membrane Technology" <i>Relatore:</i> RAFFAELLA MANCUSO	09/07/2021	4	0,5
SIACE Days 2021 <i>Relatore:</i> DOTTORANDI	13/07/2021 – 14/07/2021	8	1
La scrittura della tesi tecnico-scientifica <i>Relatore:</i> MATRICCIANI EMILIO	12/04/2021 – 19/04/2021	4	0,5
MARTE chiama...LaRa riflette! <i>Relatore:</i> LUCIANA FILOMENA	20/05/2021	2	0,5
ARMONICAMENTE 4.0: traiettorie d'innovazione per il made in Italy <i>Relatori:</i> ELEONORA BILOTTA, PIETRO PANTANO	19/07/2021 – 20/07/2021	15	0,5
PhD3.0 La terza missione dell'Università nel Terzo Livello della Formazione: EUROPROGETTAZIONE, PROPRIETA' INDUSTRIALE E DIRITTI D'AUTORE <i>Responsabile:</i> ESTER CORLEONE – LIASON OFFICE D'ATENEO	<i>Dal</i> 22/11/2021 <i>Al</i> 07/02/2022	18	6
SIACE Days 2022 <i>Relatore:</i> DOTTORANDI	13/07/2022 – 14/07/2022	8	1

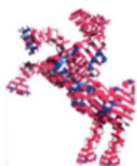
2) Scuole/Corsi a scelta

Scuole/Corsi a scelta

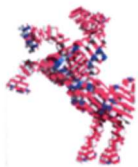
Denominazione Corso a Scelta erogato da SIACE	Periodo	n. Ore	CFU
Modello geologici applicati alla gestione dei rischi e delle risorse	<i>Dal</i> 11/12/2020	10	4



Relatore: VINCENZO TRIPODI	<i>Al 23/12/2020</i>		
Python: introduction to data and machine learning' -ADVANCED	<i>Dal 14/12/2020 Al 14/01/2021</i>	15	6
Relatore: FRANCESCO CALIMERI			
Analisi di dati territoriali per la valutazione di suscettibilità e pericolosità da frana	<i>Dal 13/04/2021 Al 14/04/2021</i>	10	4
Relatore: FEDERICA LUCA'			
Rigenerazione urbana, territoriale ed ambientale. Teoria, strumenti e pratiche	<i>Dal 17/05/2021 Al 11/06/2021</i>	10	4
Relatore: PIERFRANCESCO CELANI			
Climate change analysis	<i>Dal 07/06/2021 Al 11/06/2021</i>	10	4
Relatore: TOMMASO CALOIERO			
Processes for biomass and organic waste valorization	<i>Dal 14/05/2021 Al 11/06/2021</i>	10	4
Relatore: ENRICO CATIZZONE			
Seminari – Le Rocce industriali	<i>Dal 15/06/2021 Al 17/06/2021</i>	4	2
Relatore: ANNA MARIA DE FRANCESCO			
Metodologie isotopiche applicate allo studio dei processi naturali	<i>Dal 21/06/2021 Al 23/06/2021</i>	10	4
Relatore: GIOVANNI VESPASIANO			
Analytical Techniques for environmental studies	<i>Dal 21/06/2021 Al 23/06/2021</i>	10	4
Relatori: DONATELLA BARCA, PAOLA DONATO, FABIO SCARCIGLIA			
I fiumi e l'occhio	<i>Dal 4/06/2021 Al 03/07/2021</i>	10	4
Relatore: FRANCESCO MACCHIONE			
Membrane Applications – Scienza e tecnologia delle membrane – Applicazione di membrane	<i>Dal 08/06/2021 Al 23/06/2021</i>	8	4
Relatori: ENRICO DRIOLI, ALESSANDRA CRISCUOLI, GIUSEPPE BARBIERI, ADELE BRUNETTI			
Mercati energetici ed ambientali	<i>Dal 01/07/2021 Al 19/07/2021</i>	10	4



Relatore: NICOLA SORRENTINO				
Dynamically coupled atmospheric-hydrological modeling systems		<i>Dal 07/07/2021 Al 20/07/2021</i>	10	4
Relatore: ALFONSO SENATORE				
Denominazione Corso non erogato da SIACE <i>(autorizzato da Commissione Didattica)</i>	Luogo	Periodo	n. Ore	CFU³
Remtech Europe 2020 <i>Docente: vari</i>	Ferrara Fiere	<i>Dal 21/09/2020 al 25/09/2020</i>	45	18
The new Circular Economy Action Plan (CEAP 2.0) <i>Organizzatore: Ecomondo Scientific Technical Committee and European Commission</i>	Piattaforma Telematica	<i>16/10/2020</i>	2,5	1
Rural Worlds 2022 – 1 ^a fase RURAL4LEARNING Partecipazione al corso e superamento del test di verifica Ente Promotore: Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali – Rete Rurale Nazionale 2014-22	Corso e- learning	<i>Dal 01/02/2022 al 27/03/2022</i>	24	
Rural World – 2 ^a fase Orientamento professionale Parole come Semi 2022. Ente Promotore: Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali – Rete Rurale Nazionale 2014-22	Piattaforma Telematica	<i>Dal 27/04/2022 al 30/06/2022</i>	24	



TESI SOMMARIO

INTRODUZIONE.....	14
CAPITOLO 1.....	17
1.1 DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI DEL 4 MARZO 1996.....	19
1.2 QUADRO REGOLATORIO DI RIFERIMENTO ARERA.....	24
1.2.1 OBIETTIVI DI QUALITÀ TECNICA.....	26
1.2.1.1 PREREQUISITI	28
1.2.1.2 STANDARD GENERALI	29
1.2.1.3 STANDARD SPECIFICI	36
1.2.2 OBIETTIVI DI QUALITÀ CONTRATTUALE	37
1.1 STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE IN MATERIA DI RISORSE IDRICHE.....	45
1.1.1 PIANO DI GESTIONE DELLE ACQUE.....	45
1.1.2 PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE	50
1.1.3 STRUMENTO DIRETTORE DEL CICLO INTEGRATO DELLE ACQUE DELLA REGIONE CAMPANIA	52
1.1.4 PIANO D'AMBITO	53
1.1.5 PIANI DI DISTRETTO	56
CAPITOLO 2.....	57
2.1 ASSET	57
2.1.1 OPERE DI PRESA.....	57
2.1.2 IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO.....	60
2.1.3 RETI DI ADDUZIONE	62
2.1.4 SERBATOI	65
2.1.5 RETI DI DISTRIBUZIONE	67
2.2 IWA.....	71
2.2.1 METODO DEL MINIMUM NIGHT FLOW (MNF).....	75
2.2.2 METODO BURST AND BACKGROUND ESTIMATES (BABE).....	78
2.2.3 L'APPROCCIO TOP-DOWN WATER BALANCE	80
CAPITOLO 3.....	83
3.1 MODELLI DI SIMULAZIONE IDRAULICA.....	83
3.1.1 EQUAZIONE NEI NODI.....	84
3.1.2 EQUAZIONE NEI RAMI.....	87
3.1.3 RISOLUZIONE.....	88



3.1.4 ANALISI DELLE CRITICITÀ	94
3.2 EPANET	95
3.2.1 PROCEDURA PRELIMINARE DI “SCHELETRIZZAZIONE” DELLA RETE	96
3.2.2 DEFINIZIONE DI LINKS E NODES	97
CAPITOLO 4	108
4.1 ANALISI DECISIONALE MULTICRITERIO	108
4.1.1 CLASSIFICAZIONE DEI METODI MULTICRITERIO	109
4.2 METODI PER L’ANALISI MULTI CRITERIO DELLE PERFORMANCE DEGLI INTERVENTI.....	111
4.2.1 METODO ANP.....	111
CAPITOLO 5	121
5.1 DESCRIZIONE DI RETI IDRICHE E OPERE PUNTUALI COSTITUENTI L’AREA DI STUDIO	121
5.1.1 DESCRIZIONE DELLE RETI E COSTITUENTI L’AREA DI STUDIO	122
5.1.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE PUNTUALI COSTITUENTI L’AREA DI STUDIO	123
5.1.3 CARATTERISTICHE DEL SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE.....	123
5.2 CRITICITÀ NELL’EROGAZIONE DEL SERVIZIO	129
5.2.1 MACRO INDICATORE M1.....	129
5.2.2 MACRO INDICATORE M2.....	132
5.2.3 MACRO INDICATORE M3.....	133
5.3 DESCRIZIONE DEL FUNZIONAMENTO DELLA RETE.....	137
5.4 GLI INDICATORI DI PERFORMANCE	138
5.4.1 KPI ASSET	139
5.4.1.1 SORGENTI	139
5.4.1.2 POZZI.....	147
5.4.1.3 CLORATORI	154
5.4.1.4 POTABILIZZATORI.....	156
5.4.1.5 ADDUTTRICI	158
5.4.1.6 SERBATOI.....	166
5.4.1.7 PARTITORI	172
5.4.1.8 DISTRIBUZIONE	173
5.4.1.9 IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO	175
5.5 MISURE PER IL CONTROLLO DELLE PRESSIONI E DELLE PERDITE	176
5.5.1 DISTRETTUALIZZAZIONE	176



5.5.2 INSTALLAZIONE DI VALVOLE DI CONTROLLO DELLA PRESSIONE	197
5.6 DESCRIZIONE DEL MODELLO IDRAULICO DI SIMULAZIONE DELLA RETE	209
5.7 LA RIABILITAZIONE DI RETI IDRICHE	215
5.7.1 RENOVATION	218
5.7.2 TRENCHLESS REPLACEMENT	222
5.7.3 MAINTANANCE AND REPAIR	225
5.7.4 SCELTA TRA LE POSSIBILI ALTERNATIVE DI REHABILITATION	225
CAPITOLO 6	236
6.1 SINTESI MACRO-INDICATORI ARERA	237
6.2 SINTESI KPI	238
6.3 RISULTATI	241
APPENDICE	244
TABELLA 1 DESCRIZIONE DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E DIMENSIONALI DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE ATTUALMENTE GESTITE (RIF. PARAGRAFO "5.1.1.1 DESCRIZIONE DELLE RETI COSTITUENTI L'AREA DI STUDIO")	244
TABELLA 2 SERBATOI E SOLLEVAMENTI A SERVIZIO DELL'AMBITO DI INTERVENTO (RIF. PARAGRAFO "5.1.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE PUNTUALI COSTITUENTI L'AREA DI STUDIO")	250
TABELLA 3 PARAMETRI FUORI LIMITE (RIF. PARAGRAFO 5.2.3 MACRO INDICATORE M3).....	268
TABELLA 4 CHIUSURE NOTTURNE ANNO 2020 (RIF. 5.3 DESCRIZIONE DEL FUNZIONAMENTO DELLA RETE)	273
TABELLA 5 INTERRUZIONI NON PROGRAMMATE PER ROTTURA TUBAZIONI (RIF. 5.3 DESCRIZIONE DEL FUNZIONAMENTO DELLA RETE)	274
BIBLIOGRAFIA	277



INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1_ CLASSI DI APPARTENENZA PER IL MACRO- INDICATORE M1	30
FIGURA 2_ OBIETTIVI DI SERVIZIO PER MACRO-INDICATORE - M1	30
FIGURA 3_ OBIETTIVI DI SERVIZIO PER MACRO-INDICATORE - M2	32
FIGURA 4_ OBIETTIVI DI SERVIZIO PER MACRO-INDICATORE - M3	33
FIGURA 5_ FASI DI VALUTAZIONE DELLA PERDITA D'ACQUA	74
FIGURA 6_ ESEMPIO DI RETE APERTA E RETE A MAGLIE CHIUSE	89
FIGURA 7_ SCHEMA RAMIFICATO PER DISTRIBUZIONE E PER ADDUZIONE	93
FIGURA 8_ SISTEMA DI ADDUZIONE CON VALVOLE INTERO E PARTIZIONATO	94
FIGURA 9_ INTERFACCIA PARAMETRI NODI.....	98
FIGURA 10_ INTERFACCIA PARAMETRI TANKS	99
FIGURA 11_ INTERFACCIA GRAFICA ANDAMENTO TEMPORALE LIVELLO SERBATOIO	99
FIGURA 12_ INTERFACCIA PARAMETRI RESERVOIRS	100
FIGURA 13_ INTERFACCIA PARAMETRI CONDOTTA	100
FIGURA 14_ LEGGI DELL'IDRAULICA	101
FIGURA 15_ COEFFICIENTI DI SCABREZZA	102
FIGURA 16_ INTERFACCIA GRAFICA ANDAMENTO PORTATA IN CONDOTTA	102
FIGURA 17_ INTERFACCIA PARAMETRI POMPE.....	103
FIGURA 18_ INTERFACCIA PARAMETRI VALVOLA	104
FIGURA 19_ INTEFACCIA CURVA CARATTERISTICA POMPA.....	105
FIGURA 20_ INTERFACCIA TIME PATTERN	106
FIGURA 21_ INTERFACCIA CONTROLS	107
FIGURA 22_ COMUNI GESTITI DA CONSAC GESTIONI IDRICHE S.P.A.	122
FIGURA 23_ MATERIALI DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE DELL'AREA DI STUDIO	123
FIGURA 24_ SCHERMATA SIT	125
FIGURA 25_ SCHERMATA SIT TABELLA ATTRIBUTI RETI DI DISTRIBUZIONE.....	126
FIGURA 26_ SCHERMATA SIT TABELLA ATTRIBUTI SERBATOI	127
FIGURA 27_ INDICATORE ARERA M1	131
FIGURA 28_ MACROINDICATORE M2_ ARERA	133
FIGURA 29_ MACROINDICATORE ARERA M3	136
FIGURA 30_ SCHEMA DI IPOTESI DISTRETTUALIZZAZIONE	177



FIGURA 31_ RETE DI DISTRIBUZIONE DELL'AGGLOMERATO DI CAMEROTA MARINA.....	211
FIGURA 32_ IMPLEMENTAZIONE EPANET CAMEROTA MARINA	212
FIGURA 33_ SIMULAZIONE EPANET CAMEROTA MARINA	213
FIGURA 34_ SIMULAZIONE EPANET CAMEROTA MARINA	214
FIGURA 35_ SCHEMA FUNZIONALE CAMEROTA MARINA	215
FIGURA 36_ TECNICHE POSSIBILI PER INTERVENTI (UNI EN ISO 11295:2010).....	218
FIGURA 37_ STRUTTURA DI RANKING DEL PROCESSO ANALITICO DI RETE PER LA SELEZIONE DELL'ALTERNATIVA OTTIMALE	227
FIGURA 38_ IL METODO DEL QUESTIONARIO USATO PER IL CONFRONTO A COPPIE TRA I SETTE CRITERI DECISIONALI.....	231
FIGURA 39_ NORMALIZZAZIONE DEI CRITERI RISPETTO ALL'OGGETTIVO	232
FIGURA 40_ SUPERMATRICE NON PONDERATA PRIMA DI EFFETTUARE IL CONFRONTO A COPPIE	233
FIGURA 41_ SUPERMATRICE PONDERATA.....	234
FIGURA 42_ SUPERMATRICE LIMITE	234
FIGURA 43_ RANKING DELLE ALTERNATIVE	234

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1_ STANDARD GENERALI DI QUALITÀ CONTRATTUALE.....	41
TABELLA 2_ STANDARD SPECIFICI DI QUALITÀ CONTRATTUALE	42
TABELLA 3_ MACRO INDICATORI E INDICATORI SEMPLICI DI QUALITÀ CONTRATTUALE.....	43
TABELLA 4_ OBIETTIVI DI SERVIZIO PER MACRO-INDICATORI DI QUALITÀ CONTRATTUALE	45
TABELLA 5_ KTMS DEL PIANO DI GESTIONE DELLE ACQUE.....	47
TABELLA 6_ AG DEL PIANO DI GESTIONE DELLE ACQUE	50
TABELLA 7_ STANDARD INTERNAZIONALE DI BILANCIO IDRICO E TERMINOLOGIA	72
TABELLA 8_ METODI DI ANALISI MULTICRITERIO UTILIZZATI NELLE RETI DI DISTRIBUZIONE DELL'ACQUA	109
TABELLA 9_ VALORI DEL COEFFICIENTE STOCASTICO MEDIO IN FUNZIONE DEL RANGO DELLA MATRICE	117
TABELLA 10_ STANDARD GENERALI ARERA.....	129
TABELLA 11_ M1A ANNI 2019-2020	130



TABELLA 12_ M1B ANNI 2019-2020	131
TABELLA 13_ VALORI G1.1	132
TABELLA 14_ MACROINDICATORE M2 ANNI 2019 - 2020	133
TABELLA 15_ INDICATORE M3A_ ANNI 2019-2020	134
TABELLA 16_ INDICATORE M3B_ ANNI 2019-2020	135
TABELLA 17_ INDICATORE M3C_ ANNI 2019-2020	136
TABELLA 18_ MACRO-INDICATORE M3	136
TABELLA 19_ VALORE G3.1_ ANNI 2019-2020	137
TABELLA 20_ IPOTESI PRV	208
TABELLA 21_ MATRICE DELLE ALTERNATIVE DI REHABILITATION	226
TABELLA 22_ SUPERMATRICE NON PONDERATA PRIMA DI EFFETTUARE IL CONFRONTO A COPPIE	229
TABELLA 23_ INTERAZIONE TRA GLI ELEMENTI DEL PROCESSO DECISIONALE	229
TABELLA 24_ MATRICE DI CONFRONTO A COPPIE TRA I CRITERI IN RELAZIONE ALL'OBIETTIVO	231
TABELLA 25_ FORMA DELLA SUPERMATRICE PER QUESTO CASO STUDIO (VALORE W)	233
TABELLA 26_ VALORI MEDI DI M1A E M1B PER AREA GEOGRAFICA (ARERA, 2019)	237
TABELLA 27_ M1A CONSAC	237
TABELLA 28_ M1B CONSAC	238
TABELLA 29_ VALORI MEDI DEL MACRO-INDICATORE I M2 PER AREA GEOGRAFICA (ARERA, 2019)	238
TABELLA 30_ M2 CONSAC	238
TABELLA 31_ KPI SORGENTI	239
TABELLA 32_ KPI POZZI	240
TABELLA 33_ KPI CLORATORI ED ADDUTTRICI	240
TABELLA 34_ KPI SERBATOI	241
TABELLA 35_ VALORI M1B TOTALI E DELL'AREA DI STUDIO PRIMA DELLA REALIZZAZIONE DEL PERCORSO INDICATO	241
TABELLA 36_ VALORI M1B TOTALI E DELL'AREA DI STUDIO DOPO LA REALIZZAZIONE DEL PERCORSO INDICATO	242



INTRODUZIONE

La presente tesi di dottorato si è posta l'obiettivo di sviluppare una metodologia integrata per l'efficientamento del servizio idropotabile attraverso la riduzione delle perdite di rete ed il contenimento degli interventi di manutenzione del sistema.

Il modello proposto con un forte approccio applicativo tiene specificamente conto degli asset infrastrutturali utili al servizio e degli obiettivi di efficacia/efficienza indicati da ARERA, Agenzia nazionale di regolazione del SII, in coerenza con i vari piani sovraordinati (Piano di Gestione delle acque, Piano di Tutela delle acque, Piano Regolatore Generale degli Acquedotti, Piano d'Ambito...) e consente una verifica speditiva del funzionamento delle reti e di individuare le soluzioni migliori per la massimizzazione degli indici di performance.

Il percorso metodologico adottato, strutturato in più fasi distinte e consequenziali, prevede l'indagine effettiva delle condizioni fisiche e di funzionamento degli asset: un'approfondita conoscenza del sistema risulta indispensabile per analizzare il servizio e migliorarne la qualità, consente di prendere decisioni più consapevoli in tempo reale e di indirizzare gli investimenti verso priorità concrete ed effettive. Tale approccio, grazie all'utilizzo di processo decisionale con algoritmi predittivi e prescrittivi, è utile per pianificare accuratamente gli interventi anche a medio-lungo termine e per ottimizzare l'attività di manutenzione basandosi sull'analisi ricognitiva dello stato effettivo delle reti più che sulla teorica vita utile.

Il lavoro, finalizzato alla definizione di un sistema decisionale strategico per l'organizzazione e la gestione delle reti, ha dovuto tener conto della complessità del sistema normativo e regolatorio, delle diverse specifiche infrastrutturazioni necessarie per il servizio, delle variabili riferite al territorio servito ed ha fra i suoi punti di forza la valutazione della concreta applicabilità di quanto proposto.

Nel primo capitolo viene descritto il servizio idrico integrato con un'*overview* del quadro normativo e regolatorio di riferimento vigente, dalla cd. Legge Galli (abrogata ma recepita, nella gran parte dei suoi contenuti, nel T.U. 152/2006) in cui viene riportato che *"I servizi idrici sono riorganizzati sulla base di ambiti territoriali ottimali"*: a 28 anni dall'approvazione di tale Legge ancora oggi l'organizzazione dei servizi idrici è estremamente stratificata e complessa con una governance multilivello che implica altrettante *"sovrapposizioni pianificatorie"*.

Nel capitolo 2 vengono individuati i principali asset di un sistema idrico e viene illustrata una metodologia internazionale standardizzata per la valutazione della qualità delle reti idriche: viene descritto il sistema acquedottistico dalle opere di presa per l'approvvigionamento idrico (da sorgente o falda) ai serbatoi, alle reti di adduzione e distribuzione in favore utenti finali e viene introdotto lo stato dell'arte della letteratura



internazionale, con particolare riferimento al documento “*Losses from Water Supply System: Standard Terminology and Recommended Performance Measures*” elaborato dalla Water Loss Task Force dell’ IWA (International Water Association).

Nel capitolo 3 vengono esplorati i modelli di simulazione idraulica evidenziando le equazioni che descrivono il comportamento del sistema e attraverso la cui risoluzione, noti dei parametri di ingresso, si possono ricavare le grandezze incognite: le considerazioni di carattere generale sono state approfondite per il software impiegato nella simulazione, EPANET, definendo le caratteristiche dell’algoritmo da esso utilizzato per la risoluzione del sistema di equazioni di continuità ai nodi e di moto sulle condotte, le modalità con cui è possibile rappresentare i vari componenti della rete e i rispettivi dati di input richiesti per il corretto funzionamento del sistema.

Nel capitolo 4 vengono passati in rassegna taluni metodi decisionali multi-obiettivo e multi-attributo in funzione delle caratteristiche specifiche del contesto di applicazione e dello scopo da perseguire. A tale proposito, l’ARERA ha sottolineato a più riprese la necessità di dover individuare gli interventi operativi prioritari in funzione di alcuni specifici criteri di scelta. Dopo un’ampia review dei metodi decisionali multicriteri classificati come “multi – attributo”, viene approfondito il metodo ANP di tipo “*pairwise comparison*”.

Nel capitolo 5 viene costruito il sistema di supporto alle decisioni per scelte interattive (strategiche) integrandolo a strumenti di *data mining e data recognition* utili alla descrizione del network utilizzato per la sperimentazione, riferito al territorio del Cilento e Vallo di Diano.

L’implementazione di un Sistema Informativo Territoriale (ricostruzione topologica e validazione della banca dati GIS), la distrettualizzazione con l’ausilio di modelli di simulazione idraulica, la definizione di un “tasso di fallanza” sulla scorta degli interventi di manutenzione eseguiti negli anni, la definizione di “*Key Performance Indicators*”, così come proposti nel Piano d’Ambito adottato dall’Ente Idrico Campano, per valutarne gli scostamenti rispetto ai valori di riferimento nel distretto Sele ed al contesto regionale, l’utilizzo della metodologia ANP per la scelta della migliore tecnologia di riabilitazione delle reti nel contesto di riferimento (area Parco – principio del DNSH): l’integrazione di tali strumenti ha consentito la costruzione di un sistema di supporto alle decisioni in cui variando i valori di performance rispetto ad ogni criterio considerato variano le matrici di valutazione dato atto in maniera dinamica a seconda delle basi informative e dei requisiti di conoscenza.

I risultati ottenuti sono presentati nel capitolo 6 con l’attribuzione di indici multi parametrici per la rilevazione delle anomalie di rete e la messa a punto di procedure operative.



Le linee guida così conseguite sulle migliori scelte tecnico – gestionali utili all’ottimizzazione del servizio e le procedure operative per il monitoraggio dello stato di funzionamento delle reti idriche descritte possono costituire un valido indirizzo per i soggetti gestori del ciclo idrico integrato.

L’attività di ricerca svolta, che vede in questo documento finale la sua sintesi, ha permesso di costruire uno strumento semplice, flessibile ma allo stesso tempo oggettivo e scalabile per la valutazione ed il controllo delle anomalie di rete oltre che aver individuato i parametri significativi che incidono sulle principali criticità di servizio: le perdite di rete e le interruzioni nell’erogazione idrica.

Il presente elaborato è stato redatto in contemporanea allo svolgimento dell’attività lavorativa (*tecnica e progettuale*) presso l’U.T. della società “*Consac gestioni idriche SpA*”, Gestore del Servizio Idrico Integrato nell’Ex Ambito Territoriale Ottimale n. 4 denominato “*Sele*” della Regione Campania per le aree ricadenti, in larga misura, nel Parco Nazionale del Cilento e del Vallo di Diano.

Tale circostanza ha favorito l’accesso alle informazioni – disponibili con un sufficiente grado affidabilità, seppur in maniera disaggregata e non omogenea - ma ha soprattutto contribuito a definire meglio le esigenze del “soggetto gestore” che si trova ancora oggi a far fronte alle “emergenze” non avendo implementato sistemi decisionali che consentano un’adeguata gestione strategica delle reti e degli impianti. Inoltre, un valore aggiunto dell’attività di ricerca svolta è stato proprio l’aver potuto validare i risultati “in itinere” e disseminare i medesimi risultati in attività progettuali svolte dal soggetto gestore “*Consac gestioni idriche SpA*”.



CAPITOLO 1

Il quadro normativo nazionale in materia di risorse idriche e gestione del SII è il risultato di una stratificazione di norme che miravano, a partire dalla cd Legge Galli, alla riorganizzazione ed efficientamento del sistema in recepimento delle direttive comunitarie.

Di seguito se ne fornisce un quadro di sintesi essenziale:

Legge 36 del 5 gennaio 1994 cd. "Legge Galli"

La norma è stata abrogata dal D.Lgs. 152/2006, che però ne ha mantenuto quasi totalmente i contenuti.

Tra i provvedimenti principali, collegati alla Legge Galli che mantengono tuttora una valenza tecnica e dispositiva ritroviamo:

- *Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 4 marzo 1996* - direttive, metodologie e criteri generali per raggiungere gli obiettivi della legge Galli;
- *Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 1° agosto 1996* - definizione della tariffa del servizio idrico (sostituito dalla regolazione ARERA);
- *Decreto del Ministero dell'Ambiente del 22 novembre 2001* - Modalità di affidamento in concessione a terzi della gestione del servizio idrico integrato

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 4 marzo 1996

Ha stabilito i livelli minimi dei servizi che devono essere garantiti in ciascuno ambito territoriale ottimale, di cui all'art. 8, comma 1 della Legge Galli, nonché i criteri e gli indirizzi per la gestione dei servizi di approvvigionamento, di captazione e di accumulo per usi anche diversi da quello potabile.

Decreto Legislativo 2 febbraio 2001, n. 31

Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale"

Con particolare riguardo alla Parte III, rappresenta il testo settoriale di riferimento in materia di servizi idrici, definendo, tra l'altro, la ripartizione delle competenze tra i diversi livelli istituzionali (Presidenza del Consiglio dei Ministri, MATTM, Regioni, Enti locali, Autorità di bacino distrettuale, enti di governo degli ATO ecc.) e gli indirizzi per l'organizzazione del servizio idrico integrato. Con particolare riferimento a tale ultimo tema, il Codice dell'Ambiente (artt. 147 e ss.) fissa importanti regole per:

- la delimitazione degli Ambiti Territoriali Ottimali (ATO) da parte delle Regioni;
- la predisposizione dei piani d'ambito da parte degli enti di governo degli ATO;
- l'affidamento del servizio e la regolazione dei rapporti tra ente di governo dell'ATO e gestore.



Decreto Legge 13 agosto 2011, n. 138

All'art. 3-bis viene indicato alle Regioni e alle Province autonome di Trento e Bolzano l'obbligo di definire il perimetro degli ATO all'interno dei quali deve essere organizzato lo svolgimento dei servizi pubblici locali di interesse economico generale a rete e, contestualmente, impone loro di individuare il relativo ente di governo. Secondo tali norme, gli ATO devono avere dimensioni almeno provinciali. Estensioni inferiori devono essere giustificate in base ai principi di proporzionalità, adeguatezza ed efficienza, nonché in base a criteri di differenziazione territoriale e socioeconomica. Agli enti locali corre l'obbligo di aderire all'ente di governo del corrispondente ATO, che rappresenta l'unico soggetto nel contesto del quale possono essere esercitate le funzioni di organizzazione dei servizi, di scelta della forma di gestione, di determinazione delle tariffe all'utenza (per quanto di competenza), di affidamento e controllo della gestione. La norma prevede, infine, l'esercizio di poteri sostitutivi in caso di inerzia da parte di regioni e/o enti locali e dettaglia i contenuti della relazione che gli enti di governo degli ATO devono predisporre a motivazione della scelta sulla modalità di gestione del servizio affidato, ai sensi dell'art. 34 del D.L. 179/2012.

Decreto Legislativo 19 agosto 2016, n. 175, "Testo unico in materia di società a partecipazione pubblica"

Il c.d. TUSP racchiude le norme relative alla costituzione di società da parte di amministrazioni pubbliche, nonché l'acquisto, il mantenimento e la gestione di partecipazioni da parte di tali amministrazioni, in società a totale o parziale partecipazione pubblica, diretta o indiretta.

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 luglio 2012 "Individuazione delle funzioni dell'Autorità per l'energia elettrica ed il gas attinenti alla regolazione e al controllo dei servizi idrici"

Il DPCM dettaglia le funzioni attribuite all'Autorità, tra le quali si segnalano le seguenti:

- definizione dei livelli minimi e degli obiettivi di qualità del servizio;
- predisposizione delle convenzioni-tipo per la regolazione dei rapporti tra enti affidanti e gestori;
- definizione delle componenti di costo, inclusi i costi finanziari degli investimenti e della gestione;
- predisposizione e aggiornamento del metodo tariffario idrico;
- verifica della corretta redazione dei piani d'ambito;
- approvazione delle tariffe del servizio proposte dai soggetti territorialmente competenti;
- adozione di direttive per la trasparenza della contabilità;
- espressione di pareri in materia su richiesta del Governo, delle regioni e dei soggetti che affidano il servizio;



- formulazione di proposte di revisione della disciplina vigente, segnalandone, altresì, i casi di grave inosservanza e di non corretta applicazione;
- tutela dei diritti degli utenti;
- raccolta, elaborazione e restituzione di dati statistici e conoscitivi, assicurando l'accesso generalizzato, anche per via informatica, ai dati raccolti e alle elaborazioni effettuate per la tutela degli interessi degli utenti.

Legge 28 dicembre 2015, n. 221

All'Art. 58 del c.d. "Collegato ambientale" viene istituito il Fondo di garanzia per gli interventi finalizzati al potenziamento delle infrastrutture idriche, ivi comprese le reti di fognatura e depurazione, in tutto il territorio nazionale.

Con la delibera 8/2020/R/idr, del 21 gennaio 2020, ARERA ha disciplinato le modalità di gestione e di utilizzo del Fondo di garanzia, specificando i requisiti e le condizioni di accesso alla garanzia e definendo adeguati obblighi di rendicontazione, comunicazione e monitoraggio.

All'Art. 60 viene dato avvio all'iter per l'istituzione del c.d. bonus idrico, una misura volta a ridurre la spesa per il servizio di acquedotto di nuclei familiari in condizione di disagio economico e sociale.

Legge 27 dicembre 2017, n. 205 "Piano nazionale di interventi nel settore idrico"

Il Piano nazionale di interventi nel settore idrico nasce con l'obiettivo di programmare e realizzare tempestivamente gli interventi necessari all'adeguamento delle infrastrutture idriche. Il Piano è articolato in due sezioni:

- Sezione "acquedotti", per la cui definizione è responsabile ARERA sulla base dei dati trasmessi dagli Enti d'ambito;
- Sezione "invasi", la cui predisposizione compete al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti in collaborazione coi ministeri interessati.

1.1 DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI DEL 4 MARZO 1996

Parte degli indirizzi contenuti nel Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 4 Marzo 1996 relativi alla qualità contrattuale del servizio prestatato dal Gestore del SII, sono oramai superati dai nuovi standard di qualità contrattuali stabiliti dall'ARERA nel provvedimento 655/2015/R/IDr RQSII "Regolazione della qualità contrattuale del servizio idrico integrato ovvero di ciascuno dei singoli servizi che lo compongono".



Dal punto di vista tecnico sono invece riportate, divise per comparto, le indicazioni tecniche minime stabilite dal medesimo D.P.C.M.:

Alimentazione idrica: Usi domestici

Alle utenze potabili domestiche devono essere assicurati:

- una dotazione pro-capite giornaliera alla consegna, non inferiore a 150 litri/abitante al giorno, intesa come volume attingibile dall'utente nelle 24 ore;
- una portata minima erogata al punto di consegna non inferiore a 0,10 l/s per ogni unità abitativa in corrispondenza con il carico idraulico di cui alla successiva lettera c);
- un carico idraulico di 5 m, misurato al punto di consegna, relativo al solaio di copertura del piano abitabile più elevato. Il dato è da riferire al filo di gronda o all'estradosso del solaio di copertura come indicato negli strumenti urbanistici comunali. Sono ammesse deroghe in casi particolari per i quali il gestore dovrà dichiarare in contratto la quota piezometrica minima che è in grado di assicurare. Per tali casi e per gli edifici aventi altezze maggiori di quelle previste dagli strumenti urbanistici adottati (siano tali edifici non conformi, anche se sanati, o in deroga) il sollevamento eventualmente necessario sarà a carico dell'utente. I dispositivi di sollevamento eventualmente installati dai privati debbono essere idraulicamente disconnessi dalla rete di distribuzione; le reti private debbono essere dotate di idonee apparecchiature di non ritorno;
- un carico massimo riferito al punto di consegna rapportato al piano stradale non superiore a 70 m, salvo indicazione diversa stabilita in sede di contratto di utenze.

Alimentazione idrica: Usi civili non domestici

Per i consumi civili non domestici, intesi come consumi pubblici (*scuole, ospedali, caserme, edifici pubblici, centri sportivi, mercati, stazioni ferroviarie, aeroporti, ecc.*) e consumi commerciali (*uffici, negozi, supermercati, alberghi, ristoranti, lavanderie, autolavaggi, ecc.*) devono essere assicurate una dotazione minima, una portata da definire nel contratto di utenza. Essa non potrà essere comunque inferiore ai valori che saranno fissati in apposita tabella da allegare alla Convenzione. Si adottano per i valori di carico idraulico stabiliti per gli usi domestici.

Alimentazione idrica: Usi non potabili

Le dotazioni unitarie giornaliere individuate per gli usi domestici potranno essere ridotte sino a 50 l/ab/giorno, nel caso all'utente sia assicurato, a condizioni di convenienza, l'approvvigionamento con reti separate anche



di acqua non potabile per usi diversi, almeno nella misura occorrente al raggiungimento dei valori minimi in 150 l/ab al giorno. Analoghe riduzioni sono consentite per le utenze civili non domestiche di cui al punto precedente, tenuto conto del tipo di utenza.

Alimentazione idrica: Qualità delle acque potabili

Gli obiettivi minimi in materia di qualità delle acque potabili fornite agli utenti sono recepiti dal D.Lgs 31/2001 e ss.mm.ii *“Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano”*, nonché nella regolazione della qualità tecnica (RQTI) di cui ai successivi paragrafi.

Alimentazione idrica: Controlli qualitativi

Gli obiettivi minimi in materia di qualità delle acque potabili fornite agli utenti sono recepiti dal D.Lgs 31/2001 e ss.mm.ii *“Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano”*, nonché nella regolazione della qualità tecnica (RQTI) di cui ai successivi paragrafi.

Alimentazione idrica: Potabilizzazione

Gli impianti di potabilizzazione debbono essere realizzati e gestiti in modo tale che l'acqua immessa in rete abbia, fino alla consegna all'utente, le caratteristiche di qualità minima previste dal D.Lgs 31/2001 e ss.mm.ii, in ogni condizione di esercizio. Anche nei casi in cui le normali caratteristiche delle acque da distribuire non lo richiedano, gli impianti dovranno essere dotati di idonei dispositivi di disinfezione.

Nel caso in cui le caratteristiche della rete lo richiedano e sia conveniente sotto il profilo igienico ed economico, è consentito fare ricorso a dispositivi di disinfezione sulle condotte della rete di distribuzione.

Alimentazione idrica: Acque non potabili

L'eventuale distribuzione, con rete separata, di acqua non potabile dovrà avvenire nel rispetto dei seguenti criteri:

- rendere facilmente riconoscibile all'utente tale rete da quelle dell'acqua potabile;
- garantire che non siano comunque presenti sostanze che, in valori assoluti o in concentrazione, possono arrecare danni alla catena biologica;
- rendere noto all'utente in sede di contratto a quali usi è destinata tale acqua;
- rispettare i limiti della normativa in relazione agli usi cui tale acqua può essere destinata; in mancanza, tali limiti devono essere esplicitamente previsti in un'apposita tabella da allegare alla convenzione.



Alimentazione idrica: Misurazione

Gli obiettivi minimi in materia di misurazione sono recepiti dalla regolazione della qualità tecnica (RQTI), dalla regolazione della qualità contrattuale (RQSII), di cui ai successivi paragrafi, e nelle “*Disposizioni per l'erogazione del servizio di misura del servizio idrico integrato a livello nazionale*” (TIMSII) di cui Delibera n. 218/2016/R/idr del 5 maggio 2016

Alimentazione idrica: Continuità del servizio

Gli obiettivi minimi in materia di misurazione sono recepiti dalla regolazione della qualità tecnica (RQTI), e della regolazione della qualità contrattuale (RQSII), di cui ai successivi paragrafi.

Il servizio deve essere effettuato con continuità 24 ore su 24 e in ogni giorno dell'anno, salvo i casi di forza maggiore e durante gli interventi di riparazione o di manutenzione programmata come sotto disciplinati.

Il gestore deve organizzarsi per fronteggiare adeguatamente tali situazioni assicurando in ogni caso i seguenti livelli minimi di servizi:

- a) reperibilità 24 ore su 24 per recepire tempestivamente allarmi o segnalazioni;
- b) prestazione di primo intervento con sopralluogo entro 2 ore dalla segnalazione;
- c) riparazione di guasti ordinari entro 12 ore dalla segnalazione per gli impianti, entro 12 ore per le tubazioni sino a 300 mm di DN, e entro 24 ore per le tubazioni di diametro superiore;
- d) controllo dell'evoluzione quantitativa e qualitativa delle fonti di approvvigionamento;
- e) adozione di un piano di gestione delle interruzioni del servizio approvato dal soggetto affidante, che disciplina, tra l'altro, le modalità di informativa agli Enti competenti ed all'utenza interessata, nonché l'assicurazione della fornitura alternativa di una dotazione minima per il consumo alimentare.

Alimentazione idrica: Modalità di gestione di crisi idrica da scarsità

In caso di prevista scarsità, dovuta a fenomeni naturali o a fattori antropici comunque non dipendenti dall'attività di gestione, il gestore, con adeguato preavviso, deve informarne gli Enti Locali e proporre le misure da adottare per coprire il periodo di crisi. Tali Enti si pronunciano in merito eventualmente prescrivendo idonee misure alternative.

Tali misure possono comprendere:

- invito all'utenza al risparmio idrico ed alla limitazione degli usi non essenziali;
- utilizzo di risorse destinate ad altri usi;



- limitazione dei consumi mediante riduzioni della pressione in rete;
- turnazione delle utenze.

In ogni caso sono assicurate quelle condizioni necessarie per evitare che si creino depressioni nelle condotte.

Alimentazione idrica: Modalità di gestione di crisi qualitativa

Ove non sia possibile mantenere i livelli qualitativi entro i requisiti previsti dalla legge, il gestore è tenuto ad attivare le disposizioni normative vigenti e le previsioni del D.Lgs 31/2001 dandone tempestiva comunicazione alle autorità competenti, all'utenza e Autorità Sanitaria Locale.

In Regione Campania, il gestore comunica all'Ente idrico Campano le azioni intraprese per superare la situazione di crisi ed i tempi previsti per il ripristino della normalità, ai fini dell'esercizio dei poteri di controllo e dell'adozione di eventuali misure alternative.

Alimentazione idrica: Dotazione

Per dotazione media pro-capite da erogare all'utenza di un ambito territoriale si intende il fabbisogno medio giornaliero relativo ai diversi usi civili rapportato al numero dei residenti, tenuto conto della variabilità delle presenze e dei consumi non domestici.

Tale dato costituisce riferimento di pianificazione da prendersi a base per la quantificazione della risorsa da rendere disponibile, e per la pianificazione delle infrastrutture, in sede di aggiornamento del piano regolatore generale degli acquedotti.

Alimentazione idrica: Captazione e adduzione

La qualità delle acque alle opere di presa è salvaguardata mediante l'adozione delle misure di cui all'art. 94 del D.Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.. Dei relativi eventuali costi in conto capitale e di esercizio si tiene conto nella determinazione del costo del servizio. Il numero e la potenzialità delle risorse devono assicurare un ragionevole livello di certezza di soddisfacimento del fabbisogno di cui al punto precedente.

Alimentazione idrica: Perdite

Gli obiettivi minimi in materia di recupero delle perdite in rete sono recepiti dalla regolazione della qualità tecnica (RQT) esplicita nei successivi paragrafi.

Alimentazione idrica: Servizio antincendio, fontane, ecc.



La dotazione di idranti antincendio, di tipo, densità e ubicazione tipologica da stabilirsi in convenzione in aderenza alle norme vigenti e alle disposizioni delle autorità competenti, è considerata parte integrante della rete acquedottistica.

La convenzione di gestione prevede inoltre tipo, densità e ubicazione tipologica delle utenze comuni (fontane, bocche di lavaggio stradale, ecc.), nonché le modalità di misurazione ed il soggetto cui sono addebitati i consumi.

1.2 QUADRO REGOLATORIO DI RIFERIMENTO ARERA

L'ARERA (Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente) svolge attività di regolazione e controllo dei servizi idrici, oltre che nei settori dell'energia elettrica, del gas naturale, del ciclo dei rifiuti e del telecalore (teleriscaldamento e teleraffrescamento).

È un'autorità amministrativa indipendente che opera per garantire la promozione della concorrenza e dell'efficienza nei servizi di pubblica utilità e tutelare gli interessi di utenti e consumatori. Svolge le proprie funzioni armonizzando gli obiettivi economico-finanziari dei soggetti esercenti i servizi con gli obiettivi generali di carattere sociale, di tutela ambientale e di uso efficiente delle risorse.

In sintesi, le principali competenze di ARERA in materia di servizi idrici possono riassumersi come segue:

- garanzia della diffusione, fruibilità e qualità del servizio all'utenza in modo omogeneo sull'intero territorio nazionale;
- definizione di un sistema tariffario equo, certo, trasparente, non discriminatorio;
- tutela dei diritti e degli interessi degli utenti;
- gestione dei servizi idrici in condizioni di efficienza e di equilibrio economico e finanziario;
- attuazione dei principi comunitari «recupero integrale dei costi», compresi quelli ambientali e relativi alla risorsa, e «chi inquina paga».

ARERA ha previsto un *framework regolatorio* in grado di operare un controllo e di stabilire obiettivi anche in termini di performance del servizio erogato dai Gestori del SII in quanto esercita attività consultiva e di segnalazione al Governo e al Parlamento nelle materie di propria competenza, anche ai fini della definizione, del recepimento e della attuazione della normativa comunitaria.

Infatti, nell'individuare a livello nazionale le modalità attuative e di revisione dei Piani Tariffari, l'ARERA ha declinato le modalità di redazione del "Programma degli Interventi" (PdI), che specifica, per singola Gestione in analisi, le criticità riscontrate sul relativo territorio, gli obiettivi che si intendono perseguire in risposta alle predette criticità, nonché la puntuale indicazione degli interventi per il periodo regolatorio di riferimento,



riportando, per l'eventuale periodo residuo fino alla scadenza dell'affidamento, le informazioni necessarie al raggiungimento almeno dei livelli minimi di servizio, nonché al soddisfacimento della complessiva domanda dell'utenza, ai sensi di quanto previsto dell'art. 149, comma 3, del D.Lgs.152/06.

È utile ricordare che il *framework regolatorio* opera revisioni tariffarie su base quadriennale, pertanto l'ARERA ha individuato il Pdl quale strumento operativo utile all'attuazione, nel periodo regolatorio di riferimento (breve termine), delle previsioni del Piano d'Ambito. Il Pdl è quindi da intendersi come uno strumento attuativo e di dettaglio più elevato rispetto alla programmazione di lungo termine in quanto in esso sono trasposti, in sede di aggiornamento tariffario, le previsioni del PDA per la singola gestione in esame nonché gli indicatori tecnici aggiornati utili al monitoraggio delle criticità individuate.

Nel contesto su descritto, l'ARERA, al fine di garantire la diffusione, la fruibilità e la qualità del servizio all'utenza in modo omogeneo sull'intero territorio nazionale, nonché di rafforzare gli incentivi al presidio dell'infrastruttura esistente, con *Deliberazione 917/2017/R/Idr* del 27 Dicembre 2017 ha introdotto un sistema di standard di qualità (che diverranno progressivamente gli obiettivi minimi verso i quali saranno orientati gli investimenti pianificati nei programmi degli interventi elaborati dagli Enti di governo dell'ambito), al fine di permettere, nei diversi contesti, di fornire comunque stimoli al miglioramento continuo.

In particolare, per la definizione del meccanismo premialità/penalità nazionale, l'ARERA ha introdotto un sistema di indicatori utile a caratterizzare, dal punto di vista prestazionale, l'operato dei Gestori del SII, individuando classi di obiettivi differenziati in funzione della situazione specifica di ogni Gestore.

Per la scelta di tali indicatori l'ARERA è partita dal quadro delle condizioni delle infrastrutture e delle esigenze di investimento approvate dagli Enti di governo dell'ambito nell'anno 2015:

- nell'ambito del servizio di acquedotto (distribuzione), le criticità più rilevanti attengono all'inadeguatezza delle reti e degli impianti dovuta principalmente alla vetustà e allo scarso tasso di rinnovo, a cui si ricollega l'elevato livello di perdite idriche;
- con riguardo all'approvvigionamento idrico (captazione e adduzione), si evidenzia un maggior fabbisogno di investimenti volti alla risoluzione delle criticità relative all'insufficienza sia quantitativa, sia qualitativa del sistema delle fonti, all'assenza delle reti di trasporto ed all'inadeguatezza di impianti e reti esistenti;
- l'esame dell'età di posa delle condotte di adduzione e distribuzione ha messo in luce una rete acquedottistica particolarmente vetusta (il 36% delle condotte risulta avere un'età compresa tra i 31 e i 50 anni, mentre il 22% è caratterizzato da un'età maggiore ai 50 anni);



- per quanto attiene alla potabilizzazione, si può rinvenire, in alcune aree del Paese, la mancata conformità dell'acqua ai valori parametrici (soprattutto relativi all'arsenico ed al fluoro) stabiliti dal D.Lgs 31/01, di recepimento della direttiva 98/83/CE;
- sulla base degli elementi infrastrutturali che vengono considerati in uso, il timing delle sostituzioni rilevato al 2015 risulta pari a 0,42%, ancora lontano dal valore del 2,0% coerente con una vita utile tecnica di 50 anni;
- per quanto attiene alle dispersioni idriche, a livello nazionale, circa il 41,9% dei volumi in ingresso in distribuzione vengono persi; a livello territoriale si rinvenivano forti differenze, con valori di perdite totali più contenuti nel Nord Ovest (in media pari al 31,3%) e più rilevanti nel Centro e nel Sud del Paese (rispettivamente pari a 48,9% e 48,2%), fino a superare il 50% nelle Isole (54,9%);
- con riferimento alla distrettualizzazione e al monitoraggio delle reti, i dati mostrano come, in media, circa il 9% della rete di distribuzione principale sia distrettualizzata, con sistemi attivi di telecontrollo o regolazione automatica di portata o di pressione, cui si aggiungono attività di monitoraggio dei consumi anomali in periodo notturno (periodo in cui si assume che i consumi debbano essere minimi). L'attività di ricerca delle perdite con tecniche acustiche o similari, invece, risulta effettuata, in media, sul 14% della rete di distribuzione principale.

1.2.1 OBIETTIVI DI QUALITÀ TECNICA

L'Autorità ha declinato un sistema di indicatori di qualità tecnica classificati in:

- **prerequisiti** ovvero il raggiungimento di alcune condizioni minime richieste dalla normativa vigente (cfr. la qualità dell'acqua distribuita agli utenti) e considerate ai fini dell'accesso ai meccanismi di premialità;
- **standard specifici di qualità** - di cui è stato previsto l'inserimento nelle Carte dei servizi - riferiti a profili di continuità del servizio di acquedotto (cui associare indennizzi automatici alle utenze in caso di mancato rispetto dei livelli minimi previsti), e in particolare: la durata massima della singola sospensione programmata, la durata massima delle sospensioni non programmate per attivazione servizio sostitutivo di emergenza, il tempo minimo di preavviso per interventi programmati che comportano una sospensione della fornitura;
- **standard generali di qualità**, individuando un primo gruppo di macro- indicatori – e associando a ciascuno di essi un set di indicatori correlato (indicatori semplici) - in grado di descrivere i tratti salienti delle



condizioni tecniche di erogazione delle prestazioni, su cui provvedere a incentivare un progressivo miglioramento in funzione del livello di partenza di ciascun gestore;

- **standard di efficienza nella erogazione del servizio** (non strettamente riconducibili ad aspetti di qualità tecnica da assicurare all'utenza) che, integrando quelli specifici e generali, possano contribuire ad una definizione esaustiva della misurazione delle performance e del correlato sistema di incentivi, senza entrare nel merito di scelte gestionali - ricadenti nella sfera di responsabilità del gestore - e di scelte di programmazione, attribuite ai soggetti competenti.

Nell'individuare cinque macro-indicatori, l'Autorità ha tenuto conto dei seguenti obiettivi che devono caratterizzare una gestione tecnicamente efficiente:

- A. Contenimento delle dispersioni, con efficace presidio dell'infrastruttura acquedottistica
 - o Tramite macro-indicatore M1 - "Perdite idriche", definito tenendo congiuntamente conto sia delle perdite idriche lineari (individuate dal rapporto tra perdite idriche totali e lunghezza complessiva della rete di acquedotto), sia delle perdite percentuali (come rapporto tra perdite idriche totali e volume complessivo in ingresso nel sistema di acquedotto); per tale macro-indicatore si è ritenuto di ricalibrare le classi ampliando gli intervalli e definendoli
 - o congiuntamente alla coppia di indicatori sottesi;
- B. Mantenimento della continuità del servizio, anche attraverso una idonea configurazione del sistema delle fonti di approvvigionamento rispetto agli impieghi di risorsa
 - o Tramite macro-indicatore M2 - "Interruzioni del servizio", definito come rapporto tra la somma delle durate delle interruzioni annue (ciascuna pesata per il numero di utenti finali, anche indiretti, interessati dalla interruzione stessa) e il numero totale di utenti finali serviti dal gestore, rinviandone gli effetti ai fini dell'applicazione del meccanismo di premio/penalità;
- C. adeguata qualità dell'acqua erogata destinata al consumo umano
 - o Tramite macro-indicatore M3 - "Qualità dell'acqua erogata", definito, secondo una logica multi-stadio, tenendo conto:
 1. dell'incidenza delle ordinanze di non potabilità, attenuando l'obiettivo di assoluta assenza delle medesime;
 2. del tasso di campioni da controlli interni non conformi;
 3. del tasso di parametri da controlli interni non conformi;



Per ciascuno dei richiamati macro-indicatori, l'Ente di governo dell'ambito - per ogni gestione operante sul territorio di pertinenza, in occasione dell'aggiornamento tariffario, individua:

1. la classe di partenza, sulla base dei dati tecnici messi a disposizione del gestore e validati dal medesimo Ente di governo;
2. l'obiettivo di miglioramento/mantenimento che il gestore è tenuto a conseguire (annualmente) sulla base dei target fissati dalla regolazione ARERA;

Il sistema di Qualità Tecnica prevede in ogni caso la facoltà, per gli Enti di governo dell'ambito, di stabilire livelli di performance e obiettivi migliorativi rispetto a quelli minimi descritti dal sistema di indicatori di cui alla Delibera ARERA 917/2017/R/Idr.

1.2.1.1 PREREQUISITI

Il rispetto dei prerequisiti per l'accesso al meccanismo incentivante si traduce in obiettivi di servizio nel momento in cui gli stessi non vengano rispettati dai Gestori del SII.

I prerequisiti individuati da ARERA sono in gran parte connessi ad elementi infrastrutturali e di servizio indirizzati ad una maggiore sostenibilità ambientale ed all'obiettivo di efficienza economica della gestione. Laddove non si raggiungano, ai sensi dell'art. 9.6 della Delibera 918/2017/R/Idr, è prevista l'individuazione d'ufficio della tariffa determinata ponendo il moltiplicatore tariffario teta (θ) pari a 0,9.

Prerequisito 1 - Disponibilità e affidabilità dei dati di misura dei volumi

Al fine di valutare la disponibilità e affidabilità dei dati di cui all'art. 20 della RQTI, sono esplicitate le soglie minime di misura per la determinazione del volume di perdite WL_{tot} :

- La somma dei volumi di processo, presi ognuno in valore assoluto, sia per almeno il 70% oggetto di misura. Tali volumi si considerano misurati se per l'80% dell'anno cui sono riferiti provengono da letture effettuate sui misuratori;
- Il 90% della somma dei volumi di utenza siano misurati. Tali volumi si considerano misurati se derivati da utenti dotati di misuratori e per i quali si abbia una misura validata (da lettura o autolettura) nell'anno a cui sono riferiti i volumi o nell'anno precedente

I volumi di processo, presi ognuno in valore assoluto, sono quelli che scaturiscono dall'insieme di attività funzionali alla gestione del servizio acquedottistico, che il Gestore/Gestori comunicano in fase di ricognizione o di predisposizione della proposta tariffaria.



Prerequisito 2 - Conformità alla normativa sulla qualità dell'acqua distribuita agli utenti

In merito al prerequisito di cui all'art. 21 della RQTI, saranno valutati, in percentuale sulla popolazione servita, le dichiarazioni pervenute dai Gestori in relazione alle le procedure per l'adempimento agli obblighi di verifica della qualità dell'acqua destinata al consumo umano ai sensi del D.Lgs 31/2001 e ss.mm.ii secondo il seguente schema.

- a) essersi dotato delle procedure per l'adempimento agli obblighi di verifica della qualità dell'acqua destinata al consumo umano ai sensi del D.Lgs. 31/2001 e s.m.i.;*
- b) aver applicato le richiamate procedure;*
- c) aver ottemperato alle disposizioni regionali eventualmente emanate in materia;*
- d) aver eseguito il numero minimo annuale di controlli interni eseguiti, ai sensi dell'art. 7 del D.Lgs. 31/2001 e s.m.i.*

1.2.1.2 STANDARD GENERALI

Gli Standard generali sono ripartiti in 6 macro-indicatori e indicatori semplici che descrivono le condizioni tecniche di erogazione del servizio a cui è associato un meccanismo incentivante e indentificano le priorità per la risoluzione delle principali criticità rilevate.

La valutazione degli obiettivi della pianificazione operata dalla RQTI è basata sul perimetro di funzionamento dei singoli Gestori e prevede una valutazione che individua prima la classe tecnica di appartenenza, per ogni macro-indicatore, poi l'assegnazione di un obiettivo di breve termine (annuale) che successivamente viene rivalutato per verificarne il raggiungimento.

Nell'ottica di una pianificazione di lungo termine, gli stessi obiettivi di qualità tecnica possono essere assunti su scala distrettuale, oltre che gestionale, individuando nelle classi di appartenenza massime raggiungibili dai vari macro-indicatori i livelli di servizio obiettivo che dovranno essere recepiti dalla pianificazione d'ambito regionale e di distretto.

Nei successivi paragrafi vengono pertanto riportati i dettami della delibera 917/2017/R/Idr, alla quale si rimanda per ulteriori definizioni o approfondimenti specifici.



Macro-indicatore M1 – Perdite idriche

Il macro-indicatore M1 ha il compito di definire la classe di appartenenza e l'obiettivo di miglioramento/mantenimento che il gestore di distretto è tenuto a conseguire in relazione alla conservazione della risorsa idrica nel servizio di acquedotto, individuando i seguenti indicatori:

- a) M1a: perdite idriche lineari;
- b) M1b: perdite idriche percentuali;

Le classi di appartenenza per il macro-indicatore M1, definite in funzione dei valori assunti dai due indicatori M1a ed M1b, sono riportate nella seguente figura:

		Perdite idriche lineari (mc/km/gg)				
		M1a <15	15 ≤ M1a <25	25 ≤ M1a <40	40 ≤ M1a <60	M1a ≥60
Perdite idriche percentuali	M1b <25%	A	B	C	D	E
	25% ≤ M1b <35%					
	35% ≤ M1b <45%					
	45% ≤ M1b <55%					
	M1b ≥55%					

Figura 1_Classi di appartenenza per il Macro- Indicatore M1

Gli obiettivi di miglioramento stabiliti per il macro-indicatore M1, per ciascuna classe di appartenenza, sono indicati nella seguente figura::

M1 – obiettivi				
ID	Indicatore	Categoria tariffaria	ID Classe	Obiettivi
M1	M1a - Perdite idriche lineari [mc/km/gg]	RES	A	Mantenimento
			B	-2% di M1a annuo
	C		-4% di M1a annuo	
	D		-5% di M1a annuo	
	E		-6% di M1a annuo	
	M1b – Perdite idriche percentuali [%]			

Figura 2_Obiettivi di servizio per Macro-indicatore - M1

Le perdite idriche lineari (indicatore M1a) sono definite come rapporto tra volume delle perdite idriche totali e lunghezza complessiva della rete di acquedotto nell'anno considerato:



$$M1a^a = \frac{WL^{a_{tot}}}{365 \times Lp^a} \quad [mc / km / gg]$$

Dove:

- $WL^{a_{Tot}} = \Sigma W^{a_{IN}} - \Sigma W^{a_{OUT}}$ rappresenta il volume perso complessivamente nell'anno *a* nelle fasi del servizio di acquedotto gestite, definito come differenza tra la somma dei volumi in ingresso nel sistema di acquedotto (dall'ambiente o importata da altri sistemi) e la somma dei volumi in uscita dal medesimo sistema (consumi autorizzati, fatturati o non fatturati, ed esportazioni verso altri sistemi); tra i volumi in uscita è possibile contabilizzare anche le perdite di trattamento, a condizione che sia misurato (e non stimato) il flusso in ingresso e in uscita dagli impianti di potabilizzazione; si specifica che il volume perso comprende le c.d. perdite apparenti (m_3);
- Lp^a è lo sviluppo lineare totale delle condotte di adduzione e distribuzione, escluse le derivazioni d'utenza (o condotte di allaccio), gestite alla data del 31 dicembre dell'anno *a* (km).

Le perdite idriche percentuali (indicatore M1b) sono definite come rapporto tra volume delle perdite idriche totali e volume complessivo in ingresso nel sistema di acquedotto nell'anno considerato:

$$M1b^a = \frac{WL^{a_{tot}}}{\Sigma W^{a_{IN}}} \quad [\%]$$

Dove:

- $WL^{a_{Tot}}$ rappresenta il volume perso complessivamente nell'anno *a* nelle fasi del servizio di acquedotto gestite, come precedentemente per l'indicatore M1a;
- $\Sigma W^{a_{IN}}$ rappresenta la somma dei volumi in ingresso nel sistema di acquedotto (dall'ambiente o importata da altri sistemi) nell'anno *a* (m_3).

Ulteriore parametro del quale si terrà nel caso in cui sia già raggiunta la classe A di performance sarà la maggior quota di volumi misurati rispetto a quelli totali (misurati e stimati) denominato G1.1a.

Macro-indicatore M2 – Interruzioni del servizio

Il macro-indicatore M2 ha il compito di definire la classe di appartenenza e l'obiettivo di miglioramento/mantenimento che il gestore di distretto è tenuto a conseguire in relazione alle interruzioni del servizio, afferente alla continuità del servizio di acquedotto, ed è definito come somma delle durate delle interruzioni programmate e non programmate annue, verificatesi in ciascun anno *a*, moltiplicate per il numero di utenti finali serviti soggetti alla interruzione stessa, e rapportata al numero totale di utenti finali serviti dal gestore.



Lo standard generale associato al macro-indicatore M2 è suddiviso nelle tre classi di seguito riportate (A, B e C), ognuna con obiettivi crescenti di riduzione della durata delle interruzioni; gli obiettivi sono indicati in termini di riduzione percentuale annua (o mantenimento) del valore del medesimo macro-indicatore M2.

M2 - Classi di appartenenza e obiettivi					
ID	Indicatore	Categoria tariffaria	ID Classe	Classe	Obiettivi
M2	Interruzioni del servizio [ore]	ALTRO	A	$M2 < 6$	mantenimento
			B	$6 \leq M2 < 12$	-2% M2 annuo
			C	$12 \leq M2$	-5% M2 annuo

Figura 3_Obiettivi di servizio per Macro-indicatore - M2

L'indicatore M2 è pari a:

$$M2a = \frac{\sum U_{Ia} \times t_{Ia}}{U_{tot, ACQa}} \quad [ore]$$

dove:

- t_{Ia} rappresenta la durata della I -esima interruzione del servizio avvenuta nell'anno a , espressa in ore; non sono conteggiate le interruzioni del servizio di durata inferiore ad 1 ora (ore); per ora di inizio dell'interruzione si intende l'ora in cui si è venuti a conoscenza dell'interruzione (chiamata di pronto intervento, inizio della manovra o altro, laddove applicabile) e per ora di fine dell'interruzione si intende il momento di ripristino del servizio;
- U_{Ia} rappresenta il numero di utenti finali soggetti alla I -esima interruzione del servizio avvenuta nell'anno a ; nel caso di utenze condominiali deve essere conteggiato il numero di utenti indiretti sottesi; sono escluse le somministrazioni per fontane pubbliche e per idranti stradali e antincendio situati su suolo pubblico (n.);
- $U_{tot, ACQa}$ rappresenta il numero complessivo di utenti finali serviti dal gestore per il servizio di acquedotto, riferito alla data del 31 dicembre dell'anno a ; nel caso di utenze condominiali deve essere conteggiato il numero di utenti indiretti sottesi; sono escluse le somministrazioni per fontane pubbliche e per idranti stradali e antincendio situati su suolo pubblico (n.).



Ad integrazione del macro-indicatore M2, al fine di valutare complessivamente il grado di sicurezza del sistema di approvvigionamento, si considera l'indicatore relativo alla "Disponibilità di risorse idriche", come di seguito definito per ogni gestore all'interno di ciascun Distretto e in relazione all'anno a:

$$G2.1a = \frac{W_{maxa}}{W_{gga}} \quad [%]$$

dove:

- W_{maxa} rappresenta il volume massimo derivabile dal sistema delle fonti di approvvigionamento nel giorno di massimo consumo dell'anno a (m^3/gg);
- W_{gga} rappresenta il volume necessario a soddisfare la domanda nel giorno di massimo consumo dell'anno a (m^3/gg).

Macro-indicatore M3 – Qualità dell'acqua erogata

Il macro-indicatore M3 ha il compito di definire la classe di appartenenza e l'obiettivo di miglioramento/mantenimento che il gestore di distretto è tenuto a conseguire in relazione alla qualità dell'acqua erogata, determinato con l'ausilio dei seguenti indicatori:

- a) M3a: incidenza ordinanze di non potabilità;
- b) M3b: tasso di campioni da controlli interni non conformi;
- c) M3c: tasso di parametri da controlli interni non conformi;

Infatti, le classi di appartenenza e gli obiettivi di miglioramento/mantenimento stabiliti per il macro-indicatore M3 sono riportati nella seguente immagine:

M3 - Classi di appartenenza e obiettivi					
ID	Indicatore	Categoria tariffaria	ID Classe	Classe	Obiettivi
M3	M3a - Incidenza ordinanze di non potabilità [%] M3b - Tasso campioni non conformi [%] M3c - Tasso parametri non conformi [%]	RES	A	M3a=0 M3b≤0,5% M3c≤0,1%	mantenimento
			B	M3a≤0,005% M3b≤0,5% M3c>0,1%	M3a=0 -10% M3c annuo
			C	M3a≤0,005% 0,5%<M3b ≤5,0%	rientro nella classe precedente in 2 anni
			D	M3a ≤0,005% M3b >5,0%	rientro nella classe precedente in 2 anni
			E	M3a >0,005%	rientro nella classe precedente in 2 anni

Figura 4_ Obiettivi di servizio per Macro-indicatore - M3



In funzione delle risultanze per l'anno a , il relativo posizionamento dei gestori all'interno di tutte le classi deriva, in primo luogo, dal valore assunto dal macro-indicatore M3 nell'anno a (arrotondato a quattro cifre significative) e, in caso di parità di *performance*:

- dal valore assunto dalla numerosità di tutti i campioni analizzati dal gestore $G3.1a$, nell'ambito dei controlli interni effettuati sulla rete di distribuzione a valle di eventuali impianti di potabilizzazione, al 31 dicembre dell'anno a , valutato tenendo conto dei volumi erogati;
- in subordine, dal valore assunto nel medesimo anno a dall'indicatore $G3.2a$ relativo all'"Applicazione del modello Water Safety Plan (WSP)", arrotondato a tre cifre significative, come definito al successivamente.

L'indicatore relativo all'"applicazione del modello "Water Safety Plan" (WSP) elaborato dall'OMS, con riferimento al generico anno a , è definito dalla formula seguente:

$$G3.2a = \frac{U_{wsp_reala}}{U_{tot,ACQa}} \cdot 100 \quad [\%]$$

Dove:

- U_{wsp_reala} rappresenta il numero di utenti - ovvero il numero di utenti indiretti sottesi, nel caso di utenze condominiali - serviti da sistemi di acquedotto per i quali è stato realizzato il modello Water Safety Plan (WSP) entro la data del 31 dicembre dell'anno a ;
- $U_{tot,ACQa}$ rappresenta il numero complessivo di utenti finali (conteggiando i singoli utenti indiretti nel caso di utenze condominiali), serviti dal gestore per il servizio di acquedotto, riferito alla data del 31 dicembre dell'anno a . Si specifica che sono escluse le somministrazioni per fontane pubbliche e per idranti stradali e antincendio, situati su suolo pubblico

L'RQTI impone che l'incidenza delle ordinanze di non potabilità (indicatore M3a) è determinata come numero di utenze interessate da sospensioni o limitazioni dell'uso della risorsa ai fini potabili, correlato al numero di giorni nell'anno per cui sono risultate vigenti le medesime sospensioni o limitazioni d'uso, e infine rapportato al numero complessivo di utenti finali allacciati al servizio di acquedotto. Per ciascuna ordinanza di non potabilità il gestore è tenuto a conservare i relativi provvedimenti cautelativi adottati dal sindaco per un periodo di 10 anni. A tal fine si definisce M3a come:

$$M3a = \frac{\sum U_{ia} \cdot t_{ia}}{U_{tot,ACQa} \cdot 365} \cdot 100 \quad [\%]$$

Dove:

- U_{ia} rappresenta il numero di utenti finali interessati dall'ordinanza di non potabilità i -esima avvenuta nell'anno a ; nel caso di utenze condominiali deve essere conteggiato il numero di utenti indiretti sottesi;



- t_{ia} rappresenta la durata dell'ordinanza di non potabilità i -esima avvenuta nell'anno a [giorni], intesa come durata dal momento di avvenuta pubblicazione dell'ordinanza al momento di ritiro della medesima da parte dell'autorità preposta;
- $U_{tot,ACQa}$ rappresenta il numero complessivo di utenti finali serviti dal gestore per il servizio di acquedotto, riferito alla data del 31 dicembre dell'anno a ; nel caso di utenze condominiali deve essere conteggiato il numero di utenti indiretti sottesi;

per gli obiettivi specifici per l'indicatore M3a si rimanda all'art. 11.3 dell'RQTI.

Proseguendo nella determinazione degli indicatori utili alla definizione di M3, il tasso di campioni da controlli interni non conformi (indicatore M3b) è determinato come numero di campioni di acqua analizzati dal gestore nell'ambito dei controlli interni, effettuati sulla rete di distribuzione a valle di eventuali impianti di potabilizzazione, per i quali è stata rilevata una non conformità per uno o più valori di parametro, ai sensi del D.Lgs. 31/2001 e s.m.i., rapportato al numero complessivo di campioni di acqua analizzati dal gestore nell'ambito dei detti controlli interni.

$$M3b_a = \frac{CACQ-cnca}{CACQ-tota} \cdot 100 \quad [\%]$$

Dove:

- $CACQ-cnca$ rappresenta il numero di campioni di acqua analizzati nell'anno a dal gestore nell'ambito dei controlli interni effettuati sulla rete di distribuzione a valle di eventuali impianti di potabilizzazione e risultati non conformi all'Allegato I, Parte A e/o B e/o C del medesimo decreto;
- $CACQ-tota$ rappresenta il numero complessivo di campioni di acqua analizzati nell'anno a dal gestore nell'ambito dei controlli interni effettuati sulla rete di distribuzione a valle di eventuali impianti di potabilizzazione;



- per gli obiettivi specifici per l'indicatore M3b si rimanda all'art. 12.3 dell'RQTI.

Infine, il tasso di parametri da controlli interni non conformi (indicatore M3c) è determinato come numero di parametri non conformi all'Allegato I, Parte A e/o B e/o C del D.Lgs. 31/2001 e s.m.i. nei campioni di acqua analizzati nell'anno dal gestore nell'ambito dei controlli interni, effettuati sulla rete di distribuzione a valle di eventuali impianti di potabilizzazione, rapportato al numero complessivo di parametri analizzati nell'anno dal gestore nell'ambito dei detti controlli interni.

$$M3ca = \frac{PACQ-pnca}{PACQ-tot} \cdot 100 \quad [\%]$$

Dove:

- $PACQ-pnca$ rappresenta il numero di parametri non conformi all'Allegato I, Parte A e/o B e/o C del D.Lgs. 31/2001 e s.m.i. in tutti i campioni di acqua prelevati nell'anno a dal gestore nell'ambito dei controlli interni effettuati sulla rete di distribuzione a valle di eventuali impianti di potabilizzazione;
- $PACQ-tota$ rappresenta il numero di parametri analizzati in tutti i campioni prelevati nell'anno a dal gestore nell'ambito dei controlli interni effettuati sulla rete di distribuzione a valle di eventuali impianti di potabilizzazione
- si specifica che devono essere conteggiati tutti i parametri presenti nel D.Lgs. 31/2001 e s.m.i., inclusi quelli ai quali è associato un limite qualitativo o consigliato; i parametri compositi sono conteggiati come 1; i pesticidi sono conteggiati per singolo principio attivo determinato.
- per gli obiettivi specifici per l'indicatore M3c si rimanda all'art. 13.3 dell'RQTI.

Non verranno trattati in questa tesi i Macro – indicatori M4 – Adeguatezza del sistema fognario M5 – Smaltimento fanghi in discarica ed M6 – Qualità dell'acqua depurata in quanto afferenti al settore ambientale.

1.2.1.3 STANDARD SPECIFICI

Anche per questi standard la valutazione degli obiettivi della pianificazione operata dalla RQTI è basata sul perimetro di funzionamento dei singoli Gestori e gli stessi obiettivi in termini di standard specifici possono essere assunti su scala distrettuale, oltre che gestionale, a tal fine, secondo le indicazioni del Titolo 2 dell'RQTI si fa riferimento ai seguenti indicatori:

- indicatore S1: "Durata massima della singola sospensione programmata";



- indicatore S2: “Tempo massimo per l’attivazione del servizio sostitutivo di emergenza in caso di sospensione del servizio idropotabile”;
- indicatore S3: “Tempo minimo di preavviso per interventi programmati che comportano una sospensione della fornitura”.
- La durata massima della singola sospensione programmata (indicatore S1) è il tempo, misurato in ore, intercorrente tra il momento in cui si verifica una singola interruzione programmata, ed il momento di ripristino della fornitura, per ciascun utente finale interessato: standard specifico 24 ore;
- Il tempo massimo per l’attivazione del servizio sostitutivo di emergenza in caso di sospensione del servizio idropotabile (indicatore S2) è il tempo, misurato in ore, intercorrente tra il momento in cui si verifica una singola interruzione - sia essa programmata o non programmata - e il momento in cui viene attivato il servizio sostitutivo di emergenza, per ciascun utente finale interessato: standard specifico 48 ore;
- Il tempo minimo di preavviso per interventi programmati che comportano una sospensione della fornitura (indicatore S3) è il tempo, misurato in ore, intercorrente tra il momento in cui viene avvisato ciascun utente finale ed il momento in cui si verifica la singola interruzione della fornitura oggetto del preavviso: standard specifico 48 ore.

Per ulteriori indicazioni sulle modalità di calcolo degli indicatori specifici si rimanda al Titolo 2 dell’RQTI si fa riferimento ai seguenti indicatori.

1.2.2 OBIETTIVI DI QUALITÀ CONTRATTUALE

Il tema della qualità contrattuale, inteso come valutazione delle performance dei Gestori del SII legato esclusivamente al rapporto diretto con l’utenza, è stato affrontato dall’ARERA con la Delibera 655/2015/R/IDR recante disposizioni per la “Regolazione della qualità contrattuale del servizio idrico integrato ovvero di ciascuno dei singoli servizi che lo compongono (RQSII)” ulteriormente sviluppata ed ampliata con le disposizioni contenute nelle Delibere 217/2016/R/IDR, 897/2017/R/IDR, 227/2018/R/IDR, 311/2019/R/IDR, 547/2019/R/IDR e 186/2020/R/IDR.



Il provvedimento definisce livelli specifici e generali di qualità contrattuale del SII, mediante l'individuazione di tempi massimi e standard minimi di qualità, omogenei sul territorio nazionale, per tutte le prestazioni da assicurare all'utenza oltre alle modalità di registrazione delle prestazioni fornite dai gestori su richiesta dell'utenza medesima. Sono altresì individuati gli indennizzi automatici da riconoscere all'utente per tutte le prestazioni soggette a standard specifici di qualità.

Infatti, la legge 481/95 assegna all'Autorità, fra l'altro, anche la funzione di controllare l'adozione delle Carte dei servizi e di verificare il rispetto degli standard in esse contenuti. Con specifico riferimento al SII, la Carta dei servizi è il documento, adottato in conformità allo schema generale di riferimento recato nel D.P.C.M. 29 aprile 1999, in cui sono specificati i livelli qualitativi e quantitativi attesi per i servizi erogati e le loro modalità di fruizione, incluse le regole di relazione tra utenti e gestore.

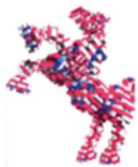
Per effetto del combinato disposto dei commi 4 e 5 dell'articolo 11 del D.Lgs. 286/99, il suddetto schema generale delle Carte dei servizi restava applicabile sino a diversa disposizione adottata dalla competente Autorità, la quale, ai sensi dell'articolo 8 del D.L. 1/12, definisce gli specifici diritti, anche di natura risarcitoria, che gli utenti possono esigere nei confronti dei gestori medesimi. La legge 244/07, all'art. 2, comma 461, dispone che gli enti locali devono prevedere l'obbligo per il soggetto gestore di emanare una Carta dei servizi - "da redigere e pubblicizzare in conformità ad intese con le associazioni di tutela dei consumatori e con le associazioni imprenditoriali interessate" recante, fra l'altro, standard di qualità relativi alle prestazioni erogate, nonché le modalità di accesso alle informazioni garantite e quelle per proporre reclamo, le modalità di ristoro dell'utenza - unitamente a un sistema di monitoraggio permanente del rispetto dei parametri fissati nel contratto di servizio e di quanto stabilito nelle Carte medesime, svolto sotto la diretta responsabilità dell'ente locale o dell'Ente d'Ambito.

L'Autorità ha pertanto inteso definire e regolamentare, su scala nazionale, gli standard minimi di qualità contrattuale, da garantire agli utenti del SII, attraverso l'adeguamento delle Carte dei Servizi dei Gestori prevedendo tra l'altro di:

- Definire i livelli minimi e gli obiettivi di qualità contrattuale del SII, ovvero dei singoli servizi che lo compongono, omogenei sul territorio nazionale;
- prevedere che tali livelli debbano essere garantiti dai gestori del SII, ovvero di ciascuno dei singoli servizi che lo compongono:
 - o agli utenti finali caratterizzati, per il servizio di acquedotto, da una delle seguenti tipologie d'uso potabile:
 - uso civile domestico;



- uso civile non domestico, inteso come consumi pubblici (scuole, ospedali, caserme, edifici pubblici; centri sportivi, mercati, stazioni ferroviarie, aeroporti, ecc.);
- altri usi, relativi a settori commerciali artigianali e terziario in genere, con esclusione di quello produttivo;
- agli utenti titolari di scarichi autorizzati in pubblica fognatura per il servizio di fognatura e depurazione;
- definire livelli specifici e generali di qualità contrattuale del SII ovvero di ciascuno dei singoli servizi che lo compongono, e a tal fine, individuare indicatori di qualità dei servizi medesimi, determinando altresì le modalità di registrazione delle prestazioni fornite dai gestori su richiesta degli utenti;
- introdurre indennizzi automatici da corrispondere agli utenti, in caso di mancato rispetto dei livelli specifici di qualità, che tengano conto della tempestività e della puntualità nell'esecuzione di dette prestazioni;
- assicurare l'uniformità e la completezza delle modalità di misura dei tempi di esecuzione delle prestazioni richieste dagli utenti attraverso la definizione puntuale di indicatori di qualità;
- prevedere l'introduzione di un meccanismo di penalità per le prestazioni di qualità stimate, ovvero riscontrate non valide e non conformi;
- prevedere che gli Enti di governo dell'ambito possano promuovere il conseguimento di un livello qualitativo superiore a quello minimo previsto sull'intero territorio nazionale presentando all'Autorità apposita istanza per il riconoscimento di standard qualitativi migliorativi rispetto a quelli minimi;
- prevedere altresì che nell'ambito di detta istanza l'Ente di governo dell'ambito possa incentivare il conseguimento di tali livelli incrementali con la previsione di ulteriori premi e penali rispetto a quelli previsti dal presente provvedimento;
- individuare tempi massimi e standard minimi di qualità con particolare riferimento alle modalità di fatturazione, alla rateizzazione dei pagamenti, alla gestione delle pratiche telefoniche, delle richieste di informazioni, dei reclami e degli sportelli e ai flussi di comunicazione tra i gestori;
- garantire certezza alla fase di avvio e cessazione del rapporto contrattuale, mediante la previsione di standard generali e specifici relativi alle fasi di preventivazione dell'allacciamento, attivazione, voltura, riattivazione e disattivazione della fornitura;



In definitiva l'Autorità ha già individuato e reso cogenti degli standard minimi di servizio che i Gestori del SII sono tenuti a rispettare nei rapporti con l'utenza. Gli stessi sono recepiti nelle Carte dei Servizi dei Gestori e sono classificati in due categorie:

- livello o standard generale di qualità è il livello di qualità riferito al complesso delle prestazioni da garantire agli utenti finali;
- livello o standard specifico di qualità è il livello di qualità riferito alla singola prestazione da garantire al singolo utente finale;

Nelle seguenti tabelle vengono indicati gli standard minimi di servizio nei rapporti con l'utenza per il solo settore idrico:

Indicatore	Livello Specifico
Percentuale minima di allacci idrici complessi, di cui all'Articolo 8, realizzati entro il tempo massimo di trenta (30) giorni lavorativi dalla relativa richiesta	90%
Percentuale minima di lavori complessi, di cui all'Articolo 23, realizzati entro il tempo massimo di trenta (30) giorni lavorativi dalla relativa richiesta	90%
Percentuale minima di appuntamenti concordati, di cui all'Articolo 24, per una data che non supera i sette (7) giorni lavorativi dalla richiesta dell'utente finale, ovvero dieci (10) giorni lavorativi in caso di appuntamento concordato per verifica del misuratore	90%
Percentuale minima di disdette di appuntamenti concordati, di cui all'Articolo 25, comunicate entro le precedenti 24 ore	95%
Percentuale minima di prestazioni di pronto intervento, di cui all'Articolo 33, in cui il personale incaricato dal gestore arriva sul luogo entro tre (3) ore dall'inizio della conversazione con l'operatore	90%
Percentuale minima di risposte a richieste scritte di rettifica di fatturazione, di cui all'Articolo 48, inviate entro trenta (30) giorni lavorativi	95%
Percentuale minima di prestazioni allo sportello, di cui all'Articolo 53, per cui l'utente finale ha atteso al massimo sessanta (60) minuti per essere ricevuto	95%
Tempo medio di attesa, di cui all'Articolo 53, tra il momento in cui l'utente finale si presenta allo sportello fisico e il momento in cui il medesimo viene ricevuto	≤ 20 minuti
Percentuale minima di unità di tempo, di cui all'Articolo 57, in cui almeno una delle linee telefoniche è libera (Accessibilità al servizio telefonico)	90%
Tempo medio di attesa, di cui all'Articolo 58, tra l'inizio della risposta e l'inizio della conversazione con l'operatore o la conclusione della chiamata per rinuncia prima dell'inizio della conversazione con l'operatore (Tempo medio di attesa per il servizio telefonico)	≤ 240 secondi
Percentuale minima di chiamate telefoniche degli utenti finali, di cui all'Articolo 59, che hanno effettivamente parlato con un operatore in seguito a richiesta (Livello di servizio telefonico)	80%



Percentuale minima di chiamate telefoniche pervenute ai recapiti di pronto intervento, di cui all'Articolo 62, che trovano risposta o che sono terminate prima dell'inizio della conversazione con l'operatore entro il tempo massimo di 120 secondi

90%

Tabella 1_Standard Generali di Qualità Contrattuale

Indicatore	Livello Specifico
Tempo massimo di preventivazione per l'esecuzione di allacci idrici senza sopralluogo di cui all'Articolo 5 RQSII	10 giorni lavorativi
Tempo massimo di preventivazione per l'esecuzione di allacci idrici con sopralluogo di cui all'Articolo 5 RQSII	20 giorni lavorativi
Tempo massimo di esecuzione di allacci idrici che comportano l'esecuzione di lavori semplici di cui all'Articolo 8 RQSII	15 giorni lavorativi
Tempo massimo di attivazione della fornitura di cui all'Articolo 10 RQSII	5 giorni lavorativi
Tempo massimo di riattivazione o subentro nella fornitura di cui all'Articolo 11 RQSII	5 giorni lavorativi
Tempo massimo di riattivazione o subentro nella fornitura con modifica della portata del misuratore di cui all'Articolo 11 RQSII	10 giorni lavorativi
Tempo massimo di riattivazione della fornitura in seguito a disattivazione per morosità di cui all'Articolo 12 RQSII	2 giorni lavorativi
Tempo massimo di disattivazione della fornitura su richiesta dell'utente finale di cui all'Articolo 14 RQSII	7 giorni lavorativi
Tempo massimo di esecuzione della voltura di cui all'Articolo 17 RQSII	5 giorni lavorativi
Tempo massimo di preventivazione per l'esecuzione di lavori senza sopralluogo di cui all'Articolo 19 RQSII	10 giorni lavorativi
Tempo massimo di preventivazione per l'esecuzione di lavori con sopralluogo di cui all'Articolo 19 RQSII	20 giorni lavorativi
Tempo massimo di esecuzione di lavori semplici di cui all'Articolo 23 RQSII	10 giorni lavorativi
Fascia di puntualità per gli appuntamenti concordati di cui all'Articolo 26 RQSII	3 ore
Tempo massimo di intervento per la verifica del misuratore di cui all'Articolo 28 RQSII	10 giorni lavorativi
Tempo massimo di comunicazione dell'esito della verifica del misuratore effettuata in loco di cui all'Articolo 29 RQSII	10 giorni lavorativi
Tempo massimo di comunicazione dell'esito della verifica del misuratore effettuata in laboratorio di cui all'Articolo 29 RQSII	30 giorni lavorativi
Tempo massimo di sostituzione del misuratore di cui all'Articolo 30 RQSII	20 giorni lavorativi
Tempo massimo di intervento per la verifica del livello di pressione di cui all'Articolo 31 RQSII	10 giorni lavorativi
Tempo massimo di comunicazione dell'esito della verifica del livello di pressione, di cui all'Articolo 32 RQSII	10 giorni lavorativi
Tempo massimo per l'emissione della fattura di cui all'Articolo 36 RQSII	45 giorni solari
Periodicità minima di fatturazione di cui all'Articolo 38 RQSII	Cfr. comma 38.1 del RQSII
Tempo massimo di risposta motivata a reclami scritti di cui all'Articolo 46 RQSII	30 giorni lavorativi



Tempo massimo di risposta motivata a richiesta scritta di informazioni di cui all'Articolo 47 RQSII	30 giorni lavorativi
Tempo massimo di rettifica di fatturazione di cui all'Articolo 43 RQSII	60 giorni lavorativi

Tabella 2_Standard Specifici di Qualità Contrattuale

Inoltre, le ultime disposizioni ampliano il meccanismo di premialità-penalità previsto dall'RTQI anche ad ulteriori indicatori di qualità contrattuale, oltre ai 3 già individuati, richiamati all'art. 92 della Delibera 665/2015/R/Idr, in particolare:

Macro-indicatori	Indicatori semplici
MC1 – Avvio e cessazione del rapporto contrattuale	1. Tempo di preventivazione per l'esecuzione di allacci idrici senza sopralluogo di cui all'Articolo 5 RQSII
	2. Tempo di preventivazione per l'esecuzione di lavori con sopralluogo di cui all'Articolo 19 RQSII
	3. Tempo di preventivazione per l'esecuzione di allacci idrici con sopralluogo di cui all'Articolo 5 RQSII
	4. Tempo di preventivazione per l'esecuzione di lavori senza sopralluogo di cui all'Articolo 19 RQSII
	5. Tempo di esecuzione di allacci idrici che comportano l'esecuzione di lavori semplici di cui all'Articolo 8 RQSII
	6. Tempo di esecuzione di lavori semplici di cui all'Articolo 23 RQSII
	7. Tempo di esecuzione di allacci idrici che comportano l'esecuzione di lavori complessi di cui all'Articolo 8 RQSII
	8. Tempo di esecuzione di lavori complessi di cui all'Articolo 23 RQSII
	9. Tempo di attivazione della fornitura di cui all'Articolo 10 RQSII
	10. Tempo di riattivazione o subentro nella fornitura di cui all'Articolo 11 RQSII
	11. Tempo di riattivazione o subentro nella fornitura con modifica della portata del misuratore di cui all'Articolo 11 RQSII
	12. Tempo di riattivazione della fornitura in seguito a disattivazione per morosità di cui all'Articolo 12 RQSII
	13. Tempo di disattivazione della fornitura su richiesta dell'utente finale di cui all'Articolo 14 RQSII
	14. Tempo di esecuzione della voltura di cui all'Articolo 17 RQSII
MC2 – Gestione del rapporto contrattuale e accessibilità al servizio	15. Tempo massimo per l'appuntamento concordato di cui all'articolo 24 RQSII
	16. Preavviso minimo per la disdetta dell'appuntamento concordato di cui all'articolo 25 RQSII
	17. Fascia di puntualità per gli appuntamenti concordati di cui all'Articolo 26 RQSII
	18. Tempo di intervento per la verifica del misuratore di cui all'Articolo 28 RQSII
	19. Tempo di comunicazione dell'esito della verifica del misuratore effettuata in loco di cui all'Articolo 29 RQSII
	20. Tempo di comunicazione dell'esito della verifica del misuratore effettuata in laboratorio di cui all'Articolo 29 RQSII



-
-
21. Tempo di sostituzione del misuratore di cui all'Articolo 30 RQSII
 22. Tempo di intervento per la verifica del livello di pressione di cui all'Articolo 31 RQSII
 23. Tempo di comunicazione dell'esito della verifica del livello di pressione, di cui all'Articolo 32 RQSII
 24. Tempo per l'emissione della fattura di cui all'Articolo 36 RQSII
 25. Periodicità di fatturazione di cui all'Articolo 38 RQSII
 26. Tempo di rettifica di fatturazione di cui all'Articolo 43 RQSII
 27. Tempo di risposta motivata a reclami scritti di cui all'Articolo 46 RQSII
 28. Tempo di risposta motivata a richiesta scritta di informazioni di cui all'Articolo 47 RQSII
 29. Tempo per la risposta a richieste scritte di rettifica di fatturazione di cui all'Articolo 48 RQSII
 30. Tempo per la comunicazione dell'avvenuta attivazione, riattivazione, subentro, cessazione, voltura di cui all'Articolo 66 RQSII
 31. Tempo massimo di attesa agli sportelli di cui all'Articolo 53 RQSII
 32. Tempo medio di attesa agli sportelli di cui all'Articolo 53 RQSII
 33. Accessibilità al servizio telefonico (AS) di cui all'Articolo 57 RQSII
 34. Tempo medio di attesa per il servizio telefonico (TMA) di cui all'Articolo 58 RQSII
 35. Livello del servizio telefonico (LS) di cui all'Articolo 59 RQSII
 36. Tempo di risposta alla chiamata per pronto intervento di cui all'Articolo 62 RQSII

Tabella 3_Macro Indicatori e indicatori semplici di Qualità Contrattuale

I macro-indicatori di cui all'art. 92.1 dell'RQSII sono costruiti come media ponderata dei pertinenti indicatori semplici, pesata in base al numero di prestazioni erogate dalla gestione per ciascuna tipologia di indicatore semplice, come segue:

$$MC1 = \frac{\sum_{k=1}^{18} N_k^c}{\sum_{k=1}^{18} (N_k^c + N_k^{nc})}$$

Dove:



- N_k^c è il numero complessivo di prestazioni erogate nell'anno di riferimento entro il rispettivo standard previsto dalla RQSII (prestazioni conformi) riferite al k-esimo dei 18 indicatori semplici attribuiti al macro-indicatore MC1 (Tabella Macro-indicatori e Indicatori semplici);
- N_k^{nc} è il numero complessivo di prestazioni erogate nell'anno di riferimento fuori dal rispettivo standard previsto dalla RQSII (prestazioni non conformi) riferite al k-esimo dei 18 indicatori semplici attribuiti al macro-indicatore MC1, avendo imputato il mancato rispetto alla responsabilità del gestore;

$$MC2 = \frac{\sum_{k=19}^{1428} (f_k \cdot N_k^c)}{\sum_{k=19}^{42} [f_k \cdot (N_k^c + N_k^{nc})]}$$

Dove:

- N_k^c è il numero complessivo di prestazioni erogate nell'anno di riferimento entro il rispettivo standard previsto dalla RQSII (prestazioni conformi) riferite al k-esimo dei 24 indicatori semplici attribuiti al macro-indicatore MC2 (Tavola 1 – Macro-indicatori e Indicatori semplici);
- N_k^{nc} è il numero complessivo di prestazioni erogate nell'anno di riferimento oltre il rispettivo standard previsto dalla RQSII (prestazioni non conformi) riferite al k-esimo dei 24 indicatori semplici attribuiti al macro-indicatore MC2, avendo imputato il mancato rispetto alla responsabilità del gestore;
- f_k è il fattore di scala che assume i seguenti valori, differenziati per i singoli indicatori semplici secondo le disposizioni del RQSII;

Per ciascuno dei macro-indicatori di qualità contrattuale, gli obiettivi annuali sono divisi in due categorie: mantenimento e miglioramento. Gli obiettivi di miglioramento sono ripartiti in classi, con valori differenziati in base alle performance registrate nell'anno precedente, che per ciascuna annualità costituisce il livello di partenza. In particolare, si individuano:

- la Classe A, cui è attribuito un obiettivo di mantenimento del livello di partenza;
- la Classe B e la Classe C, cui sono associati obiettivi di miglioramento differenziati in ragione del livello iniziale di performance.

Le classi di appartenenza e gli obiettivi di miglioramento e mantenimento stabiliti per i macro-indicatori MC1 e MC2 sono riportati nella tabella seguente:

Macro-indicatore	ID Classe	Classe	Obiettivo
------------------	-----------	--------	-----------



MC1 – Avvio e cessazione del rapporto contrattuale	A	MC1>98%	Mantenimento
	B	90%<MC1≤98%	+1%
	C	MC1≤90%	+3%
MC2 – Gestione del rapporto contrattuale e accessibilità al servizio	A	MC1>95%	Mantenimento
	B	90%<MC1≤95%	+1%
	C	MC1≤90%	+3%

Tabella 4_ Obiettivi di servizio per macro-indicatori di Qualità Contrattuale

1.1 STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE IN MATERIA DI RISORSE IDRICHE

La Direttiva Quadro sulle Acque (Direttiva 2000/60/CE) ha l'obiettivo di istituire in Europa un quadro per la protezione delle acque al fine di ridurre l'inquinamento, impedire un ulteriore deterioramento e migliorare l'ambiente acquatico, promuovere un utilizzo idrico sostenibile e contribuire a mitigare gli effetti delle inondazioni e della siccità.

A livello nazionale, il D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 recante *Norme in materia ambientale*, e s.m.i., ha recepito la *Direttiva*, ha suddiviso il territorio nazionale in Distretti idrografici e ha previsto per ogni Distretto la redazione di un Piano di Gestione, attribuendone la competenza alle Autorità di Distretto idrografico.

La direttiva prevede un preciso cronoprogramma per il raggiungimento degli obiettivi prefissati – il buono stato ambientale per tutti i corpi idrici, superficiali e sotterranei ed aree protette connesse – individuando nel Piano di Gestione delle Acque (PGA) lo strumento conoscitivo, strategico e programmatico attraverso cui dare applicazione ai precisi indirizzi comunitari, alla scala territoriale di riferimento, individuata nel distretto idrografico, definito come “*area di terra e di mare costituita da uno o più bacini idrografici limitrofi*”. Altra caratteristica del PGA è che lo stesso trova in buona misura attuazione attraverso misure derivanti da direttive e pianificazioni collegate (in particolare la direttiva nitrati, la direttiva acque reflue, Habitat, ecc...) e in particolare dai Piani di Tutela delle acque Regionali.

La pianificazione delle acque è articolata in tre cicli sessennali con scadenze al 2015, 2021 e 2027.

1.1.1 PIANO DI GESTIONE DELLE ACQUE



Il Piano di gestione delle acque rappresenta lo strumento di governo della risorsa idrica, in termini di sostenibilità, tutela e salvaguardia della stessa, alla scala territoriale.

La Campania è ricompresa nel Distretto idrografico dell'Appennino Meridionale, così come definito ai sensi dell'art. 64 comma 1 lett. f) del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, insieme ai territori delle regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Lazio, Molise e Puglia, per una superficie complessiva di 68.200 km².

Il Piano di Gestione delle Acque (PGA) II Fase – ciclo 2015-2021 è stato adottato il 17/12/2015, approvato il 03/03/2016 dal Comitato Istituzionale Integrato e definitivamente approvato con D.P.C.M. del 27 ottobre 2016 (G.U. Serie generale n. 25 del 31 gennaio 2017). Il Piano costituisce un aggiornamento della precedente pianificazione riferita alla I Fase – Ciclo 2009-2014, approvata con D.P.C.M. del 10 aprile 2013.

Il nuovo programma di misure di Piano consta essenzialmente di una riorganizzazione delle misure già previste nel precedente Piano, con l'introduzione di un numero limitato di misure originariamente non previste. Tali misure sono ripartite in azioni generali (AG), misure generali e specifiche (MG e MS) e misure ulteriori per comparti di utilizzo (MU). Nello specifico, il Programma di misure del Distretto idrografico dell'Appennino Meridionale risulta riferibile a 19 delle 25 KTM o "Key Types of Measure" (Tipologie di misure Chiave) definite in sede comunitaria.

Le KTM e le Azioni Generali a cui sono riferibili le misure previste nel Piano di gestione delle acque sono rappresentate nella tabella seguente:

Key Type of Measure (KTM)	Descrizione
KTM1	Costruzione o aggiornamento di impianti di trattamento delle acque reflue
KTM2	Riduzione dell'inquinamento da nutrienti agricoli
KTM3	Riduzione dell'inquinamento da pesticidi di origine agricoli
KTM4	Bonifica dei siti contaminati (inquinamento storico compresi sedimenti, acque sotterranee, suolo)
KTM5	Miglioramento della continuità longitudinale (per esempio allestimento di passi per pesci, demolizione di vecchie dighe)
KTM6	Miglioramenti delle condizioni idromorfologiche dei corpi idrici, diversi dalla continuità longitudinale (per esempio ripristino dei fiumi, miglioramento delle aree ripariali, rimozione di argini rigidi, ricollegamento dei fiumi alle pianure alluvionali, miglioramento delle condizioni idromorfologiche delle acque costiere e di transizione, ecc.)
KTM7	Miglioramenti del regime di flusso e/o formazione di flussi ecologici



KTM8	Efficienza idrica, misure tecniche per l'irrigazione, l'industria, l'energia e le famiglie idrici dalle famiglie
KTM9	Misure di politiche dei prezzi dell'acqua per il recupero dei costi dei servizi
KTM10	Misure di politiche dei prezzi dell'acqua per il recupero dei costi dei servizi idrici dall'industria
KTM11	Misure di politiche dei prezzi dell'acqua per il recupero dei costi dei servizi idrici dall'agricoltura
KTM12	Servizi di consulenza per l'agricoltura
13	Misure relative alla tutela dell'acqua potabile (per esempio istituzione di zone di salvaguardia, zone tampone, ecc.)
KTM14	Ricerca, miglioramento della base di conoscenze per ridurre l'incertezza
KTM15	Misure per la graduale eliminazione degli scarichi, delle emissioni e delle perdite di sostanze pericolose prioritarie o per la riduzione degli scarichi, delle emissioni e delle perdite di sostanze prioritarie
KTM16	Aggiornamento o miglioramento di impianti di trattamento delle acque reflue industriali (comprese le aziende agricole)
KTM17	Misure per la riduzione dei sedimenti derivanti dall'erosione del suolo e dal dilavamento superficiale
KTM23	Misure di ritenzione naturale delle acque
KTM24	Adattamento al cambiamento climatico

Tabella 5_KTMs del Piano di Gestione delle acque

Azioni Generali (AG)	Descrizione
AG.1	Ridefinizione concertata dei corpi idrici superficiali e sotterranei individuati dai Piani di Tutela delle Acque (PTA) e dal Piano di Gestione Acque (PdG)
AG.2	Definizione dei criteri per la valutazione del Bilancio idrologico/idrico medio annuo (ai sensi del D.M. 28/07/04 e del D.vo 30/2009)
AG.3	Definizione dei criteri per la determinazione e regolamentazione dei rilasci e per il mantenimento del DMV
AG.4	Definizione di una strategia ed azioni unitarie per il governo del sistema acque, con particolare riferimento agli usi (potabili, irrigui, industriali ed idroelettrici) dirette ad assicurare il risparmio della risorsa idrica
AG.5	Stipula di accordi di programma interregionali per il trasferimento delle risorse idriche
AG.6	Rimodulazione dei Piani d'Ambito, dei Piani Regolatori Generali degli Acquedotti (PRGA)
AG.7	Individuazione e regolamentazione di fonti idropotabili alternative per sopperire a crisi o gravi carenze idriche
AG.8	Regolamentazione e controllo dei prelievi e degli scarichi e lotta all'abusivismo



- AG.9 Individuazione di azioni di ristoro per i vari comparti a seguito di politiche di tutela delle risorse idriche
- AG.10 **Attuazione del Percorso di Partecipazione Pubblica, anche mediante progetti di informazione, formazione e partecipazione di "Laboratorio Ambientale"**
- AG.11 Gestione proattiva/propositiva: Accordi e intese di programma per la tutela e riqualificazione delle acque e dei sistemi territoriali, ambientali e culturali connessi, nonché per la correlazione della mitigazione del rischio di alluvioni
- AG.12 Riordino delle fonti autonome di approvvigionamento idrico e relativa regolamentazione
- AG.13 Riordino sistemi gestionali per i comparti civile, irriguo e industriale
- AG.14 Contratti di fiume
- AG.15 Direttive per l'uso e tutela delle fasce adiacenti ai corpi idrici superficiali
- AG.16 Direttive per l'uso dei suoli in aree di pertinenza di corpi idrici
- AG.17 Piani di gestione Rete Natura 2000
- AG.18 Azioni per la gestione aree demaniali
- AG.19 Direttive per l'uso delle risorse acqua suolo negli agglomerati industriali
- AG.20 Adozione di forme di pianificazione e programmazione condivisa e concertata per la tutela integrata delle risorse acqua suolo ed ambiente
- AG.21 Linee Guida e direttive per la salvaguardia delle aree interessate da impianti di depurazione e grande rete di collettamento, ai fini della prevenzione dei fenomeni di inquinamento, protezione degli habitat, delle caratteristiche ambientali/territoriali, paesaggistiche, archeologico, storico ed architettonico
- AG.22 Adeguamento dei Piani e programmi alle direttive: PTU, Piani di settore (energia, trasporti, rifiuti, attività estrattive, industriali, agricole, forestali, sistemi irrigui, pesca, attività turistiche)
- AG.23 Intese ed Accordi tra Distretti e Regioni atti alla attribuzione dell'intero Corpo Idrico Sotterraneo, ricadente a ridosso di limiti regionali o distrettuali, all'uno o altro distretto.
- AG.24 Applicazione delle misure previste dal Piano di Azione e dal decreto legislativo 150/2012 per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari a livello regionale
- AG.25 Applicazione del DM 180/2015 anche nelle aree non soggette alla condizionalità ai sensi del regolamento UE1306/2013 del 17 dicembre 2013



- AG.26 Favorire la correlazione tra le normative recepite la direttiva nitrati e l'attuazione della DQA attraverso tavoli tecnici permanenti tra Enti anche per condividere l'aggiornamento dello stato dei corpi idrici e tutti i dati di base
- AG.27 Coordinamento Ad/Regioni nell'ambito delle attività di implementazione del PdG attraverso l'istituzione di un apposito Tavolo Agricoltura che funge da luogo di confronto nell'attuazione delle politiche agricole ed ambientali per la componente acqua
- AG.28 Adozione da parte delle regioni inadempienti di quanto prescritto dalla vigente normativa in tema di definizione, revisione, attuazione dei programmi di azione obbligatori per la tutela ed il risanamento delle acque dall'inquinamento causato da nitrati di origine agricola
- AG.29 Utilizzo di sistemi integrati ecocompatibili e le migliori tecnologie sostenibili al fine di captare o rimuovere i nutrienti
- AG.30 Applicazione dell'art. 46 del regolamento UE 1305/2013 anche per quelle aziende, associazioni di coltivatori, coltivatore che non beneficiano di finanziamenti europei
- AG.31 Favorire il coordinamento tra Enti (DAM e Regioni) al fine di favorire l'attuazione del PdG Acque attraverso la corretta stesura delle misure delle politiche agricole ed ambientali per la componente acqua
- AG.32 Applicazione dei dettami della normativa di riferimento nazionale con particolare riferimento al D.M. 3 aprile 2006 sugli effluenti di allevamento
- AG.33 Favorire ed incentivare, anche attraverso sostegno alla mancata produzione, di pratiche agronomiche che ottimizzano il ciclo colturale e la fertilità dei terreni
- AG.34 Attuazione del sistema di contabilizzazione dei consumi di cui al DM 31/7/2015 - "Approvazione delle linee guida per la regolamentazione da parte delle regioni dei sistemi di misura dei consumi irrigui"
- AG.35 Analisi e possibile revisione della valutazione dello stato ecologico sulla base dei metodi aggiornati per la classificazione
- AG.36 Analisi e possibile revisione della valutazione dello stato ecologico sulla base dei metodi aggiornati per la classificazione, con particolare riferimento alla fauna ittica
- AG.37 Costituzione di gruppi di lavoro per la diffusione delle migliori pratiche relativamente alla fauna ittica
- AG.38 Coordinamento da parte dei distretti per l'identificazione delle misure in atto riguardo ai regolamenti REACH, CLP, PIC e relativo monitoraggio dell'efficacia
- AG.39 Partecipazione dei distretti ai gruppi di lavoro a livello nazionale finalizzati all'applicazione e al monitoraggio del D. Lgs 172/2015
- AG.40 Adeguamento metodi di valutazione dello stato chimico e quantitativo dei GW alle linee guida vigenti
- AG.41 Definire ed applicare a livello di distretto una metodologia omogenea per la valutazione dei trend qualitativi e quantitativi ai fini della classificazione dei GW



AG.42	Definire ed applicare a livello di distretto una metodologia omogenea per la valutazione dell'impatto dei valori di fondo ai fini della classificazione dei GW
AG.43	Organizzare a livello di distretto cabine di regia a livello di distretto da attivare in casi estremi di siccità e scarsità idrica tra i diversi soggetti istituzionali competenti, anche per gli interventi di monitoraggio e mitigazione

Tabella 6_AG del Piano di Gestione delle acque

Il Piano di Gestione delle Acque individua, inoltre, le misure prioritarie a livello di distretto idrografico.

Le azioni di intervento previste per la Regione Campania nell'ambito della definizione del programma di misure prioritarie ammontano ad € 889.051.850,27. La programmazione, da ritenersi oggi superata dalla attuazione di alcuni interventi e da valutazioni diverse operate dalle strutture regionali,

1.1.2 PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE

Il Piano di Tutela delle Acque (PTA) persegue la protezione e la valorizzazione delle acque superficiali e sotterranee del nostro territorio nell'ottica dello sviluppo sostenibile della comunità e per il pieno raggiungimento degli obiettivi ambientali previsti dalla direttiva quadro acque 2000/60/CE. È, inoltre, strumento fondamentale per rafforzare la resilienza degli ambienti acquatici e degli ecosistemi connessi e per affrontare gli effetti dei cambiamenti climatici in atto.

Il 3 agosto 2020 la Giunta Regionale della Campania con Delibera n. 443 ha adottato il Piano di Tutela delle Acque della Regione Campania (PTA 2020).

Nell'ambito della predisposizione del Piano di Tutela delle Acque (PTA), gli indirizzi strategici per la pianificazione della tutela delle acque in Campania sono stati approvati con Deliberazione di Giunta Regionale n. 830 del 28/12/2017, pubblicata sul BURC n. 6 del gennaio 2018, disponendo altresì l'avvio della fase di consultazione pubblica, ai sensi dell'art. 122 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

Con Decreto Dirigenziale n. 358 del 05.08.2019, la Regione Campania ha preso atto dei documenti costituenti il "Piano di Tutela delle Acque della Regione Campania" - aggiornamento 2019 - e avviato le attività per il proseguimento della procedura di Valutazione Ambientale Strategica (VAS) integrata con la Valutazione di Incidenza. La fase di VAS si è conclusa con l'acquisizione del parere motivato favorevole espresso ai sensi



dell'art.15 del D.lgs. 152/06 (D.D. n. 135 del 07/08/2020) e la proposta di Aggiornamento del Piano di Tutela delle Acque della Regione Campania è stata adottata con DGR n. 433 del 03/08/2020.

In coerenza con le disposizioni della Direttiva 2000/60/CE e con le previsioni del Piano di gestione delle Acque del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, il PTA individua i seguenti obiettivi strategici da perseguire:

- Contribuire al mantenimento dello stato ecologico e chimico “buono” per i corpi idrici superficiali e dello stato quantitativo e chimico “buono” per i corpi idrici sotterranei, nonché un potenziale ecologico “buono” per i corpi idrici fortemente modificati ed artificiali;
- Perseguire lo stato chimico, ecologico e ambientale “buono” per i corpi idrici che non hanno raggiunto tale obiettivo (PGA II ciclo);
- Assicurare acqua di qualità e in quantità adeguata con costi di produzione e distribuzione sostenibili per i vari usi;
- Promuovere l'uso razionale e sostenibile delle risorse idriche, con priorità per quelle potabili;
- Disciplinare le aree di salvaguardia nell'ambito delle quali definire le attività compatibili di uso del territorio in rapporto agli acquiferi sottesi, creando e definendo, nel contempo, un registro delle aree protette;
- Recuperare e salvaguardare le caratteristiche ambientali degli ambienti acquatici e delle fasce di pertinenza dei corpi idrici con individuazione degli aspetti ecologici ed ambientali idonei per lo sviluppo dei biotipi di riferimento;
- Ripristinare e salvaguardare lo stato idromorfologico “buono” dei corpi idrici, temperando la salvaguardia e il ripristino della loro qualità con la prevenzione dei dissesti idrogeologici e delle alluvioni;
- Individuare misure win-win per il contenimento delle piene ed il mantenimento di standard ecologici accettabili in linea con la WFD 2000/60/EC;
- Promuovere l'aumento della fruibilità degli ambienti acquatici nonché l'attuazione di progetti e buone pratiche gestionali rivolte al ripristino o al mantenimento dei servizi ecosistemici dei corpi idrici.

La proposta di Piano definisce, a partire dalle KTMs e dalle azioni generali adottate nel Piano di gestione delle acque, una serie di misure puntuali, strutturali e non strutturali, specificate nell'elaborato di Piano “Programma delle misure di Piano” necessarie al raggiungimento degli obiettivi di qualità. La proposta di Piano



è orientata a definire misure per il risanamento per i corpi idrici che non hanno raggiunto lo stato di qualità “buono” e per la graduale riduzione delle pressioni ed i relativi impatti, adottando, per i corpi idrici che hanno raggiunto invece lo stato di qualità buono, norme (NTA) per la disciplina degli usi finalizzata al mantenimento dell’obiettivo di qualità.

1.1.3 STRUMENTO DIRETTORE DEL CICLO INTEGRATO DELLE ACQUE DELLA REGIONE CAMPANIA

Con deliberazione n. 182 del 14/04/2015, nelle more del completamento delle attività propedeutiche alla definitiva approvazione del nuovo Piano Regolatore Generale degli Acquedotti (PRGA) della Campania, la Giunta Regionale ha approvato quale *strumento di programmazione* lo “Strumento direttore del Ciclo Integrato delle Acque della Regione Campania”, che, come riportato nel testo della deliberazione, delinea criteri e linee di indirizzo per:

- la pianificazione degli interventi finalizzati alla sostenibilità del bilancio idrico nel medio periodo, nonché alla salvaguardia dei corpi idrici sotterranei;
- la pianificazione dei nuovi interventi inerenti il servizio idrico integrato, con particolare riferimento ai sistemi di captazione, adduzione, collettamento e depurazione;
- la validazione degli interventi già programmati;
- l’aggiornamento dei piani d’ambito.

Lo “Strumento direttore del ciclo integrato delle acque della Regione Campania”, con riferimento al Piano Regolatore Generale delle Acque (PRGA) aveva suddiviso la Regione Campania in n. 19 Sistemi Idrici tra i quali quello denominato “Grande Adduzione Primaria” (GAP), costituito dall’insieme dell’Acquedotto della Campania Occidentale, dall’Acquedotto Campano e del nodo idraulico di Cannello. Esso, alimentando le province di Napoli e Caserta, con propaggini nelle altre province campane, con una consistenza demografica della popolazione servita di circa 4,5 milioni di abitanti, costituisce il sistema delle infrastrutture di captazione e di adduzione della Regione Campania gestito, come già evidenziato, dalla regione stessa in maniera diretta o attraverso la concessionaria Acqua Campania S.p.A..

Dall’esame dello “Strumento direttore del ciclo integrato delle acque della Regione Campania” eseguito dall’E.I.C. (Ente Idrico Campano) emerge che nell’ambito della ricognizione si sono rilevate le seguenti criticità del sistema idrico regionale:



- deficit del bilancio idrico nei periodi di punta e inadeguatezza delle dotazioni individuali (segnalati in particolare dagli ex ATO 2 e 3);
- insufficiente copertura del servizio;
- carenza di aree di salvaguardia delle risorse e frammentarietà delle fonti di approvvigionamento locale;
- inadeguatezza delle caratteristiche qualitative di talune risorse;
- insufficiente capacità di accumulo/riserva dei serbatoi comunali;
- vetustà delle reti e degli impianti di adduzione e distribuzione;
- elevato livello di perdite idriche.

Con riferimento ai già menzionati documenti di programmazione, gli obiettivi da raggiungere per il superamento delle criticità riscontrate in ordine alle infrastrutture idrauliche gestite dalla Regione Campania, sono riconducibili a:

- rimuovere l'inadeguatezza o aumentare la flessibilità delle condizioni di esercizio delle infrastrutture;
- risolvere i problemi legati all'inadeguatezza delle condizioni fisiche delle condotte di adduzione, delle opere civili e delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche degli impianti;
- recuperare il gap dell'imperfetta conoscenza dei parametri di funzionamento dell'infrastruttura acquedottistica.

1.1.4 PIANO D'AMBITO

Il Piano D'Ambito, ai sensi dell'art. 149 D.Lgs. 152/2006, è il Documento di Pianificazione Strategica della gestione del Servizio Idrico Integrato (SII), di competenza del soggetto regolatore locale ovvero l'Ente di Governo dell'Ambito (EGATO).

In Regione Campania, l'Ente Idrico Campano (EIC), istituito con Legge Regionale n. 15/2015, assolve a tutte le funzioni previste dalla normativa nazionale in quanto è individuato quale EGATO per l'ATO UNICO Regionale.

La stessa Legge Regionale individua inoltre in:

- Ambito distrettuale: la dimensione territoriale al cui livello sono individuati i soggetti gestori ai sensi dell'articolo 147, comma 2 bis, del decreto legislativo 152/2006. In Regione Campania, ai sensi dell'art. 6 della L.R. 15/2015 sono costituiti 5 distretti:
 - a) Ambito distrettuale Napoli, comprendente 32 Comuni della Città metropolitana di Napoli;



- b) Ambito distrettuale Sarnese-Vesuviano, comprendente 59 Comuni della Città metropolitana di Napoli e 17 della provincia di Salerno;
- c) Ambito distrettuale Sele, comprendente 142 Comuni della provincia di Salerno, 2 Comuni della provincia di Avellino e 1 Comune della provincia di Napoli;
- d) Ambito distrettuale Caserta, comprendente tutti i Comuni della provincia di Caserta;
- e) Ambito distrettuale Calore Irpino, comprendente tutti i Comuni della provincia di Benevento e 116 Comuni della provincia di Avellino.

Con le direttive dell'Art. 149 del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., la normativa nazionale ha definito lo strumento operativo che l'Autorità di Governo dell'Ambito deve sviluppare ed utilizzare per regolare il SII nel territorio di competenza costituito dai seguenti atti:

1. ricognizione delle infrastrutture;
2. programma degli interventi;
3. modello gestionale ed organizzativo;
4. piano economico finanziario.

Sinteticamente quindi il PDA, in funzione di una serie di obiettivi principali e degli esiti della ricognizione delle infrastrutture presenti sul territorio, individua:

- LIVELLI DI SERVIZIO: si riporta la situazione attuale del servizio idrico comprensiva della capacità produttiva e dello stato di conservazione delle strutture esistenti, la domanda di servizio, attuale e futura, in relazione al fabbisogno di acqua potabile ed al trattamento delle acque reflue, costituenti i principali livelli di servizio obiettivi della pianificazione;
- PROGRAMMA DEGLI INTERVENTI: in funzione degli obiettivi, generali e specifici, il PDI individua gli interventi che si intendono realizzare nell'arco temporale del PIANO, necessari al miglioramento dei livelli di servizio attuali ed al raggiungimento dei livelli di servizio obiettivo. Inoltre, definisce i costi di investimento relativi agli interventi da realizzare e modula gli investimenti sull'orizzonte temporale del piano in funzione delle priorità individuate;
- MODELLO GESTIONALE ED ORGANIZZATIVO: viene fornito un modello ottimale di gestione dell'ambito relativo all'organizzazione territoriale, in questo caso, distrettuale. La finalità è quella di fornire elementi utili alla definizione del Gestore Virtuale di Distretto/Regionale permettendo altresì la stima dei costi operativi di riferimento.



- PIANO TARIFFARIO: In funzione delle nuove regole introdotte dall'ARERA, individua, sull'orizzonte di piano, il Vincolo ai Ricavi del Gestore (VRG), che permette, insieme agli investimenti su individuati, di individuare la tariffa reale media di distretto/regionale, con la sua strutturazione all'interno del distretto di competenza.

Il Piano d'Ambito Regionale sull'intera scala regionale contiene:

- l'Inquadramento territoriale del territorio regionale rispetto alle caratteristiche peculiari per il SII;
- l'analisi preliminare delle gestioni esistenti, con un focus sui dati disponibili per i gestori di maggiori dimensioni;
- la metodologia adottata ed i dati di sintesi ottenuti nell'ambito della ricognizione delle opere del SII;
- il quadro complessivo degli interventi in corso di esecuzione o ammessi a finanziamento nell'ambito di procedure o piani sovraordinati;
- il sistema di indicatori di performance considerato nell'ambito del processo di pianificazione;
- il calcolo degli indicatori di performance;
- l'identificazione dei costi parametrici e la metodologia per l'analisi multi-criteriale degli interventi;
- la stima del fabbisogno finanziario riferibile ad ogni sistema infrastrutturale ed ad ogni distretto per la risoluzione delle criticità riscontrate;
- gli indirizzi per la predisposizione dei modelli organizzativi e gestionali da prevedersi nell'ambito dei Piani di Distretto.

Il Piano d'Ambito Regionale, così come definito dall'art. 16 della legge regionale n. 15/2015, rappresenta un documento storico nel percorso del servizio idrico integrato in Regione Campania verso l'economicità, l'efficacia e l'efficienza. La delibera di adozione del mese di dicembre 2020 da parte del comitato esecutivo dell'Ente Idrico Campano, ha comportato la pubblicazione del piano e del rapporto ambientale ai fini del percorso utile alla valutazione ambientale strategica, nel rispetto del quadro normativo nazionale e regionale. la valutazione ambientale strategica si è conclusa positivamente con d.d. n. 280 del 07/12/2021.

Il Piano d'Ambito Regionale, redatto in rispetto delle indicazioni della Legge Regionale 15/2015, ha definito il processo di redazione del Programma degli Interventi, di cui al comma 1 dell'art. 149 del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., in due fasi distinte:

1. Fase di Pianificazione: "Fase in cui, a seguito dei risultati della ricognizione e della individuazione delle criticità del sistema in relazione agli obiettivi assegnati, si identificano gli interventi di piano



definendone i costi parametrici e caratterizzandoli, dal punto di vista prestazionale, col sistema di indicatori individuato (KPI)”;

2. Fase di Programmazione: “Fase in cui si identificano le priorità che permettono l’elaborazione del Programma degli Interventi in funzione delle risorse economiche assegnate nel periodo di piano”. Tale fase risulta possibile solo in relazione al Piano economico finanziario a scala di distretto e nel Piano d’Ambito Regionale è sviluppata nei Piani attuativi dei singoli Distretti, definiti dalla Legge 15/2015.

1.1.5 PIANI DI DISTRETTO

I Piani di Distretto costituiscono lo strumento di pianificazione e programmazione degli interventi su scala distrettuale ovvero la base del programma degli interventi, delle opere e delle manutenzioni straordinarie nonché il programma temporale e finanziario di esecuzione allegato al disciplinare del contratto con il gestore.

In Regione Campania, la Legge Regionale 15/2015 definisce, all’art. 17, il Piano d’Ambito Distrettuale quale strumento di pianificazione ed elemento di contratto per il Gestore di Distretto, ripercorrendo le previsioni dell’art. 149 del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

Attualmente risulta in corso la redazione dei Piani di Distretto, ai quali la normativa regionale e il percorso definito dal Comitato Esecutivo dell’Ente Idrico Campano hanno assegnato il ruolo di identificare il modello gestionale organizzativo per ogni distretto e di identificare le priorità di intervento.



CAPITOLO 2

I singoli segmenti di attività che compongono il SII sono:

- captazione, le acque vengono prelevate dall'ambiente con opere diverse a seconda del tipo di fonte;
- potabilizzazione ed adduzione, l'acqua raccolta viene sottoposta a trattamenti specifici per assicurare i requisiti di qualità per l'uso umano previsti dalla legge e poi trasportata con grandi condotte di adduzione fino ai serbatoi di accumulo in prossimità dei centri abitati;
- distribuzione, attraverso una fitta rete di condotte e impianti l'acqua viene trasportata fino ai rubinetti di ciascuna utenza;
- fognatura, le acque usate, scaricate dalle abitazioni, vengono raccolte in un sistema di reti e impianti che le convogliano verso gli impianti di depurazione;
- depurazione, gli impianti migliorano le caratteristiche delle acque reflue attraverso processi chimico-fisici e biologici, garantendo che il loro scarico non alteri gli ecosistemi naturali;
- restituzione all'ambiente, al termine del ciclo.

In questo capitolo, analizzeremo gli elementi fisici che consentono l'espletamento delle suddette attività escludendo l'ultima parte del ciclo (fognatura e depurazione).

2.1 ASSET

Un acquedotto è una costruzione idraulica che comprende diverse parti, le quali devono essere dimensionate singolarmente e poi verificate nell'insieme. Più precisamente le opere in cui si suddivide un acquedotto sono:

- rete di adduzione generalmente costituita da condotte in pressione: ha il compito di trasportare la risorsa idrica dalla zona di approvvigionamento alla zona di distribuzione;
- rete di distribuzione con altezze piezometriche d'esercizio di norma comprese tra un minimo di 20 m ed un massimo di 80 m rispetto al pieno stradale: ha il compito di distribuire l'acqua ai singoli utenti all'interno della zona di utilizzo;
- opere di presa, di regolazione, di sollevamento e di trattamento delle acque.

2.1.1 OPERE DI PRESA

Le opere di presa sono quelle opere utilizzate per l'approvvigionamento idrico e la scelta di quale tipologia utilizzare dipende dal tipo di fonte individuata. Tali fonti si dividono in:



- Sorgenti: esse sono affioramenti spontanei di acqua sotterranea in superficie derivanti dalla particolare morfologia del terreno; essendo acque sotterranee, grazie alla protezione data dal terreno stesso, presentano un grado notevolmente minore di inquinanti rispetto alle altre tipologie di fonti ed inoltre, affiorando spontaneamente in superficie rendono più facile ed economico il prelievo dato che non vi è la necessità di costruire pozzi o prevedere impianti di pompaggio;
- Acque di falda: queste possono essere falde freatiche o falde artesiane; quella freatica è più superficiale mentre quella artesiaiana è più profonda. Essendo acque di falda sono poco soggette all'inquinamento ma questo è vero solo per quelle artesiane; quelle freatiche infatti essendo più superficiali sono soggette a tutte le attività inquinanti che gravano sul bacino dal quale la falda stessa si rifornisce;
- Acque superficiali: esse hanno il vantaggio di una relativa facilità di approvvigionamento ed una quantità tale da non creare nessun tipo di problema; hanno però il problema di una qualità alquanto scadente e difficilmente prevedibile. Esse infatti sono soggette oltre al normale inquinamento dovuto alle attività inquinanti standard anche ad eventuali fattori inquinanti accidentali. In questa tipologia di fonte ricadono i fiumi in pianura ed i torrenti montani, i laghi naturali o artificiali e i mari, anche se in questo ultimo caso vi è il problema della desalinizzazione che implica costi notevoli.

In Italia la principale fonte usata è quella relativa alle acque di falda mentre la meno usata è quella relativa all'acqua di mare. In funzione della fonte che viene scelta varia il tipo di opera di presa usata anche se la prima operazione da fare resta, indipendentemente dalla scelta, un'attenta analisi per valutare l'effettiva quantità e qualità della risorsa idrica a disposizione nella fonte.

Nel caso in cui la fonte è rappresentata da una sorgente allora bisogna distinguere due casi: Affioramento puntuale; Affioramento diffuso.

Nel primo caso l'opera di approvvigionamento usata è il *bottino di presa* mentre nel secondo caso si usano le *gallerie drenanti*.

Il bottino di presa è costituito da un apparato chiuso all'interno del quale vi sono una serie di vasche in cui l'ultima alimenta una condotta di presa che costituisce l'inizio della rete idrica. Il bottino di presa viene realizzato scavando nella parete, permeabile per sua natura dato la presenza della sorgente, per permettere il fissaggio dell'opera al territorio e per evitare che i lavori di costruzione dell'opera modifichino il deflusso e di conseguenza il punto di affioramento. Particolare attenzione viene posta al dimensionamento della prima vasca la quale ha il compito di



far sedimentare eventuale materiale fine presente. Sono opere dotate di misuratori di portata e di uno scarico di fondo che ha il compito di eliminare il materiale sedimentato ed è situato nel punto più ribassato della prima vasca. Alle volte è possibile individuare anche uno scarico di superficie, il quale ha la funzione di mantenere il livello piezometrico della vasca entro limiti accettabili. La condotta di presa, situata nell'ultima vasca, è munita di un elemento chiuso e forato per evitare che residui di materiale solido non eliminato nella prima vasca finiscano in rete. Tale elemento data la sua particolare forma viene chiamato in gergo tecnico "cipolla di presa". Di seguito si può notare una classica rappresentazione di un tradizionale bottino di presa.

Le gallerie drenanti sono opere che, come detto, vengono usate nel caso in cui l'affioramento è di tipo diffuso. È un'opera trasversale, costruita di fianco al pendio interessato dalla sorgente; è sempre presente un bottino di presa che si fissa al terreno e che si apre nella galleria vera e propria che è in grado di raccogliere la risorsa idrica da una sorgente più ampia. Tale galleria ha la caratteristica di avere la parte lato - falda permeabile ed è in grado di raccogliere l'acqua e convogliarla nell'opera di presa vera e propria costituita appunto dal bottino di presa.

Nel caso in cui la fonte sia rappresentata da acque superficiali allora la tipologia di opera di presa cambia radicalmente; in questo caso possiamo distinguere:

- **Traverse:** esse sono sbarramenti del corso d'acqua che hanno la funzione di creare dei piccoli bacini, non tanto per mettere a disposizione dei volumi d'invaso ma per stabilizzare e controllare il livello dell'acqua per alimentare un canale di presa. In base a dove viene fatto l'imbocco della condotta di presa abbiamo sistemi in piccola derivazione o grande derivazione; nei primi il canale di presa è situato direttamente nella traversa mentre nei secondi è realizzato lateralmente ad essa.
- **Sifone:** Tale tipologia di opera si usa quando ho un canale arginato. L'argine infatti non può essere attraversato da un canale di presa altrimenti nascerebbero problemi strutturali e di tenuta idraulica dell'argine stesso; i sifoni non sono altro che condotte appoggiate lungo la sommità dell'argine e nella loro situazione di funzionamento ideale presentano il livello dell'acqua lato fiume maggiore rispetto al livello del terreno lato argine in modo da far nascere una differenza di carico notevole che permette la movimentazione di acqua senza l'uso di pompaggi. Per poter funzionare il sifone deve essere innescato e questo viene fatto tramite una pompa a vuoto ed una valvola con le quali si elimina l'aria all'interno delle condotte di presa.
- **Filtrazione spondale:** è una tipologia di opera particolare con la quale si eliminano quasi del tutto i solidi sospesi. Per essere realizzata si costruisce una batteria di pozzi lungo la sponda del fiume



utilizzando il terreno come filtro naturale. Ha lo svantaggio che per poter essere utilizzata, la risorsa deve essere pompata.

L'ultima tipologia di fonte di approvvigionamento, nonché la più usata in Italia è quella derivante da acque sotterranee o acque di falda.

In tale caso l'opera di presa praticamente sempre utilizzata è costituita dai pozzi.

Il pozzo è una struttura che riceve l'acqua solamente dalle pareti verticali e deve essere completamente impermeabilizzato tranne che in corrispondenza dei punti di contatto con l'acquifero dal quale si desidera prelevare la risorsa. Per garantire la permeabilità si usa della ghiaia drenante e prima di essere realizzato necessita di alcuni studi preliminari. Si deve valutare la stratigrafia del terreno nonché il livello statico della falda, cioè il livello dell'acqua nell'acquifero in condizioni non disturbate dalla presenza del pozzo stesso; tale livello può essere variabile nel tempo. Una caratteristica importante è la tipologia di acquifero con il quale si entra in contatto; esso può essere confinato o non confinato. Nel caso di acquifero non confinato si parla di pozzo in acquifero freatico, nel caso di acquifero confinato si parla di pozzo in acquifero artesiano.

2.1.2 IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO

Gli impianti di sollevamento o di pompaggio hanno lo scopo di incrementare l'energia posseduta da una corrente fluida attraverso una o più macchine operatrici. Tali macchine sono le pompe. Esse rappresentano un elemento presente praticamente in qualsiasi sistema di approvvigionamento idrico. Le pompe si diversificano in tante tipologie in funzione di soddisfare le diverse caratteristiche degli impianti in cui sono inserite; vi sono pompe volumetriche, pompe centrifughe, eiettori, idroestrattori etc.... La scelta di una tipologia o di un'altra è funzione della portata da sollevare; prevalenza richiesta; caratteristiche delle condotte; fattori economici.

Le pompe più usate sono senza ombra di dubbio le pompe centrifughe anche se nel caso di alte prevalenze e portate relativamente piccole risulta più vantaggioso usare quelle volumetriche. Si distinguono praticamente in funzione delle relazioni con cui variano alcuni parametri di funzionamento al variare della portata sollevata; tali relazioni sono fornite direttamente dal produttore della pompa, solitamente in forma grafica, e sono il risultato di prove di laboratorio. Si individuano quattro tipi di curve caratteristiche: curva della prevalenza; curva del rendimento; curva della potenza assorbita; curva del carico minimo di aspirazione o curva NPSH.



Le curve caratteristiche permettono di inserire la giusta pompa in funzione della tipologia d'impianto.

La curva caratteristica della prevalenza, spesso chiamata semplicemente curva caratteristica della pompa, esprime la variazione, a numero di giri costante, della prevalenza $H(Q)$ tra le sezioni d'ingresso e d'uscita della pompa in funzione del cambiamento di portata erogata Q .

Se la curva è ripida la portata varia poco anche in caso di variazioni significative della prevalenza e quindi sono fondamentalmente utilizzate quando è importante mantenere la portata sollevata nel tempo il più possibile fissa al variare delle condizioni piezometriche al contorno.

Se la curva è piatta la prevalenza varia poco anche in caso di variazioni significative della portata e quindi sono solitamente usate quando è importante mantenere la prevalenza il più possibile fissa al variare della portata richiesta dalla rete.

La curva caratteristica del rendimento η , variabile da 0 a 1, rappresenta il rapporto tra la potenza idraulica fornita dalla pompa al liquido sollevato e la potenza assorbita dalla pompa. In realtà un rendimento pari a 1 è solo teorico perché nella realtà il valore massimo che si può raggiungere è circa 0.8, dato le inevitabili perdite intrinseche nel meccanismo come ad esempio quelle dovute all'attrito delle pale meccaniche della pompa o le cosiddette perdite volumetriche dovute alla percentuale di risorsa che aggira le pale della pompa stessa per via del piccolo spazio tra la girante e l'involucro che la contiene indispensabile per garantire il movimento rotazionale. La valutazione del rendimento è molto importante e il compito del progettista è quello di scegliere una pompa, in funzione della portata richiesta dalla rete, che lavori a rendimento massimo; questo non solo abbassa i costi di gestione ma produce un minor deterioramento della pompa stessa.

La curva NPSH, acronimo di Net Positive Suction Head, esprime per una determinata pompa la soglia oltre la quale inizia il fenomeno di cavitazione. Questo è il fenomeno che avviene all'interno di una pompa quando la pressione assoluta si abbassa al di sotto della tensione di vapore, portando il liquido a trasformarsi proprio in vapore. La sezione più critica è ovviamente quella di ingresso della pompa ed è un problema che si verifica quando fisicamente la pompa è posta ad una quota maggiore rispetto alla quota piezometrica dell'acqua nel punto d'ingresso. La cavitazione porta alla formazione di bolle, le quali implodendo danneggiano la girante e comunque riducono di molto le capacità prestazionali della pompa perché causano forti disturbi al flusso.

La curva caratteristica della potenza assorbita è fondamentalmente un grafico che esprime la relazione che intercorre tra potenza assorbita dalla pompa e portata sollevata Q . Essa è esprimibile dalla seguente relazione:

$$W = \frac{\gamma * Q * H}{\eta}$$



dove γ è il peso specifico dell'acqua, Q è la portata sollevata, H è la prevalenza e h è il rendimento della pompa.

Le curve caratteristiche sono fondamentali per capire con quale tipologia di pompa si ha a che fare ma da sole non bastano per definire il funzionamento della pompa stessa all'interno di un sistema idraulico. Infatti, la portata effettivamente sollevata e la corrispondente prevalenza dipendono oltre che dalle caratteristiche della pompa anche dalle caratteristiche dell'impianto in cui essa è inserita. Queste caratteristiche sono sintetizzate dalla curva d'impianto che rappresenta la somma delle perdite di carico concentrate e distribuite al variare della portata sollevata Q .

2.1.3 RETI DI ADDUZIONE

La funzione della rete di adduzione è quella di trasportare l'acqua dall'opera di presa al luogo d'utilizzo. Per luogo d'utilizzo si intende solitamente, non direttamente la rete di distribuzione che convoglia l'acqua alle varie utenze, ma un serbatoio di compenso che rappresenta la fine della rete di adduzione. Tra i due generalmente vi è un impianto di potabilizzazione. La condotta di adduzione può funzionare in due maniere:

- Gravità: in questo caso vi è una differenza di carico piezometrico nel sistema; l'opera di presa è posta ad una quota maggiore rispetto al serbatoio di compenso;
- Pompaggio: in questo caso non vi è una differenza di carico piezometrico tale da permettere la movimentazione dell'acqua per gravità e di conseguenza viene aggiunto carico dall'esterno mediante un opportuno impianto di sollevamento.

Il dimensionamento, in entrambe le tipologie, viene effettuato con la portata Q_{mg} , cioè la portata media nel giorno di massimo consumo; spetta poi al serbatoio di compenso gestire le variazioni orarie.

Si individuano due schemi idraulici generali per una rete di adduzione. Uno è rappresentato dalla condotta semplice costituito da un'unica tubazione che collega l'opera di presa al serbatoio di compenso, l'altro è invece detto acquedotto consortile ed è costituito da una condotta principale più grande che collega l'opera di presa al serbatoio di compenso del centro abitato più grande più una serie di condotte di derivazione più piccole che si allacciano a quella principale e che hanno il compito di servire i serbatoi di compenso dei centri abitati più piccoli. Realizzare un acquedotto consortile è sicuramente più vantaggioso rispetto a tanti acquedotti singoli sia da un punto di vista economico che da un punto di vista di gestione e di manutenzione anche se è più complicato in fase di progettazione. Esso viene usato quando un'unica opera di presa ha la funzione di servire più centri abitati.



Le condotte vengono alloggiare in trincee scavate nel terreno per proteggerle da eventuali agenti contaminanti e per ridurre i carichi sovrastanti ripartendoli in maniera più uniforme nel terreno. Per una buona ripartizione dei carichi nel terreno le condotte devono essere posizionate ad una profondità sufficiente; generalmente tale profondità varia tra i 1.2 m e i 1.5 m e permette anche di avere un buon isolamento termico della risorsa infatti il terreno garantisce uno smorzamento della variazione di temperatura in superficie. Nel caso in cui la condotta è realizzata con materiale più sensibile questa non viene posta direttamente nel terreno ma all'interno di un rivestimento in conglomerato cementizio. I materiali più utilizzati per la realizzazione di una condotta sono la ghisa e l'acciaio ed i materiali plastici come il polietilene, il polipropilene e la vetroresina.

Nel caso di condotte molto grandi non è inusuale l'uso di materiali cementizi come il cemento armato ordinario e quello precompresso ed in tale situazione le condotte vengono alloggiare direttamente sulla superficie perché i costi di un'eventuale trincea risulterebbero enormi.

Attorno la condotta e nel sottofondo si usa sabbia ben costipata o ghiaione lavato mentre la parte più superficiale è riempita da materiale di scavo.

Prima di dimensionare la rete di adduzione è però obbligatorio scegliere il tracciato sia da un punto di vista planimetrico sia da un punto di vista altimetrico; solo dopo aver studiato il tracciato si può individuare quale tipologia di schema idraulico utilizzare e con quale tipo di funzionamento la condotta adempirà al suo compito di trasporto della risorsa.

Il fine dello studio del tracciato è quello di identificare la soluzione di minore costo, a parità di fattibilità tecnica; quindi, in generale, quella di minor lunghezza dell'acquedotto. Non succede però pressoché mai di poter adottare per l'acquedotto il tracciato rettilineo che congiunge la risorsa con il punto di consegna in quanto gli ostacoli posti dal territorio attraversato impongono di regola deviazioni anche rilevanti al percorso di minima lunghezza. Il fattore più importante che condiziona la scelta del tracciato è costituito dall'altimetria del territorio attraversato dalle condotte più che dalla planimetria. È infatti imperativo per qualsiasi condotta/e di adduzione avere tratti in depressione; questi infatti comporterebbero pericolosissime interazioni tra l'acqua in tubazione e l'ambiente esterno minando la qualità della risorsa con conseguenti pericoli per le utenze e la normativa impone che la quota piezometrica sia almeno 2-3 m al di sopra del piano campagna.

Un altro fattore che determina la scelta del tracciato è rappresentato dalla natura del suolo. In particolare, le principali cause che possono richiedere allungamenti del percorso per evitare di attraversare terreni sfavorevoli alla posa di un acquedotto consistono in:



- formazioni rocciose: la presenza di formazioni rocciose affioranti comporta un aggravio significativo dei costi, specialmente in prossimità dei centri urbani ove è vietato l'uso di mine. Uno scavo in roccia da mina presenta un costo a metro cubo 2-3 volte superiore a quello in terreno sciolto, mentre raddoppia ulteriormente nel caso di roccia dura senza l'uso di esplosivi. In tali condizioni è di regola giustificato un allungamento anche sensibile del percorso che consenta di evitare queste zone;
- zone franose: l'attraversamento di zone franose è di regola da evitare. La condotta, posata su terreno instabile sarebbe soggetta a continue rotture e richiederebbe continui ed onerosi interventi manutentivi;
- terreni cedevoli; sono ancora da evitare i percorsi in terreni cedevoli. In questi casi, infatti, il maggior costo risiede nella necessità di dotare le condotte, soprattutto se di grande diametro, di adeguate strutture di fondazione;
- terreni acquitrinosi; anche i terreni acquitrinosi comportano spesso oneri costruttivi legati alla presenza di acqua ed ai conseguenti provvedimenti da adottare durante lo scavo e la posa delle condotte. In queste situazioni si ricorre talvolta a pose superficiali, tumulando in rilievo le tubazioni per conferire loro un minimo di protezione termica e meccanica.
- terreni aggressivi; una caratteristica spesso associata alle zone acquitrinose, ma presente anche in altre formazioni, è l'aggressività del terreno. La presenza di terreni molto aggressivi condiziona la scelta del materiale costituente le condotte e, allorché si debbano adottare condotte in materiali metallici, comporta l'adozione di accorgimenti costosi sia nella fase di costruzione che in quella di gestione dell'acquedotto.

Nello studio del tracciato occorre tenere inoltre conto dell'uso del suolo, sia in relazione all'esistenza di vincoli di tipo ambientale, paesaggistico, artistico, archeologico o di destinazione d'uso sia in relazione agli oneri d'esproprio. E' sempre preferibile allungare il percorso per evitare gli alti costi d'esproprio di terreni destinati ad aree fabbricabili o interessati da colture pregiate, ed è buona norma, in fase definitiva, studiare dei tracciati che passino lungo i confini aziendali al fine di limitare il danno alle aziende interessate.

Una volta definito l'andamento altimetrico e planimetrico del tracciato si può dimensionare la condotta/e d'adduzione; per fare questo occorre inizialmente definire il funzionamento della rete, cioè se lavora a gravità o tramite pompaggio, perché in relazione a ciò le tecniche d'analisi cambiano.

Condotta semplice con funzionamento a gravità

La condotta viene dimensionata per Q_{mg} cioè per la portata media del giorno di massimo consumo. L'obiettivo del progettista è quello di individuare il diametro D conoscendo le caratteristiche della



tubazione, la differenza di carico piezometrico AY tra il carico nell'opera di presa e quello nel serbatoio di compenso a monte della rete di distribuzione ed appunto la portata media del giorno di massimo consumo.

Acquedotto consortile

In questa tipologia di reti si hanno più incognite rispetto a quelle a condotta singola. Questo è dovuto al fatto che a differenza delle reti a condotta singola qui vi sono più combinazioni di diametri che permettono il rispetto dell'equazione del bilancio energetico. Questo porta ad avere quindi vari insiemi di diametri idraulicamente accettabili e fra tutti bisogna andare ad individuare quello che è economicamente più vantaggioso.

Adduzione con impianto di pompaggio

Tale tipologia di schema è sempre presente quando l'opera di presa è costituita da pozzi o quando il sistema di approvvigionamento idrico è costruito in una zona pianeggiante in cui il salto idraulico AY non è sufficiente. In presenza di un pompaggio si può lavorare con due tipologie di schemi:

1. per sistemi semplici, la risorsa dall'opera di presa viene direttamente pompata nel serbatoio di compenso a servizio della rete di distribuzione;
2. l'adduzione è divisa in due tratti; il primo tratto collega l'opera di presa con una vasca di accumulo, mentre il secondo collega la vasca d'accumulo con il serbatoio di compenso. Rispetto al caso di adduzione a gravità, ho un elemento in più rappresentato dalla pompa.

2.1.4 SERBATOI

I serbatoi urbani sono manufatti molto importanti per gli acquedotti, in quanto con la loro capacità assolvono alle seguenti funzioni:

- Di compenso o di regolazione, nel senso che permettono di avere un regime delle portate in uscita (deflussi) diverso da quello delle portate in entrata (afflussi);
- Di riserva idrica, perché evitano l'interruzione del deflusso a valle quando la tubazione a monte (condotta adduttrice) è fuori servizio per interventi di normale manutenzione o per rotture, guasti delle apparecchiature, mancanza di energia elettrica di alimentazione delle elettropompe.
- Servizio antincendio.



Ognuna di queste funzioni è correlata ad un certo volume d'acqua necessario per svolgerle; tali volumi devono essere calcolati singolarmente. Il volume più importante è sicuramente quello relativo alla capacità di compenso.

La condotta d'adduzione alimenta il serbatoio con una portata costante mentre la portata in uscita è variabile nel tempo perché è funzione della diversa richiesta idrica della rete di distribuzione funzione a sua volta delle necessità dell'utenza. Nei periodi di consumo elevato, il serbatoio dovrà essere in grado di erogare una portata superiore alla portata media di progetto, attingendo da una opportunamente dimensionata capacità di compenso, W_c ; allo stesso modo, durante i periodi di basso

consumo il serbatoio dovrà essere in grado di accumulare nella medesima capacità il volume d'acqua in eccesso proveniente dalla condotta di adduzione. Il compenso è stimato sulla base giornaliera perché un compenso pluriennale o stagionale comporterebbe degli accumuli troppo eccessivi con conseguente dimensione troppo grande del serbatoio.

Nei sistemi di approvvigionamento idrico cittadino vi sono fondamentalmente due tipologie di serbatoi:

- Interrato da preferire: più economico, minore impatto ambientale, massima escursione del livello 3.5-4.5 metri; sono caratterizzati dall'aver generalmente più vasche di accumulo totalmente isolate dall'ambiente esterno;
- Sopraelevato o pensile (quando non sia possibile servire la rete di distribuzione a gravità con serbatoio interrato a distanza inferiore di 1.5^2 km dal centro), massima escursione del livello 5-6 metri.

I serbatoi possono essere collocati prima del centro urbano da servire e in questo caso prendono il nome di serbatoi di testata oppure dopo ed in tal caso prendono il nome di serbatoi d'estremità.

Essi, anche se diversi nelle dimensioni, hanno svariati elementi in comune. Infatti, considerando che di solito, soprattutto per i serbatoi interrati vi sono più vasche, è possibile trovare per ogni vasca:

- saracinesche di intercetto necessarie per l'esclusione o l'inserimento della vasca in servizio nella rete;
- idrovalvole per l'interruzione del flusso qualora la vasca dovesse riempirsi completamente;
- misuratori di portata, uno in ingresso e uno in uscita, necessari per quantificare le portate in uscita e in entrata nel serbatoio;
- saracinesche necessarie per l'interruzione o il deflusso attraverso le tubazioni di presa;
- saracinesche di bypass necessarie per escludere completamente il serbatoio e collegare l'adduzione con la rete;



- tubazioni che collegano gli sfioratori delle vasche con 1 canali di scarico;
- tubazioni di adduzione;
- tubazioni di presa;
- scarichi di fondo;
- scarichi di superficie.

Le varie apparecchiature sono solitamente alloggiare all'interno di una camera di manovra costituita solitamente da due piani; al piano inferiore sono presenti fisicamente gli apparecchi, mentre quello superiore ospita gli organi di manovra e di controllo ed è accessibile agli operai.

2.1.5 RETI DI DISTRIBUZIONE

Le reti di distribuzione hanno il compito di "consegnare" l'acqua alle utenze. Esse sono costituite da molteplici elementi e di conseguenza il loro dimensionamento è complesso e viene effettuato con metodi semplificati. Sono infatti caratterizzate da un numero elevato di condotte e questo implica un numero elevato di saracinesche, di valvole, di raccordi, tutti elementi tra di loro molto diversi. A questi si aggiungono gli allacci con le utenze e le relative problematiche intrinseche nella natura stessa delle connessioni. Tale varietà di strumenti implica una maggiore probabilità di guasti, unito anche alle maggiori sollecitazioni alle quali le condotte sono sottoposte. Esse vengono generalmente alloggiare, infatti, lungo la rete stradale ed ai carichi imposti dalla pressione si aggiungono quelli dovuti al passaggio veicolare.

Le principali tipologie di reti di distribuzione sono:

- reti chiuse

Nelle reti chiuse la maggior parte delle condotte segue un percorso chiuso. Questo porta ad avere una maggiore affidabilità del servizio idrico perché in caso di un eventuale guasto la risorsa presenta diverse opportunità per giungere ugualmente alle utenze. Sono caratterizzate da un serbatoio di testata ed anche se permettono una migliore soluzione, come detto, in caso di guasto, hanno lo svantaggio di uno sviluppo in lunghezza maggiore e quindi a parità di portata un aumento delle perdite di carico distribuite. Questo porta a valori di pressione più bassi lungo la rete con conseguente non superamento dei limiti imposti dalla normativa sulle pressioni minime.

- reti aperte

Le reti aperte sono caratterizzate da una condotta principale che generalmente attraversa tutto il centro urbano alla quale vengono allacciate le condotte secondarie. La consegna della risorsa alle utenze può



avvenire o direttamente mediante allacci alla condotta principale o mediante allacci alle condotte secondarie. Tra le due soluzioni è preferibile la seconda perché più vantaggiosa sia dal punto di vista economico che da quello gestionale e costruttivo. La topologia della rete prevede un serbatoio d'estremità la cui funzione è quella di garantire il servizio idrico anche nel caso di guasto della condotta principale nella parte iniziale della rete e di una torre piezometrica, comunque non sempre presente, che ha lo scopo di disconnessione idraulica e rende la condotta d'adduzione indipendente dalle variazioni temporali della rete di distribuzione. Questa tipologia di rete viene solitamente utilizzata in centri urbani a sviluppo lineare e quindi in prossimità di zone costiere.

- reti miste.

Indipendentemente dallo schema strutturale della rete, sia essa aperta, chiusa o mista, i diametri delle condotte non sono uguali e vi è una gerarchia delle condotte anche se l'obiettivo del progettista è quello di garantire un diametro il più possibile uniforme. Questo è dovuto principalmente al fatto che più diametri si utilizzano più variabilità c'è negli elementi di rete (saracinesche, valvole) e questo si traduce in problematiche di tipo costruttivo. La gerarchia delle condotte prevede:

- Alimentatrici Primarie;
- Alimentatrici Secondarie;
- Alimentatrici Terziarie.

Le alimentatrici principali hanno il compito di trasportare la risorsa a scala di rete, le seconde a scale di quartiere o comunque di sottozona, le terze rappresentano le condotte finali alle quali vengono effettuati gli allacci per la distribuzione alle utenze. Questa è comunque una classificazione di massima perché non è inusuale trovare allacci anche lungo le alimentatrici principali o secondarie, ancor più se il centro abitato è di piccole dimensioni.

Per le reti di distribuzione, generalmente il materiale più utilizzato è il PEAD ovvero il polietilene ad alta densità, un polimero termoplastico ricavato dal petrolio. Per ottenere un chilogrammo di PEAD sono necessari 1,75 kg di petrolio in termini di materia prima.

Viene comunemente riciclato e nel 2007 il mercato globale del PEAD raggiunse un volume di oltre 30 milioni di tonnellate.

Il PEAD presenta scarse ramificazioni, col risultato che le forze intermolecolari e la resistenza alla trazione sono maggiori che nelle varietà di polietilene meno dense.



Esso ha una costituzione chimica simile a quella del polietilene a bassa densità, ma, per il particolare procedimento di polimerizzazione con cui si ottiene la materia prima, ha rispetto a questo una struttura molto più cristallina e caratteristiche meccaniche e termiche assai migliori, pur conservando le eccellenti caratteristiche dielettriche e chimiche e l'assoluta impermeabilità; è anche più duro e più opaco e può sopportare temperature più elevate (120 °C per brevi periodi, 110 °C continuamente).

La mancanza di ramificazione è ottenuta con una scelta appropriata del catalizzatore e delle condizioni di reazione. Il PEAD contiene, come elementi chimici, carbonio e idrogeno, legati in modo da formare lunghe catene polimeriche in cui la parte centrale delle catene è costituita da legami forti tra atomi di carbonio.

Per i tubi e per i raccordi in PEAD per condotte destinate al trasporto di acqua in pressione esiste la UNI EN 12201-3: 2013 che ha sostituito la NORMA UNI 10910 e che regola l'utilizzo e le proprietà che deve avere questo materiale.

Nel caso dei tubi in polietilene ad alta densità, sono previsti delle pressioni nominali P_n che si riferiscono al loro funzionamento a una temperatura di 20°C.

I tubi devono essere realizzati esclusivamente in polietilene del tipo PE80 e PE100, ove il numero identifica la resistenza del materiale: PE80 ha una massima tensione circonferenziale di 8,0 N/mm² mentre PE100 di 10,0 N/mm².

I parametri in base ai quali si sceglie una condotta in polietilene ad alta densità sono:

P_n = Pressione nominale. È un elemento caratteristico della produzione dei componenti (pressione massima a cui un componente può essere sottoposto in esercizio) e deve essere almeno pari alla somma della massima pressione interna in asse condotta, delle sovrappressioni di moto vario e della pressione equivalente alle sollecitazioni esterne a cui il sistema sarà sottoposto;

- D_n = Diametro nominale. È un altro elemento caratteristico della produzione dei componenti;
- D_{est} = Diametro esterno
- D_i = diametro interno. Esso condiziona la velocità della risorsa in condotta e le perdite di carico distribuite;
- s = spessore

Come per le condotte d'adduzione, anche le condotte della rete di distribuzione vengono alloggiare all'interno di trincee. In queste reti però bisogna tenere conto dell'interazione tra il sistema di distribuzione idrica e le altre strutture presenti nella zona interessata, in particolare bisogna considerare il mutuo posizionamento tra



la rete di distribuzione stessa e la rete fognaria evitando che eventuali fuoriuscite di sostanze da quest'ultima entrino in contatto con la risorsa idrica.

Vi sono due possibili strade da seguire; una, considerata generalmente la migliore, è quella di porre le due reti in due trincee differenti, posizionando la rete fognaria inferiormente rispetto a quella idrica con almeno una distanza pari a 0.30 m. La seconda strada che si può seguire, meno efficiente ma più economica, è quella di porre entrambi le reti nella stessa trincea, alloggiando la rete idrica superiormente rispetto quella fognaria ad una distanza pari ad almeno 0.50 m. Ovviamente la prima soluzione è più costosa perché la realizzazione di due trincee comporta un notevole aumento dei costi di realizzazione.

Da un punto di vista idraulico è opportuno andare a definire una serie di condizioni, chiamate condizioni di servizio, che garantiscano una corretta distribuzione della risorsa idrica. Tali condizioni di servizio non sono altro che una serie di limitazioni in termini di carico piezometrico e di velocità che devono essere rispettate nella rete in condizioni di esercizio; ad esse vengono aggiunte altre limitazioni in condizioni di criticità.

Tali condizioni possono essere così riassunte:

- Nell'ora di massimo consumo e di contemporaneo livello minimo del serbatoio, la quota piezometrica deve risultare, in qualsiasi punto della rete più elevata di almeno 10 m rispetto ai piani più alti degli edifici in zona, in modo che le portate richieste, tenendo conto delle perdite di carico abbastanza elevate che si hanno nelle reti di distribuzione interna degli edifici stessi, possano giungere nei piani più alti con una pressione ancora sufficiente a garantire una buona erogazione degli apparecchi sanitari. Gli edifici da prendere in considerazione sono quelli con un'altezza medio - alta, indicata con a , mentre sono da escludere quelli con un'altezza nettamente maggiore rispetto a tutti gli altri, i quali dovranno essere dotati di appositi impianti di sollevamento per assicurare il normale servizio nei piani più alti; per il rispetto di tale vincolo la portata che si usa è quella di picco orario;
- Nella situazione opposta invece, cioè di minimo consumo e di contemporaneo livello massimo nel serbatoio, le quote piezometriche non devono superare i 70 m sul piano stradale in nessun punto della rete, per evitare che pressioni troppo forti porterebbero alla manifestazione di perdite nei giunti, non sempre adatti a resistere a forti pressioni; per tale verifica si usa un valore di portata pari circa a 0;
- La massima oscillazione di carico durante l'esercizio non deve superare i 15 m in alcun punto della rete; a volte però si ammettono oscillazioni di 20 m e eccezionalmente anche maggiori;
- In situazione di portata massima del giorno di massimo consumo, le velocità dell'acqua in ogni tronco devono mantenersi preferibilmente tra i 0.5 m/s e i 1.5 m/s, e comunque mai al di sopra dei 2.0 m/s; tale



condizione è comunque secondaria rispetto alle condizioni sui carichi piezometrici ed è utile perché una velocità eccessiva causa un deterioramento più rapido delle condotte.

Queste appena descritte sono le condizioni di servizio. In condizioni di criticità intervengono altre due condizioni che devono necessariamente essere rispettate funzione del tipo di criticità stessa:

- Richiesta di portata aggiuntiva per spegnimento incendi. In questo caso è necessario verificare che se nella rete oltre alle portate di picco intervengono anche le portate antincendio i carichi non si abbassino eccessivamente;
- Rottura di una condotta principale. Questa situazione implica una diminuzione del carico piezometrico generale in rete. La portata da utilizzare in tale situazione è pari alla metà della portata di picco orario e deve essere verificato che con tale portata.

La stragrande maggioranza delle reti di distribuzione hanno una topologia di tipo misto, cioè hanno sia elementi propri di una rete chiusa sia elementi propri di una rete aperta. Per il dimensionamento di una rete di tale tipo si possono usare tre diversi metodi:

- metodo dei punti neutri

Il metodo dei punti neutri prevede l'introduzione di un vincolo economico per i nodi della rete in cui il carico piezometrico è incognito. Esso ha il vantaggio di dimensionare il sistema nella maniera più economica possibile ma è dal punto di vista computazionale complesso, è soggettivo e crea il problema di una rete "debole" dal punto di vista idraulico perché porta alla definizione di diametri non uniformi.

- metodo per verifiche successive

- Il metodo per verifiche successive è particolare in quanto trasforma un problema di progetto in uno di verifica; infatti si ipotizzano i diametri della rete cercando di usare diametri più grandi per le condotte a diretto contatto o vicine ai punti d'alimentazione e pian piano si diminuiscono tali diametri spostandosi nelle zone periferiche.

In questo metodo le grandezze note risultano essere: caratteristiche delle condotte (L, D, k); portate erogate ai nodi; un carico su un nodo;

Quello che bisogna individuare è: portate che circolano in rete; carichi ai nodi

- Introduzione di vincoli idraulici

Il metodo viene applicato esclusivamente per reti di distribuzione di piccole dimensioni.



International Water Association (IWA) negli ultimi 20 anni ha sviluppato, insieme ad altre organizzazioni, degli strumenti e metodologie per aiutare i servizi pubblici a valutare e gestire le perdite d'acqua in modo efficace¹. IWA, attraverso la sua Water Loss Task Force, ha sviluppato un bilancio idrico standard internazionale di "best practice" come da tabella seguente:

Volume d'ingresso del sistema	Consumo autorizzato e fatturati (BW)	Consumi autorizzati e fatturati	Consumo misurato fatturato (compresa l'acqua esportata)	Acqua fatturata
			Consumo non misurato fatturato	
		Consumi autorizzati e non fatturati	Consumo misurato e non fatturato	Acqua non fatturata
			Consumo non misurato e non fatturato	
	Perdite d'acqua (WL)	Perdite Idriche apparenti (AL)	Consumo non autorizzato (UC)	
			Inesattezze di misurazione del cliente (CMI)	
			Gestione dei dati ed errori di fatturazione (BEs)	
		Perdite Idriche reali (RL)	Perdite alla trasmissione e / o Rete di distribuzione	
Perdite e straripamenti nei serbatoi di stoccaggio dell'Utilità				
Perdite sui collegamenti di servizio fino al punto di misurazione del cliente				

Tabella 7_Standard internazionale di bilancio idrico e terminologia²

con definizioni chiare³. I termini e l'approccio dell'IWA sono stati introdotti per la prima volta in un rapporto pubblicato dall'IWA da Lambert e Hirner nel 2000 che poi ha ottenuto l'accettazione internazionale ed è stato promosso da molte organizzazioni nazionali e internazionali.

Le definizioni abbreviate dei componenti principali della Tabella_7 sono le seguenti:

¹ Frauendorfer, R.; Liemberger, R. The Issues and Challenges of Reducing Non-Revenue Water. Philippines. Asian Development Bank. 2010.

² Lambert, A. and Hirner, W. (2000) Losses from Water Supply Systems Standard Terminology and Recommended Performance Measures. IWA Blue Pages

³ Farley M. and Trow S. (2003). Losses in Distribution Networks. IWA Publishing, ISBN 1 900222 11 6



- Volume d'ingresso del sistema: l'ingresso annuale in una parte definita del sistema di approvvigionamento idrico;
- Consumo autorizzato (BW): il volume annuale di acqua dosata e/o non dosata prelevato dai clienti registrati, dal fornitore di acqua e da altre persone implicitamente o esplicitamente autorizzate a farlo. Comprende l'acqua esportata, le perdite e le tracimazioni dopo il punto di misurazione del cliente;
- Acqua non fatturata (NRW): la differenza tra il volume d'ingresso del sistema e il consumo autorizzato fatturato. Il NRW è costituito dal consumo autorizzato non fatturato e dalle perdite d'acqua;
- Perdite d'acqua (WL): la differenza tra il volume d'ingresso del sistema e il consumo autorizzato, costituito da perdite apparenti e perdite reali;
- Le perdite apparenti (AL): consistono in consumi non autorizzati e imprecisioni di misurazione;
- Perdite reali (RL): i volumi annui persi a causa di tutti i tipi di perdite, esplosioni e traboccamenti sulla rete elettrica, sui serbatoi di servizio e sulle connessioni di servizio, fino al punto di misurazione del cliente. I componenti del bilancio idrico dovrebbero essere sempre calcolati ed espressi come volumi prima di tentare di calcolare gli indicatori di performance.

La strategia adottata per la riduzione delle perdite consiste in:

- ANALISI DEI LIVELLI DI PERDITA: utilizzo di metodologie e terminologie comuni, riconosciute e approvate a livello internazionale (IWA – International Water Association).
- AZIONI CORRETTIVE: interventi mirati e specifici in funzione del campo d'interesse tramite ispezioni e verifiche in campo, misure elettroacustiche (correlatore, noise logger, geofono, asta acustica ecc.), gestione i metodi di valutazione della perdita di acqua nei sistemi di approvvigionamento idrico.

La valutazione della perdita d'acqua può essere condotta in diverse fasi:

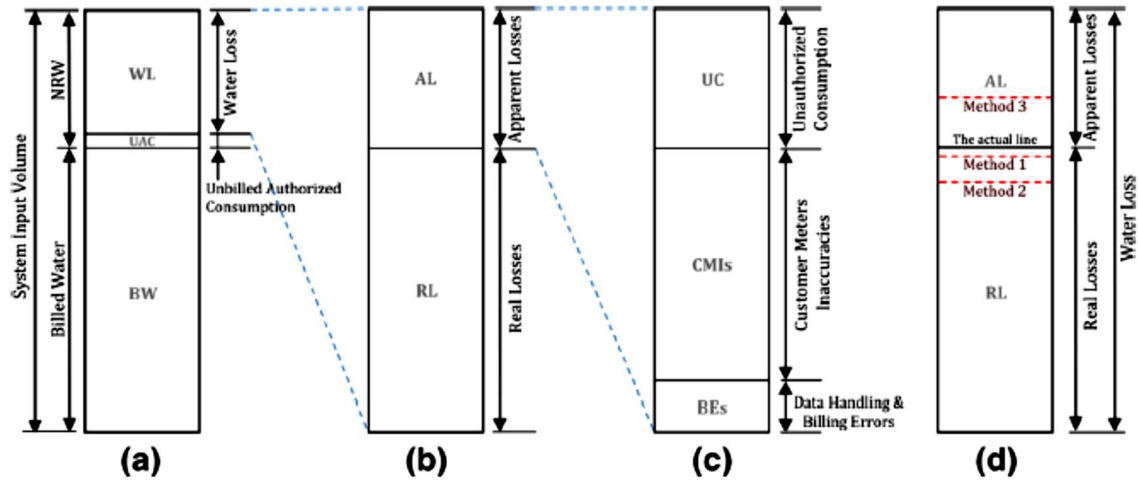


Figura 5_ Fasi di valutazione della perdita d'acqua

Fase 1 - Figura 5(a): Consiste nello scoprire quanto è il volume totale della perdita d'acqua (WL):

$$NRW = SIV - BW$$

$$WL = NRW - UAC$$

dove:

- NRW: Volumi di Acqua non Fatturata
- SIV: Volume d'ingresso del sistema
- BW: Volumi di Acqua fatturata
- WL: Perdita d'acqua
- UAC: Consumo autorizzato non fatturato, che di solito è un piccolo componente che può essere stimato dai registri dell'azienda idrica.

Fase 2 - Figura 5(b): Il volume totale delle perdite d'acqua viene suddiviso nelle sue due componenti: perdite apparenti e perdite reali;

Fase 3 – Figura 5(c): Consiste nel condurre un'analisi dei sottocomponenti, di solito per le perdite apparenti ma anche per le perdite reali. Quindi, un'attenta valutazione e/o analisi comparativa dei due principali componenti della perdita d'acqua viene effettuata in una fase avanzata, quando più di un metodo per la valutazione della perdita d'acqua può essere applicato o combinato – Figura5(d).



Il passo cruciale in questo schema è la seconda fase in cui il volume totale delle perdite d'acqua viene suddiviso nelle sue due componenti principali e viene tracciata la linea di demarcazione tra perdite apparenti e perdite reali - Figura 5(b).

Ci sono tre metodi comuni per il processo di stima dei componenti:

- Analisi del flusso notturno minimo MNF (Minimum Night Flow)
- Stime di BABE Bursts and Background Estimates (BABE)
- Bilancio idrico Top-Down.

L'analisi MNF fornisce misurazioni effettive la cui accuratezza può essere valutata.

Tuttavia, richiede un intenso lavoro sul campo.

La limitazione dell'applicazione MNF è la sensibilità di due parametri, ovvero la pressione media, che raramente è accurata e la stima del consumo notturno.

Il MNF è un metodo basato sul campo, a differenza degli altri due i quali non necessitano che ci si rechi sul campo.

La valutazione delle perdite reali con i fattori generati dal modello BABE non dovrebbe essere condotta, a meno che non vi siano altre opzioni, a causa dei suoi presupposti eccessivi.

Invece, il metodo top-down dovrebbe essere uno strumento supplementare per abbattere il volume delle perdite reali nei suoi sottocomponenti.

Il bilancio idrico top-down non dipende né dalla pressione né dal metodo di lavoro sul campo esteso. Tuttavia, i suoi presupposti di perdite apparenti non sono appropriati per tutte le utenze.

La mancanza di una metodologia obiettiva per stimare il consumo non autorizzato è una grande limitazione e la ricerca sulla sua stima è impegnativa.

2.2.1 METODO DEL MINIMUM NIGHT FLOW (MNF)

Il metodo MNF stima le perdite reali in una piccola parte separata della rete. Una volta che le perdite reali sono stimate, le perdite apparenti possono poi essere calcolate sottraendo il volume di perdite reali dal volume totale delle perdite d'acqua.

Un'analisi MNF viene solitamente eseguita in un'area distrettuale (DMA) che è una parte della rete isolata idraulicamente. DMA è una zona discreta con un confine permanente definito da misuratori di portata e/o



valvole chiuse⁴. Comprende tipicamente tra 500 e 3000 connessioni per il servizio clienti con flusso d'ingresso di alimentazione misurato (American Water Works Association^{5 6}. DMA possono essere già stabiliti nel sistema di distribuzione.

La stima della componente di perdita reale attraverso questo metodo viene effettuata sottraendo i possibili legittimi utilizzi notturni dal MNF attraverso l'Equazione⁷ :

$$\text{NNF} = \text{MNF} - \text{LNF}$$

dove:

- NNF (Net Night Flow): Flusso notturno netto (perdite)
- MNF (Minimum Night Flow): Flusso notturno minimo
- LNF (Legitimate Night Flow): Legittimo flusso notturno

LNF dovrebbe essere stimato accuratamente caso per caso, ma può essere calcolato approssimativamente partendo da una supposizione, ovvero che il 6% della popolazione sia attiva e che l'uso dell'acqua sia per lo sciacquone del WC, ed è dell'ordine di 10 litri⁸. Tuttavia, il risultato ottenuto da equazione indica le perdite reali solo nelle ore notturne e non per l'intera giornata. La stima del valore delle perdite reali attraverso la generalizzazione del NNF per tutte le ore del giorno porterebbe ad una sovrastima della perdita giornaliera, a causa della minore pressione media durante il giorno (dovuta a flussi più elevati). La pressione media, e quindi le perdite, nel DMA cambia in un periodo di 24 ore a seconda dello schema di pressione del sistema di approvvigionamento.

Quando il DMA ha i suoi afflussi più bassi, la pressione è al massimo e così pure le perdite.

Per questo motivo, Lambert ha sviluppato un concetto per la modellazione della pressione di perdita che può essere utilizzato per stimare le perdite reali a qualsiasi ora del giorno.

L'aumento o la diminuzione delle perdite reali dovute ad una variazione di pressione durante il giorno possono essere calcolati con il concetto di scarichi ad area fissa e variabile (FAVAD).

⁴ Farley M, Trow S. «Losses in water distribution networks; a practitioner's guide to assessment, monitoring.» (International Water Association Publishing) 2nd edn (2007).

⁵ AWWA. «Water audits and loss control programs.» (AWWA Publication) 3rd ed (, 2009).

⁶ Thornton J, Sturm R, Kunkel G. «Water loss control manual.» (The McGraw-Hill) , 2008.

⁷ Chisakuta S, Mayumbelo K, Mulenga K, Simbeye I, Wegelin W, Mckenzie R, Hamilton S, Anders D, e et al. «non revenue water: trainers manual.» Wave Pool Zambia Imprint (German Foundation for International Cooperation (GIZ)), 2011.

⁸ R, Hamilton S and McKenzie. «Water management and water loss.» 1st ed (, 2014).



Dopo intensi esperimenti e sforzi per semplificare il concetto FAVAD, le perdite in qualsiasi momento specifico possono essere calcolate attraverso la seguente equazione⁹:

$$\frac{L_1}{L_0} = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{N1}$$

Dove:

L: Perdita

P: pressione

N1: esponente delle perdite

L'esponente della perdita (N1) varia da 0,5 a 1,5. Essendo vicino a 0,5 con percorso di perdita ad area fissa e 1,5 con percorso di perdita variabile.

Le perdite ad area fissa di solito si verificano su materiali di tubi rigidi e le perdite ad area variabile si verificano su materiali di tubi flessibili come il PVC o il polietilene. Di conseguenza, l'esponente N1 è 0,5 per i tubi rigidi e 1,5 per i flessibili tubi ed è compreso tra i due valori per le reti di tubi misti.

Dopo aver effettuato vari test in tutto il mondo, si è evinto che il valore medio N1 per un sistema è dell'ordine di 1,15 e potrebbe essere assunto 1, che implica una relazione lineare tra portata di perdita e pressione, a meno che le informazioni non siano disponibili per calcolare il valore reale dai dati registrati¹⁰.

Pertanto, conoscendo il rapporto di perdita di pressione e il valore dell'esponente N1, il volume delle perdite può essere calcolato a qualsiasi ora del giorno a partire dall'equazione sopradetta.

Per ottenere il volume delle perdite giornaliere (o perdite reali), si dovrebbe calcolare un fattore che relaziona la notte e il giorno (Night-Day Factor (NDF)).

NDF è un parametro che mette in relazione il tasso di perdita notturna con il tasso di perdita giornaliero, come mostrato in equazione¹¹:

$$\text{Volume di perdita giornaliera} = \text{NDF} \times \text{NNF}$$

⁹ Lambert. «What do we know about pressure: leakage relationships in distribution systems?» Proceedings of IWA Conference System Approach to leakage control and water distribution system management (Czech Republic), 2001.

¹⁰ McKenzie R, Buckle H, Wegelin W, Meyer N, e et al. «Water demand management cookbook.» Water Resource Planning and Conservation (ISBN 0-620-30734-X), 2003.

¹¹ J. Morrison, S. Tooms, D. Rogers. «Water Loss Task Force.» District Metered Areas guidance notes (Water Assoc. (IWA)), 2007.



Dove:

NDF: Fattore notte-giorno (ore al giorno)

NNF: Flusso notturno netto (tasso orario)

L'NDF è solitamente inferiore o uguale a 24 h/giorno per i DMA con alimentazione a gravità e può arrivare fino a 12 h/giorno per i sistemi a gravità a bassa pressione con grandi perdite di carico per attrito. Nei sistemi alimentati a gravità, i valori da 18 a 24 sono tipici.

Per i DMA alimentati a pressione diretta, l'NDF è superiore a 24 h/giorno e può arrivare fino a 36 h/giorno.

2.2.2 METODO BURST AND BACKGROUND ESTIMATES (BABE)

Burst and Background Estimates (BABE) è stato introdotto per la prima volta da Lambert. È stato il primo approccio a modellare i componenti di perdita in modo oggettivo, piuttosto che empirico.

Attraverso l'approccio BABE, la perdita d'acqua WL (Water Losses) viene valutata stimando il volume delle perdite reali e quindi si possono calcolare le perdite apparenti sottraendo il volume delle perdite reali dal volume totale di WL. Il principio alla base del concetto di BABE è che le perdite reali sono costituite da numerose perdite.

Il volume delle perdite per ogni evento è una funzione delle portate medie e dei tempi medi di funzionamento per i diversi tipi di perdite.

Nel concetto di BABE, il volume di una singola perdita o rottura è calcolato come la portata media moltiplicata per la durata per la quale la perdita o la rottura funziona come mostrato nell'equazione:

$$V = Q \times T$$

Dove

V: volume delle perdite

Q: portata di perdita

T: durata della perdita.

In base all'Equazione, si può dedurre che Lambert e Morrison (1996) hanno classificato le perdite in categorie relative ai due parametri a destra dell'equazione: categorie basate sulla portata; categorie basate sulla durata.



In base al criterio della portata, una perdita può essere una rottura con elevata portata (quindi da essere segnalata o rilevata dai gestori della rete) o una perdita di fondo con bassa portata (quindi non rilevabile dal gestore della rete).

Pertanto, i singoli punti di perdita sono stati classificati come perdite di fondo, a meno che la portata non sia pari a 500 L/h.

Quasi tutte le perdite provenienti dai raccordi delle connessioni di rete e di servizio rientrano nella categoria di fondo, comprese le valvole dell'aria, gli idranti, i rubinetti di arresto, i rubinetti di sgocciolamento, le cisterne, ecc.

Per cisterne e serbatoi, le perdite di fondo rappresentano perdite dalla struttura, e gli sfioratori sono equivalenti alle rotture.

Le definizioni successive per i tipi e la durata delle perdite sono le seguenti:

- Le perdite di fondo sono l'aggregazione delle piccole perdite con portate troppo basse ($\leq 0,5$ m³/h) per essere rilevate da un controllo attivo delle perdite ALC (Active Leakage Control) o dalle indagini di rilevamento delle perdite dell'utilità;
- Le perdite segnalate sono visibili e di solito vengono segnalate rapidamente dal pubblico od osservate dal personale dell'azienda idrica;
- Le rotture non segnalate sono perdite che non sono visibili in superficie ma che di solito vengono scoperte durante indagini sulla rilevazione delle perdite.

Mentre le perdite di fondo sono previste in continuo, le rotture segnalate e non segnalate hanno durata variabile. La durata delle rotture è stata suddivisa in tre componenti:

- Tempo di Consapevolezza: il tempo che intercorre tra il verificarsi di una perdita fino alla scoperta della sua esistenza da parte del gestore.
- Tempo di localizzazione: il tempo necessario ad un'azienda idrica per indagare sulla segnalazione di una perdita e per localizzare correttamente la sua posizione in modo da poter effettuare una riparazione.
- Tempo di riparazione: il tempo che un'azienda idrica impiega per la riparazione della perdita una volta che la perdita stessa è stata localizzata¹².

¹² Wu ZY, Farley M, Turtle D, Kapelan Z, Boxall J, Mounce S, Dahasahasra S, Mulay M, Kleiner Y, e et al. «Water loss reduction.» (Bentley Institute Press) 1st edn (2011).



Di conseguenza, l'approccio BABE utilizza dati provenienti da tre fonti distinte:

- componenti standard (esempio la correzione della pressione e portate medie di esplosione);
- dati locali verificabili (esempio la lunghezza della rete e frequenza delle rotture);
- dati delle politiche aziendali, in termini di influenza sulla durata della rottura.

Utilizzando le classificazioni di cui sopra, è stato utilizzato l'approccio BABE per modellare diversi parametri:

$$W = N \times Q \times T$$

Dove:

V: volume delle perdite

N: numero di perdite

Q: portata di perdita

T: durata media delle perdite

Sono stati generati fattori tipici per semplificare il calcolo del volume totale delle perdite.

Per generare fattori per l'uso pratico del modello BABE, i dati effettivi sono stati applicati nell'equazione per modellare le perdite nel caso in cui si ritiene che tutte le rotture siano ≥ 500 l/h e che siano state temporaneamente spente o riparate.

2.2.3 L'APPROCCIO TOP-DOWN WATER BALANCE

Il bilancio idrico Top-Down è stato introdotto per la prima volta da Lambert e Hirner nel Regno Unito e a livello internazionale da Lambert (2002). A differenza dell'analisi MNF e dell'approccio BABE, la componente delle perdite apparenti viene stimata prima nell'approccio del bilancio idrico, e poi le perdite reali possono essere calcolate sottraendo il volume delle perdite apparenti dal volume totale del WL.

Secondo il bilancio idrico standard dell'IWA, l'acqua dovrebbe essere quantificata interamente (tramite misurazione o la stima) come consumo autorizzato oppure come perdite. L'approccio top-down ha quattro fasi fondamentali per condurre un bilancio idrico. Queste fasi, gestite da American Water Works Association (AWWA), Farley e Lambert sono le seguenti:

1. Determinazione del volume di ingresso del sistema:

La quantità di acqua prodotta e/o importata.



2. Determinazione del consumo autorizzato:
 - a. Fatturato: il volume totale dell'acqua fatturata e venduta dall'azienda idrica
 - b. Non fatturata: volume totale di acqua fornita gratuitamente, (misurato e non misurato).
3. Stima delle perdite apparenti:
 - a. Furto d'acqua e frode.
 - b. Sotto-registrazione dei contatori. Poiché la tendenza dei contatori dei clienti tende ad essere sotto-registrazione di una registrazione eccessiva.
 - c. Errori di gestione dei dati.
4. Calcolo delle perdite reali:
 - a. perdite sulla rete adduttrice.
 - b. perdite sulla rete di distribuzione.
 - c. perdite da serbatoi e traboccamenti.
 - d. perdite sui collegamenti alle utenze.

In base a questi passaggi, il volume di ingresso del sistema, il consumo fatturato e i consumi autorizzati non fatturati vengono solitamente misurati. Al contrario, i consumi autorizzati non fatturati e non misurati si stimano come perdite apparenti.

Il consumo autorizzato non fatturato (misurato e non misurato) è di solito un piccolo componente e quindi tipicamente assunto nell'intervallo dallo 0,5%¹³ all'1,25% del volume di ingresso del sistema o stimato dal gestore in quanto specifico del caso.

D'altronde, la stima delle perdite apparenti è basata sull'ipotesi di un'azione non autorizzata. La perdita potrebbe anche essere ipotizzata al 10 % dell'acqua fatturata come suggerito da Mutikanga¹⁴.

In alternativa, può essere stimato tramite dati certi convalidati dall'ente gestore.

Successivamente, le imprecisioni del contatore del utente devono essere stimate tramite test a diverse portate sul contatore stesso che rappresentano l'uso tipico dell'acqua da parte dell'utente.

Il passo successivo è quello di stimare gli errori sistematici di gestione dei dati esportando e analizzando l'andamento storico dei dati di fatturazione per un certo periodo.

¹³ Lambert e Taylor. «Water loss guidelines, a guideline for the New Zealand water and wastes association.» Water New Zealand, 2010.

¹⁴ Mutikanga H, Sharma S, Vairavamoorthy K, e al. «Assessment of apparent losses in urban water systems.» (Water Environ) J 25(3) (2011): 327–335.



Per ultimo, la componente di perdite apparenti viene stimata sommando i suoi sottocomponenti. Le perdite reali vengono poi calcolate sottraendo le perdite apparenti dal volume totale di Water Loss (WL).

Seguendo questi passaggi, le componenti di perdita d'acqua (WL) vengono quantificate e il bilancio idrico viene stabilito attraverso l'approccio Top-Down.

Per risultati soddisfacenti¹⁵, viene raccomandato che tutti i calcoli del bilancio idrico siano associati a gradi di confidenza per migliorare l'accuratezza dei parametri sensoriali. Se si vuole migliorare l'affidabilità delle stime del bilancio idrico, la priorità deve essere data ai componenti con la maggiore varianza.

Il bilancio idrico Top-Down non è né dipendente dalla pressione, né un metodo di lavoro su vasta scala. Si tratta di una valutazione economica che dovrebbe avere un utilizzo prioritario e deve essere condotta annualmente consentendo così un regolare monitoraggio interno ed esterno delle perdite reali. Tuttavia, le sue ipotesi relative alle perdite apparenti non sono sempre applicabili a tutte le società di servizi idrici, soprattutto nei paesi in via di sviluppo. La mancanza di una metodologia obiettiva per la stima dei consumi non autorizzati, è un limite importante.

Il principio di ipotizzare specifici sottocomponenti di perdita d'acqua (WL) potrebbe avere un'influenza negativa. Ogni qualvolta che un sottocomponente viene assunto ad un certo livello, non può più essere monitorato per le sue misure di riduzione.

Questo risulta essere un problema critico soprattutto per i servizi di pubblica utilità, in cui le perdite apparenti sono significative e regolari, e il monitoraggio del livello delle perdite apparenti è una priorità.

¹⁵ Alegre H, Hirner W, Baptista J, Parena R, e al. «Performance indicators for water supply services.» (IWA Manual of Best Practice), 2000



CAPITOLO 3

La rete idrica Italiana presenta circa 337.452 km di condotte e di queste quasi 50.000 km andrebbero sostituite¹⁶: questa stima è comunque una valutazione di massima e non è supportata da un'attività di ricerca approfondita dato che l'unico parametro usato per tale stima è l'età media di vita della tubazione.

È intuitivo pensare che un sistema di approvvigionamento idrico è tanto più soggetto a perdite tanto più questo è obsoleto ma, come abbiamo visto nel capitolo 2 non tutte le perdite idriche sono da ricondursi ad un sistema di condotte datato dunque appare necessario costruire un modello di simulazione idraulica ovvero uno strumento per studiare, in qualsiasi condizione, il comportamento della rete e con il quale si possono pianificare eventuali piani di intervento, avendo la possibilità di una completa visione delle grandezze caratteristiche di una rete idrica in ogni punto della stessa.

3.1 MODELLI DI SIMULAZIONE IDRAULICA

Sono disponibili molteplici modelli numerici in grado di simulare le diverse condizioni di funzionamento delle reti idriche. I primi modelli sviluppati permettevano di simulare solamente il comportamento idraulico della rete e solo in condizioni di moto permanente, in questo modo era possibile analizzare esclusivamente situazioni di funzionamento stazionarie (steady-state analysis).

I modelli successivi hanno consentito di effettuare simulazioni di lungo periodo (extended period simulation model), per riprodurre il comportamento della rete in condizioni di portate erogate e di esercizio variabili gradualmente nel tempo, trascurando, però, fenomeni di moto vario. In fine si è giunti a sviluppare software in grado di modellare anche simulazione in condizioni di moto vario (transient analysis), per tener conto di repentine evoluzioni temporali delle variabili di stato a seguito di manovre quali, ad esempio, la modifica del grado di apertura delle valvole e l'avviamento o l'arresto delle pompe. La maggior parte dei modelli di simulazione attualmente esistenti permette anche di effettuare la simulazione delle caratteristiche qualitative delle acque circolanti in rete, tali modelli di qualità utilizzano le informazioni in uscita dalla simulazione idraulica per determinare la variabilità spaziale e temporale delle concentrazioni di eventuali sostanze immesse nel sistema.

¹⁶ ISPRA - Il sistema degli acquedotti in Italia, 2009



Un modello idraulico è costituito da un insieme di equazioni, che una volta forniti dei dati di input restituisce in uscita dei valori incogniti che definiscono lo stato di funzionamento del sistema.

Teoricamente il modello potrebbe essere realizzato anche senza l'ausilio di un apposito software di calcolo idraulico, ma prendendo il sistema nel suo complesso e schematizzandolo in schemi idraulici semplici facilmente risolvibili tramite le classiche nozioni di idraulica e costruzioni idrauliche. Ovviamente quando si ha a che fare con un sistema reale, la quantità di dati e la complessità di rappresentazione dell'intero sistema rendono più conveniente l'utilizzo di un calcolatore. Prima di esaminare come funziona il software nel dettaglio si esplicita la metodologia di calcolo alla base di un modello semplice che può essere realizzato senza calcolatore e che pur trascurando alcuni aspetti (non ritenuti essenziali) permette di cogliere gli ordini di grandezza del problema e di verificare la validità del modello realizzato con il programma di calcolo idraulico.

Un modello di simulazione può essere definito come la serie di procedimenti risolutivi delle equazioni che descrivono il comportamento della rete attraverso cui, noti dei parametri di ingresso, si possono ricavare le grandezze incognite in uscita. Una rete idrica può essere considerata dal punto di vista topologico come un grafo, cioè un insieme di punti (nodi e serbatoi) e rami (condotte, valvole e pompe) aventi determinate proprietà ed interconnessi tra loro secondo modi ben definiti.

Un grafo $G(N,L,f)$ è un elemento algebrico costituito da un insieme di "n" nodi e da un insieme di "l" tratti o rami, su cui è definita una funzione f che associa ad ogni elemento di N almeno un elemento di L , la funzione f viene detta funzione di incidenza. Il sistema di equazioni che governano il moto permanente in una rete di condotte costituita da "n" nodi e "l" tronchi si compone di:

- "n - 1" equazioni di continuità nei nodi;
- "l" equazioni del moto nei tronchi della rete.

3.1.1 EQUAZIONE NEI NODI

Le "n - 1" equazioni di continuità nei nodi esprimono il principio di conservazione della massa.

Nel caso di nodi "giunzione", non vi è nessuna capacità di accumulo pertanto, per ciascun nodo, la differenza tra le portate entranti e quelle uscenti è uguale alla portata concentrata nel nodo. Si noti che, per come è stata impostata la convenzione, la portata concentrata risulta positiva se è un'emissione, negativa se è un'immissione. Se nel nodo k-esimo confluiscono "s" tratti con portate in ingresso e "t" tratti con portate in uscita, la sua equazione di continuità è:



$$\sum q_{i,k} - \sum q_{j,k} = Q_k$$

Con $i = 1, \dots, s$; $j=1, \dots, t$

dove:

- $q_{i,k}$ è la portata defluente nel tratto i -esimo convergente nel nodo k -esimo;
- $q_{j,k}$ è la portata defluente nel tratto j -esimo convergente nel nodo k -esimo;
- Q_k è la portata concentrata nel nodo k -esimo (positiva se è un'emissione, negativa se è un'immissione).

Nel caso di nodi "serbatoio", la capacità di accumulo del nodo risulta dipendente dal volume del serbatoio pertanto, per ciascuno di essi, la differenza tra i volumi in ingresso e quelli in uscita sarà pari alla variazione di volume del serbatoio stesso. Si noti che, per come è stata impostata la convenzione, la variazione di volume risulta positiva se il volume aumenta, negativa se diminuisce.

Se nel serbatoio k -esimo confluiscono " s " tratti con portate in ingresso e " t " tratti con portate in uscita, la sua equazione di continuità è:

$$\left(\sum q_{i,k} - \sum q_{j,k} \right) \cdot \Delta t = \Delta V_{serb,k}$$

Con $i = 1, \dots, s$; $j=1, \dots, t$

dove:

- $q_{i,k}$ è la portata defluente nel tratto i -esimo convergente nel nodo k -esimo;
- $q_{j,k}$ è la portata defluente nel tratto j -esimo convergente nel nodo k -esimo;
- Δt è l'intervallo temporale di calcolo;
- $\Delta V_{serb,k}$ è la variazione di volume del serbatoio k -esimo (positiva se il volume aumenta, negativa se diminuisce) nell'intervallo di tempo Δt .

Conoscendo le caratteristiche geometriche del serbatoio, è sempre possibile esprimere il volume in funzione del livello idrico al suo interno:

$$\Delta V_{serb,k} = f(h_{serb,k})$$

Quando i serbatoi presentano una pianta costante lungo tutta la loro altezza, il volume può essere calcolato semplicemente come il prodotto tra l'area di base e l'altezza idrica:

$$V_{serb,k} = A_{serb,k} \cdot h_{serb,k}$$



Ovviamente, in una situazione del genere le variazioni di volume sono attribuibili esclusivamente a variazioni di altezza:

$$V_{serb,k} = A_{serb,k} \cdot \Delta h_{serb,k}$$

Pertanto l'equazione di continuità per il serbatoio i -esimo può essere riscritta nel modo seguente:

$$\left(\sum q_{i,k} - \sum q_{j,k} \right) \cdot \Delta t = A_{serb,k} \cdot \Delta h_{serb,k}$$

Con $i = 1, \dots, s$; $j=1, \dots, t$

La relazione è valida fin tanto che il livello d'acqua all'interno del serbatoio non raggiunge un valore limite, fissato in base alle caratteristiche geometriche del serbatoio stesso. In particolare, se la portata in uscita è maggiore della portata in ingresso il livello può scendere fino a raggiungere un limite inferiore (altezza minima), se, invece, la portata in entrata è maggiore della portata in uscita il livello può aumentare fino a raggiungere un limite superiore (altezza massima).

Quando si raggiunge il limite inferiore vuol dire che il livello idrico è sceso al disotto della presa, quindi la portata in uscita dal serbatoio non può più essere superiore a quella in entrata. In particolare non essendo presenti ulteriori volumi d'acqua oltre a quello in arrivo, la portata in ingresso e quella in uscita devono necessariamente eguagliarsi e si instaura un moto a canaletta all'interno del tubo di mandata. Questa particolare condizione richiede una maggiore attenzione in fase di modellazione tramite calcolatore in quanto non tutti i software sono in grado di simulare il moto a canaletta.

Quando si raggiunge il limite superiore l'acqua che arriva in eccesso, rispetto a quella in partenza, va a finire nello sfioro di troppo pieno e si allontana. Spesso per evitare inutili sprechi di acqua viene posto un galleggiante sulla condotta di arrivo in modo tale che quando il serbatoio si riempie, il galleggiante chiude la condotta di arrivo e la portata in ingresso si azzerava.

La variazione del livello idrico all'interno del serbatoio causa una variazione del carico totale, quindi cambiano anche la portata in ingresso e quella in uscita. Per poter effettuare la simulazione è necessario dividere il tempo complessivo dell'analisi in intervalli di calcolo Δt_i costanti. Sulla base delle condizioni iniziali (di carico e portate erogate) si calcola un primo valore di portate



circolanti che resta costante per tutto il primo intervallo di tempo Δt_1 al termine del quale si avrà una certa variazione dei livelli idrici. Sulla base di queste nuove condizioni di carico si ricalcolano i nuovi valori delle portate circolanti da mantenere costanti per il secondo intervallo Δt_2 e così via fino al termine dell'analisi.

Le equazioni di continuità sono lineari e possono essere scritte per ogni punto del grafo, ma solo $n - 1$ sono linearmente indipendenti.

3.1.2 EQUAZIONE NEI RAMI

Le "l" equazioni del moto nei tronchi della rete legano la portata circolante nel ramo con le perdite di carico tra i due nodi estremi. Esse sono equazioni non lineari.

Nel caso in cui il tronco sia una "condotta", l'equazione del moto può essere espressa, in relazione al tratto j-esimo, attraverso una funzione monomia del tipo:

$$\Delta H_j = \beta \cdot \frac{q_j^\alpha \cdot L_j}{D_j^\gamma} \rightarrow \Delta H_j = r_j \cdot q_j^\alpha$$

dove:

- ΔH_j indica la perdita di carico tra i due nodi estremi della condotta j-esima;
- q_j è la portata circolante nella condotta j-esima;
- D_j rappresenta il diametro della condotta j-esima;
- L_j è la lunghezza della condotta j-esima;
- α ε γ sono gli esponenti caratterizzanti la formula monomia utilizzata;
- β è il coefficiente dipendente dalla scabrezza della condotta;
- r_j è la resistenza della condotta j-esima che riassume in un unico coefficiente tutte le caratteristiche della condotta utili a determinare la perdita di carico in funzione della portata.

Nel caso in cui il tronco sia una "valvola" l'equazione del moto è sostituita dalla curva caratteristica installata della valvola. Tale curva è del tipo:

$$q_j(x) = \sqrt[\varepsilon]{\Delta H_j(x)}$$



dove:

- x è il grado di apertura della valvola;
- ΔH_j indica la perdita di carico tra i due nodi estremi della valvola j -esima (salto di pressione) dipendente dal grado di apertura della valvola;
- q_j è la portata che transita nella valvola j -esima e dipende dal grado di apertura e dal salto di pressione;
- C_v è il coefficiente di efflusso della valvola j -esima e dipende dal diametro.

Il grado di apertura della valvola è pari al rapporto tra la corsa dell'otturatore e la corsa massima che si può determinare. Nel caso in cui si voglia conoscere il grado di apertura della valvola necessario a garantire che il sistema funzioni nel modo indicato dal modello bisogna considerare la curva caratteristica intrinseca della valvola. Essa esprime il valore del rapporto tra la portata circolante e la portata massima in funzione del grado di apertura della valvola.

Nel caso in cui il tronco sia una "pompa" l'equazione del moto è sostituita dalla curva caratteristica della pompa. Generalmente tale curva è ben approssimata da una funzione parabolica del tipo:

$$\Delta h_j = A \cdot q_j^2 + B \cdot q_j + C$$

dove:

- Δh_j indica l'incremento di carico tra i due nodi estremi della pompa j -esima;
- q_j è la portata circolante nella pompa j -esima;
- A, B, C sono i coefficienti caratterizzanti la curva caratteristica della pompa.

3.1.3 RISOLUZIONE

La simulazione del funzionamento di una rete idrica per poter essere effettuata in maniera corretta, richiede, oltre alla definizione delle equazioni precedentemente descritte, alcuni dati di input, cioè i parametri noti del sistema:

- diametri, lunghezze e scabrezze delle condotte
- portate erogate e regolazioni delle valvole
- coefficienti delle curve caratteristiche delle pompe
- quote altimetriche di nodi e serbatoi



- livelli piezometrici iniziali dei serbatoi.

Una volta inseriti tutti questi parametri, il modello riesce a fornire le incognite del problema, cioè le espressioni ai nodi della rete e gli effettivi valori delle portate circolanti nei tronchi.

Da un punto di vista strettamente matematico il calcolatore per poter effettuare l'analisi deve avere un numero di incognite pari al numero di equazioni, ma prima di verificare che tale eguaglianza sia rispettata conviene classificare i sistemi di reti in due macro categorie.

Le reti idriche possono essere definite aperte, quando sono composte da una struttura ad albero in cui la condotta principale si ramifica in condotte di ordine inferiore, mentre si dicono a maglie chiuse, quando sono costituite da un insieme di circuiti (maglie) i cui punti sono raggiungibili dall'acqua da almeno due direzioni.

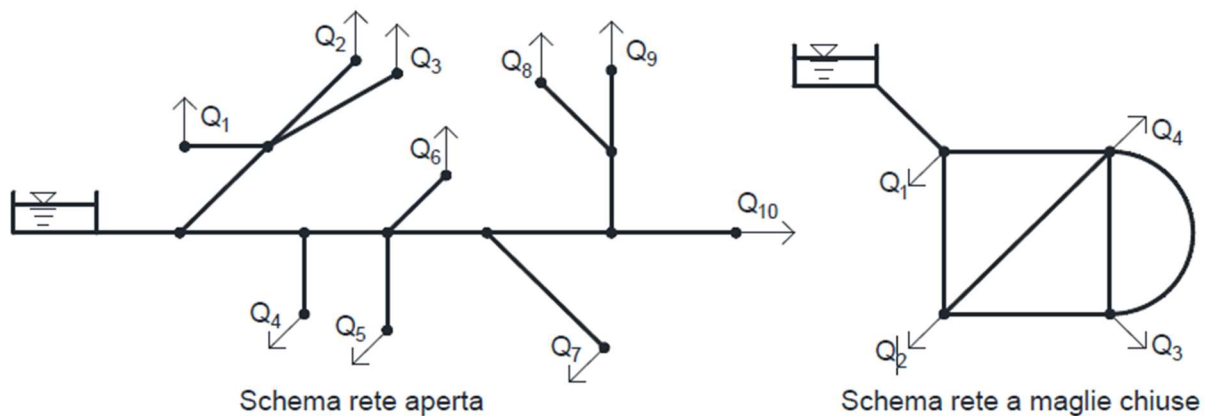


Figura 6_Esempio di rete aperta e rete a maglie chiuse

Da un punto di vista topologico per lo schema aperto vale la relazione: $l = n - 1$

Mentre per lo schema chiuso vale il Teorema Fondamentale della topologia delle maglie piane: $m = l - n + 1$

Dove "m" è il numero di maglie indipendenti del grafo. Le maglie indipendenti, dette anche elementari, sono percorsi chiusi che partono da un punto ed arrivano allo stesso punto, percorrendo un certo numero di lati. Una maglia dipende da altre due se contiene solo lati appartenenti ad una o all'altra, mentre le maglie indipendenti sono caratterizzate dall'impossibilità di ottenere ulteriori maglie dalla sua partizione.

Per risolvere gli schemi di rete a maglie chiuse bisogna individuare un altro gruppo di equazioni fisiche che esprime l'equilibrio del carico totale (H). In particolare il principio di univocità dei carichi dice che in corrispondenza di un punto il valore del carico totale deve essere unico, pertanto considerando un qualsiasi



percorso idraulico chiuso, se si ricostruisce il ciclo delle piezometriche il punto di partenza, che corrisponde con il punto di arrivo, deve avere sempre lo stesso valore del carico totale.

In uno schema di rete a maglie chiuse, quando si utilizzano i valori delle portate circolanti reali, data la corrispondenza tra il punto di partenza e il punto finale e considerato il principio di univocità dei carichi, la somma delle perdite di carico, che si hanno complessivamente lungo tutto il percorso della maglia chiusa, deve necessariamente essere nulla:

$$\sum_m \Delta H_j = 0$$

Nel caso di rete aperta è facile risalire tramite le equazioni di continuità alle portate realmente circolanti nel sistema e poi da queste calcolare tramite le equazioni del moto i valori delle perdite di carico per ogni tratto che, partendo dal punto di carico noto, permettono di individuare il carico in ogni punto della rete.

Per le reti a maglie chiuse non è possibile individuare a prescindere i valori delle portate circolanti in quanto esistono infinite soluzioni che rispettano le equazioni di continuità.

In tal caso dire che il sistema è determinato non assicura la possibilità di individuare una soluzione. Infatti, il sistema non è lineare, quindi non si può ricorrere al teorema di Rouché-Capelli in base al quale la soluzione esiste ed è unica. In realtà il problema è convesso poiché le relazioni sono monotonamente crescenti ed è quindi possibile applicare una estensione del teorema anzi citato, secondo la quale si ammette che la soluzione se esiste è unica. Essendo questo un problema di natura fisica la soluzione deve necessariamente esistere, pertanto anche per la rete aperta la soluzione esiste ed è unica. Per individuare questa soluzione si può effettuare la risoluzione simultanea delle equazioni tramite metodi matriciali, oppure ricorrere a metodi numerici-iterativi.

Tra i vari metodi matriciali esistenti i principali sono il metodo Newton-Raphson o del gradiente (1963) e il metodo dell'Analisi Lineare (1972) che permettono di operare simultaneamente su tutte le equazioni del sistema da risolvere per ciascuna iterazione. Essi garantiscono una rapida convergenza alla soluzione anche per reti caratterizzate da elevata complessità, ma richiedono l'uso di codici di calcolo automatico. Va inoltre ricordato il metodo sviluppato da Todini e Pilati (1987), che rappresenta una variante del metodo del gradiente e che è basato sulla minimizzazione dell'energia totale del flusso nella rete idrica; tale metodo è quello adottato dalla Environmental Protection Agency per lo sviluppo del software EPANET.

Tra i metodi numerici-iterativi il più conosciuto è il metodo di Hardy-Cross (1936): esso evita la correzione diretta e contemporanea di tutte le maglie, determinando, in ogni iterazione, la correzione di portata relativa



a una generica maglia, prescindendo dalle correzioni delle altre maglie, per questo motivo è anche chiamato metodo del gradiente locale.

Il metodo iterativo di Hardy-Cross ha in sé due vantaggi: il primo è la già citata convergenza rapida, l'altro è la stabilità, ossia pur commettendo un errore in corso d'opera, giunge comunque alla soluzione.

Ricavata la distribuzione delle portate dalla verifica in esame, possono facilmente dedursi le quote piezometriche nei nodi e quindi controllare se in ogni punto la piezometrica risulti compresa tra le quote dei carichi minimi e massimi che assicurano la distribuzione. Si noti come tale verifica sia stata effettuata imponendo la portata erogata ai nodi, indipendentemente dalle condizioni di funzionamento idraulico della rete. Questo tipo di analisi è notocome DDA – Demand Driven Analysis, e si basa sull'ipotesi che la portata richiesta ai nodi di domanda sia sempre erogabile, dando per assunto che il carico piezometrico nei nodi (incognita del problema) è tale da permettere sempre ogni richiesta. Il risultato di questo tipo di analisi è attendibile solamente se per ogni nodo della rete tale condizione viene rispettata; al contrario, in presenza di nodi critici in cui il carico piezometrico risultasse inferiore a quello richiesto, la simulazione non sarebbe da considerarsi corretta in quanto la domanda dell'utenza sarebbe comunque soddisfatta anche a pressione negativa e le portate circolanti in rete non risulterebbero compatibili con i carichi. Infatti, quando la rete ha una struttura deficitaria, può accadere, ad esempio, che il sistema sia in grado di erogare totalmente la portata richiesta solo in alcuni nodi, di erogarla parzialmente in altri e di non erogarla affatto in altri ancora; in tal caso è più opportuno usare modelli matematici di simulazione, noti come PDA – Pressure Driven Analysis, che consentono di attribuire a ciascun nodo una portata erogata, in funzione del carico totale, variabile nel range da 0 a Q_{max} , dove quest'ultima rappresenta la portata effettivamente richiesta dall'utenza. In particolare, la portata effettivamente erogata sarà definita, in funzione della portata richiesta, attraverso la relazione:

$$Q_j = \alpha_j \cdot Q_{r,j}$$

nella quale α_j è un parametro riduttivo che assume valori in relazione al valore del carico sul nodo, secondo le seguenti relazioni:

$$\begin{cases} \alpha = 1 & \text{per } H_j \geq H_{min,j} \\ 0 < \alpha < 1 & \text{per } z_j < H_j < H_{min,j} \\ \alpha = 0 & \text{per } H_j \leq z_j \end{cases}$$

dove:

- z_j è la quota del piano campagna del j-esimo punto di domanda;



- $H_{min,j}$ è la somma della quota con la pressione minima necessaria al nodo j -esimo per erogare la portata richiesta $Q_{r,j}$

Per la definizione dei valori di α_j sono state proposte in letteratura diverse espressioni. La più nota ed utilizzata è quella di Wagner et al. (1988) basata sulla seguente relazione fra il carico piezometrico e la portata erogata:

$$H_j = z_j + k_j Q_j^\beta$$

Nella quale k_j è un coefficiente di resistenza idraulica caratteristico del sistema alimentato dal nodo e β è un esponente di resistenza idraulica, generalmente assunto pari a 2 (Gupta e Bhave, 1996) anche se il suo valore dovrebbe essere calibrato per ogni nodo.

Il valore di k_j può essere ricavato imponendo che $Q_j = Q_{r,j}$ per $H_j = H_{min,j}$.

Con questa assunzione attraverso semplici passaggi matematici, si riconosce che:

$$\alpha_j = \left(\frac{H_j - z_j}{H_{min,j} - z_j} \right)^{1/\beta} \quad \text{per } z_j < H_j < H_{min,j}$$

La metodologia di calcolo fin qui osservata ben rappresenta il funzionamento di una rete di distribuzione, in quanto nel calcolo si è supposto di avere un punto di carico noto alla testa dell'impianto e poi sulla base di tutte le caratteristiche note (in particolare le portate richieste ai nodi) si è esplicitato come effettuare il calcolo. Queste condizioni rispecchiano bene il funzionamento di una rete di distribuzione in quanto essa è generalmente caratterizzata dalla presenza di un serbatoio a quota nota che alimenta la rete mantenendola in pressione grazie al carico fornito dal livello idrico all'interno del serbatoio. Inoltre le portate erogate possono essere realmente valutate sulla base della tipologia e quantità di utenze.

Per quanto riguarda invece l'acquedotto esterno non sempre ci troviamo in queste condizioni. La prima differenza è che mentre per la rete di distribuzione ci si trova spesso ad avere a che fare con reti a maglie chiuse, per i sistemi di adduzione si preferisce utilizzare una rete ramificata. Questo perché mentre nella distribuzione le brevi distanze tra un punto e l'altro della rete rendono economicamente conveniente realizzare un maggior numero di interconnessioni che consentono l'arrivo dell'acqua in un punto da più direzioni, nel sistema di adduzione si preferisce aumentare l'affidabilità contando sull'immagazzinamento della riserva all'interno di serbatoi situati nei punti terminali di consegna. Un'altra differenza consiste proprio in



questi punti terminali in quanto mentre per la distribuzione si tratta di utenze, quindi l'utente regolando il rubinetto decide quanta portata erogare a prescindere dal valore del carico che si genera sul nodo, nel caso di adduzione tali punti sono dei serbatoi quindi in linea di principio non è possibile fissare la portata, ma ciò che si fissa è il carico stabilito in base alla quota e al livello del serbatoio. Bisogna, inoltre, considerare che in testa alla rete ramificata di adduzione vi è una sorgente che non sempre riesce a soddisfare le esigenze dell'impianto, quindi potrebbe capitare che la portata in partenza dal bottino di presa sia inferiore a quella per cui è stato progettato il sistema, in tal caso si instaura il moto a canaletta e si perde l'informazione sul carico in testa all'impianto. Quindi rispetto al caso della distribuzione in cui erano noti il carico in testa e le portate erogate ai nodi, nel caso dell'adduzione ci si può trovare con i carichi ai nodi e con la portata in ingresso noti.

Questa situazione non compromette il calcolo in quanto il numero di incognite e equazioni resta lo stesso, quello che cambia sono le condizioni al contorno, cioè i parametri noti, che non sono più le portate concentrate ai nodi e il carico in testa al sistema, ma i carichi totali ai nodi e la portata disponibile immessa in testa al sistema.

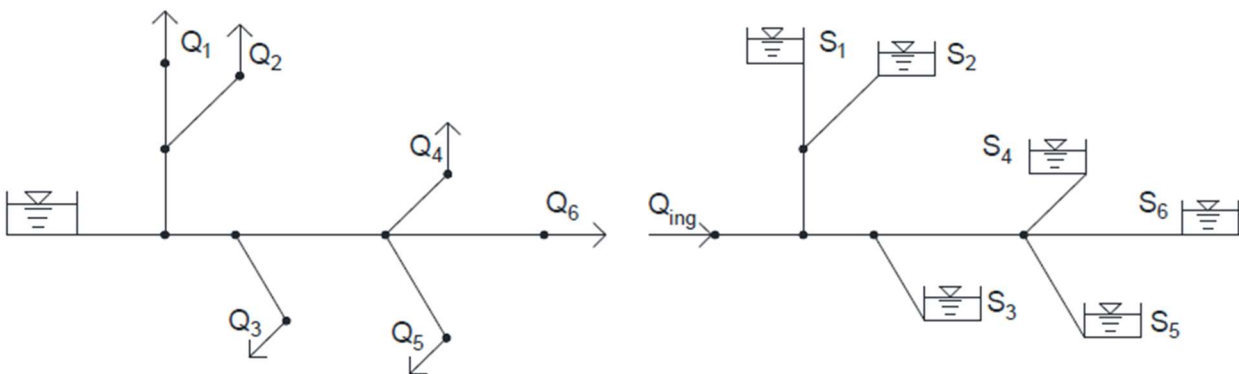


Figura 7_Schema ramificato per distribuzione e per adduzione

Il calcolo così effettuato condurrà ad avere un certo valore del carico in corrispondenza del punto iniziale, che ci si aspetta sarà inferiore alla sua quota geometrica, questo vuol dire che la pressione è negativa a conferma del verificarsi del moto a canaletta. Individuando il punto in cui la piezometrica incontra la condotta e si annulla la pressione, si è a conoscenza di dove la condotta va in carico. Questo funzionamento dell'impianto, da un punto di vista igienico-sanitario, non dovrebbe essere ritenuto idoneo in quanto per le condotte interrato non ispezionabili dovrebbero sempre essere garantiti almeno 5 metri in colonna d'acqua di carico che in caso di rottura permettono di individuare rapidamente la perdita e di non lasciar penetrare eventuali agenti inquinanti. Il reale funzionamento riscontrato nel corso dell'analisi si è rilevato coincidere con questa tipologia di modello, per cui si è sviluppato questo tipo di modello idraulico.

In realtà i sistemi di adduzione hanno bisogno di essere regolati in quanto i diversi serbatoi devono essere approvvigionati secondo la portata media giornaliera dipendente dalle dimensioni del centro abitato; da qui nasce l'esigenza di inserire delle valvole lungo il tracciato utili a regolare le portate circolanti. Inoltre, in alcuni



casi, per via della particolare complessità o perché si è interessati a studiare solo una certa porzione del sistema è possibile dividere l'intero acquedotto in più parti.

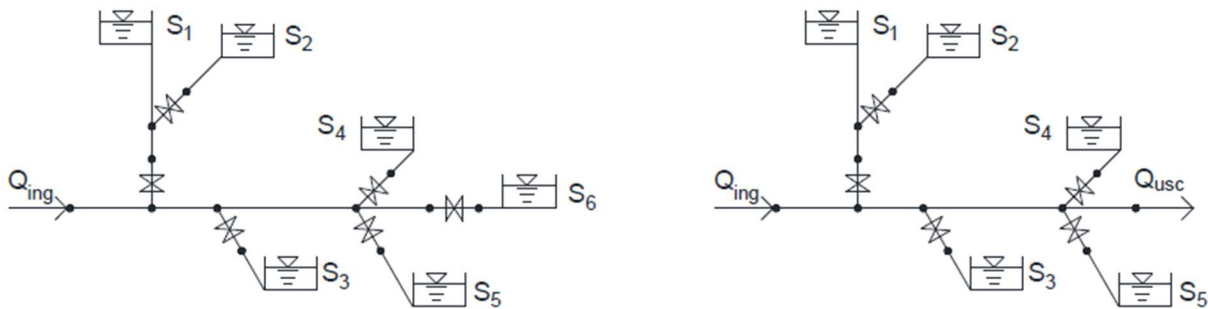


Figura 8_Sistema di adduzione con valvole intero e partizionato

3.1.4 ANALISI DELLE CRITICITÀ

Le reti idriche sono sistemi in continua evoluzione a causa di molteplici fattori tra i quali, ad esempio, i processi di invecchiamento a cui sono soggette le strutture che le costituiscono. Lo sviluppo di un modello che rispecchi, con la migliore accuratezza possibile, il reale funzionamento del sistema analizzato implica un'adeguata conoscenza del sistema fisico.

Il livello di dettaglio perseguibile nel modello di simulazione è strettamente correlato alla quantità e alla tipologia dei dati di cui è in possesso l'ente gestore (coefficiente di perdita di carico delle valvole, scabrezza, ecc.), alle condizioni di esercizio (valori delle portate erogate nei nodi) o ad altre condizioni, quali il livello nei serbatoi e lo stato di funzionamento delle pompe. Alcuni di essi sono quantificabili in modo abbastanza preciso, come i diametri e le lunghezze delle condotte, altri invece sono grandezze di non facile determinazione in quanto non direttamente misurabili. Tra quest'ultime troviamo, in particolare, la scabrezza delle condotte, che può essere stimata dall'operatore solo con un certo grado di incertezza e che è soggetta ad un'evoluzione nel tempo estremamente dipendente dalla modalità di invecchiamento delle condotte. Se si trascura l'errore connesso alle eventuali semplificazioni effettuate nella rappresentazione della rete, la differenza esistente tra il modello di simulazione idraulica e la realtà è attribuibile proprio all'incertezza nella stima dei parametri di ingresso di difficile determinazione. Dunque, per ottenere risultati numerici il più possibile vicini alla realtà, è necessario procedere alla calibrazione del modello matematico e cioè valutare in modo opportuno i parametri



incogniti della rete. Anche i parametri relativi alle caratteristiche fisiche della rete idrica in esame (topologia, diametri, lunghezze, quote degli elementi, ecc.) possono risultare carenti e richiedere la programmazione di campagne di misura ad hoc.

3.2 EPANET

Epanet 2.0 è un software di simulazione idraulica che è stato utilizzato nella fase di calibrazione e nella fase d'analisi della rete. Sviluppato dalla United States Environmental Protection Agency's (EPA) divisione Acquedotti e Risorse Idriche è ad oggi il software più utilizzato nella verifica e nella progettazione di reti idriche in pressione. Con tale programma è possibile effettuare simulazioni stazionarie od estese al lungo periodo sia per quanto riguarda il comportamento idraulico della rete sia per quanto riguarda la qualità delle acque al suo interno. Con Epanet 2.0 si possono trattare sistemi di qualsiasi dimensione e complessità considerando tutti i vari elementi, anche quelli secondari, che è possibile trovare nella rete come per esempio le diverse tipologie di valvole o si può considerare una richiesta idrica variabile per ogni nodo. Inoltre con l'analisi della qualità dell'acqua si può per esempio modellare il movimento di sostanze non reattive o definire il tracciato delle sostanze attraverso la rete al passare del tempo.

Le capacità di EPANET comprendono:

- reti di dimensioni illimitate;
- utilizzo delle formule di Hazen-Williams, Darcy-Weisbach o Chezy Manning per il calcolo delle perdite di carico indotte dalle resistenze al moto;
- calcolo di perdite di carico concentrate;
- velocità di rotazione delle pompe costante o variabile;
- calcolo di consumi energetici e di costi di pompaggio;
- modellazione di svariati tipi di valvole;
- serbatoi di stoccaggio di qualsiasi forma;
- richieste d'acqua ai nodi di varie tipologie comprese quelle variabili nel tempo;
- configurazione del sistema sia sul livello di un serbatoio che mediante l'uso di un timer.

Il modello di simulazione idraulica di EPANET computa i carichi ai nodi e le portate sui tratti per un fissato set di livelli dei serbatoi, di livelli degli invasi e domande d'acqua in una successione di punti nel tempo. Da uno step al successivo i livelli degli invasi e le domande ai nodi sono aggiornati in accordo ai loro prescritti andamenti temporali, mentre i livelli nei serbatoi sono aggiornati usando la portata corrente.



La soluzione per la determinazione dei carichi e delle portate in un particolare punto nel tempo è individuata risolvendo simultaneamente l'equazione di conservazione della portata in ogni nodo e le relazioni caratteristiche della perdita di carico in ogni tratto della rete. Questo processo, conosciuto come bilancio idraulico, richiede una tecnica iterativa per risolvere le equazioni non lineari coinvolte; EPANET a tale scopo utilizza l'algoritmo del gradiente, definito da Todini e Pilati (1987) e successivamente da Salgado (1988).

Oltre alla modellazione idraulica EPANET permette una valutazione qualitativa essendo in grado di:

- modellare il movimento di un tracciante non reattivo attraverso la rete idraulica;
- modellare il movimento ed il destino di un reagente, la sua crescita o il suo decadimento rispetto al tempo;
- valutare il tempo di permanenza dell'acqua in una rete;
- seguire la percentuale della portata attraverso un nodo che raggiunge gli altri nodi;
- modellare le reazioni nel seno del fluido e alle pareti;
- considerare reazioni nel seno del fluido con cinetica di n-esimo ordine;
- considerare reazioni alle pareti con cinetica di ordine zero o uno;
- considerare l'aumento o la diminuzione di reagenti fino ad una concentrazione limite;
- correlare la velocità di reazione alla parete con la scabrezza del tubo;
- considerare concentrazioni variabili nel tempo anche in seguito all'introduzione di una quantità definita di reagente in qualsiasi punto della rete.

3.2.1 PROCEDURA PRELIMINARE DI "SCHELETRIZZAZIONE" DELLA RETE

La "scheletrizzazione" (o "skeletonizzazione") consiste in una combinazione di procedure di semplificazione sulla rete applicate in serie. Dato un sistema idrico di distribuzione è così possibile passare da un modello idraulico iniziale, caratterizzato da determinate dimensioni, a un modello equivalente di dimensioni più contenute. Due modelli sono detti equivalenti se, a fronte della stessa domanda idrica e delle stesse condizioni al contorno, producono la medesima distribuzione dei carichi e gli stessi valori di portata¹⁷.

La scheletrizzazione è, quindi, un approccio pratico alla modellazione idraulica, che può condurre a risultati affidabili senza omissione di dati significativi: infatti, le parti del sistema che non sono incluse nel modello equivalente non sono cancellate ma, piuttosto, i loro effetti sono incorporati in esso.

¹⁷ Hamberg D., Shamir U., Schematic Models For Distribution Systems Design, Journal of Water Resources Planning and Management ASCE 114(2) 129-141, 1988.



La scheletrizzazione va, quindi, intesa come il processo di selezione ed inclusione nel modello idraulico delle sole parti del sistema idrico che hanno un impatto significativo sul comportamento del sistema stesso¹⁸.

Le diverse procedure di scheletrizzazione possono essere suddivise in due livelli differenti:

1. rimozioni e unificazioni: è costituito dall'insieme di procedure di scheletrizzazione che consentono di semplificare la rete senza modificare le caratteristiche idrauliche delle condotte quali la lunghezza, il diametro o la scabrezza.
2. passaggio a condotte equivalenti: è costituito dall'insieme di procedure che consentono di semplificare la rete mediante il passaggio a schemi equivalenti di dimensioni ridotte; tali procedure vanno inevitabilmente a modificare le caratteristiche idrauliche delle condotte quali la lunghezza, il diametro o la scabrezza, passando da valori che hanno un loro intrinseco significato fisico ad altri ricavati per equivalenza matematica.

3.2.2 DEFINIZIONE DI LINKS E NODES

La rete di approvvigionamento idrico viene rappresentata come un insieme di collegamenti ("links") che sono tra loro connessi tramite dei nodi ("nodes").

I collegamenti possono essere: tubazioni; pompe; valvole.

I nodi di giunzione possono essere: punti di consumo di acqua (nodi di domanda); punti di entrata per l'acqua (nodi sorgente); serbatoi o cisterne (nodi di immagazzinamento).

Tutti questi elementi sono definiti elementi fisici del sistema. Ad essi si aggiungono gli elementi detti non fisici che sono: Curve; Andamenti temporali (time patterns); Controlli.

Ognuno degli elementi fisici è definito da una serie di attributi che servono per identificarne il comportamento.

I "nodes" che rappresentano quei punti della rete in cui i tubi si uniscono tra loro ma non vi è immagazzinamento di acqua sono detti "junctions" e possono essere distinti in:

- Nodi di sorgente, in cui vi è una portata che entra nella rete, la quale è considerata come una domanda negativa;
- Nodi di domanda, in cui l'acqua può lasciare il sistema di distribuzione vero e proprio per soddisfare la richiesta delle utenze;

¹⁸ Walski, Thomas M., *Advanced water distribution modeling and management*, Haestad Press, 2003



Per ciascuno di essi EPANET richiede l'inserimento della richiesta d'acqua al nodo e della quota assoluta del terreno; in particolare, è possibile anche assegnare ad ogni nodo la sua variazione di portata erogata o entrante nel periodo della simulazione ("Demand Pattern"), che viene generata in EPANET grazie all'assegnazione dei cosiddetti "Time Patterns".

Property	Value
*Junction ID	1
X-Coordinate	2601.69
Y-Coordinate	7864.41
Description	
Tag	
*Elevation	0
Base Demand	0
Demand Pattern	
Demand Category	1

Figura 9_ Interfaccia parametri Nodi

Il programma, a simulazione completata, risalirà ai valori di carico idraulico e di pressione nel nodo considerato.

Un'altra tipologia di nodi di giunzione è data dai serbatoi o dalle cisterne. Questi sono punti del sistema in cui vi è un immagazzinamento di acqua, cioè punti in cui vi è una superficie libera e di conseguenza un valore fissato di carico piezometrico. Essi come detto, sono divisi in serbatoi ("Tanks") e cisterne ("Reservoirs"); la differenza consiste nel fatto che nei serbatoi il livello della risorsa varia in funzione della differenza fra portata entrante ed uscente nello stesso, mentre nelle cisterne il livello resta costante indipendentemente da tale differenza, come se fossero dei punti a disponibilità idrica infinita.

Fondamentalmente l'entità Tanks viene usata nella modellazione di serbatoi di testata o d'estremità, cioè per quegli elementi in cui la variazione del livello piezometrico non può essere trascurata. Tale variazione viene definita da Epanet mediante la seguente relazione:

$$\Delta y = \frac{q}{A} \cdot \Delta t$$

dove Δy rappresenta la variazione del livello d'acqua, q la portata che entra o esce dal serbatoio, A l'area della sezione trasversale del serbatoio e Δt l'intervallo temporale.



Ovviamente i serbatoi a livello variabile saranno definiti da alcuni parametri quali la quota del fondo, il diametro, il livello minimo della risorsa, il livello massimo ed il livello iniziale.

Property	Value
*Initial Level	10
*Minimum Level	0
*Maximum Level	20
*Diameter	50
Minimum Volume	
Volume Curve	
Mixing Model	Mixed
Mixing Fraction	
Reaction Coeff	

Figura 10_ Interfaccia parametri Tanks

I valori presenti per tali parametri e rappresentati in figura 4.3 sono i valori di "default" che vengono definiti dal software stesso. A simulazione avvenuta Epanet permette di visualizzare l'andamento temporale del livello piezometrico nel serbatoio e la portata entrante od uscente da esso.

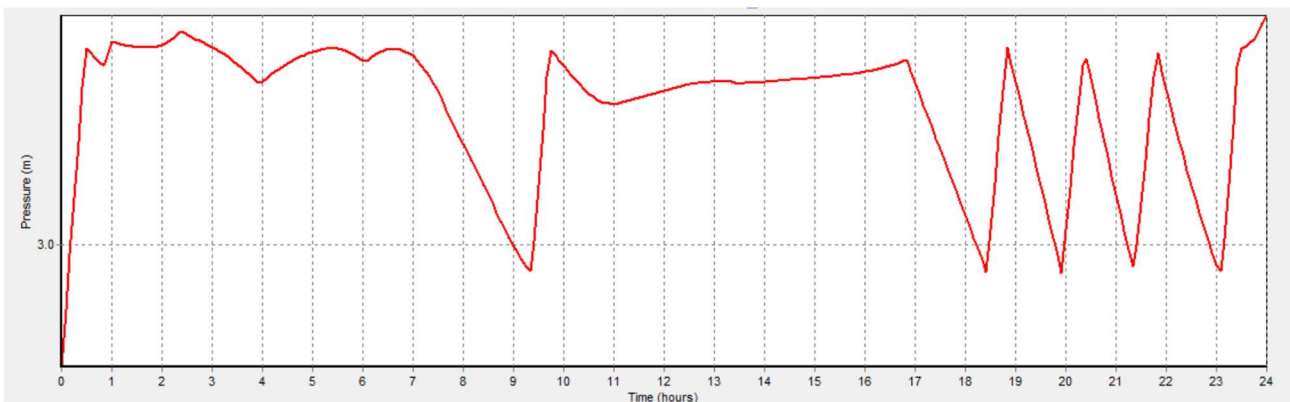


Figura 11_ Interfaccia grafica andamento temporale livello serbatoio

L'entità Reservoirs viene invece utilizzata nella modellazione di elementi a capacità infinita e carico costante come per esempio le falde. Questo significa che tutti gli impianti di produzione della rete idrica devono essere modellati come Reservoirs. Da un punto di vista degli attributi tali elementi vengono definiti dal valore del carico totale, dal nome identificativo e dalle coordinate x e y della mappa Epanet. È altresì possibile assegnare



ad essi un "Head Pattern" ovvero un andamento temporale dei carichi in modo da non considerare per tutto il periodo della simulazione un singolo valore. È ovvio che per fare questa operazione è necessaria la conoscenza della pressione in quel nodo e questo può essere ottenuto solo tramite delle misurazioni.

Property	Value
*Reservoir ID	5
X-Coordinate	0
Y-Coordinate	0
Description	
Tag	
*Total Head	0
Head Pattern	
Initial Quality	
Source Quality	

Figura 12_ Interfaccia parametri Reservoirs

Gli elementi "links" come detto si dividono in tubazione, valvole e pompe. Le tubazioni sono modellate come entità "pipes" ed hanno il compito di trasportare la risorsa tra due diverse giunzioni. In accordo con i principi idraulici, la direzione del flusso è funzione della differenza di carico piezometrico tra i due nodi d'estremità della condotta. Esso è diretto nella direzione decrescente del carico.

I parametri richiesti per la loro definizione nel programma sono nodo iniziale e nodo finale, diametro, lunghezza e coefficiente di scabrezza, oltre ovviamente al codice identificativo.

Property	Value
*Pipe ID	16572281
*Start Node	2580
*End Node	3242
Description	
Tag	
*Length	121.3900
*Diameter	250.0000
*Roughness	0.0200
Loss Coeff	0.0000

Figura 13_ Interfaccia parametri condotta



Per il calcolo delle perdite di carico distribuite lungo la condotta Epanet propone 3 leggi note dall'Idraulica delle correnti in pressioni che possono essere selezionate di "default" all'inizio del progetto. Esse sono:

- Hazen-Williams, valida solamente in regime di moto turbolento di transizione e per l'acqua;
- Chezy-Manning, valida solamente in regimi di moto assolutamente turbolento;
- Darcy-Weisbach, adatta alle diverse condizioni del moto (moto laminare, regime di transizione, e puramente turbolento).

In tali relazioni la struttura portante è uguale ed è definita come:

$$h_l = a \cdot q^b$$

dove h_l è la perdita di carico in condotta, q la portata che fluisce, a è il coefficiente di resistenza e b è l'esponente della portata. Le tre relazioni viste prima di fatto danno la possibilità di usare in base ai casi dei valori dei coefficienti a e b diversi.

Hazen-Williams

$$a = 4.72 \cdot C^{-1.85} \cdot d^{-4.87} \cdot L \quad b = 1.85$$

Chezy-Manning

$$a = 4.66 \cdot n^2 \cdot d^{-5.33} \cdot L \quad b = 2$$

Darcy-Weisbach

$$a = 0.0252 \cdot f(\epsilon, d, q) \cdot d^{-5} \cdot L \quad b = 2$$

Figura 14_Leggi dell'Idraulica

Dove L è la lunghezza del tubo, C è il coefficiente di rugosità di Hazen-Williams, n è il coefficiente di scabrezza di Manning, ϵ è il coefficiente di rugosità di Darcy-Weisbach, f è il fattore d'attrito (dipendente da: ϵ , d e q). In particolare, per il calcolo di f vengono utilizzate diverse relazioni, a seconda del valore assunto dal numero di Reynolds (Re).



MATERIALE	Hazen-Williams C	Darcy-Weishach ϵ (mm)	Chezy-Manning n
GHISA	130-140	0.85	0.012-0.015
Calcestruzzo	120-140	1.0-10	0.012-0.017
Ferro zincato	120	0.5	0.015-0.017
Plastica	140-150	0.005	0.011-0.015
Acciaio	140-150	0.15	0.015-0.017
Argilla vetrificata	110	/	0.013-0.015

Figura 15_Coefficienti di Scabrezza

A simulazione avvenuta Epanet 2.0 permette di visualizzare l'andamento temporale della portata in condotta, le perdite di carico e la velocità media dell'acqua.

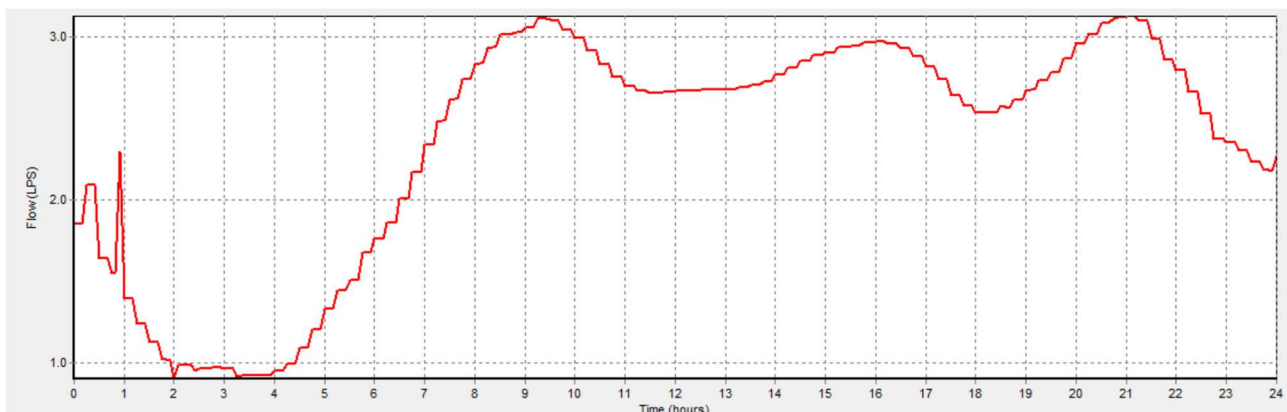


Figura 16_ Interfaccia grafica andamento portata in condotta

Un'altra categoria di links è rappresentata dalle pompe o sollevamenti; questi in Epanet 2.0 vengono modellati come "pumps" e praticamente si realizzano collegando il link "pump" alla condotta di aspirazione e a quella di mandata. Nel caso in cui queste pompe sono al servizio di opere di presa esse vengono collegate direttamente alla vasca di captazione. In Epanet il parametro che definisce in toto tali elementi è rappresentato dalla curva caratteristica, cioè dalla relazione che lega la portata transitante nella pompa al carico fornito al fluido.

La curva caratteristica viene descritta nel software dalla relazione:

$$h_g = h_0 - a \cdot q^b$$



dove h_g è il carico fornito dalla pompa al fluido, h_0 è il carico a portata nulla, q è la portata sollevata, a è un coefficiente di resistenza e b è l'esponente della portata. Per la definizione dei parametri a e b il software fa riferimento alla curva caratteristica della pompa costruita per interpolazione partendo come input da almeno 3 punti portata - prevalenza. In realtà Epanet è in grado di risalire alla curva caratteristica anche utilizzando un solo punto, derivato solitamente da osservazioni al telecontrollo, perché il software aggiunge in maniera automatico gli altri due punti che corrispondono a:

- $Q = 0$ e $H = 1,33 \cdot H_a$
- $Q = 2 \cdot Q_a$ e $H = 0$

dove i termini Q_a e H_a rappresentano le coordinate dell'unico punto della curva fornito al programma. Nella modellazione delle pompe il software usa l'ipotesi che l'acqua scorra solo lungo una direzione e questo rende importantissimo nella loro definizione la corretta indicazione del nodo finale e di quello iniziale. Essendo esse infatti modellate come links per definirle occorre specificare un punto di partenza ed uno di arrivo. In definitiva per modellare una pompa in Epanet occorre definire il punto o nodo di partenza, quello di arrivo e la curva caratteristica. In esse inoltre si può specificare lo stato iniziale (acceso o spento) e far variare tale stato in funzione di due tipologie di controlli; uno dipendente dal tempo, cioè la pompa viene accesa o spenta in funzione di intervalli temporali, ed uno dipendente da condizioni al contorno come il livello all'interno dei serbatoi o il superamento di una certa soglia di pressione in determinati nodi.

Property	Value
*Pump ID	8
*Start Node	5
*End Node	7
Description	
Tag	
Pump Curve	
Power	
Speed	
Pattern	

Figura 17_ Interfaccia parametri pompe

Come si nota dalla Figura 17 una volta definiti i nodi di partenza e di arrivo e la curva caratteristica la pompa si può considerare modellata. Al termine della simulazione il programma restituisce la portata che fluisce nella pompa e la prevalenza che essa fornisce al fluido attraverso la differenza di carico dei nodi ai quali essa è collegata.



L'ultima tipologia di links è rappresentata dalle valvole, modellate dall'entità "valves". Con tale espressione si indica una molteplice varietà di elementi che è possibile trovare all'interno di una rete idrica a scopo di controllo o regolazione. A tale insieme fanno parte: saracinesche di disconnessione; valvole unidirezionali; valvole regolatrici di pressione; valvole regolatrici di portata.

Tali valvole sono considerate come degli archi di lunghezza infinitesima e di conseguenza vengono definite da un nodo iniziale, uno finale, dal diametro e dalla tipologia.

In relazione alla tipologia è possibile trovare:

- Valvole riduttrici di pressione (PRV): limitano la pressione in un punto specifico della rete;
- Valvole a pressione costante (PSV): mantengono una pressione assegnata in un punto specifico della rete;
- Valvole di perdita di pressione (PBV): forzano una perdita specifica di pressione nel punto. Non sono veri e propri elementi fisici ma servono per simulare una perdita di pressione di cui sia nota l'esistenza, ad esempio a causa della rottura di una tubazione;
- Valvole di controllo del flusso (FCV): limitano il flusso ad un valore specifico;
- Valvole di controllo dell'apertura (TCV): simulano la parziale chiusura della valvola operando sul coefficiente della perdita localizzata assegnato alla valvola stessa;
- Valvola a scopo generale (GPV) utilizzate per rappresentare richieste particolari da parte dell'utilizzatore.

Property	Value
*Valve ID	22307843
*Start Node	3944
*End Node	4924
Description	
Tag	
*Diameter	100.0000
*Type	TCV
*Setting	0.0000
Loss Coeff	0.0000

Figura 18_ Interfaccia parametri valvola

Tutto quello visto fino ad ora rappresenta la parte fisica del sistema idrico, cioè l'insieme di elementi che è possibile trovare fisicamente nella rete. Accanto ad essi, come già accennato all'inizio del paragrafo, vi sono



tutti quegli elementi che sono considerati non fisici, cioè non fisicamente presenti nella rete ma indispensabili per descrivere le condizioni operative dell'acquedotto.

A questo gruppo appartengono:

- Curves: funzioni che permettono il controllo ad esempio dell'efficienza di una pompa in funzione della portata e della prevalenza (curva caratteristica), oppure il controllo del volume e del livello idrico all'interno di un serbatoio;

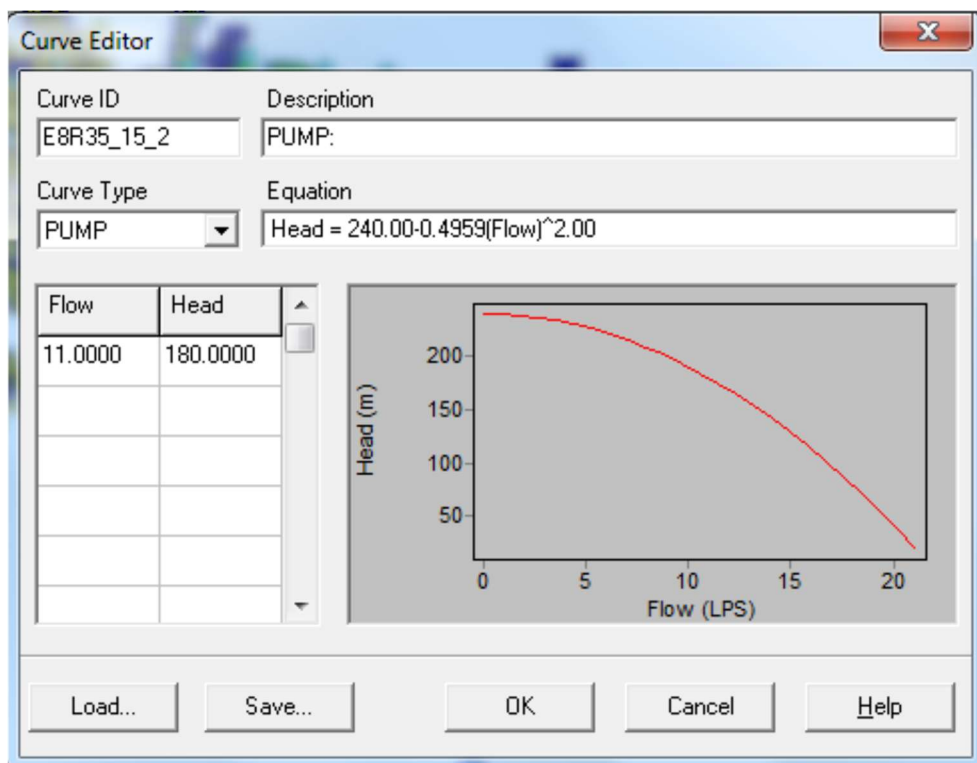


Figura 19_ Intefaccia curva caratteristica pompa

Come si nota dalla figura 19 la curva caratteristica viene definita da un codice identificativo, dall'equazione rappresentativa e dal punto utilizzato come base dal programma per la costruzione della curva stessa.

- Time patterns: rappresenta un insieme di coefficienti moltiplicatori che variano negli intervalli di tempo prestabiliti e che vengono applicati a determinate grandezze per renderle variabili nel tempo (ad esempio la richiesta idrica nei nodi, il carico nei serbatoi, il numero di giri delle pompe);

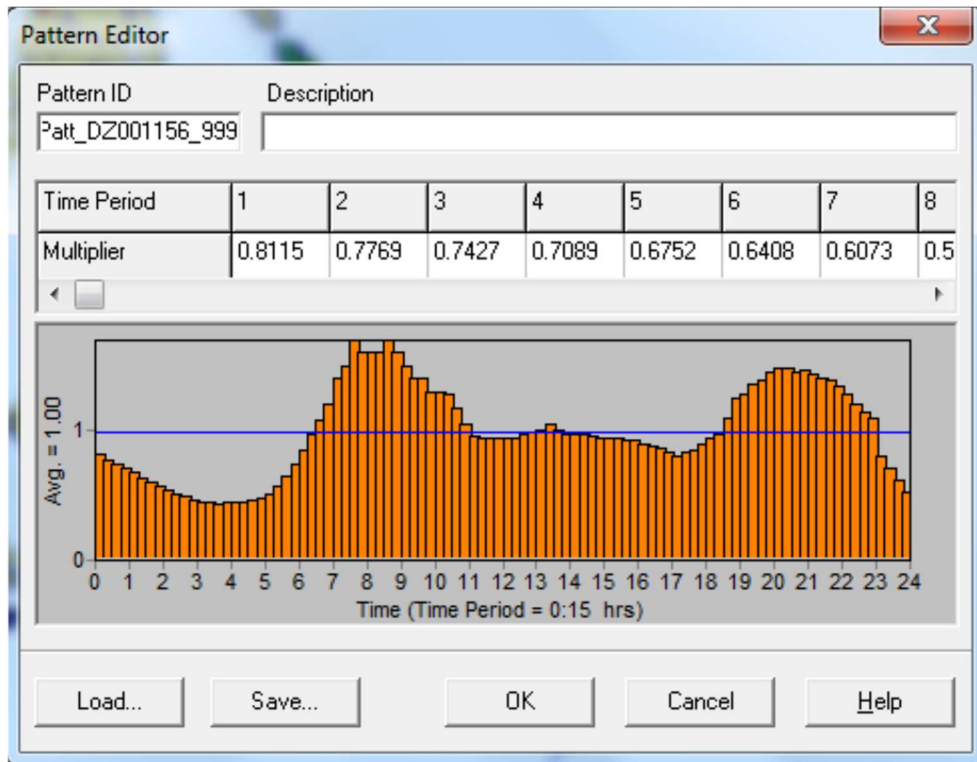


Figura 20_ Interfaccia Time Pattern

Nella definizione del Time Pattern, oltre al classico codice identificativo, vengono definiti un totale di 96 coefficienti moltiplicativi che simulano la variabilità della grandezza alla quale il Time Pattern è applicato. Quello in Figura 20 è un tipico Time Pattern per la portata richiesta ai nodi, la quale presenta due zone di picco in corrispondenza dei periodi di massima richiesta idrica che come da esperienza corrispondono alle prime ore del mattino (7-9) e al tardo pomeriggio/prima serata (19-22).

- Controls: permettono di controllare il funzionamento della rete nel tempo; essi rappresentano delle indicazioni che specificano lo status di determinati collegamenti ad orari prestabiliti (ad esempio l'accensione o lo spegnimento delle pompe, lo stato aperto/chiuso delle tubazioni, la regolazione delle valvole) oppure del soddisfacimento di specifiche condizioni relative ai livelli idrici nei serbatoi o alle pressioni in determinati nodi della rete (ad esempio, è possibile fissare il carico massimo nei nodi).

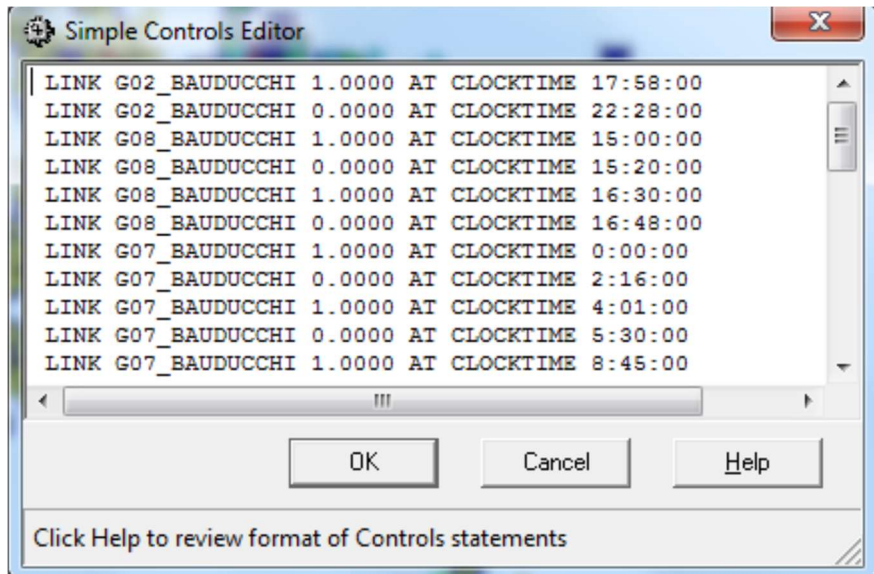


Figura 21_ Interfaccia Controls

Nella figura 21 è riportata solo una delle tante tipologie di controllo che si possono effettuare con Epanet. Precisamente, essa rappresenta un controllo temporale per delle pompe di sollevamento a servizio di un'opera di presa. Il controllo praticamente è definito come una sorta di codice in cui compare il link identificativo della pompa, lo stato acceso (1) o spento (0) della pompa stessa, il parametro rispetto a cui è fatto il controllo (CLOCKTIME) e la condizione da rispettare per l'accensione o lo spegnimento (essendo un controllo temporale tale condizione è rappresentata da un orario).



CAPITOLO 4

In questo capitolo viene offerta un'ampia disamina della letteratura scientifica a supporto dell'uso di diversi modelli di decisione multi-obiettivo e multi-attributo, offrendo, in ultima analisi, validi strumenti di giustificazione scientifica nell'uso di un metodo, come raccomandato dalla ARERA, oltre ad offrire anche un framework di selezione del più adatto dei metodi di decisione multicriterio per il contesto specifico di applicazione.

4.1 ANALISI DECISIONALE MULTICRITERIO

L'Analisi Decisionale Multicriterio è un modello decisionale che in generale contiene:

- Un insieme di opzioni (alternative) che devono essere ordinate o votate dal decisore (sia esso un unico soggetto o un organo decisionale costituito da più soggetti);
- Un insieme di criteri, solitamente i criteri hanno differenti unità di misura.
- Un insieme di misure di performance, tale insieme costituisce la matrice di performance del modello, che in alcuni casi può anche essere non quantitativa, ma basata su valori attribuiti ad alcuni giudizi di natura verbale e/o soggettiva.

In una ADMC, le alternative sono le opzioni decisionali che il decisore può assumere. Al problema decisionale è associato un certo numero di criteri di giudizio rispetto ai quali ogni alternativa verrà giudicata. Un criterio è un attributo che serve per valutare un aspetto del problema decisionale. I criteri di valutazione possono essere di natura quantitativa o qualitativa.

Lo scopo del ADMC, che è una branca della ricerca operativa, è quello di supportare i decisori nell'affrontare i problemi connessi alle seguenti operazioni:

- scelta delle alternative definite che sono preferite;
- classificazione delle alternative in ordine di importanza;
- screening delle alternative per la decisione finale. Lo scopo di tale metodologia è di supportare i decisori che affrontano problemi che coinvolgono più criteri e che eventualmente non siano necessariamente esprimibili in modo quantitativo.

attraverso la scelta dell'alternativa "migliore" ovvero l'alternativa maggiormente preferita da uno o più decisori, oppure, può essere intesa come l'individuazione di un ristretto insieme di alternative all'interno di una vasta quantità di opzioni.



4.1.1 CLASSIFICAZIONE DEI METODI MULTICRITERIO

I principali metodi di analisi decisionale multicriterio (ADMC) utilizzati a livello internazionale per motivare la decisione nel campo delle reti di distribuzione dell'acqua sono presentati nella seguente Tabella:

Metodi di analisi multicriterio utilizzati nelle reti di distribuzione dell'acqua
N. Metodo
1 AHP (Analytic Hierarchy Process)
2 The hybrid method of AHP and ANN (Artificial Neural Network)
3 Copeland
4 Electre II
5 Electre III
6 Electre TRI
7 Leader
8 PROMETHEE I
9 PROMETHEE II
10 PROMETHEE III
11 PROMETHEE GDSS (Group Decision Support System)
12 TOPSIS
13 Multiattribute value model (MAVM)
14 WSM (Weighted Sum Model)
15 Weighted Utopian Approach

Tabella 8_Metodi di analisi multicriterio utilizzati nelle reti di distribuzione dell'acqua

In Tabella 8 è possibile riconoscere:

- Metodi outranking come i metodi PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) ed ELECTRE (Elimination and Choice Expressing Reality): questo approccio serve a determinare di quanto una opzione prevale in termini di performance su un'altra;
- Metodi di distanza dal punto ideale come il metodo TOPSIS¹⁹: questo approccio identifica un valore ideale e anti-ideale per i criteri. L'algoritmo identifica le opzioni decisionali che sono più vicine al valore ideale e quelle più lontane dal valore duale.
- Metodi di confronto a coppie (pairwise comparison) come l'Analytic Hierarchy Process (AHP) e l'Analytic Network Process (ANP): Ci sono studi che hanno dimostrato che il metodo ANP è superiore al metodo

¹⁹ Hwang C-L, Yoon K. Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications. Mult Attrib Decis Mak. Published online 1981.



AHP.²⁰ Saaty ha suggerito l'uso dell'AHP per risolvere il problema dell'indipendenza tra le alternative o criteri, nonché l'uso dell'ANP per risolvere il problema della dipendenza tra alternative o criteri.⁹ Secondo Cheng e Li²¹, il metodo ANP incorpora sia l'approccio qualitativo che quantitativo ad un problema decisionale.

Harrison et al.²² hanno notato che esiste un divario tra le teorie decisionali sviluppate e applicazioni: la carenza di conoscenze è ancora maggiore nei paesi in via di sviluppo, dove questi metodi e strumenti sono difficili da applicare e pertanto non sono ben compresi o validati.

Tuttavia, è consuetudine utilizzare programmi software: Weistroffer et al.²³ hanno inventariato un numero di 79 pacchetti software MCA che implementano una varietà dei metodi MCA.

Le fasi chiave comuni alla quasi totalità delle tecniche ADMC sono:

1. Identificazione degli obiettivi;
2. Scelta delle alternative: a seconda del problema questo può essere un insieme finito (discreto) o infinito di opzioni;
3. Scelta dei criteri: i criteri vengono usati per misurare le performance delle alternative decisionali; è importante che non siano ridondanti e che non ci siano criteri altamente correlati;
4. Definizione della matrice di performance: determinare i valori della matrice di performance;
5. Adimensionalizzare e/o normalizzare le unità di misura (dipende dalla tecnica adoperata);
6. Pesare i criteri;
7. Classificare/votare le alternative: esistono svariati metodi, tecniche ed algoritmi per ordinare o definire una scala delle priorità delle alternative a disposizione;
8. Effettuare un'analisi di sensitività (pesi, misure di performance, tecniche);
9. Prendere una decisione.

La scelta di un set di alternative fa sì che il problema decisionale sia un problema "discreto". La scelta dei criteri è una fase molto delicata; tutti i criteri devono essere rilevanti al fine degli obiettivi del decisore ed

²⁰ Nedjatia, A.; Izbirak, G. Evaluating the Intellectual Capital by ANP Method in a Dairy Company. *Procedia Soc. Behav. Sci.* 2013, 107, 136–144

²¹ Cheng, E.; Li, H. Analytic Network Process Applied to Project Selection. *J. Constr. Eng. Manag.* 2005, 131, 459–466.

²² Harrison Jp, Coppola Mn & Wakefield M. Efficiency of federal hospitals in the United States. *Journal of Medical Systems*, 28(5): 411–422, 2004

²³ Weistroffer, H.R.; Smith, C.H.; Narula, S.C. Chapter 24. Multiple Criteria Decision Support Software. In *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*; Salvatore, G., Ed.; Springer: New York, NY, USA, 2005; pp. 989–1018. ISBN 978-0-387-23081-8.



è molto importante evitare ridondanze. Ogni criterio deve essere misurabile (in modo quantitativo o eventualmente tramite una traduzione di giudizi verbali in numerici). È necessario sapere quali sono gli effetti in termini quantitativi e/o qualitativi di ciascuna alternativa in relazione a ciascun criterio preso in considerazione. La compilazione della matrice di valutazione può essere eseguita da personale esperto oppure ricorrendo a modelli di calcolo. Le tecniche di ADMC si differenziano principalmente per il modo in cui vengono svolti i passaggi 5, 6 e 7.

È importante precisare che i modelli di ADMC hanno lo scopo di ordinare un problema complesso e di fornire una indicazione; tuttavia molti problemi decisionali non possono essere strutturati gerarchicamente perché implicano l'interazione e la dipendenza di elementi di livello superiore da un elemento di livello inferiore.²⁴²⁵.

4.2 METODI PER L'ANALISI MULTI CRITERIO DELLE PERFORMANCE DEGLI INTERVENTI

Nel successivo paragrafo, approfondiremo il metodo ANP in quanto metodo da preferirsi all'AHP quando si utilizzano valori in input incerti come affermato da Nedjatia e Izbira⁹.

Tale metodo verrà, poi, applicato nell'ambito del caso studio per la scelta delle tecnologie di riabilitazione delle condotte nei sistemi di distribuzione idrica del Cilento e Vallo di Diano.

4.2.1 METODO ANP

²⁴ Saaty, T.L. Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process; RWS Publications: Pittsburgh, PA, USA, 1996; ISBN 0-9620317-9-8.

²⁵ Dağdeviren, M.; Yüksel, İ. Personnel selection using analytic network Process. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 2007, 6, 99–118.



Il metodo ANP è stato applicato in molti settori, come la qualità²⁶, l'efficienza energetica²⁷, ingegneria civile²⁸, risorse rinnovabili²⁹, ambiente³⁰, risorse umane⁹, telecomunicazioni³¹, industria³², salute³³, finanza³⁴, trasporti³⁵, informatica³⁶, sistemi di approvvigionamento di energia termica³⁷, trattamento delle acque reflue³⁸, sistemi di gas metano³⁹, banche, governo, marketing e turismo⁴⁰.

Al fine di selezionare le tecnologie per il risanamento delle tubazioni dei sistemi di distribuzione dell'acqua, dovrebbe essere utilizzato il metodo ANP.

Di seguito, vengono illustrate le principali fasi del processo:

- Fase 1: stabilire lo scopo e gli obiettivi:

Gli obiettivi a lungo termine derivano dalla mission generale e comportano considerazioni di natura economica, ambientale e sostenibilità sociale; la definizione delle priorità delle alternative o del

²⁶ Lee, Y.-T.; Wu, W.-W.; Tzeng, G.-H. An effective decision-making method using a combined QFD and ANP approach. *WSEAS Trans. Bus. Econ.* 2008, 12/5, 541–551.

²⁷ Chen, Z.; Clements-Croome, D.; Hong, J.; Li, H.; Xu, Q. A multicriteria lifespan energy efficiency approach to intelligent building assessment. *Energy Build.* 2006, 38, 393–409.

²⁸ Bu-Qammaz, A.S. Risk assessment of international construction projects using the Analytic Network Process. Master's Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 2007

²⁹ Aghilone, G.; De Felice, F.; Petrillo, A. Comparative analysis based on analytic network process for selection of a mini wind station plant. In *Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*, Sorrento, Italy, 15–18 June 2011; pp. 1–16.

³⁰ Ioja, I.; Cristian, N.; Mihai, R.; Vanau, G.O.; Onose, D.A.; Gavrilidis, A.A.; Hossu, C.A. *Managementul Conflictelor de Mediu (Management of Environment Conflicts)*; Bucharest University Publishing House: Bucharest, Romania, 2015; pp. 105–108. ISBN 978-606-16-0617-7

³¹ Gasiea, Y.; Emsley, M.; Mikhailov, L. Rural Telecommunications Infrastructure Selection Using the Analytic Network Process. *J. Telecommun. Inf. Technol.* 2010, 2, 28–42.

³² Khedkar, P.T.; Subramanyan, H. Equipment selection by using analytical network process approach. In *Proceedings of the National Conference on Recent Innovations in Science, Engineering & Technology (NCRASET)*, Pune, India, 16 November 2014; pp. 61–65.

³³ Reis dos Santos, M.A.; Pamplona, S.V.A.; Augusto Silva, M.F. Analytic Network Process and balanced scorecard applied to the performance evaluation of public health systems. *Pesqui. Oper.* 2015, 35, 353–361.

³⁴ Niemira, M.P.; Saaty, T.L. An Analytic Network Process model for financial-crisis forecasting. *Int. J. Forecast.* 2004, 20, 573–587

³⁵ Staš, D.; Lenort, R.; Wicher, P.; Holman, D. Green Transport Balanced Scorecard Model with Analytic Network Process Support. *Sustainability* 2015, 7, 15243–15261.

³⁶ Babu, K.D.; Rajulu, P.G.; Reddy, A.R.; Aruna Kumari, A.N. Selection of Architecture Styles using Analytic Network Process for the Optimization of Software Architecture. *Int. J. Comput. Sci. Inf. Secur.* 2010, 8, 281–288.

³⁷ Erdoğmus, S.; Aras, H.; Koc, E. Evaluation of alternative fuels for residential heating in Turkey using analytic network process (ANP) with group decision-making. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2006, 10, 269–279.

³⁸ Abdullah, L.; Atiqah Abd Rahman, N. Analytic Network Process for Developing Relative Weight of Wastewater Treatment Technology Selection. *Mod. Appl. Sci.* 2017, 11, 64–72.

³⁹ Reza, V.A.; Sarvari, H.; Yahaya, N.; Md Noor, N.; Safuan, A.; Rashid, A. Analytic Network Process (ANP) to Risk Assessment of Gas Refinery EPC Projects in Iran. *J. Appl. Sci. Res.* 2013, 9, 1359–1365.

⁴⁰ Chen, C.-C.; Shih, H.-S. A Study of the Acceptance of Wearable Technology for Consumers—An Analytical Network Process Perspective. *Int. J. Anal. Hierarchy Process* 2014, 1, 1–5



processo decisionale in generale è condizionata dalle diverse possibili alternative per il raggiungimento degli obiettivi aziendali⁴¹.

- Fase 2: Identificazione dei criteri decisionali:

In questa fase, il decisore deve individuare un elenco di criteri di selezione per la valutazione delle alternative.

Tscheikner-Gratl et al.⁴² [30] affermano che, all'inizio del processo decisionale, i decisori hanno bisogno di tempo sufficiente per definire i criteri decisionali. Tlili e Nafi⁴³ affermano che il processo decisionale sulla classificazione delle alternative alla riabilitazione reti di distribuzione dell'acqua dipende dal numero di criteri utilizzati e dalla ponderazione assegnata ogni criterio, il che rende più complicato il compito di aggregazione.

- Fase 3: Identificazione delle alternative:

In questa fase, le opzioni che possono contribuire a vengono individuati il raggiungimento degli obiettivi.

- Fase 4: Formare la struttura della rete ANP:

Jayant et al.⁴⁴ affermano che molti problemi decisionali non possono essere costruiti come problemi gerarchici a causa delle dipendenze intrinseche o dirette e dei collegamenti tra e all'interno dei cluster (criteri e alternative). L'ANP è molto utile per risolvere tali problemi.

Non solo l'importanza dei criteri determina l'importanza delle alternative come in una gerarchia, ma anche l'importanza delle alternative stesse determina l'importanza dei criteri⁴⁵.

Per strutturare modelli ANP dettagliati, Saaty introduce appositamente i cluster, che si riferiscono al raggruppamento di elementi omogenei insieme, come alternative, criteri e sottocriteri.

Quindi, in questo modello, c'è un cluster per gli obiettivi ed un cluster per tutti i criteri di valutazione e per ciascuno dei criteri di valutazione con i propri sottocriteri inseriti a loro volta in cluster. Le

⁴¹ Trojan, F.; Costa, M.D. Prioritising alternatives for maintenance of water distribution networks: A group decision approach. *Water SA* 2012, 38, 555–564.

⁴² Tscheikner-Gratl, F.; Egger, P.; Rauch, W.; Kleidorfer, M. Comparison of Multi-Criteria Decision Support Methods for Integrated Rehabilitation Prioritization. *Water* 2017, 9, 68.

⁴³ Tlili, Y.; Nafi, A. A practical decision scheme for the prioritization of water pipe replacement. *Water Sci. Technol. Water Supply* 2012, 12, 895–917.

⁴⁴ Jayant, A.; Paul, V.; Kumar, U. Application of Analytic Network Process (ANP) in Business Environment: A Comprehensive Literature Review. *Int. J. Res. Mech. Eng. Technol.* 2015, 5, 29–37.

⁴⁵ Kroener, M.U. Multi-level analytic network process model to mitigate supply chain disruptions in disaster recovery planning. Master's Thesis, Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA, USA, 2016.



alternative sono raggruppate in un unico cluster⁴⁶. Le relazioni in una rete sono rappresentate da archi e le direzioni degli archi significano dipendenza.

- Fase 5: formare le matrici di confronto a coppie.

Simile al metodo AHP, le priorità in caso del metodo ANP sono valutate direttamente mediante confronto a coppie⁴⁷. Ci sono due livelli di confronto a coppie nel metodo ANP: il livello di cluster, che è più strategico e il livello di nodo/elemento, che è più specializzato. I confronti dei cluster implicano il confronto dei cluster con altri cluster. Mentre i confronti di coppia sugli elementi nei cluster sono realizzati in base alla loro influenza su ciascun elemento in un altro gruppo, sono correlati a elementi in un altro cluster (dipendenza esterna) o elementi nel proprio gruppo (dipendenza intrinseca)⁴⁸.

Se ci sono n elementi da confrontare, allora la matrice di confronto a coppie annotata con "A" è definita come:

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{matrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{matrix}$$

dove $a_{ij} = 1$, $a_{ji} = 1/a_{ij}$, and $a_{ij} \neq 0$ ⁴⁹

Il punteggio "a_{ij}" nella matrice di confronto a coppie rappresenta l'importanza relativa dell'elemento della riga (i) confrontato con l'elemento della colonna (j). Il confronto a coppie le matrici sono matrici quadrate, con elementi "n" sulla linea e elementi "n" sulle colonne. In questo contesto, per i criteri "n", è necessario confrontare $n(n-1)/2$ coppie⁵⁰.

In questa fase viene stabilita l'importanza relativa di ciascun criterio rispetto agli altri criteri, al fine di determinare il livello di contributo di ciascun criterio al raggiungimento degli obiettivi.

⁴⁶ Thangamani, G. Technology Selection for Product Innovation Using Analytic Network Process (ANP)—A Case Study. *Int. J. Innov. Manag. Technol.* 2012, 3, 560–565.

⁴⁷ Ozdemir, Y.; Basligil, H.; Karaca, M. Aircraft Selection Using Analytic Network Process: A Case for Turkish Airlines. In *Proceedings of the World Congress on Engineering 2011*, London, UK, 6–8 July 2011.

⁴⁸ Hussey, L.K. Analytic Network Process (ANP) for Housing Quality Evaluation: A Case Study in Ghana. Master's Thesis, University of Western Ontario London, Ontario, ON, Canada, 2014.

⁴⁹ Sakthivel, G.; Ilangkumaran, M.; Gaikwad, A. A hybrid multi-criteria decision modeling approach for the best biodiesel blend selection based on ANP-TOPSIS analysis. *Ain Shams Eng. J.* 2015, 6, 239–256.

⁵⁰ Chen, K.-Y.; Wu, W.-T. Applying analytic network process in logistics service provider selection—A case study of the industry investing in southeast Asia. *Int. J. Electron. Bus. Manag.* 2011, 9, 24–36.



I confronti delle coppie vengono effettuati dai decisori che valutano le coppie soggettivamente (inizialmente basato su valutazioni verbali: "ugualmente importante", "leggermente più importante", "assolutamente di più importante", e così via, e poi un'assegnazione di valori su una scala da 1 a 9, che rappresenta il grado di importanza di un attributo rispetto a un altro attributo).

Se il confronto tra due criteri viene invertito, il valore di importanza è uguale al contrario del valore di confronto diretto. Abbiamo usato la scala Saaty per questo scopo.

- Fase 6: formare matrici normalizzate.

I valori registrati nel confronto a coppie vengono normalizzati e i risultati vengono quindi registrati nella matrice normalizzata. Saaty propone diversi algoritmi per approssimare i pesi relativi^{51 52}. C'è ancora dibattito sui metodi di approssimazione. Un'analisi critica del metodo di calcolo dei pesi è stata condotta da Bana e Vansnick^{53 54}.

Nella maggior parte degli articoli, la normalizzazione è effettuata da uno dei seguenti metodi:

- o il metodo della media aritmetica^{55 56} ;
- o il metodo della media geometrica⁵⁷;
- o il metodo della differenza⁵⁸.

Il metodo della media aritmetica, che suppone tre passaggi:

1. calcolare la somma su ciascuna colonna della matrice di confronto a coppie utilizzando l'equazione seguente:

$$S_j = \sum_{i=1}^m a_{ij}$$

⁵¹ Saaty, T.L. *The Analytic Hierarchy Process*; McGraw-Hill: New York, NY, USA, 1980; ISBN 0070543712 9780070543713.

⁵² Yazgan, E.; Üstün, A.K. Application of analytic network process: Weighting of selection criteria for civil pilots. *J. Aeronaut. Space Technol.* 2011, 5, 1–12.

⁵³ Bana e Costa, C.A.; Vansnick, J.C. A critical analysis of the eigenvalue method used to derive priorities in AHP. *Eur. J. Oper. Res.* 2008, 187, 1422–1428.

⁵⁴ Calizaya, A.; Meixner, O.; Bengtsson, L.; Berndtsson, R. Multi-criteria Decision Analysis (MCDA) for Integrated Water Resources Management (IWRM) in the Lake Poopo Basin, Bolivia. *Water Resour. Manag.* 2010, 24, 2267–2289

⁵⁵ Giurca, I. Alegerea centralelor termice cu ajutorul metodelor multicriteriale (Choosing thermal plants using multicriteria methods). *Revista Tehnologiile Energiei producerea, transportul ,si distribu,tia energiei electrice ,si termice* 2009, 11, 1–8

⁵⁶ Giurca, I. Alegerea optima a radiatoarelor utilizând metodele multicriteriale (Optimal selection of radiators using the multicriteria methods). *Revista Tehnologiile energiei producerea, transportul ,si distribu,tia energiei electrice ,si termice* 2009, 11, 9–25.

⁵⁷ Giurca, I. Contribu,tii privind alimentarea cu energie termica a ansamblurilor de locuin,te, utilizând agen,ti termici cu parametrii scazu,ti (Contributions to thermic energy supplies of building assemblies by using thermic agents with low parameters). Ph.D. Thesis, Technical University of Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, Romania, 2009.

⁵⁸ Naghiu, G.S.; Giurca, I. Choosing heating units using the utility function. *J. Appl. Eng. Sci.* 2015, 5, 47–52.



2. dividere ciascun elemento della matrice di confronto a coppie per l'importo corrispondente alla sua colonna usando l'equazione:

$$a_{ijnorm} = \frac{a_{ij}}{S_j}$$

3. registrare i valori ottenuti nella matrice normalizzata:

$$A_{norm} = \begin{pmatrix} a_{11norm} & a_{12norm} & \dots & a_{1nnorm} \\ a_{21norm} & a_{22norm} & \dots & a_{2nnorm} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1norm} & a_{n2norm} & \dots & a_{nnorm} \end{pmatrix}$$

- Fase 7: stabilire le priorità locali

Sulla base delle informazioni registrate nella matrice normalizzata, le priorità locali sono stabilite utilizzando l'equazione:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ijnorm}}{n} \text{ and } \sum_{j=1}^n w_i = 1$$

e i dati sono registrati in una matrice di colonne, secondo il modello presentato nell'equazione (6). La rispettiva matrice è chiamata priorità locale vettore ⁵⁹

$$W = \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{pmatrix}$$

- Fase 8: determinazione della consistenza della matrice

Per determinare il fattore di consistenza di le matrici, eseguiamo i seguenti passaggi:

⁵⁹ Lahby, M.; Attioui, A.; Sekkaki, A. An Optimized Vertical Handover Approach Based on M-ANP and TOPSIS in Heterogeneous Wireless Networks. In *Advances in Ubiquitous Networking 2*; Springer: New York, NY, USA, 2017; pp. 15–29.



- a) Stabilire il coefficiente di uniformità stocastica medio. L'uniformità stocastica media coefficiente, contrassegnato con "R" è determinato in base al rango della matrice analizzata, contrassegnato con "m" in base alla Tabella 9 Tabella⁶⁰:

Valori del coefficiente stocastico medio in funzione del rango della matrice

Ordine della matrice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Tabella 9_ Valori del coefficiente stocastico medio in funzione del rango della matrice

- b) Determinazione del coefficiente di uniformità. Il coefficiente di uniformità "CI" è calcolato in base all'equazione seguente:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

dove $\lambda_{max} > n$ ed n è il numero di elementi da confrontare:

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^n \frac{(A \cdot w)_i}{n \cdot w_i}$$

- c) Determinazione del fattore di consistenza delle matrici. Il fattore di consistenza delle matrici "CR" è calcolato sulla base dell'equazione seguente:

$$CR = \frac{CI}{R'}$$

Nel determinare la relazione di consistenza si tiene conto della seguente regola: se $CR \leq 0,10$, allora la matrice è considerata consistente, cioè il vettore dei pesi è ben determinato. Quando vengono trovati rapporti di consistenza della matrice più elevati, è necessario riprendere i confronti per questo rispettiva matrice⁶¹.

- Fase 9: formare la supermatrice non ponderata

⁶⁰ Dobrea, R. Eficienta modernizarii sistemelor tehnico-economice (Efficiency of modernization of technical and economical systems). Ph.D. Thesis, The Bucharest University of Economic Studies, Bucharest, Romania, 2006.

⁶¹ Ünver, S.B.S. Threat Evaluation in Air Defense Systems Using Analytic Network Process. Master's Thesis, Institute of Science and Engineering of Galatasaray University, Istanbul, Turkey, July 2015.



Dopo aver stabilito le priorità locali in base sulle matrici di confronto a coppie, il passo successivo consiste nel formarne progressivamente tre supermatrici, ovvero la supermatrice iniziale o non ponderata, la supermatrice ponderata e il limite supermatrix, che sono matrici quadrate e hanno lo stesso numero di elementi. I vettori di priorità ottenuti dalla matrice di confronto a coppie vengono registrati come vettori di colonna rispetto al loro criterio di controllo, in una nuova matrice chiamata supermatrice non ponderata.

La supermatrice non ponderata rappresenta la priorità di influenza di un elemento dalla parte sinistra di la matrice su un elemento dalla parte superiore della matrice rispetto a un determinato criterio di controllo.

La matrice risultante deve essere stocastica, ovvero la somma dei valori registrati in ciascuna la colonna deve essere uguale a quella di ogni singolo cluster:

$$W = \begin{array}{c|cccccccccccc} & & C1 & & & & C2 & & & & CN & & & \\ & C1 & \mathbf{e11} & \mathbf{e12} & \dots & \mathbf{e1n1} & \mathbf{e21} & \mathbf{e22} & \dots & \mathbf{e2n2} & \mathbf{eN1} & \dots & \mathbf{eNnN} & \\ & & W11 & & & & W12 & & & & \dots & W1N & & \\ & C2 & \mathbf{e21} & \mathbf{e22} & & & & & & & & & & \\ & & W21 & & & & W22 & & & & \dots & W2N & & \\ & \dots & \mathbf{e2n2} & & & & & & & & & & & \\ & CN & \mathbf{eN1} & \mathbf{eN2} & \dots & & \mathbf{eNnN} & & & & & & & \\ & & WN1 & & & & WN2 & & & & \dots & WNN & & \end{array}$$

dove "CN" rappresenta il cluster "N", "Nn" è l'elemento n nel cluster "N" e "Wij" è il vettore dell'influenza dell'elemento⁶².

⁶² Piantanakulchai, M. Analytic Network Process Model for Highway Corridor Planning. In Proceedings of the ISAHP 2005, Honolulu, HI, USA, 8–10 July 2005.



Nella matrice non ponderata, "Wij" rappresenta virtualmente una matrice di priorità locale e risulta da un confronto di due cluster. Ogni colonna della matrice "Wij" è il vettore di priorità risultante da un confronto a coppie matrice. Questa matrice comprende virtualmente i vettori di priorità locali⁶³.

$$W_{ij} = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{n1} & w_{n2} & \dots & w_{nm} \end{pmatrix}$$

- Fase 10: formare la supermatrice pesata.

Per ogni blocco di colonna, la prima voce del file vettore priorità locale viene moltiplicato per tutti gli elementi del primo blocco della rispettiva colonna, la seconda voce con tutti gli elementi del secondo blocco di quella colonna, e così via. Quindi, i blocchi di ciascuna colonna della supermatrice vengono pesati e il risultato è noto come supermatrice pesata, che è stocastico²⁵.

Questa caratteristica "colonna stocastica" della supermatrice pesata consente la convergenza nel limite supermatrice⁶⁴.

- Fase 11: formare la supermatrice limite.

La supermatrice pesata viene trasformata nella supermatrice limite. Elevando a potenza "2k + 1" (dove "k" è un numero arbitrariamente grande) i valori di riga convergono allo stesso valore per ciascuno colonna della matrice. La matrice risultante è chiamata supermatrice limite, che fornisce priorità limite catturare tutte le influenze indirette di ogni elemento su ogni altro elemento⁶⁴.

La supermatrice limite ha la stessa forma della supermatrice pesata, ma tutte le colonne di la supermatrice limite è la stessa²⁵. La coerenza del confronto degli elementi viene calcolata come segue:

$$W'_{\infty} = \lim_{k \rightarrow \infty} W^{2k+1}$$

- Fase 12: stabilire una classifica delle alternative.

La graduatoria delle alternative è stabilita in base alla priorità globale. Ovviamente, l'alternativa con la priorità globale più alta è al primo posto.

⁶³ Khademia, N.; Mohaymany, A.S.; Shahi, J.; Zerguini, S. An algorithm for the analytic network process (ANP) structure design. *J. Multi-Criteria Decis. Anal.* 2012, 19, 33–55.

⁶⁴ Peykarjou, K.; Safavi, N.N. Using Analytic Network Process (ANP) in evaluation and prioritization the barriers of credit rating insurance companies in Iran. *Eur. Online J. Nat. Soc. Sci.* 2015, 4, 219–229.



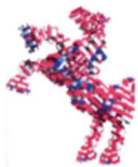
- Fase 13: analisi della sensibilità.

L'analisi di sensibilità si riferisce alla domanda del "e se" per vedere se la risposta finale è stabile quando le voci vengono modificate o per determinare se si tratta di giudizi o priorità⁶⁵.

- Fase 14: scegliere l'alternativa migliore

L'alternativa con la massima priorità globale dovrebbe essere quello selezionato²⁵.

⁶⁵ Abastante, F.; Lami, I.M. Quality Function Deployment (QFD) and Analytic Network Process (ANP): An application to analyze a cohousing intervention. *J. Appl. Oper. Res.* 2012, 4, 14–27.



CAPITOLO 5

In questo capitolo costruiremo un percorso metodologico per fasi partendo dall'analisi dell'area di studio (descrizione delle reti idriche costituenti l'ambito dell'intervento e sintesi delle loro principali caratteristiche) e dal Sistema Informativo Territoriale continuando con l'individuazione delle criticità nell'erogazione del servizio e indicatori attuali di performance delle reti (valutazione degli indicatori ARERA M1, M2 e M3 e dei KPI (Key Performance Indicators) con le misure per il controllo delle pressioni e delle perdite, la descrizione del modello idraulico di simulazione della rete ed il processo di scelta delle alternative di riabilitazione.

Il percorso metodologico così descritto interessa 55 comuni del Cilento e del Vallo di Diano ricadenti nell'Ex Ambito Territoriale Ottimale n. 4 denominato "Sele" della Regione Campania e gestiti, ai sensi dell'art. 23 bis c.3 del D.L.112/2008 convertito in L. 133/2008 e s.m.i., dalla società Consac gestioni idriche S.p.A. come da deliberazione n. 3 del 15 marzo 2011 dell'Autorità di Ambito "Sele".

5.1 DESCRIZIONE DI RETI IDRICHE E OPERE PUNTUALI COSTITUENTI L'AREA DI STUDIO

Consac Gestioni Idriche S.p.A. gestisce il servizio idropotabile per 138.419 abitanti residenti (secondo l'ultimo rapporto ISTAT 2021); i comuni gestiti sono localizzati come in Figura 2:



Figura 22_ Comuni gestiti da Consac gestioni idriche S.p.A.

5.1.1 DESCRIZIONE DELLE RETI E COSTITUENTI L'AREA DI STUDIO

La descrizione delle principali caratteristiche geometriche e dimensionali delle reti di distribuzione attualmente gestite costituenti l'Ambito di Intervento (lunghezza della rete, materiali, loro incidenza sulla lunghezza totale, numero di allacci, numero di serbatoi) sono riportate nella "Tabella 1" in Appendice alla presente tesi di dottorato.

La lunghezza totale delle reti di distribuzione gestite è pari a 1588 km; le reti di distribuzione che incidono di più, in considerazione del solo parametro "lunghezza", sono Castellabate seguito da Centola, Camerota, Casaleto Spartano e Caggiano.

Le reti di distribuzione dell'Ambito di Intervento sono realizzate per un 52,66% in polietilene, un 27,74% in ghisa, un 12,50% in acciaio, un 5,72% in pvc ed il restante 1,38% in fibrocemento/acciaio zincato.

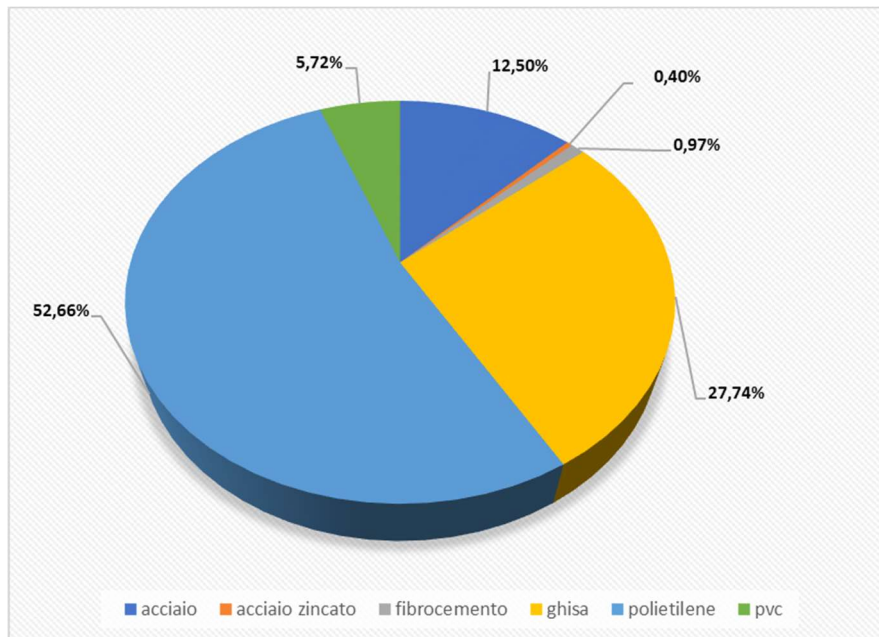


Figura 23_Materiali delle reti di distribuzione dell'Area di Studio

Non è disponibile l'informazione relativa agli anni di costruzione delle reti di distribuzione che, mediamente, si aggirano sul periodo 1970-1990. Gli interventi più recenti di ampliamento/sostituzione delle reti hanno interessato una porzione talmente piccola da non incidere sull'età media delle condotte.

5.1.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE PUNTUALI COSTITUENTI L'AREA DI STUDIO

In "Tabella 2_ serbatoi e sollevamenti a servizio dell'Area di Studio" di cui all'Appendice sono riportati per i 270 serbatoi a servizio dell'area di studio:

- se trattasi di sollevamento, il riferimento del serbatoio di arrivo;
- localizzazione planimetrica (Foglio e Particella catastale) ed altimetrica (quota);
- la capacità di accumulo (laddove nota);
- i diametri delle tubazioni in ingresso/uscita dai serbatoi

5.1.3 CARATTERISTICHE DEL SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE



I sistemi informativi geografici (GIS) sono diventati strumenti essenziali nell'analisi spaziale e statistica di reti idriche^{66,67,68} che, se accoppiati con modelli di simulazione idraulica, si configurano come un valido supporto nell'ambito della gestione dei sistemi idrici⁶⁹.

I dati spaziali, noti anche come dati geospaziali, sono informazioni di un oggetto fisico che può essere rappresentato da valori numerici in un sistema di coordinate geografiche.

Il GIS fornisce un ambiente coerente per la visualizzazione della rappresentazione geometrica e dei dati in input/output. Questa funzionalità è molto utile nel processo decisionale. Nel campo della idraulica urbana, ad esempio⁷⁰, Abdelbaki e Touaibia^{71,72} e Abdelbaki et al.⁷³ hanno dimostrato che l'uso del GIS consente una più approfondita analisi delle reti idriche di distribuzione; in più rende più facile un aggiornamento in seguito ad un cambiamento (riparazione/sostituzione reti; cambio tracciato; ampliamenti...)

Questa conoscenza della rete migliorerà il livello di efficienza della gestione tecnica ed amministrativa e migliorerà la qualità del servizio fornito agli utenti⁷⁴.

Le diverse opzioni disponibili in GIS consentono di acquisizione delle mappe di rete e delle relative caratteristiche⁷⁵. Ogni strato o livello può essere associato con un tema specifico insieme agli associati informazioni alfanumeriche.

⁶⁶ Tsihrintzis VA, Hamid R, Fuentes HR (1996) Use of geographic information systems (GIS) in water resources: a review. *Water Resour Manag* 10(4):251–277

⁶⁷ Kalivas DP, Kollias VJ, Karantounias G (2003) A GIS for the assessment of the spatio-temporal changes of the Kotychi lagoon, western Peloponnese, Greece. *Water Resour Manag* 17(1):19–36

⁶⁸ Udovyk O (2006) GIS for intergrated water resources management. In: Hlavinek P, Kukharchyk T, Marsalek J, Mahrikova (eds) *Integrated urban water resources management*. Springer, The Netherlands, pp 35–42

⁶⁹ Borzi A., Cannizzaro, D., De Maria, M., *Il processo di modellazione di sistemi idrici su larga scala*, L'Acqua, All, 2010, ISSN: 1125-1255

⁷⁰ Blindu I (2004) *Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de Chisinau par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques*. Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure des mines de Saint-Etienne, France, pp 304

⁷¹ Abdelbaki C, Touaibia B (2011) Modélisation d'un réseau d'alimentation en eau potable et contribution à sa gestion à l'aide d'un SIG—Cas du groupement urbain de Tlemcen, Algérie, *Proceeding du 4ème colloque international sur les ressources en eau et le développement durable*, 22 et 23 février 2011, Alger, Algérie, pp 583–587

⁷² Abdelbaki C, Touaibia B (2014) Apport des systèmes d'information géographique et de la modélisation hydraulique dans la gestion des réseaux d'alimentation en eau potable—Cas du groupement urbain de Tlemcen (Algérie). *TSM* 5:52–60

⁷³ Abdelbaki C, Benhamouda F, Chikh M (2012) SIG: Outils de gestion des réseaux d'alimentation en eau potable, Cas du réseau de la ville de Birtouta -Alger, Algérie, *Editions universitaires européennes*, Allemagne

⁷⁴ Gandin F, Doutre O (2007) Le SIG du SEDIF : un outil performant au service de la gestion de l'eau potable, *L'eau, les nuisances. l'industrie* 303: 53–56

⁷⁵ Ho CI, Lin MD, Lo SL (2010) Use of a GIS-based hybrid artificial neural network to prioritize the order of pipe replacement in a water distribution network. *Environ Monit Assess* 166(1–4):177–189



Attualmente, Consac dispone delle cartografie delle reti di distribuzione dei 55 comuni costituenti l'Ambito di Studio: l'indagine conoscitiva è stata sviluppata, durante questo percorso di ricerca, con il coinvolgimento degli operatori addetti alla manutenzione delle reti che, in loco, hanno proceduto all'individuazione dei tracciati ed al rilevamento delle principali caratteristiche funzionali delle reti.

Partendo da questo patrimonio informativo è stato implementato un Sistema Informativo Territoriale che gestisce attraverso un servizio di hosting su una piattaforma web gis in cloud.

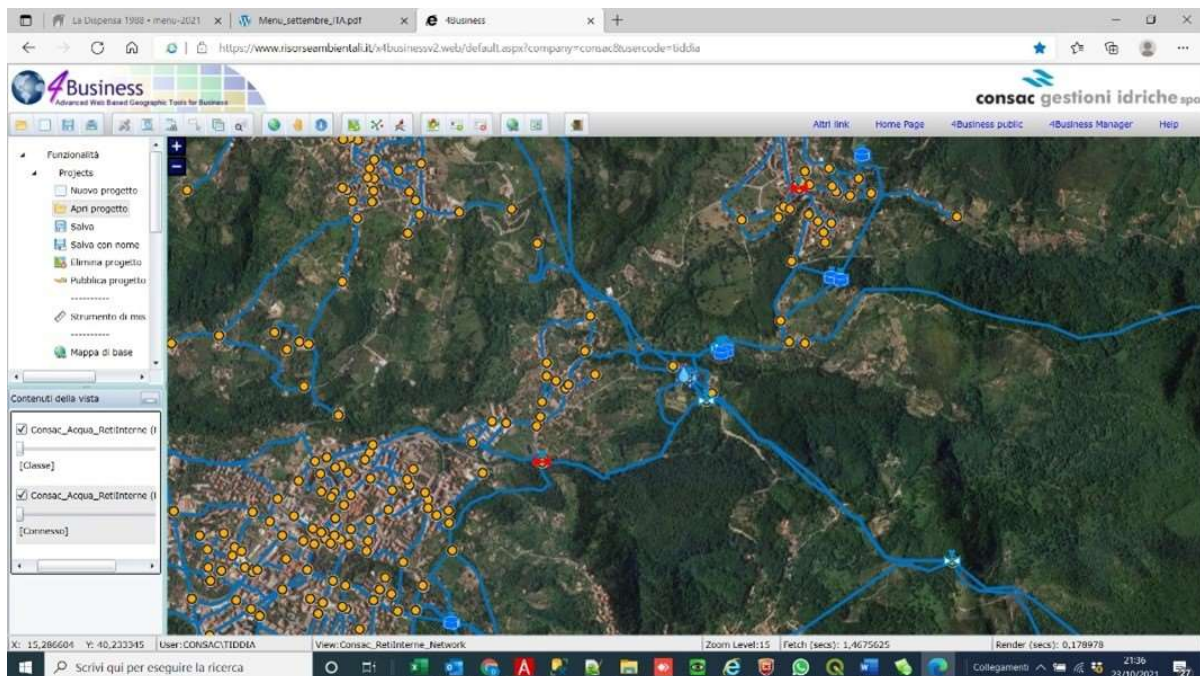
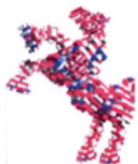


Figura 24_Schermata SIT

Il predetto sistema informativo presenta le seguenti caratteristiche:

- database spaziale popolato di tutte le informazioni acquisite, nel corso degli anni, in formato .dwg o shapefile e successivamente convertite, rielaborate e riproiettate (da Gauss-Boaga a WGS84);
- rappresentazione vettoriale delle reti idriche;
- diversi strati informativi;
- reportistica;
- funzionalità per la visualizzazione, interrogazione (incluso hyperlink), modifica dei dati;
- query facilitate in cui sia possibile effettuare ricerche con filtri multipli sul database. Il risultato alfanumerico può essere visualizzato in tabelle e può essere esportato in tabelle .xls



- realizzazione degli output di stampa.

Tale database geografico consente l'inserimento di strati informativi associati (Bing_Aerial, Bing_Aerial_With_Labels, Bing_Roads, Esri Vari Formati, Google Hybrid, Google Roadmap, Google Satellite, Google Terrain, Google Test_Aerial, Google Test_Labels, Google Test_Street, Mapquest Aerial, Mapquest Roads) e la condivisione dei dati in ambito aziendale: dalle rilevazioni in campo attraverso dispositivi smart, alle elaborazioni grafiche e tecniche dei dati raccolti.

Per i 55 comuni attualmente gestiti da Consac, i quali, come si è detto, costituiscono l'Area di Studio del presente dottorato di ricerca sono state inserite le seguenti informazioni:

1. alle reti di distribuzione è associata una tabella attributi riportante un codice identificativo, il serbatoio dal quale la rete è alimentata, il materiale, il diametro e la lunghezza come da schermata seguente:

[Identificativo]	[Tipo]	[Fonte di approvvigionamento]	[Acquedotto servito]	[Materiale]	[Diametro]	[Stato di conservazione]	[Pressione di esercizio (bar)]	[Stato produttivo]	[Profondità media (m)]	[Anno di posa]	[LENGH]
065021	Distribuzione	Sant'Iconio	Rete idrica comunale	Ghisa	80.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	29.4831970167043
065021	Distribuzione	Lentiscosa	Rete idrica comunale	Ghisa	60.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	16.8062127593146
065021	Distribuzione	Lentiscosa	Rete idrica comunale	Polietilene	32.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	60.4353857866123
065021	Distribuzione	Sant'Iconio	Rete idrica comunale	Ghisa	250.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	2.63986150793233
065021	Distribuzione	Sant'Iconio	Rete idrica comunale	Acciaio	50.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	37.8684629418388
065021	Distribuzione	Sant'Iconio	Rete idrica comunale	Polietilene	75.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	41.9486470065922
065021	Distribuzione	Camerota Starze	Rete idrica comunale	Polietilene	75.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	262.432197754577
065021	Distribuzione	Licusati	Rete idrica comunale	Polietilene	63.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	12.9369353782395
065021	Distribuzione	Sant'Iconio	Rete idrica comunale	Ghisa	60.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	78.8351040429146
065021	Distribuzione	Camerota capoluogo	Rete idrica comunale	Ghisa	40.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	29.403526649616
065021	Distribuzione	Licusati	Rete idrica comunale	Ghisa	100.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	185.973594175077
065021	Distribuzione	Sant'Iconio	Rete idrica comunale	Polietilene	63.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	7.11283562776841
065021	Distribuzione	Sant'Iconio	Rete idrica comunale	Ghisa	60.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	16.8865819693114
065021	Distribuzione	Sant'Iconio	Rete idrica comunale	Ghisa	100.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	49.1936523828637
065021	Distribuzione	Lentiscosa	Rete idrica comunale	Polietilene	32.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	53.7090817375328
065021	Distribuzione	Sant'Iconio	Rete idrica comunale	Polietilene	90.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	232.028982456263
065021	Distribuzione	Lentiscosa	Rete idrica comunale	Polietilene	32.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	13.8375822560843
065021	Distribuzione	Camerota Starze	Rete idrica comunale	Polietilene	50.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	277.17710329252
065021	Distribuzione	Lentiscosa	Rete idrica comunale	Polietilene	32.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	21.6873067858691
065021	Distribuzione	Licusati	Rete idrica comunale	Polietilene	63.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	65.3752229817206
065021	Distribuzione	Sant'Iconio	Rete idrica comunale	Ghisa	100.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	33.8607796347711
065021	Distribuzione	Camerota capoluogo	Rete idrica comunale	Ghisa	60.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	60.5586573166306
065021	Distribuzione	Sant'Iconio	Rete idrica comunale	PVC	65.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	14.2059969348782
065021	Distribuzione	Sant'Iconio	Rete idrica comunale	Polietilene	110.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	244.313171617853
065021	Distribuzione	Camerota Starze	Rete idrica comunale	Polietilene	50.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	73.2071858736895
065021	Distribuzione	Camerota capoluogo	Rete idrica comunale	Ghisa	80.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	24.9997628347985
065021	Distribuzione	Lentiscosa	Rete idrica comunale	Acciaio	150.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	24.9702429615149
065021	Distribuzione	Licusati	Rete idrica comunale	Ghisa	100.00	[Non noto]	0.00	[Non noto]	-999.00	0	1.29728575311653

Figura 25_Schermata SIT Tabella Attributi Reti di Distribuzione

2. ai serbatoi: schermata tabella attributi è associata una tabella attributi riportante un codice identificativo tipo "coi" dati catastali (Foglio, Particella), quota e per taluni manufatti l'anno di realizzazione:



[Comune]	[INFRASTRUTTURA]	[COD_COI]	[Foglio]	[Particella]	[ID Sito Telecontrollo]	[Nome]	[Località]	[Stato produttivo]	[Quota di presa (m.s.l.m)]	[Numero di vasche]	[Capacità utile (mc)]	[Anno di realizzazione]
ALFANO	serbatoio	id.distr.065004.srb.idr:001.v3	3	721	OV_146_LIV_1_MED	Alfano basso	[Non noto]	In esercizio	308.00	0	0	0
ALFANO	serbatoio	id.distr.065004.srb.idr:002.v3	3	100	SB001	Alfano alto	[Non noto]	In esercizio	413.00	0	0	0
ASCEA	serbatoio	id.distr.065009.srb.idr:001.v3	38	8	SB008	Mandia	[Non noto]	In esercizio	613.00	0	0	1999
ASCEA	serbatoio	id.distr.065009.srb.idr:005.v3	46	616	SB004	Ascea capoluogo basso	[Non noto]	In esercizio	254.00	0	0	1958
ASCEA	serbatoio	id.distr.065009.srb.idr:007.v3	3	612	SB230	Potabilizzatore Paimo	Paimo	In esercizio	4.00	0	0	2012
ASCEA	serbatoio	id.distr.065009.srb.idr:009.v3	17	30	OV_4_LIV_1_MED	Ascea Marina vasca 1	Ascea zona alta marina	In esercizio	80.00	0	0	1973
ASCEA	serbatoio	id.distr.065009.srb.idr:002.v3	25	232	SB010	Terradura alto	[Non noto]	In esercizio	333.00	0	0	1999
ASCEA	serbatoio	id.distr.065009.srb.idr:012.v3	46	478	SB003	Ascea capoluogo alto	[Non noto]	In esercizio	330.00	0	0	1999
ASCEA	serbatoio	id.distr.065009.srb.idr:013.v3	7	573	OV_19_LIV_1_MED	Ascea stampella	[Non noto]	In esercizio	200.00	0	0	0
ASCEA	serbatoio	id.distr.065009.srb.idr:010.v3	14	188	SB012	Ascea Vrecca	[Non noto]	In esercizio	238.00	0	0	0
ASCEA	serbatoio	id.distr.065009.srb.idr:011.v3	44	571	SB006	Ascea stazione	Ascea Stazione	In esercizio	68.00	0	0	1958
ASCEA	serbatoio	id.distr.065009.srb.idr:006.v3	48	230	SB007	Catona	[Non noto]	In esercizio	642.00	0	0	1999
ASCEA	serbatoio	id.distr.065009.srb.idr:009.v3	17	30	OV_4_LIV_2_MED	Ascea Marina vasca 2	Ascea zona alta marina	In esercizio	80.00	0	0	1973
ATENA LUCANA	serbatoio	id.distr.065010.srb.idr:001.v3	16	1217	SB304	Caggiuolo	[Non noto]	In esercizio	710.00	0	0	0
ATENA LUCANA	serbatoio	id.distr.065010.srb.idr:004.v3	16	688	SB302	Fontanelle	[Non noto]	In esercizio	700.00	0	0	0
ATENA LUCANA	serbatoio	id.distr.065010.srb.idr:002.v3	15	1038	SB303	Serrone scalo nuovo	[Non noto]	In esercizio	544.00	0	0	0
AULETTA	serbatoio	id.distr.065012.srb.idr:001.v3	14	347	OV_39_Liv_1_MED	Auletta (cimitero-pozzo)	Varco di pistrastretta	In esercizio	337.00	0	0	0
AULETTA	serbatoio	id.distr.065012.srb.idr:002.v3	2	166	OV_78_Liv_1_MED	Giro	[Non noto]	In esercizio	516.00	0	0	0
BRIENZA	serbatoio	id.distr.076013.srb.idr:001.v3	15	340 - 342	OV_27_Liv_1_MED	Atena Sant'Elena	[Non noto]	In esercizio	719.00	0	0	0
CAGGIANO	serbatoio	id.distr.065019.srb.idr:001.v3	29	420	SB342	Sollevamento per Caggiano - Salvitelle	[Non noto]	In esercizio	523.00	0	0	0
CAGGIANO	serbatoio	id.distr.065019.srb.idr:003.v3	23	217, 361	OV_148_Liv_1_MED	Caggiano	[Non noto]	In esercizio	883.00	0	0	0
CAGGIANO	serbatoio	id.distr.065019.srb.idr:002.v3	4	505	OV_38_Liv_1_MED	Salvitelle nuovo	[Non noto]	In esercizio	825.00	0	0	0
CAMEROTA	serbatoio	id.distr.065021.srb.idr:002.v3	21	64	OV_92_LIV_1	Camerota Starze vasca 1	Monte di luna	In esercizio	425.00	0	0	0
CAMEROTA	serbatoio	id.distr.065021.srb.idr:006.v3	7	246	OV_15_LIV_2_MED	Lenticosa e Camerota Capoluogo vasca 2	Piani	In esercizio	411.00	0	0	1999
CAMEROTA	serbatoio	id.distr.065021.srb.idr:002.v3	21	64	OV_92_LIV_2	Camerota Starze vasca 2	Monte di luna	In esercizio	425.00	0	0	0
CAMEROTA	serbatoio	id.distr.065021.srb.idr:006.v3	7	246	OV_15_LIV_1_MED	Lenticosa e Camerota Capoluogo vasca 1	Piani	In esercizio	411.00	0	0	1999
CAMEROTA	serbatoio	id.distr.065021.srb.idr:001.v3	49	354	SB018	Licusati nuovo	Licusati	In esercizio	317.00	0	0	1999

Figura 26__ Schermata SIT Tabella Attributi Serbatoi

All'interno del S.I.T. è presente il modulo specifico di modellazione idraulica in EPANET che consente di preparare il file .inp compatibile con l'applicativo. Il modulo suddetto verifica una serie di condizioni che devono essere rispettate affinché il file sia formalmente corretto per essere importato in EPANET, ed in particolare:

1. Deve essere presente almeno un serbatoio o una sorgente per ogni Network
2. I Nodi sorgente (R) devono essere posizionati in un nodo terminale
3. Pompe (P) e Valvole aperte (V) non possono essere posizionate in un nodo terminale
4. Pompe (P) e Valvole sia aperte (V) che chiuse (V0) non possono essere posizionate in un incrocio
5. Le Linee devono avere Diametro ≥ 0
6. I livelli di tipo 'P' (pompe, organi di regolazione della pressione) devono avere le colonne:

ND_EPA_PKW (potenza della pompa a energia costante)

ND_EPA_PQV (portata)

ND_EPA_PRE (pressione)

7. La domanda ai nodi viene rilevata in uno dei seguenti modi:

- a. in tutti i livelli dei punti di consegna viene valorizzata la colonna 'ND_EPA_DEM' con il valore in l/sec;

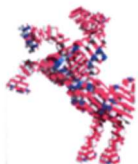


- b. in tutti i livelli dei punti di consegna viene valorizzata la colonna 'ND_EPA_DEM' con il numero totale delle persone servite. Il numero sarà utilizzato per il calcolo della domanda complessiva sul nodo (consumo idrico pro-capite immesso in fase di avvio del calcolo * 'ND_EPA_DEM');
- c. Il valore della domanda viene calcolato automaticamente sulla base della popolazione residente (sezioni di censimento 2021) che ricade nell'intorno dei nodi terminali
- d. Il valore della domanda viene calcolato automaticamente sulla base della popolazione residente (sezioni di censimento 2021) che ricade nell'intorno di tutti i nodi del network esclusi R, T, V e P

Il risultato di EPANET può essere visualizzato sempre all'interno del S.I.T.: in questo modo è possibile orientarsi e individuare rapidamente sulla cartografia (ad esempio mappa satellitare o stradale) i distretti o le singole utenze che potrebbero subire dei disservizi in particolari ore della giornata a seguito di determinati scenari di consumo, o di basso livello al serbatoio, ecc.

È prevista, inoltre, la possibilità di integrare nel S.I.T. i dati rilevati dai sistemi di telecontrollo (RTU, PLC) presenti sul campo, in modo da dare una visione territoriale e tematica dei dati continuamente rilevati in determinati punti: portate misurate, livelli ai serbatoi o pressioni nei punti critici.

Il S.I.T. per come è stato costruito consente: la generazione del modello topologico a partire da un elenco di livelli forniti; la trasformazione diretta della rete idraulica 2D in 3D con acquisizione delle misure dal DTM Italia 20x20 m; la generazione automatica di "zone non connesse" che potrebbero, in seguito ad affinamenti del sistema, essere assibilibili a "distretti idraulici"; l'analisi di connettività/alimentazione della rete; il controllo e la correzione automatica dei disallineamenti tra i livelli topologici presenti sul Cloud e i livelli di base collegati, archiviati nei sistemi gestionali aziendali; l'aggiornamento automatico del modello topologico in caso di aggiornamento dei livelli archiviati nei sistemi gestionali aziendali; il riconoscimento automatico degli oggetti presenti nei livelli collegati ma non ancora agganciati della rete; la parametrizzazione delle regole di transizione ai nodi (non ritorno, incroci con vie obbligate, ecc.); l'App mobile con funzionalità specifiche per la rilevazione dei tratti, degli allacci, dei pozzetti, dei punti di consegna, delle letture ed altro; il report di misure e statistiche varie; la creazione dei modelli dati SINFI; la modellazione idraulica con EPANET; la gestione dei collegamenti tra gli oggetti mappati e tabelle esterne (per es. Punti Di Consegna-Lista Utenze archiviate nel sistema gestionale); l'interfaccia con ERP gestionale ("DataSync" con temporizzazione della sincronizzazione automatica); la gestione degli interventi di manutenzione sulla rete; la geo codifica automatica della segnalazione; l'interfaccia con CRM esterno; l'inoltro dell'ordine di ispezione alla squadra di lavoro; la simulazione della interruzione del servizio; l'individuazione dei nodi di confine (valvole da chiudere per isolare il tratto); la generazione delle liste degli oggetti di rete interessati dalla interruzione, la compilazione della lista



delle utenze interessate dalla interruzione; l'archiviazione automatica degli elenchi nel DB delle manutenzioni; la creazione dell'ordine di lavoro (generazione automatica dello scenario di interruzione del servizio ed invio alla squadra di lavoro di tutti i dati attraverso un file KML); la generazione dei report con i dati di sintesi utili per ARERA.

5.2 CRITICITÀ NELL'EROGAZIONE DEL SERVIZIO

Nel presente paragrafo vengono analizzati i macro – indicatori M1“Perdite idriche”; M2“Interruzioni del servizio” ed M3: “Qualità dell'acqua erogata” nell'Ambito di Intervento dei comuni gestiti.

Si riportano nella seguente tabella, i valori dei macro-indicatori del gestore riferiti agli anni 2019 e 2020:

Parametro	2019	2020	Classe di appartenenza 2021	Obiettivi
M1a	20,46	16,67		
M1b	61,19%	60,20%		
M1	20,46	16,67	E	6% M1a annuo
M2	61,43	63,27	C	5% M2 annuo
M3a	0%	0%		
M3b	2,99%	3,49%		
M3c	0,28%	0,29%		
M3			C	Rientro nella classe precedente in due anni

Tabella 10_Standard generali ARERA

5.2.1 MACRO INDICATORE M1

Il macro-indicatore M1 è stato calcolato a partire dagli indicatori:

M1a: perdite idriche lineari

Le perdite idriche lineari sono definite come rapporto tra volume delle perdite idriche totali e lunghezza complessiva della rete di acquedotto nell'anno considerato



Si è proceduto alla definizione dell'indicatore M1a mediante le formule indicate all'Art. 7 del "Titolo 3 – Standard Generali di Acquedotto" dell'Allegato A - Regolazione della Qualità Tecnica del Servizio Idrico Integrato ovvero di ciascuno dei singoli servizi che lo compongono (RQTI)" della Deliberazione ARERA n. 917/2017/R/IDR:

$$M1a = \frac{WL_{TOT}}{(365 * Lp)}$$

$$WL_{TOT} = \sum W_{IN} - \sum W_{OUT}$$

dove:

- W_{IN} espresso in m^3 sono Volumi in ingresso nel sistema di acquedotto.

La determinazione del parametro è ottenuta mediante la registrazione dei volumi idrici captati ed emunti dalle sorgenti e dai pozzi.

- W_{OUT} espresso in m^3 : Volumi in uscita nel sistema di acquedotto.

Il parametro è costituito da 3 aliquote: i volumi esportati verso altri sistemi, autorizzati e fatturati agli altri Enti/Gestori, contabilizzati con misuratori idrici all'uso dedicati; i volumi autorizzati e fatturati agli utenti del servizio di distribuzione, contabilizzati con misuratori idrici all'uso dedicati; i volumi autorizzati e non fatturati (quali ad esempio le bocche antincendio ecc) stimati, come da formula ARERA, pari allo 0,5% del volume fatturato di acqua consumata e misurata nell'insieme di tutte le reti di distribuzione gestite

- Lp espresso in km: Lunghezza condotte di adduzione e distribuzione.

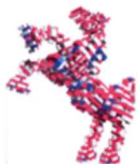
Tale valore viene desunto dalle reti digitalizzate sul Gis.

Si riportano nella seguente tabella, i valori utilizzati per il calcolo dell'indicatore M1a.

Anno di rif.	$\sum W_{IN}$	$\sum W_{OUT}$	WL_{TOT}	Lp	M1a
	[m^3]	[m^3]	[m^3]	[km]	[$m^3/km/d$]
2019	29.175.723	11.324.177	17.851.546	2.391	20,46
2020	24.641.651	9.795.867	14.845.784	2.440	16,67

Tabella 11_M1a anni 2019-2020

M1b: Perdite idriche percentuali



Le perdite idriche percentuali sono definite come rapporto tra volume delle perdite idriche totali e volume complessivo in ingresso nel sistema di acquedotto nell'anno considerato.

Si è proceduto alla definizione dell'indicatore M1a mediante le formule indicate all'Art. 8 del "Titolo 3 – Standard Generali di Acquedotto" dell'Allegato A - Regolazione della Qualità Tecnica del Servizio Idrico Integrato ovvero di ciascuno dei singoli servizi che lo compongono (RQTI)" della Deliberazione ARERA n. 917/2017/R/IDR:

$$M1b = \frac{WL_{TOT}}{\Sigma W_{IN}}$$

Si riportano nella Tabella seguente, i valori utilizzati per il calcolo dell'indicatore M1b.

Anno di riferimento	ΣW_{IN}	WL_{TOT}	M1b
	[m ³]	[m ³]	[%]
2019	29.175.723	17.851.546	61,19
2020	24.641.651	14.845.784	60,25

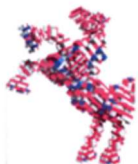
Tabella 12_M1b anni 2019-2020

Dall'analisi degli indicatori M1a ed M1b è possibile definire il macro-indicatore M1 ed individuare la classe di appartenenza del gestore con i relativi obiettivi.

ID	Indicatore	Categoria tariffaria	ID Classe	Obiettivi
M1	M1a - Perdite idriche lineari [mc/km/gg] M1b – Perdite idriche percentuali [%]	RES	A	Mantenimento
			B	-2% di M1a annuo
			C	-4% di M1a annuo
			D	-5% di M1a annuo
			E	-6% di M1a annuo

Figura 27_Indicatore ARERA M1

Dall'analisi dei valori del macro-indicatore M1 è possibile desumere che, per l'anno 2020, il gestore Consac appartiene alla classe E.



Infine, si riportano nella seguente tabella i valori relativi al calcolo del parametro G1.1:

Anno di rif.	W _{Ptot}	W _{PEM}	W _{Utot}	W _{Uem}	G1.1
	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[%]
2019	29.175.723	6.542.842	10.185.011	10.184.011	0,425
2020	24.641.651	7.309.963	9.795.867	9.795.867	0,497

Tabella 13_Valori G1.1

5.2.2 MACRO INDICATORE M2

Il macro-indicatore M2 è definito come somma delle durate delle interruzioni programmate e non programmate annue, verificatesi in ciascun anno a, moltiplicate per il numero di utenti finali servizi soggetti alla interruzione stessa, e rapportata al numero totale di utenti finali serviti dal gestore.

Il macro-indicatore M2 è stato calcolato mediante la formule indicate all'Art. 9 del "Titolo 3 – Standard Generali di Acquedotto" dell'Allegato A - Regolazione della Qualità Tecnica del Servizio Idrico Integrato ovvero di ciascuno dei singoli servizi che lo compongono (RQTI)" della Deliberazione ARERA n. 917/2017/R/IDR:

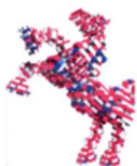
$$M2 = \frac{\sum U_i * t_i}{U_{tot,ACQ}}$$

dove:

- U_i è il numero di utenti finali soggetti alla i -esima interruzione del servizio avvenuta nell'anno a. Tale valore è calcolato a partire dall'elenco delle utenze censite per la/e n -esima/e via/e e/o strada/e nella quale si esegue l'intervento di manutenzione e, quindi, si verifica l'interruzione idrica;
- t_i espresso in ore rappresenta la durata della i -esima interruzione del servizio avvenuta nell'anno a;
- $U_{tot,ACQ}$ rappresenta il numero complessivo di utenti finali serviti dal gestore per il servizio di acquedotto, riferito alla data del 31 dicembre dell'anno a.

Si riportano in Tabella seguente, i valori utilizzati per il calcolo del macro-indicatore M2.

Anno di rif.	$\sum U_i$	$\sum t_i$	$U_{tot,ACQ}$	M2
	[num]	[ore]	[num]	[ore]
2019	937.698	2.273	96.305	61,43



2020	1.267.149	2.021	95.811	63,27
------	-----------	-------	--------	-------

Tabella 14_Macroindicatore M2 anni 2019 - 2020

ID	Indicatore	Categoria tariffaria	ID Classe	Classe	Obiettivi
M2	Interruzioni del servizio [ore]	ALTRO	A	M2<6	mantenimento
			B	6≤M2<12	-2% M2 annuo
			C	12≤M2	-5% M2 annuo

Figura 28_Macroindicatore M2_ARERA

Dall'analisi dei valori del macro-indicatore M2 è possibile desumere che, per l'anno 2020, il gestore Consac appartiene alla classe C.

5.2.3 MACRO INDICATORE M3

Il valore di M3 risulta essere contenuto in quanto le reti di distribuzione interna in gestione sono alimentate da adduttrici provenienti da sorgenti: le acque captate, in virtù delle loro naturali caratteristiche organolettiche, non necessitano di essere sottoposte a trattamenti di potabilizzazione.

Inoltre, in tutto il territorio in gestione, si è verificata la totale assenza di Ordinanze di non Potabilità.

Il macro-indicatore M3 è definito in funzione degli indicatori:

M3a: Incidenza ordinanze di non potabilità.

Tale indicatore è determinato come numero di utenze interessate da sospensioni o limitazioni dell'uso della risorsa ai fini potabili, correlato al numero di giorni nell'anno per cui sono risultate vigenti le medesime sospensioni o limitazioni d'uso, e infine rapportato al numero complessivo di utenti finali allacciati al servizio di acquedotto.

L'indicatore M3a è stato calcolato mediante la formula indicata all'Art.11 del "Titolo 3 – Standard Generali di Acquedotto" dell'Allegato A - Regolazione della Qualità Tecnica del Servizio Idrico Integrato ovvero di ciascuno dei singoli servizi che lo compongono (RQT1)" della Deliberazione ARERA n. 917/2017/R/IDR:

$$M3a^a = \frac{\sum U_i * t_i}{U_{tot,ACQ} * 365} * 100$$



dove:

- U_i è il numero di utenti finali interessati dall'ordinanza di non potabilità i -esima avvenuta nell'anno a .
- t_i espresso in ore rappresenta la durata dell'ordinanza di non potabilità i -esima avvenuta nell'anno a , intesa come durata del momento di avvenuta pubblicazione dell'ordinanza al momento di ritiro della medesima da parte dell'autorità preposta.
- $U_{tot,ACQ}$ rappresenta il numero complessivo di utenti finali serviti dal gestore per il servizio di acquedotto, riferito alla data del 31 dicembre dell'anno a .

Variabile	U.M.	2019 Valore	2020 Valore
U_i	[num]	0	0
t_i	[ore]	0	0
$U_{tot,ACQ}$	[num]	0	0

Tabella 15_Indicatore M3a_anni 2019-2020

M3b: Tasso di campioni da controlli interni non conformi.

Tale indicatore è determinato come numero di campioni di acqua analizzati dal gestore nell'ambito dei controlli interni, effettuati sulla rete di distribuzione a valle di eventuali impianti di potabilizzazione, per i quali è stata rilevata una non conformità per uno o più valori di parametro, ai sensi del d.lgs. 31/2001 e s.m.i., rapportato al numero complessivo di campioni di acqua analizzati dal gestore nell'ambito dei detti controlli interni.

L'indicatore M3b è stato calcolato mediante la formula indicata all'Art.12 del "Titolo 3 – Standard Generali di Acquedotto" dell'Allegato A - Regolazione della Qualità Tecnica del Servizio Idrico Integrato ovvero di ciascuno dei singoli servizi che lo compongono (RQTI)" della Deliberazione ARERA n. 917/2017/R/IDR:

$$M3b^a = \frac{C_{ACQ-cnc}^a}{C_{ACQ-tot}^a} * 100$$

dove:

- $C_{ACQ-cnc}$ rappresenta il numero di campioni di acqua analizzati nell'anno a dal gestore nell'ambito dei controlli interni effettuati sulla rete di distribuzione a valle di eventuali impianti di potabilizzazione e risultati non conformi all'Allegato I, parte A e/o B e/o C del medesimo decreto;



- $C_{ACQ-tot}$ rappresenta il numero complessivo di campioni di acqua analizzati nell'anno a dal gestore nell'ambito dei controlli interni effettuati sulla rete di distribuzione a valle di eventuali impianti di potabilizzazione

Variabile	U.M.	2019	Valore	2020	Valore
$C_{ACQ-cnc}$	[num]	20		54	
$C_{ACQ-tot}$	[num]	668		1.549	

Tabella 16_Indicatore M3b_anni 2019-2020

In merito $C_{ACQ-cnc}$ si precisa quanto segue:

Nel corso dell'anno 2020 si sono verificati n. 62 campioni non conformi al D. Lgs. 31/2001.

Tuttavia, si rappresentano nella "Tabella 3_Parametri fuori limite" in Appendice, i parametri fuori limite che hanno determinato la non conformità dei campioni.

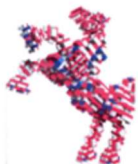
M3c: Tasso di parametri da controlli interni non conformi.

Tale indicatore è determinato come numero di parametri non conformi all'Allegato I, Parte A e/o B e/o C del d.lgs. 31/2001 e s.m.i. nei campioni di acqua analizzati nell'anno dal gestore nell'ambito dei controlli interni, effettuati sulla rete di distribuzione a valle di eventuali impianti di potabilizzazione, rapportato al numero complessivo di parametri analizzati nell'anno dal gestore nell'ambito dei detti controlli interni.

L'indicatore M3c è stato calcolato mediante la formula indicata all'Art.13 del "Titolo 3 – Standard Generali di Acquedotto" dell'Allegato A - Regolazione della Qualità Tecnica del Servizio Idrico Integrato ovvero di ciascuno dei singoli servizi che lo compongono (RQTI)" della Deliberazione ARERA n. 917/2017/R/IDR:

$$M3c^a = \frac{P_{ACQ-pnc}^a}{P_{ACQ-tot}^a} * 100$$

dove:



- $P_{ACQ-pnc}$ rappresenta il numero di parametri non conformi all'Allegato I, parte A e/o B e/o C del D. Lgs. 31/2001 e s.m.i. in tutti i campioni di acqua prelevati nell'anno a dal gestore nell'ambito dei controlli interni effettuati sulla rete di distribuzione a valle di eventuali impianti di potabilizzazione;
- $P_{ACQ-tot}$ rappresenta il numero di parametri analizzati in tutti i campioni prelevati nell'anno a dal gestore nell'ambito dei controlli interni effettuati sulla rete di distribuzione a valle di eventuali impianti di potabilizzazione.

Variabile	U.M.	2019	Valore	2020	Valore
$P_{ACQ-pnc}$	[num]	25		62	
$P_{ACQ-tot}$	[num]	8.956		23.508	

Tabella 17_Indicatore M3c_anni 2019-2020

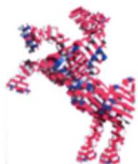
Si riportano in tabella i valori calcolati per il macro-indicatore M3:

Anno di riferimento	M3a	M3b	M3c
	[%]	[%]	[%]
2019	0%	2,99%	0,28%
2020	0%	3,49%	0,27%

Tabella 18_Macro-Indicatore M3

ID	Indicatore	Categoria tariffaria	ID Classe	Classe	Obiettivi
M3	M3a - Incidenza ordinanze di non potabilità [%] M3b - Tasso campioni non conformi [%] M3c - Tasso parametri non conformi [%]	RES	A	M3a=0 M3b≤0,5% M3c≤0,1%	mantenimento
			B	M3a≤0,005% M3b≤0,5% M3c>0,1%	M3a=0 -10% M3c annuo
			C	M3a≤0,005% 0,5%<M3b ≤5,0%	rientro nella classe precedente in 2 anni
			D	M3a ≤0,005% M3b >5,0%	rientro nella classe precedente in 2 anni
			E	M3a >0,005%	rientro nella classe precedente in 2 anni

Figura 29_Macroindicatore ARERA M3



Dall'analisi dei valori determinati per gli indicatori M3a, M3b e M3c, e dal confronto con i valori definiti nell'Allegato A della delibera, si evince che il gestore Consac, per l'anno 2020, risulta essere in classe C.

Infine, si riportano nella seguente tabella i valori relativi al calcolo del parametro G3.1.

Anno di rif.	Numero campioni (da controlli interni) effettuati in distribuzione a valle di eventuali impianti di potabilizzazione	Volume fatturato alle utenze	G3.1
	[num]	[m ³]	[n./100 0m ³]
2019	668	10.184.011	0,07
2020	1.549	9.795.867	0,16

Tabella 19_Valore G3.1_anni 2019-2020

5.3 DESCRIZIONE DEL FUNZIONAMENTO DELLA RETE

Il Cilento è costituito dal territorio dei comuni della fascia costiera e del suo immediato entroterra a sud della provincia di Salerno. Tale territorio è caratterizzato da una fascia costiera che fonda la sua economia principalmente sul turismo, mentre l'entroterra, ha un'economia prevalentemente agricola ed oggetto di una graduale ma costante emigrazione. L'area del Vallo di Diano, entroterra a sud della provincia di Salerno, confina con la Regione Basilicata: i comuni principali sono Sala Consilina, Teggiano e Padula.

Il territorio si estende per 1.575 km², con una popolazione residente di complessive 144.602 unità secondo i dati ISTAT 2021 ed una densità media di 88 abitanti per km². Di non poco conto è il numero stimato di unità che costituiscono la popolazione fluttuante, pari a circa 72.500, concentrata geograficamente perlopiù lungo la fascia costiera e temporalmente nei mesi estivi. Tra i comuni ricadenti nel territorio servito solo 9 (16%) hanno un numero di abitanti superiore alle 5.000 unità.

Nell'Ambito di Intervento dei 55 comuni gestiti da Consac, l'approvvigionamento idrico avviene attraverso 143 punti prelievo così classificati:

- n. 90 punti di approvvigionamento da sorgenti;
- n. 37 punti di approvvigionamento da pozzi;
- n. 16 punti di approvvigionamento da terzi (altri gestori):
 - o ASIS: relativamente alle forniture sul versante nord-ovest (con consegna su Vatolla in Comune di Mercato Cilento, Rutino, Serramezzana ed Acque del Conte in Comune di Montecorice e



vari punti di consegna nel Comune di Castellabate a partire dal 01/01/2019), nonché sul Vallo di Diano (con due distinte consegne nel Comune di Auletta);

- o PLURIACQUE: relativamente alla fornitura di acqua in uscita dal potabilizzatore di Angellara nel Comune di Vallo della Lucania;
- o CONSORZIO DI BONIFICA VELIA: relativamente alla fornitura di acqua grezza in ingresso al potabilizzatore del Paino nel Comune di Ascea.

Mentre Consac riesce a soddisfare il fabbisogno idrico durante i mesi invernali, le criticità maggiori si verificano durante il periodo estivo, in particolare, nei territori della fascia costiera a forte presenza turistica, in cui:

- la portata delle fonti di approvvigionamento (sorgenti e pozzi) risultano ridotte al minimo;
- la domanda di risorsa idrica proveniente dalle utenze “stagionali” e popolazione fluttuante è superiore ai 2,5 abitanti per ogni utenza censita (valore medio Consac);
- l’offerta idrica disponibile all’utenza è notevolmente inferiore per effetto dell’elevato valore delle perdite nelle reti di distribuzione.

In particolare, negli anni siccitosi, l’insufficienza della risorsa idrica costringe molti sistemi locali a periodiche turnazioni con interruzione del servizio durante la notte per consentire il ripristino del livello ai serbatoi.

Il 2020 è stato un anno particolarmente negativo in quanto ha determinato:

- 372 chiusure notturne per ripristino livelli nei serbatoi come riportato in “Tabella 4_chiusure notturne” dell’Appendice;
- 1.410 interruzioni non programmate per riparazioni condotte in seguito a rottura imprevista come riportato in “Tabella 5_ Interruzioni non programmate per rottura tubazioni” dell’Appendice.

Inoltre, le operazioni di ripristino del servizio connesse con le riparazioni delle tubazioni possono comportare temporanei fenomeni di torbidità della risorsa idrica.

Tale eventualità rappresenta un disagio per l’utenza e ha un effetto negativo sul turismo, pur non condizionando la qualità dell’acqua di approvvigionamento da pozzi o sorgenti che rimane comunque di buona qualità alla fonte.

5.4 GLI INDICATORI DI PERFORMANCE

KPI, acronimo inglese che sta per “Key Performance Indicators”, in italiano “indicatori di prestazione chiave”, sono degli indicatori strategici che permettono di misurare le prestazioni di un determinato processo o attività



e devono essere legati a degli obiettivi che ci si propone di raggiungere. Essi devono essere quantificabili e misurabili in quanto devono permettere di analizzare con precisione i progressi fatti verso il raggiungimento dei propri obiettivi.

Gli indicatori di seguito presentati, previsti in via per la redazione del Piano d'Ambito e costruiti utilizzando i dati della ricognizione, sono stati classificati rispetto alle categorie di criticità indicate dall'ARERA nelle recenti delibere che regolano la programmazione a breve termine del SII.

Nei paragrafi successivi ci concentreremo sui KPI Asset (riferiti agli asset del SII) di Consac confrontandoli con i KPI del Distretto "Sele" e dell'intero territorio regionale definiti nel Piano d'Ambito. Inoltre, per ogni indicatore, è mostrata la formulazione, l'informazione rispetto alla tipologia dell'indicatore e l'unità di misura utilizzata. Lo screening del sistema di KPI, in funzione degli obiettivi generali e specifici, permette di individuare immediatamente situazioni di criticità correlate alle caratteristiche strutturali del sistema per le quali non risultano rispettati gli obiettivi di servizio.

5.4.1 KPI ASSET

KPI - Asset: Sono indicatori che si riferiscono agli asset del SII: Sorgenti, pozzi, cloratori, Potabilizzatori, Adduttrici, Serbatoi, Partitori, Distributrici, Sollevamenti idrici.

5.4.1.1 SORGENTI

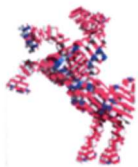
KPI_s_mis

L'indice rappresenta, in termini percentuali, le sorgenti dotate di misuratori di portata in rapporto a quelle complessive:

<i>KPI_s_mis</i>	$\frac{\text{n° sorgenti dotate di misuratori di portata}}{\text{n° totale sorgenti}}$
------------------	--

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac raffrontato con il dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Sorgenti Totali	in esercizio	non in esercizio	STRUMENTI DI MISURA	STRUMENTI	KPI [%]
					DI MISURA ASSENTI	



Grossisti						
Calore Irpino						
Napoli						
Sarnese Vesuviano	632	576	56	153	363	29,65
Sele						
Caserta						
Sele	261	256	5	59	154	27,7
Consac gestioni idriche spa	90	84	6	1	89	1,1

Dalla tabella si evince che solo il 29.65 % delle sorgenti presenti nel territorio campano è dotato di misuratori di portata. Il basso valore dell'indice di Consac è imputabile al numero elevato di sorgenti con portate poco significative.

Le misure di portata in Consac si eseguono su tutte le sorgenti con il "metodo dello stramazzo" con una frequenza di 1 volta al mese anche per difficoltà di accessibilità alle medesime.

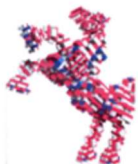
KPI_s_cons_civ

L'indice rappresenta, in termini percentuali, le sorgenti il cui stato di conservazione, dichiarato dai gestori, è considerato scadente.

<i>KPI_s_cons_civ</i>	n° sorgenti il cui stato di conservazione delle opere civili è scadente/n° totale sorgenti
-----------------------	--

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac raffrontato con il dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Sorgenti Totali	in esercizio	non in esercizio	STATO DI CONSERVAZIONE			KPI [%]
				scadente	sufficiente	buono	



Grossisti							
Calore Irpino							
Napoli							
Sarnese Vesuviano	632	576	56	146	313	76	27,29
Sele							
Caserta							
Sele	261	256	5	28	167	32	12,33
Consac gestioni idriche							
spa	90	84	6	80	4	0	95,2

L'analisi dei dati mostra come oltre il 70 % delle sorgenti su cui è stato acquisito il dato risulta in buone condizioni. Lo "stato di conservazione delle opere edili" delle sorgenti di Consac si attesta su una valutazione di tipo "scadente" in quanto i manufatti edili, oltre ad essere vetusti, non sono adeguati agli standard di sicurezza minimi della risorsa (mancanza di recinzione, assenza di sistemi di protezione...) né sono indicati con opportuna segnaletica informativa.

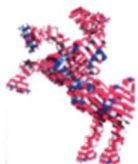
KPI_s_cons_tut_ass

L'indice rappresenta, in termini percentuali, le sorgenti dotate di area di tutela assoluta così come previsto dall'art. 94 co. 3 del D.Lgs 152/2006).

KPI_s_tut_ass	n° sorgenti dotate di area di tutela assoluta (art.94 co.3 del D.Lgs 152/2006)/n° totale sorgenti
---------------	---

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac raffrontato con il dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Sorgenti Totali	in esercizio	non in esercizio	ZONA TUTELA ASSOLUTA		KPI [%]
				SI	NO	



Grossisti						
Calore Irpino						
Napoli						
Sarnese Vesuviano	632	576	56	303	185	62,09
Sele						
Caserta						
Sele	261	256	5	127	55	12,33
Consac gestioni idriche spa	90	84	6	4	80	4,8

Dalla tabella si evince che circa il 60 % delle sorgenti totali sono dotate di aree di tutela assoluta mentre in Consac solo il 4,8% è dotato di aree di tutela assoluta: tale valore, pur risultando insoddisfacente, è dovuto al fatto che le medesime sorgenti, spesso, risultano di difficile accessibilità con mezzi a motore per cui è la morfologia stessa del territorio a creare, naturalmente, una seppur minima zona di tutela.

KPI_s_port

L'indice rappresenta, in termini percentuali, le sorgenti le cui portate medie risultano inferiori a 2 l/s.

<i>KPI_s_port</i>	n° sorgenti in cui la portata media derivata (misurata o stimata) è inferiore a 2 l/s/n° totale sorgenti
-------------------	--

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac rapportato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Sorgenti Totali	in esercizio	non in esercizio	Classificazioni Sorgenti in		KPI [%]
				termini di		
				portata media derivata		
				pmdd<2l/s	pmdd>2l/s	
Grossisti						
Calore Irpino	632	576	56	294	230	56,11
Napoli						
Sarnese Vesuviano						



Sele
Caserta

Sele	261	256	5	114	128	47,11
Consac gestioni idriche spa	90	84	6	54	30	64,3

L'indice ha lo scopo di rappresentare sinteticamente la frammentarietà delle risorse disponibili nei diversi distretti, correlabile alla limitata resilienza del sistema. Dai risultati si evince come nel territorio gestito da Consac gestioni idriche sia presente una elevata frammentarietà delle sorgenti utilizzate.

KPI_s_vol_mis

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il volume medio annuo misurato dal sistema di sorgenti sul totale prelevato dallo stesso sotto-sistema di risorse.

KPI_s_vol_mis	Volume medio annuo misurato derivato dal sistema di sorgenti/Volume medio annuo prelevato dal sistema di sorgenti (misurato+ stimato)
---------------	---

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac rapportato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Sorgenti Totali	in esercizio	non in esercizio	Classificazioni Volume		KPI [%]
				medio annuo		
				prelevato in termini di misura		
				vmad misurato	vmad stimato	
Grossisti						
Calore Irpino						
Napoli	632	576	56	442.513.677	194.412.412	69,48
Sarnese Vesuviano						



Sele

Caserta

Sele	261	256	5	98.021.250	23.969.858	80,35
Consac gestioni idriche spa	90	84	6	8.606.444	2.036.590	80,9

Dall'analisi si evince che circa il 70% del volume derivato dalle sorgenti è misurato.

Per Consac, i volumi stimati sono da collegarsi alle piccole sorgenti in quanto le sorgenti con una portata maggiore (es. Faraone o Fiumefreddo) risultano monitorate.

KPI_s_vol_med

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il volume medio annuo prelevato dal sistema di sorgenti sul totale necessario a soddisfare la domanda di servizio.

<i>KPI_s_vol_med</i>	Volume medio annuo derivato dal sistema di sorgenti/Volume medio annuo necessario a soddisfare la domanda
----------------------	---

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac rapportato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Sorgenti Totali	in esercizio	non in esercizio	Incidenza volume prelevato da Sorgenti su Domanda di Servizio		KPI [%]
				volume medio annuo derivato da Sorgenti	Volume medio annuo necessario per soddisfare domanda (Lordo perdite	



Grossisti						
Calore Irpino						
Napoli						
Sarnese Vesuviano	632	576	56	714.702.803	1.037.190.356	56,15
Sele						
Caserta						
Sele	261	256	5	139.365.181	144.088.280	91,88
Consac gestioni idriche spa	90	84	6	10.643.034	25.026.999	42,53

L'indice complessivo mostra che circa il 56 % del fabbisogno totale proviene da sorgenti; per Consac una percentuale che va dal 39 al 43% deriva da sorgenti.

KPI_s_vol_conc

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il volume medio annuo prelevato dal sistema di sorgenti dotato di concessione sul totale prelevato dallo stesso sotto-sistema di risorse.

<i>KPI_s_vol_conc</i>	Volume medio annuo derivato dal sistema di sorgenti e provvisto di concessione autorizzativa/Volume medio annuo prelevato dal sistema di sorgenti
-----------------------	---

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac confrontato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Sorgenti Totali	in esercizio	non in esercizio	Classificazioni Volume		KPI [%]
				medio annuo da Sorgenti in termini di concessioni al prelievo	Vmed non Autorizzato o con	
				Vmed Autorizzato		



procedure
in corso

Grossisti						
Calore Irpino						
Napoli						
Sarnese Vesuviano	632	576	56	346.921.167	108.344.161	35,94
Sele						
Caserta						
Sele	261	256	5	10.744.148	331.128	n.c.
Consac gestioni idriche spa	90	84	6	22.603.170	2.423.829	90,32

Il valore dell'indice essendo non attendibile per il Distretto Sele perché caratterizzato da una copertura del campione inferiore rispettivamente al 15%, non è stato possibile confrontarlo con il dato Consac.

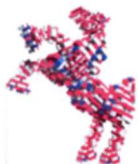
SKPI_s_vol_cis_sc

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il volume medio annuo prelevato da sorgenti afferenti corpi idrici sotterranei con Stato Chimico Scarso sul totale prelevato dallo stesso sotto-sistema di risorse.

SKPI_s_vol_cis_sc	Volume medio annuo derivato dal sistema di sorgenti proveniente da corpi idrici sotterranei con Stato Chimico scarso/Volume medio annuo prelevato dal sistema di sorgenti
-------------------	---

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac confrontato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Sorgenti Totali	in esercizio	non in esercizio	Classificazioni Volume medio annuo prelevato da Sorgenti in termini di stato chimico dei corpi idrici sotterranei			KPI [%]
				Scarso	Buono	Buono>80	



Grossisti							
Calore Irpino							
Napoli							
Sarnese Vesuviano	632	576	56	41.512.160	461.922.140	4.701.106	8,15
Sele							
Caserta							
Sele	261	256	5	1.450.656	127.744.598	4.136.040	1,08
Consac gestioni idriche							
spa	90	84	6		2.838.143	7.804.892	0,00

5.4.1.2 Pozzi

KPI_p_mis

L'indice rappresenta, in termini percentuali, i pozzi/campo pozzi dotati di misuratori di portata.

<i>KPI_p_mis</i>	$\frac{\text{n° pozzi dotati di misuratori di portata}}{\text{n° totale pozzi}}$
------------------	--

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac rapportato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Pozzi Totali	in esercizio	non in esercizio	STRUMENTI DI MISURA	STRUMENTI DI MISURA ASSENTI	KPI [%]
Grossisti						
Calore Irpino						
Napoli						
Sarnese Vesuviano	495	431	64	274	125	68,67
Sele						
Caserta						
Sele	115	103	12	73	25	74,49



Consac gestioni idriche spa	37	30	7	30	81,08
-----------------------------	----	----	---	----	-------

Il 100% dei pozzi in esercizio di Consac è dotato di strumenti di misura.

KPI_p_cons_ele

L'indice rappresenta, in termini percentuali, i pozzi/campo pozzi il cui stato di conservazione delle opere elettromeccaniche è scadente.

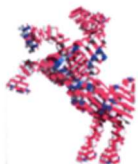
<i>KPI_p_cons_ele</i>	n° pozzi il cui stato di conservazione delle opere elettromeccaniche è scadente/n° totale pozzi
-----------------------	---

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac rapportato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Pozzi Totali	in esercizio	non in esercizio	STATO DI CONSERVAZIONE			KPI [%]
				scadente	sufficiente	buono	
Grossisti							
Calore Irpino							
Napoli							
Sarnese Vesuviano	495	431	64	26	189	178	6,62
Sele							
Caserta							
Sele	115	103	12	4	72	21	4,12
Consac gestioni idriche spa	37	30	7	3	20	7	8,1

KPI_p_tut_ass

L'indice rappresenta, in termini percentuali, i pozzi/campo pozzi dotati di area di tutela assoluta.



<i>KPI_p_tut_ass</i>	n° pozzi dotati di area di tutela assoluta (art.94 co.3 del D.Lgs 152/2006)/n° totale pozzi
----------------------	---

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac rapportato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Pozzi Totali	in esercizio	non in esercizio	ZONA TUTELA ASSOLUTA		KPI [%]
				SI	NO	
Grossisti						
Calore Irpino						
Napoli						
Sarnese Vesuviano	495	431	64	233	171	57,67
Sele						
Caserta						
Sele	115	103	12	69	21	76,67
Consac gestioni idriche spa	37	30	7	7	23	23,3

Dalla tabella si evince che nel territorio regionale circa il 53 % dei pozzi sembrerebbero privi di aree di tutela assoluta. Il dato generale è influenzato da quello del distretto Sarnese Vesuviano.

Per Consac solo il 23% dei pozzi possiede adeguate aree di salvaguardia distinte in zone di tutela assoluta e zone di rispetto.

KPI_p_cons_civ

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il numero di pozzi che presentano condizioni delle opere civili scadenti rispetto al numero di pozzi totale

<i>KPI_p_cons_civ</i>	n° pozzi il cui stato di conservazione delle opere civili è scadente/n° totale pozzi
-----------------------	--

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac rapportato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:



Distretti/Grossisti/Consac	Pozzi Totali	in esercizio	non in esercizio	STATO DI CONSERVAZIONE OPERE CIVILI			KPI [%]
				scadente	sufficiente	buono	
Grossisti							
Calore Irpino							
Napoli							
Sarnese Vesuviano	495	431	64	32	307	81	7,62
Sele							
Caserta							
Sele	115	103	12	3	78	18	3,03
Consac gestioni idriche							
spa	37	30	7	15	12	3	40,5

In Regione Campania, l'analisi dei dati mostra come oltre il 90 % dei pozzi/campo pozzi su cui è stato comunicato il dato risulta in buone condizioni. Nel Cilento, i manufatti risalgono perlopiù agli anni '50, realizzati con i fondi della Cassa del Mezzogiorno, necessiterebbero di una manutenzione straordinaria per il risanamento delle parti edili ammalorate.

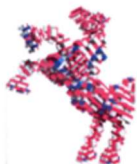
KPI_p_vol_mis

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il Volume medio annuo "misurato" derivato dal sistema di pozzi.

<i>KPI_p_vol_mis</i>	Volume medio annuo misurato derivato dal sistema di pozzi /Volume medio annuo prelevato dal sistema di pozzi (misurato+ stimato)
----------------------	--

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac rapportato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Pozzi Totali	in esercizio	non in esercizio	Classificazioni Volume	KPI [%]
				medio annuo prelevato in termini di misura	



				vmad misurato	vmad non misurato	
Grossisti						
Calore Irpino						
Napoli						
Sarnese Vesuviano	495	431	64	357.700.097	49.480.154	87,85
Sele						
Caserta						
Sele	115	103	12	30.219.078	9.110.556	76,84
Consac gestioni idriche spa	37	30	7	9.205.770	2.801.756	76,67

Il dato regionale mostra che circa l'88% del volume derivato dai pozzi è misurato. Il dato di Consac si allinea con il dato regionale.

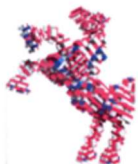
KPI_p_vol_med

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il volume medio annuo prelevato dal sistema di pozzi sul totale necessario a soddisfare la domanda di servizio.

<i>KPI_p_vol_med</i>	Volume medio annuo derivato dal sistema di pozzi/Volume medio annuo necessario a soddisfare la domanda
----------------------	--

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac confrontato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Pozzi Totali	in esercizio	non in esercizio	Incidenza volume prelevato da Pozzi su Domanda di Servizio		KPI [%]
				volume medio annuo derivato da Pozzi	Volume medio annuo necessario per soddisfare	



domanda
(Lordo perdite)

Grossisti						
Calore Irpino						
Napoli						
Sarnese Vesuviano	495	431	64	436.599.034	1.037.190.356	42,09
Sele						
Caserta						
Sele	115	103	12	39.767.984	144.088.280	27,6
Consac gestioni idriche spa	37	30	7	12.007.526	25.026.999	47,98

L'indice complessivo mostra che circa il 48 % del fabbisogno del Cilento e Vallo di Diano proviene da pozzi.

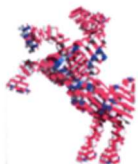
KPI_p_vol_conc

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il volume medio annuo prelevato dal sistema di pozzi dotato di concessione sul totale prelevato dallo stesso sotto-sistema di risorse.

KPI_p_vol_conc	Volume medio annuo derivato dal sistema di pozzi e provvisto di concessione autorizzativa/Volume medio annuo prelevato dal sistema di pozzi
----------------	---

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac confrontato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Pozzi Totali	in esercizio	non in esercizio	Classificazioni Volume		KPI [%]
				medio annuo da Pozzi in termini di concessioni al prelievo	Vmed non Autorizzato o con	
				Vmed Autorizzato		



procedure
in corso

Grossisti						
Calore Irpino						
Napoli						
Sarnese Vesuviano	495	431	64	180.656.961	124.984.070	41,38
Sele						
Caserta						
Sele	115	103	12	13.347.819	3.475.355	33,56
Consac gestioni idriche spa	37	30	7	21.404.060	2.295.244	90,32

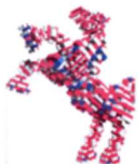
SKPI_p_vol_cis_sc

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il volume medio annuo prelevato da pozzi afferenti corpi idrici sotterranei con Stato Chimico Scarso sul totale prelevato dallo stesso sotto-sistema di risorse.

SKPI_p_vol_cis_sc	Volume medio annuo derivato dal sistema di pozzi proveniente da corpi idrici sotterranei con Stato Chimico scarso/Volume medio annuo prelevato dal sistema di pozzi
-------------------	---

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac confrontato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Pozzi Totali	in esercizio	non in esercizio	Classificazioni Volume		KPI [%]
				medio annuo prelevato da Pozzi in termini di stato chimico dei corpi idrici sotterranei		
				Scarso	Buono	



Grossisti						
Calore Irpino						
Napoli						
Sarnese Vesuviano	495	431	64	180.790.388	193.003.811	43,52
Sele						
Caserta						
Sele	115	103	12	15.444.508	24.037.420	38,84
Consac gestioni idriche spa	37	30	7	1.838.143	27.145.735	6,34

Dall'analisi si evince come circa il 44% dei volumi prelevati da pozzi proviene da corpi idrici sotterranei con stato chimico scarso. I valori più alti degli indici, pari al 72% e al 67%, si presentano rispettivamente nei Distretti Napoli e Sarnese Vesuviano; per Consac si registra un valore più basso della media del Distretto Sele e di gran lunga più basso dell'indice regionale.

5.4.1.3 CLORATORI

KPI_ct_cons_civ

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il numero di cloratori che presentano opere civili in condizioni scarse rapportato al numero totale di impianti di clorazione.

<i>KPI_ct_cons_civ</i>	n° impianti di clorazione il cui stato di conservazione delle opere civili è scadente/n° totale di impianti di clorazione
------------------------	---

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac confrontato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Cloratori Totali	in esercizio	non in esercizio	STATO DI CONSERVAZIONE OPERE CIVILI			KPI [%]
				scadente	sufficiente	buono	
				Grossisti			
Calore Irpino							
Napoli	172	163	9	6	77	57	4,29
Sarnese Vesuviano							



Sele
Caserta

Sele	55	55	0	5	28	10	11,63
Consac gestioni idriche							
spa	35	35	0	28	7	0	80,0

KPI_ct_cons_ele

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il numero di cloratori che presentano opere elettromeccaniche in condizioni scarse rapportato al numero totale di impianti di clorazione.

KPI_ct_cons_ele	n° impianti di clorazione il cui stato di conservazione delle opere elettromeccaniche è scadente/n° totale impianti di clorazione
-----------------	---

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac confrontato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Cloratori Totali	in esercizio	non in esercizio	STATO DI CONSERVAZIONE OPERE ELETTROMECCANICHE			KPI [%]
				scadente	sufficiente	buono	
				Grossisti			
Calore Irpino							
Napoli							
Sarnese Vesuviano	172	163	9	13	46	26	15,29
Sele							
Caserta							
Sele	55	55	0	0	4	1	n.c.
Consac gestioni idriche							
spa	35	35	0	8	27	0	22,9



KPI_ct_conf

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il numero campioni analizzati fuori norma rispetto al numero totale dei campioni analizzati negli impianti di clorazione.

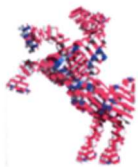
KPI_ct_conf	n° dei campioni analizzati contenenti sottoprodotti della disinfezione con valori fuori norma/n° totale dei campioni analizzati a tal fine
-------------	--

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac confrontato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Cloratori Totali	in esercizio	non in esercizio	Incidenza Campioni in Uscita Non Conformi	n° campioni		KPI [%]
					non conformi	n° campioni totali	
Grossisti							
Calore Irpino							
Napoli							
Sarnese Vesuviano	495	431	64	0	1.578		n.c.
Sele							
Caserta							
Sele	115	103	12	0	0		n.c.
Consac gestioni idriche spa	37	30	7	62	1.549		4,00

5.4.1.4 POTABILIZZATORI

Non è stato possibile acquisire il dato regionale e del distretto Sele a causa della limitata significatività sul territorio e l'assenza di un reale riscontro da parte dei soggetti interessati.



Per Consac, si registra la presenza di n. 2 potabilizzatori (Casal Velino e Paino di Ascea) con un buon stato di conservazione sia delle opere civili che delle opere elettromeccaniche vista la recente costruzione/adequamento dei medesimi.

KPI_pt_cons_civ

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il numero di potabilizzatori che presentano opere civili in condizioni scarse rapportato al numero totale di impianti di potabilizzazione.

<i>KPI_pt_cons_civ</i>	n° impianti di potabilizzazione il cui stato di conservazione delle opere civili è scadente/n° totale di impianti di potabilizzazione
------------------------	---

Distretti/Grossisti/Consac	Potabilizzatori totali	in esercizio	non in esercizio	STATO DI CONSERVAZIONE OPERE CIVILI			KPI [%]
				scadente	sufficiente	buono	
				Consac gestioni idriche spa	2	2	

KPI_pt_cons_ele

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il numero di potabilizzatori che presentano opere elettromeccaniche in condizioni scarse rapportato al numero totale di impianti di potabilizzazione.

<i>KPI_pt_cons_ele</i>	n° impianti di potabilizzazione il cui stato di conservazione delle opere elettromeccaniche è scadente/n° totale impianti di potabilizzazione
------------------------	---

Distretti/Grossisti/Consac	Potabilizzatori totali	in esercizio	non in esercizio	STATO DI CONSERVAZIONE OPERE ELETTROMECCANICHE			KPI [%]
				scadente	sufficiente	buono	
				Consac gestioni idriche spa	2	2	



KPI_pt_rip

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il numero di interventi di manutenzione straordinaria non programmata sul numero totale di interventi di manutenzione straordinaria eseguiti su impianti di potabilizzazione.

<i>KPI_pt_rip</i>	n° di interventi di manutenzione straordinaria non programmati su impianti di potabilizzazione/n° totale di interventi di manutenzione straordinaria eseguiti su impianti di potabilizzazione
-------------------	---

KPI_pt_mis

L'indice rappresenta, in termini percentuali, gli impianti di potabilizzazione dotati di strumenti di misura rapportato al numero totale di impianti di potabilizzazione.

<i>KPI_pt_mis</i>	n° impianti di potabilizzazione dotati di misuratori di portata/n° totale di impianti di potabilizzazione
-------------------	---

KPI_pt_tlc

L'indice rappresenta, in termini percentuali, gli impianti di potabilizzazione dotati di strumenti di telecontrollo rapportato al numero totale di impianti di potabilizzazione.

<i>KPI_pt_tlc</i>	n° impianti di potabilizzazione dotati di telecontrollo/n° totale di impianti di potabilizzazione
-------------------	---

5.4.1.5 ADDUTTRICI

KPI_add_eta

L'indice rappresenta, in termini percentuali, la lunghezza delle adduttrici che hanno età maggiore di 40 anni.



<i>KPI_add_eta</i>	Lunghezza adduttrici con età maggiore di 40 anni/Lunghezza totale adduttrici
--------------------	--

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac rapportato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Adduttrici km totali	in esercizio	non in esercizio	Età < 1960 [km]	Età			KPI [%]
					1960 - 1980 [km]	Età 1980 - 2000 [km]	Età 2000 - 2020 [km]	
Grossisti								
Calore Irpino								
Napoli								
Sarnese Vesuviano	6729,85	6574,42	155,44	953,73	2210,72	1393,86	279,38	65,41
Sele								
Caserta								
Sele	1927,21	1853,52	73,69	229,67	438,69	608,42	38,53	50,81
Consac gestioni idriche								
spa	852	852	0	504,93	170,4	170,4	6,27	79,3

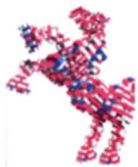
Dalla tabella si evince che circa il 65 % delle adduttrici in Regione Campania ha un'età maggiore di 40 anni; per Consac il valore percentuale aumenta: a parte la sostituzione del Faraone I lotto per 6,27 km non ci sono stati in età recente – rilevanti interventi di manutenzione straordinaria sulle reti adduttrici.

KPI_add_cons

L'indice rappresenta, in termini percentuali, la lunghezza delle adduttrici che presentano uno stato di conservazione scadente.

<i>KPI_add_cons</i>	Lunghezza adduttrici il cui stato di conservazione è scadente/Lunghezza totale adduttrici
---------------------	---

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac rapportato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:



Distretti/Grossisti/Consac	Adduttrici km totali	in esercizio	non in esercizio	Classificazione adduttrici per stato di conservazione				KPI [%]
				insufficiente	sufficiente	buono	ottimo	
Grossisti								
Calore Irpino								
Napoli	6729,85	6574,42	155,44	1965,1	1873,14	754,23	5,56	42,74
Sarnese Vesuviano								
Sele								
Caserta								
Sele	1927,21	1853,52	73,69	672,79	467,16	140,18	0,00	52,56
Consac gestioni								
idriche spa	852	852	0	590,13	247,08	8,52	6,27	69,3

La tabella mostra che circa il 43% della lunghezza complessiva delle adduttrici, presenti nel territorio campano, sono in condizioni scadenti. Anche in questo caso, l'indicatore di Consac è più alto sia per l'alto grado di obsolescenza delle reti che per gli scarsi interventi di manutenzione straordinaria programmata eseguiti negli anni.

Infatti, le adduttrici sono state solo oggetto di interventi di manutenzione ordinaria "di tipo emergenziale" per riparazioni di rotture improvvise e non programmate.

KPI_add_pcat

L'indice rappresenta, in termini percentuali, la lunghezza delle adduttrici in acciaio che sono dotate di protezione catodica.

<i>KPI_add_pcat</i>	Lunghezza adduttrici in acciaio dotate di protezione catodica/Lunghezza totale adduttrici in acciaio
---------------------	--

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac rapportato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:



Distretti/Grossisti/Consac	Adduttrici km totali	in esercizio	non in esercizio	Classificazione adduttrici in		KPI [%]
				acciaio		
				dotate di protezione catodica		
		SI	NO			
Grossisti						
Calore Irpino						
Napoli						
Sarnese Vesuviano	6729,85	6574,42	155,44	478,07	1331,51	26,42
Sele						
Caserta						
Sele	1927,21	1853,52	73,69	0,00	351,97	0,00
Consac gestioni idriche spa	852	852	0	98,51	753,49	11,6

Dalla tabella si evince che nel territorio regionale solo il 27 % delle adduttrici in acciaio sono dotate di protezione catodica. Per Consac solo l'11% : gran parte degli impianti di protezione catodica seppur inizialmente installati poi negli anni non sono stati più accesi ed utilizzati.

KPI_add_mat

L'indice rappresenta, in termini percentuali, la lunghezza delle adduttrici in cemento amianto.

KPI_add_mat	Lunghezza adduttrici in cemento amianto/Lunghezza totale adduttrici
-------------	---

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac in relazione al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Adduttrici km totali	in esercizio	non in esercizio	Incidenza adduttrici in		KPI [%]
				cemento-amianto		
				Cemento Amianto [km]	Altro materiale [km]	



Grossisti							
Calore Irpino							
Napoli							
Sarnese Vesuviano	6729,85	6574,42	155,44	106,74	4256,27	2,45	
Sele							
Caserta							
Sele	1927,21	1853,52	73,69	13,62	673,42	1,98	
Consac gestioni idriche							
spa	852	852	0	17,00	835	2,00	

KPI_add_funz

L'indice rappresenta, in termini percentuali, la lunghezza delle adduttrici che risultano avere funzionalità insufficiente con particolare riferimento alle caratteristiche dimensionali.

KPI_add_funz	Lunghezza adduttrici con funzionalità idraulica insufficiente/Lunghezza totale adduttrici
--------------	---

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac e rapportato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Adduttrici km totali	in esercizio	non in esercizio	Classificazione adduttrici per funzionalità idraulica				KPI [%]
				insufficiente	sufficiente	buono	ottimo	
Grossisti								
Calore Irpino								
Napoli								
Sarnese Vesuviano	6729,85	6574,42	155,44	1506,17	2651,66	352,16	9,85	33,32
Sele								
Caserta								
Sele	1927,21	1853,52	73,69	168,73	820,56	50,79	0,50	16,21
Consac gestioni idriche spa	852	852	0	596,4	255,6	0	0	70,0



La tabella mostra che circa il 33% della lunghezza complessiva delle adduttrici presentano criticità legate alla funzionalità con particolare riferimento alle caratteristiche dimensionali. Nel territorio del Cilento e Vallo di Diano, l'indice aumenta in quanto le caratteristiche dimensionali delle adduttrici risultano inadeguate e non più proporzionali al soddisfacimento del fabbisogno idropotabile soprattutto nei mesi estivi della fascia costiera ad alta presenza turistica.

KPI_add_perd

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il volume perso nel comparto di adduzione, rapportato alla lunghezza totale delle adduttrici.

<i>KPI_add_perd</i>	Volume delle perdite idriche in adduzione/Lunghezza totale adduttrici
---------------------	---

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac e rapportato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Adduttrici km totali	in esercizio	non in esercizio	Incidenza Volumi persi nel comparto di adduzione			KPI [%]
				Volume immesso (mc/a)	Volume consegnato (mc/a)	Perdita in adduzione (mc/a)	
Grossisti							
Calore Irpino							
Napoli							
Sarnese Vesuviano	6729,85	6574,42	155,44	1.018.943.838	932.716.357	86.227.481	12.813
Sele							
Caserta							
Sele	1927,21	1853,52	73,69	172.162.096	160.782.181	11.379.915	5.905
Consac gestioni idriche							
spa	852	852	0	27.289.832	24.641.651	2.648.181	3.108



Gli interventi che verranno avviati prossimamente riguardanti la sostituzione della condotta Faraone II e III lotto per un totale di 22, 41 km consentiranno di ridurre le perdite idriche in adduzione almeno del 30%.

KPI_add_frana

L'indice rappresenta, in termini percentuali, la lunghezza di adduttrici in frana rapportata alla lunghezza totale delle adduttrici.

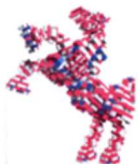
<i>KPI_add_frana</i>	Lunghezza adduttrici in frana/Lunghezza totale adduttrici
----------------------	---

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac e rapportato al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Adduttrici km totali	in esercizio	non in esercizio	Lunghezza Adduttrici in Frana	KPI [%]
				Lunghezza ToT. Elementi in frana [Km]	Lunghezza ToT. Elementi NON in frana [Km]
Grossisti					
Calore Irpino					
Napoli					
Sarnese Vesuviano	6729,85	6574,42	155,44	6.050	792,38
Sele					
Caserta					
Sele	1927,21	1853,52	73,69	0	15,27
Consac gestioni idriche spa	852	852	0	8,52	843,48

Il distretto Sele è l'unico a non raggiungere una copertura di dati.

KPI_add_frana_d



L'indice rappresenta, in termini percentuali, la lunghezza di adduttrici in frana, ponderata al diametro massimo, rapportata alla lunghezza totale delle adduttrici.

<i>KPI_add_frana_d</i>	Lunghezza adduttrice in frana ponderata al diametro massimo
------------------------	---

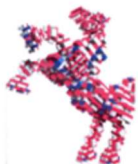
Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac e confrontato con il dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Adduttrici km totali	in esercizio	non in esercizio	Lunghezza Adduttrici in Frana		KPI [mm*m]
				Lunghezza ToT. Elementi in frana [Km]	Lunghezza ToT. Elementi NON in frana [Km]	
Grossisti						
Calore Irpino						
Napoli						
Sarnese Vesuviano	6.729,85	6.574,42	155,44	6.050	792,38	1.883.720
Sele						
Caserta						
Sele	1927,21	1853,52	73,69	0	15,27	n.c.
Consac gestioni idriche spa	852	852	0	8,52	843,48	2.130,00

KPI_add_rip

L'indice rappresenta, il numero di interventi di riparazione annui eseguiti su adduttrici rapportato alla lunghezza delle stesse.

<i>KPI_add_rip</i>	n° interventi annui delle condotte di adduzione/Lunghezza totale adduttrici
--------------------	---



Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac e confrontato con il dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Adduttrici km totali	in esercizio	non in esercizio	N. interventi [n.]	Lunghezza	KPI [%]
					con interventi [Km]	
Grossisti						
Calore Irpino						
Napoli						
Sarnese Vesuviano	6.729,85	6.574,42	155,44	6.311	2.389.708	2,64
Sele						
Caserta						
Sele	1.927,21	1.853,52	73,69	1.302	405.781	3,21
Consac gestioni idriche spa	852	852	0	341	0,271	0,11

5.4.1.6 SERBATOI

KPI_ac_eta

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il numero di serbatoi con età superiore a 50 anni.

<i>KPI_ac_eta</i>	n° serbatoi con età maggiore di 50 anni/n° totale serbatoi
-------------------	--

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac e confrontato con il dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Serbatoi Totali	in esercizio	non in esercizio	Serbatoi con età maggiore di 50		KPI [%]
				Superiore a 50 anni	Inferiore a 50 anni	



Grossisti						
Calore Irpino						
Napoli						
Sarnese Vesuviano	1944	1873	71	456	471	49,19
Sele						
Caserta						
Sele	680	654	26	78	126	38,24
Consac gestioni idriche						
spa	300	270	30	216	54	72,0

Dalla tabella si evince che circa il 72% dei serbatoi presenti nel Cilento e Vallo di Diano presentano un'età maggiore di 50 anni.

KPI_ac_mis

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il numero di serbatoi dotati di misuratori di portata.

<i>KPI_ac_mis</i>	n° serbatoi dotati di misuratori di portata/n° totale serbatoi
-------------------	--

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac e confrontato con il dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Serbatoi Totali	in esercizio	non in esercizio	Strumenti di misura		KPI [%]
				Si	No	
Grossisti						
Calore Irpino						
Napoli						
Sarnese Vesuviano	1944	1873	71	757	431	63,72
Sele						
Caserta						
Sele	680	654	26	168	195	46,28
Consac gestioni idriche						
spa	300	270	30	5	265	0,02



Nell'ambito del finanziamento REACT EU (conclusione delle attività al 31.12.2023) è prevista l'installazione dei misuratori di portata e livello idrico in tutti i serbatoi gestiti.

KPI_ac_tic

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il numero di serbatoi dotati di strumentazione di telecontrollo.

<i>KPI_ac_tic</i>	n° serbatoi dotati di telecontrollo/n° totale serbatoi
-------------------	--

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac e confrontato con il dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Serbatoi Totali	in esercizio	non in esercizio	Serbatoi dotati di telecontrollo		KPI [%]
				Si	No	
Grossisti						
Calore Irpino						
Napoli						
Sarnese Vesuviano	1944	1873	71	410	1069	63,72
Sele						
Caserta						
Sele	680	654	26	125	502	46,28
Consac gestioni idriche						
spa	300	270	30	5	265	1,67

KPI_ac_cons_civ

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il numero di serbatoi le cui opere civili presentano uno stato di conservazione scadente.

<i>KPI_ac_cons_civ</i>	n° serbatoi il cui stato di conservazione delle opere civili è scadente/n° totale serbatoi
------------------------	--

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac e confrontato con il dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:



Distretti/Grossisti/Consac	Serbatoi Totali	in esercizio	non in esercizio	STATO DI CONSERVAZIONE OPERE CIVILI			KPI [%]
				scadente	sufficiente	buono	
Grossisti							
Calore Irpino							
Napoli							
Sarnese Vesuviano	1944	1873	71	354	1071	264	20,96
Sele							
Caserta							
Sele	680	654	26	51	459	105	8,29
Consac gestioni idriche							
spa	300	270	30	243	27	0	81,0

L'81% dei serbatoi gestiti da Consac presenta uno stato di conservazione delle opere edili scadente.

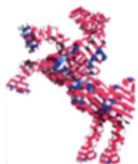
KPI_ac_mis_vol

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il volume dei serbatoi sottoposti a misura sul volume di accumulo totale.

KPI_ac_mis_vol	Volumi serbatoi sottoposti a misura/Volumi totali serbatoi
----------------	--

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac e confrontato con il dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Serbatoi Totali	in esercizio	non in esercizio	Volumi serbatoi sottoposti a misura		KPI [%]
				Misurati	Non misurati	
Grossisti						
Calore Irpino						
Napoli	1944	1873	71	1.180.506,00	552.374,00	68,12
Sarnese Vesuviano						



Sele

Caserta

Sele	680	654	26	157.361,00	105.499,03	59,86
Consac gestioni idriche				456.326,90	24.185.324,00	
spa	300	270	30			1,85

La maggior parte dei volumi processati in Consac è attualmente stimato.

KPI_ac_cons_civ_vol

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il volume dei serbatoi le cui opere civili presentano uno stato di conservazione scadente sul volume di accumulo totale.

<i>KPI_ac_cons_civ_vol</i>	Volumi serbatoi il cui stato di conservazione delle opere civili è scadente/volume totale serbatoi
----------------------------	--

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac in relazione al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Serbatoi Totali	in esercizio	non in esercizio	Volumi serbatoi il cui stato di conservazione è scadente			KPI [%]
				scadente	sufficiente	buono	
Grossisti							
Calore Irpino							
Napoli	1944	1873	71	403.789,00	1.276.017,00	664.736,00	17,22
Sarnese Vesuviano							
Sele							
Caserta							
Sele	680	654	26	34.954,00	112.015,23	116.795,00	13,25
Consac gestioni idriche spa	300	270	30	0,00	24.641.650,90	0,00	0,0



KPI_ac_cons_ele

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il numero di serbatoi le cui opere elettromeccaniche presentano uno stato di conservazione scadente.

<i>KPI_ac_cons_ele</i>	n° serbatoi il cui stato di conservazione delle opere elettromeccaniche è scadente/n° totale serbatoi
------------------------	---

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac in relazione al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Serbatoi Totali	in esercizio	non in esercizio	STATO DI CONSERVAZIONE DELLE COMPONENTI ELETTROMECCANICHE			KPI [%]
				scadente	sufficiente	buono	
Grossisti							
Calore Irpino							
Napoli							
Sarnese Vesuviano	1944	1873	71	265,00	700,00	142,00	23,94
Sele							
Caserta							
Sele	680	654	26	15,00	309,00	23,00	4,32
Consac gestioni idriche spa	300	270	30	189,00	81,00	0,00	70,0

KPI_ac_comp

L'indice rappresenta, in termini percentuali, il numero di serbatoi le cui caratteristiche di compenso, rispetto alla porzione di rete servita, risultano adeguati rispetto al totale dei serbatoi. L'indice di compenso è calcolato rispetto ad un volume di progetto pari a 1.25 volte il volume necessario nel giorno di massimo consumo.

<i>KPI_ac_comp</i>	volume dei serbatoi con indice di compenso volumetrico ≥ 1.25 (calcolato rispetto al volume necessario nel giorno di massimo consumo relativamente alla porzione di rete servita/volume totale dei serbatoi)
--------------------	---

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac in relazione al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:



KPI_ac_perd

<i>KPI_ac_perd</i>	volume perso annualmente nei serbatoi/ volume in ingresso ai serbatoi
--------------------	---

Segue tabella riepilogativa dell'indice, calcolato per Consac in relazione al dato dell'intera Regione e del Distretto Sele di appartenenza:

Distretti/Grossisti/Consac	Serbatoi Totali	in esercizio	non in esercizio	Classificazione Serbatoi di testata rispetto alla capacità relativa di compenso		KPI [%]
				Volume adeguato	Volume non adeguato	
Grossisti						
Calore Irpino						
Napoli						
Sarnese Vesuviano	1944	1873	71	1.418.827,00	265.892,00	84,22
Sele						
Caserta						
Sele	680	654	26	206.902,00	59.404,48	77,69
Consac gestioni idriche						
spa	300	270	30	nc	nc	nc

5.4.1.7 PARTITORI

KPI_pa_eta

<i>KPI_pa_eta</i>	n° partitori con età maggiore di 50 anni/n° totale partitori
-------------------	--

KPI_pa_mis

<i>KPI_pa_mis</i>	n° partitori dotati di misuratori di portata/n° totale partitori
-------------------	--



KPI_pa_cons_civ

<i>KPI_pa_cons_civ</i>	n° partitori il cui stato di conservazione delle opere civili è scadente/n° totale partitori
------------------------	--

KPI_pa_mis_vol

<i>KPI_pa_mis_vol</i>	volumi partitori sottoposti a misura/volumi totali dei partitori
-----------------------	--

KPI_pa_cons_ele

<i>KPI_pa_cons_ele</i>	n° partitori il cui stato di conservazione delle opere elettromeccaniche è scadente/n° totale partitori
------------------------	---

KPI_pa_perd

<i>KPI_pa_perd</i>	volume annuo perso nei partitori a pelo libero/volume in ingresso ai partitori a pelo libero
--------------------	--

5.4.1.8 DISTRIBUZIONE

KPI_dis_eta

<i>KPI_dis_eta</i>	Lunghezza reti di distribuzione con età maggiore di 40 anni/Lunghezza totale reti di distribuzione
--------------------	--

KPI_dis_cons



<i>KPI_dis_cons</i>	Lunghezza reti di distribuzione il cui stato di conservazione è scadente/Lunghezza totale reti di distribuzione
---------------------	---

KPI_dis_rip

<i>KPI_dis_rip</i>	n° interventi annui delle reti di distribuzione/Lunghezza totale reti di distribuzione
--------------------	--

KPI_dis_cop

<i>KPI_dis_cop</i>	n° abitanti residenti serviti da acquedotto/n° totale abitanti residenti
--------------------	--

KPI_dis_cons_ele

<i>KPI_dis_cons_ele</i>	Lunghezza reti di distribuzione il cui stato di conservazione delle parti elettromeccaniche è insufficiente/Lunghezza totale reti di distribuzione
-------------------------	--

KPI_dis_cons_ele

<i>KPI_dis_funz</i>	Lunghezza reti di distribuzione con funzionalità idraulica insufficiente rispetto alle caratteristiche dimensionali/Lunghezza totale reti di distribuzione
---------------------	--

KPI_dis_perd_lungh

<i>KPI_dis_perd_lungh</i>	(Volume immesso in rete - Volume erogato all'utenza)/Lunghezza della rete di distribuzione
---------------------------	--

KPI_dis_perd_perc



<i>KPI_dis_perd_perc</i>	(Volume immesso in rete - Volume erogato all'utenza)/Lunghezza della rete di distribuzione
--------------------------	--

KPI_dis_mis_pres

<i>KPI_dis_mis_pres</i>	Lunghezza rete di distribuzione coperta da misuratori di pressione/Lunghezza totale delle reti di distribuzione
-------------------------	---

KPI_dis_mis_por

<i>KPI_dis_mis_por</i>	Lunghezza rete di distribuzione coperta da misuratori di portata/Lunghezza totale delle reti di distribuzione
------------------------	---

5.4.1.9 IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO

KPI_pg_mis

<i>KPI_pg_mis</i>	n° impianti di sollevamento idrici dotati di misuratori di portata/n° impianti di sollevamento idrici
-------------------	---

KPI_pg_tlc

<i>KPI_pg_tlc</i>	n° impianti di sollevamento idrici dotati di strumenti di telecontrollo/n° impianti di sollevamento idrici
-------------------	--

KPI_pg_cons_viv

<i>KPI_pg_cons_viv</i>	n° sollevamenti idrici il cui stato di conservazione delle opere civili è scadente/n° totale di sollevamenti idrici
------------------------	---



KPI_pg_cons_ele

<i>KPI_pg_cons_ele</i>	n° sollevamenti idrici il cui stato di conservazione delle parti elettromeccaniche è scadente/n° totale di sollevamenti idrici
------------------------	--

KPI_pg_cons_ele_p

<i>KPI_pg_cons_ele_p</i>	Potenza degli impianti di sollevamento idrico con stato di conservazione delle parti elettromeccaniche scadente/Potenza totale degli impianti di sollevamento idrico
--------------------------	--

5.5 MISURE PER IL CONTROLLO DELLE PRESSIONI E DELLE PERDITE

Le azioni di controllo delle pressioni e delle perdite sono necessarie al corretto monitoraggio della funzionalità delle reti e rappresentano il primo step per la costruzione di un modello idraulico affidabile.

Per lo svolgimento delle attività di controllo delle pressioni e delle perdite risulta necessario:

- individuare i "distretti" così come definiti nell'Allegato 1 del D.M. n. 99 del 08/01/1997;
- installare gli organi di regolazione e di misura (valvole, saracinesche e misuratori di portata e di pressione) che consentano la definizione degli stessi distretti ed il loro monitoraggio.

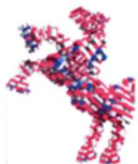
5.5.1 DISTRETTUALIZZAZIONE

Sulla base delle conoscenze attuali delle reti idriche rappresentate nei paragrafi precedenti, è stato possibile sviluppare una prima ipotesi di distrettualizzazione (progettazione preliminare) delle stesse nell'area di studio.

In particolare, i distretti (numero, estensione e forma) sono stati circoscritti rispetto al numero di serbatoi, numero abitanti delle aree servite, estensione della rete di distribuzione tenendo conto dello schema funzionale della rete, della posizione altimetrica dell'area, delle utenze e loro tipologia.



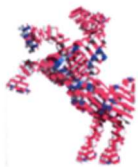
		Ascea Vreccia	2
		Catona	2
		Mandia	2
		Potabilizzatore Paino	1
		Terradura alto	2
3	ATENA LUCANA	Caggiuolo	1
		Fontanelle	1
		Serrone scalo nuovo	3
4	AULETTA	Auletta (cimitero-pozzo)	5
		Giro	1
	BRIENZA	Atena Sant'Elena	1
5	CAGGIANO	Caggiano	2
		Salvitelle nuovo	1
		Sollevamento per Caggiano - Salvitelle	1
6	CAMEROTA	Camerota Starze	3



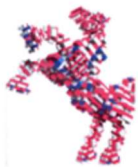
		Lentiscosa e Camerota Capoluogo	3
		Licusati nuovo	2
		Sant'Iconio	2
7	CAMPORA	Campora alto	1
		Campora basso	2
8	CANNALONGA	Cannalonga Fiera	1
		Cannalonga Tempa	2
9	CASAL VELINO	Acquavella	5
		Casal Velino capoluogo	2
		Casal Velino carullo	3
		Casal Velino cermoleo pietrabianca	3
		Casal Velino dominella	2



		Casal Velino ringo	2
		Casal Velino San Giorgio alto	1
		Casal Velino San Giorgio basso - Verduzio	3
		CasalVelino marina	1
		Pioppi	3
10	CASALETTO SPARTANO	Casaletto Battaglia	1
		Casaletto Sisamo	2
		Casaletto Sisamo alto	1
		Casaletto Spartano	3
		Casaletto Spartano nuovo	1
11	CASELLE IN PITTARI	Caselle nuovo	2
		Caselle Rurale	4
		Caselle vecchio	1
12	CASTELLABATE	Alano	1



	Annunziata nuovo	1
	Castellabate nuovo	3
	Castellabate vecchio	2
	Cerrine San Pietro	1
	Croce San Costabile	1
	Lago nuovo	1
	Ogliastro marina	1
	Ogliastro marina bivio	1
	San Gennaro nuovo	2
	San Gennaro vecchio	2
	San Leo	1
	San Marco bosco	1
	San Marco castelsandra	2
	San Marco nuovo	2



		San Marco vecchio	1
		Santa Maria nuovo	2
		Santa Maria vecchio	1
13	CASTELNUOVO CILENTO	Castelnuovo Capoluogo	4
		Castelnuovo salicuneta	3
		Vallo Scalo - Velina Scalo	4
14	CELLE DI BULGHERIA	Celle Capoluogo	3
		Poderia	2
15	CENTOLA	Centola Fontanelle	1
		Centola Pirali	2
		Centola San Nicola	5
		Centola San Sergio	1
		Foria alto	2
		Foria basso	1
		Palinuro Piano Faracchio	2



		Palinuro Torre Gabella	2
		San Severino	3
16	CERASO	Ceraso Campagne rurale	1
		Ceraso Capoluogo	3
		Metoio – Petrosa	2
		San Biase	4
		Santa Barbara	2
		Santa Barbara rurale	3
17	CUCCARO VETERE	Cuccaro alto	1
		Cuccaro basso	1
		Futani alto	1
18	FUTANI	Castinatelli	1
		Eremiti	2
		Futani basso	2
19	GIOI	Cardile	2



		Cardile Piesco	1
		Gioi alto nuovo	2
		Gioi Arenola	1
20	ISPANI	Capitello	3
		Di Palma	1
		Ispani	3
		Ispani S. Marina	1
		San Crisoforo	2
		Serrieri I	2
		Serrieri II	1
		Torre Normanna San Rocco	1
21	LAURITO	laurito	2
22	LUSTRA	Mercato Cilento	1
		Omignano Corticelle	1
23	MOIO DELLA CIVITELLA	Moio della Civitella	2



		Pellare	3
24	MONTANO ANTILIA	Abatemarco alto	3
		Abatemarco basso	2
		Massicelle alto	2
		Massicelle centopelli	2
		Massicelle chiesa	1
		Montano Capoluogo	2
		Montano Chiaie	2
25	MONTECORICE	Agnone pistacchio alto	2
		Agnone pistacchio basso	2
		Annunziata vecchio	1
		Case del conte giuncatelle	2
		Cosentini	2
		Fornelli zoppi	3



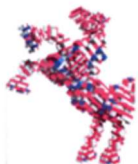
		Montecorice alto	1
		Montecorice basso	1
		Montecorice punta capitello	3
		Montecorice riperosse	2
		Ortodonico	2
26	MORIGERATI	Morigerati nuovo	1
		Morigerati vecchio	2
		Sicilì nuovo	4
		Sicilì - vecchio	2
	NOVI VELIA	Ceraso Sant'Antuono	2
		Massa di vallo	1
27	OMIGNANO	Bottino Cerreta	1
		Omignano alto	2



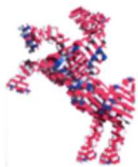
		Omignano basso	3
		Vasca di carico Torre	1
28	ORRIA	Orria	2
		Orria Vecchio	2
		Piano Vetrale Nuovo	2
29	PADULA	Santa Maria	1
	PERDIFUMO	Acqua Cilento	2
		Casigliano	1
		Vasca sollevamento Vatolla	1
30	PERITO	Ostigliano alto	1
		Ostigliano basso	3
		Perito	1
31	PERTOSA	Massavetere	1
		Pertosa	3
32	PISCIOTTA	Caprioli C	1
		Caprioli Rende - Pigna	1



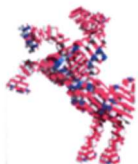
		Caprioli S. Caterina	2
		Pietralata	1
		Pisciotta Capoluogo	1
		Pisciotta capoluogo vecchio	3
		Pisciotta marina	1
		Pisciotta marina campagna	2
		Pisciotta San Berardino	3
		Rodio	1
		Buccino	1
	POLLA	Compenso Sant'Antuono	4
		Sollevamento ex ENI Acqua	1
		Sollevamento Sant'Antuono	3
		Torre delle Monache	1



33	POLLICA	Acciaroli	1
		Cannicchio	3
		Celso	2
		Galdo basso	2
		Pollica Caleo	2
		Pollica campagne	4
		Pollica capoluogo	3
		Pollica minelea	2
34	ROCCAGLIORIOSA	Acquavena	2
		Parco Bussento	1
		Roccagloriosa	4



		Sollevamento	2
	ROFRANO	Cerreto di Torre Orsaia	4
35	RUTINO	Rutino alto	1
		Rutino basso	4
		Rutino campagne	5
36	SALA CONSILINA	Alto (Pizzuto)	2
		San Raffaele (galleria vasca 1)	1
		Sant'Angelo	1
		Sant'Antonio	1
		Sollevamento Marsicanelle	2
		Trinità	2
37	SALENTO	Omignano Casino Lebano	2



		Omignano scalo alto	1
		Omignano scalo vecchio basso	2
		Salento Acqua delle Marine	1
		Salento	3
	SALVITELLE	Salvitelle	1
38	SAN GIOVANNI A PIRO	Bosco	2
		La Pietra	1
		Marcaneto alto	1
		Marcaneto basso	2
		S. Giovanni a Piro	2
		Scario 1	2
		Scario 2	1
		Spineto	2
39	SAN MAURO CILENTO	CasalSoprano	3



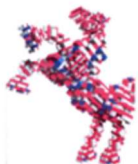
		CasalSottano	2
		CasalSottano Fungo	1
		Mezzatorre	1
		Sala	1
40	SAN MAURO LA BRUCA	San Mauro la bruca	2
		San Nazario	1
41	SAN PIETRO AL TANAGRO	Montagna	1
42	SAN RUFO	San Rufo Triglio	3
		Terre di Rao	2
		Vignola	1
43	SANTA MARINA	Policastro Angar	2
		Policastro nuovo Salise	3
		Policastro Parco Elaion	2



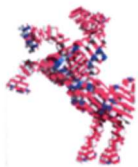
		Policastro vecchio Salise	1
		Policastrum	2
		Santa Marina	2
	SANT'ARSENIO	Fontana maggiore	1
		S. Arsenio Vecchio	1
44	SAPRI	Sapri Fenosa	1
		Sapri Prianchetta	2
		Sapri Timpone	4
45	SASSANO	Carmine	2
		Sassano Fontanelle	1
		Silla	1
		Silla pozzi	1
46	SERRAMEZZANA	Capograssi	2
		San Teodoro alto	2
		San Teodoro basso	2



		Serramezzana	2
47	SESSA CILENTO	Acqua del Cedro	1
		San Mango Alto	2
		San Mango Basso	1
		Sessa Alto	3
		Sessa Castagneto	1
		Sessa Felitto - Piano	3
		Sessa Santa Lucia	2
		Valle Cilento	2
		48	STELLA CILENTO
Stella alto	4		
Stella Amalafede	3		
Stella basso - vallone derupato	1		
Stella droro	4		



49	STIO	Gorga Palomenta	2
		Gorga Trone	2
		Sollevamento Stio	1
		Stio Garrese	1
		Stio timpe	6
50	TEGGIANO	Petrone	2
		Pozzale	2
		San Michele	1
		Sollevamento Sinagoga	3
51	TORRACA	Cordici	2
		Retara	1
		Torraca	2
52	TORRE ORSAIA	Castel Ruggero (fungo)	1
		Torre Orsaia	4



		Torre Orsaia Celle	1
53	TORTORELLA	Airoro	1
		San Nicola	1
		Tortorella alto	2
		Tortorella campagne	2
54	VALLO DELLA LUCANIA	Pattano	1
		Vallo Nuovo	2
		Vallo Pennino	2
		Vallo San Crescenzo	2
55	VIBONATI	Le Ginestre	1
		Sapri vecchio	2
		Vibonati S. Lucia	2
		Vibonati vecchio	3



		Villammare	1
Totale			515

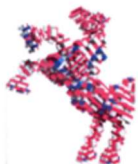
5.5.2 INSTALLAZIONE DI VALVOLE DI CONTROLLO DELLA PRESSIONE

Sulla base delle ricognizioni condotte durante questo percorso di ricerca sulle reti idriche, è stato possibile sviluppare una prima ipotesi di posizionamento di n. 134 valvole di regolazione della pressione di diametro maggiore o uguale al DN50 (di tipologia a membrana o a molla fissa) da posizionare nell'area di studio come segue:

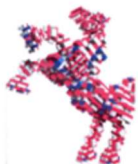
N	Ambito di Intervento	Nome	N. PRV	Diametro PRV	Tipologia PRV
1	ALFANO	Alfano alto	1	DN32	a molla fissa
		Alfano basso	1	DN80	a molla fissa
2	ASCEA	Ascea capoluogo basso	1	DN50	a molla fissa
		Ascea Marina vasca 1	1		a membrana
		Ascea stampella	2	DN80; DN65	a molla fissa
		Ascea Vreccia	1	DN32	a molla fissa
		Catona	1	DN80	a molla fissa
		Mandia	1	DN50	a molla fissa



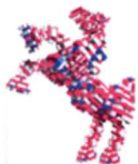
		Terradura alto	1	DN80	a molla fissa
3	ATENA LUCANA	Serrone scalo nuovo	2	DN60; DN80	a molla fissa
4	AULETTA	Auletta (cimitero-pozzo)	3	DN50	a molla fissa
		Giro			
	BRIENZA				
5	CAGGIANO				
6	CAMEROTA	Camerota Starze	1	DN50	a molla fissa
		Licusati nuovo			
		Sant'Iconio	1	DN250	a membrana
7	CAMPORA	Campora basso	1	DN60	a molla fissa
8	CANNALONGA	Cannalonga Tempa	1	DN80	a molla fissa
9	CASAL VELINO	Acquavella	1	DN50	a molla fissa



		Casal Velino carullo	1	DN65	a molla fissa
		Casal Velino cermoleo pietrabianca	1	DN60	a molla fissa
		Casal Velino ringo	1	DN50	a molla fissa
		Casal Velino San Giorgio alto			
		Casal Velino San Giorgio basso - Verduzio	1	DN50	a molla fissa
		Pioppi	1	DN90	a molla fissa
10	CASALETTO SPARTANO	Casaletto Spartano	1	DN50	a molla fissa
		Casaletto Spartano nuovo			
11	CASELLE IN PITTARI	Caselle nuovo	1	DN50	a molla fissa
		Caselle Rurale	2	DN50;DN60	a molla fissa



12	CASTELLABATE				
13	CASTELNUOVO CILENTO	Castelnuovo Capoluogo	2	DN50	a molla fissa
		Castelnuovo salicuneta	1	DN50	a molla fissa
		Vallo Scalo - Velina Scalo	2	DN100;DN150	a molla fissa
14	CELLE DI BULGHERIA	Celle Capoluogo	2	DN80	a molla fissa
		Poderia	1	DN80	a molla fissa
15	CENTOLA				
		Centola Pirali	1	DN50	a molla fissa
		Centola San Nicola	1	DN250	a molla fissa
		Palinuro Piano Faracchio	1	DN60	a molla fissa
16	CERASO	Ceraso Capoluogo	1	DN50	a molla fissa
		Metioio - Petrosa	1	DN80	a molla fissa
		San Biase	1	DN50	a molla fissa



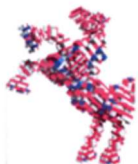
		Santa Barbara	1	DN50	a molla fissa
		Santa Barbara rurale	2	DN25;DN50	a molla fissa
17	CUCCARO VETERE				
18	FUTANI	Futani basso	1	DN32	a molla fissa
19	GIOI	Cardile	1	DN32	a molla fissa
		Gioi alto nuovo	1	DN80	a molla fissa
20	ISPANI	Capitello	1	DN200	a membrana
21	Laurito	Laurito	1	DN100	a membrana
22	LUSTRA				
23	MOIO DELLA CIVITELLA	Moio della Civitella	1	DN150	a molla fissa
		Pellare	1	DN50	a molla fissa
24	MONTANO ANTLIA	Abatemarco alto	1	DN25	a molla fissa
		Abatemarco basso	1	DN60	a molla fissa



		Massicelle alto	1	DN50	a molla fissa
		Massicelle centopelli	1	DN50	a molla fissa
		Montano Capoluogo	1	DN50	a molla fissa
		Montano Chiaie	1	DN50	a molla fissa
25	MONTECORICE	Agnone pistacchio alto	1	DN60	a molla fissa
		Agnone pistacchio basso	1	DN60	a molla fissa
		Fornelli zoppi	1	DN50	a molla fissa
		Montecorice punta capitello	1	DN65	a molla fissa
		Montecorice riperosse	1	DN80	a molla fissa
26	MORIGERATI	Morigerati nuovo	1	DN80	a molla fissa
		Sicilì nuovo	1	DN80	a molla fissa
		Sicilì - vecchio	1	DN80	a molla fissa



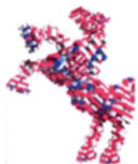
	NOVI VELIA	Ceraso Sant'Antuono	1	DN80	a molla fissa
		Massa di vallo			
27	OMIGNANO	Omignano alto	1	DN100	a membrana
		Omignano basso	1	DN100	a membrana
28	ORRIA	Orria Vecchio	1	DN25	a molla fissa
		Piano Vetrale Nuovo	1	DN25	a molla fissa
29	PADULA				
	PERDIFUMO	Acqua Cilento	1	DN50	a molla fissa
30	PERITO	Ostigliano basso	1	DN50	a molla fissa
31	PERTOSA	Pertosa	2	DN50	a molla fissa
32	PISCIOTTA				



		Pisciotta capoluogo vecchio	1	DN80	a molla fissa
		Pisciotta marina campagna	1	DN50	a molla fissa
		Pisciotta San Berardino	1	DN80	a molla fissa
	POLLA				
33	POLLICA	Cannicchio	1	DN90	a molla fissa
		Galdo basso	1	DN50	a molla fissa
		Pollica Caleo	1	DN80	a molla fissa
		Pollica campagne	2	DN60	a molla fissa
		Pollica capoluogo	1	DN60	a molla fissa
34	ROCCAGLORIOSA	Acquavena	1	DN50	a molla fissa
		Roccagloriosa	3	DN80; DN25; DN25	a molla fissa



		Sollevamento			
	ROFRANO	Cerreto di Torre Orsaia	1	DN25	a molla fissa
35	RUTINO	Rutino basso	1	DN60	a molla fissa
		Rutino campagne	2	DN50;DN50	a molla fissa
36	SALA CONSILINA				
37	SALENTO	Salento	2	DN25;DN32	a molla fissa
	SALVITELLE				
38	SAN GIOVANNI A PIRO	Bosco	1	DN50	a molla fissa
		S. Giovanni a Piro	1	DN65	a molla fissa
		Spineto	1	DN50	a molla fissa
39	SAN MAURO CILENTO	CasalSoprano	1	DN65	a molla fissa
		CasalSottano	1	DN50	a molla fissa
40	SAN MAURO LA BRUCA				



41	SAN PIETRO AL TANAGRO				
42	SAN RUFO	San Rufo Triglio	1	DN80	a molla fissa
		Terre di Rao	1	DN80	a molla fissa
43	SANTA MARINA	Policastro Angar	1	DN80	a molla fissa
		Policastro nuovo Salise	1	DN150	a membrana
		Policastrum	1	DN50	a molla fissa
		Santa Marina	1	DN50	a molla fissa
	SANT'ARSENIO				
44	SAPRI	Sapri Timpone	1	DN60	a membrana
45	SASSANO	Carmine	1	DN60	a membrana
		Capograssi	1	DN60	a molla fissa
46	SERRAMEZZANA	Capograssi	1	DN60	a molla fissa



		San Teodoro basso	1	DN60	a molla fissa
		Serramezzana	1	DN80	a molla fissa
47	SESSA CILENTO	San Mango Alto	1	DN60	a molla fissa
		Sessa Alto	1	DN50	a molla fissa
		Sessa Felitto - Piano	1	DN60	a molla fissa
		Valle Cilento	1	DN25	a molla fissa
48	STELLA CILENTO	Guarrazzano - San Giovanni	1	DN60	a molla fissa
		Stella alto	2	DN50;DN50	a molla fissa
		Stella droro	2	DN25;DN60	a molla fissa
49	STIO	Gorga Palomenta	1	DN25	a molla fissa
		Stio timpe	1	DN80	a molla fissa



50	TEGGIANO	Petrone	1	DN150	a membrana
		Pozzale	1	DN125	a membrana
51	TORRACA	Cordici	1	DN100	a membrana
		Torraca	1	DN60	a molla fissa
52	TORRE ORSAIA	Torre Orsaia	3	DN65;DN60;DN60	a molla fissa
53	TORTORELLA	Tortorella campagne	1	DN65	a molla fissa
54	VALLO DELLA LUCANIA				
55	VIBONATI	Vibonati S. Lucia	1	DN65	a molla fissa
		Vibonati vecchio	2	DN65;DN65	a molla fissa
Totale			134		

Tabella 20_Ipotesi PRV

In particolare, l'ipotesi sul posizionamento delle valvole ha seguito la seguente logica:

- per i diametri compresi tra il DN50 ed il DN65 è stata prevista una PRV a molla, in linea, con contatore e saracinesca per consentire sia un'agevole manutenzione ed una misura delle portate in ingresso al distretto a valle;



- per i diametri compresi tra il DN80 ed il DN100 è stata prevista una PRV a molla, in linea, con filtro, contatore e saracinesca per consentire sia un'agevole manutenzione ed una misura delle portate in ingresso al distretto a valle;
- per i diametri pari o superiori al DN100 è stata prevista una PRV a membrana con doppio pilota notte/giorno (che meglio si adatta alle eventuali fluttuazioni delle pressioni a monte), da posizionare eventualmente in linea o in by-pass alla tubazione esistente, con filtro, contatore e saracinesca a monte ed a valle per consentire sia un'agevole manutenzione ed una misura delle portate in ingresso al distretto a valle.

5.6 DESCRIZIONE DEL MODELLO IDRAULICO DI SIMULAZIONE DELLA RETE

Gli obiettivi di miglioramento gestionale non possono essere raggiunti senza il collegamento del GIS ai modelli di simulazione idraulica. Inoltre, accoppiamento GIS a modelli esterni migliora la gestione complessiva efficienza dei sistemi di erogazione dell'acqua^{76, 77, 78, 79,80}.

Al fine di poter simulare il comportamento idraulico delle reti di distribuzione, in questo lavoro di tesi abbiamo acquisito ed inserito taluni attributi ai nodi ed ai tratti di rete censiti: le informazioni necessarie all'elaborazione, ad oggi, risultano parziali ed incomplete.

All'interno del WEBGIS attualmente in uso è presente il modulo specifico per EPANET che consente di preparare il file .inp da esportare all'applicativo EPANET ed eventualmente di inserire dei dati di default laddove alcuni dati dovessero essere mancanti.

Il modulo suddetto verifica una serie di condizioni che devono essere rispettate affinché il file sia formalmente corretto per essere importato in EPANET, ed in particolare:

⁷⁶ Bartolin H, Martinez F, Monerde N (2001) Connecting ArcView 3.2 to EPANET 2. A full environment to manage water distribution systems using models. Water software systems: theory and applications. International Conference on Computing and Control for the Water Industry (CCWI'01). Montfort University, Leicester (UK), 6–9 September 2001, pp 355–368

⁷⁷ Bartolin H, Marti'nez F, Cortes J (2008) Bringing up to date WDS models by querying. An EPANET-Based GIS Geodatabase, Eighth Annual Water Distribution Systems Analysis Symposium (WDSA), Cincinnati, Ohio, USA, pp 1–17

⁷⁸ Argent RM (2004) An overview of model integration for environmental application components, frameworks and semantics. Environ Model Softw 19(3):219–234

⁷⁹ Vairavamoorthy K, Yan Jimin, Galgale Harshal M, Gorantiwar Sunil D (2007) IRA-WDS: a GIS-based risk analysis tool for water distribution systems. Environ Model Softw 22:951–965

⁸⁰ Panagopoulos GP, Bathrellos GD, Skilodimou HD, Martsouka FA (2012) Mapping urban water demands using multi-criteria analysis and GIS. Water Resour Manag 26(5):1347–1363



- Deve essere presente almeno un serbatoio o una sorgente per ogni Network
- I Nodi sorgente (R) devono essere posizionati in un nodo terminale
- Pompe (P) e Valvole aperte (V) non possono essere posizionate in un nodo terminale
- Pompe (P) e Valvole sia aperte (V) che chiuse (V0) non possono essere posizionate in un incrocio
- Le Linee devono avere Diametro > 0

- I livelli di tipo 'P' (pompe, organi di regolazione della pressione) devono avere le colonne:

ND_EPA_PKW (potenza della pompa a energia costante)

ND_EPA_PQV (portata)

ND_EPA_PRE (pressione)

- La domanda ai nodi viene rilevata in uno dei seguenti modi, a scelta in funzione della disponibilità dei dati:
 - o in tutti i livelli dei punti di consegna viene valorizzata la colonna 'ND_EPA_DEM' con il valore in l/sec;
 - o in tutti i livelli dei punti di consegna viene valorizzata la colonna 'ND_EPA_DEM' con il numero totale delle persone servite. Il numero sarà utilizzato per il calcolo della domanda complessiva sul nodo (consumo idrico pro-capite immesso in fase di avvio del calcolo * 'ND_EPA_DEM');
 - o Il valore della domanda viene calcolato automaticamente sulla base della popolazione residente (sezioni di censimento 2011) che ricade nell'intorno dei nodi terminali
 - o Il valore della domanda viene calcolato automaticamente sulla base della popolazione residente (sezioni di censimento 2011) che ricade nell'intorno di tutti i nodi del network esclusi R, T, V e P

Nell'Ambito di questo lavori di tesi abbiamo eseguito la simulazione idraulica sul distretto di Camerota Marina in quanto il Comune di Camerota ha fatto registrare, nel periodo 2014-2019, un indice I.L.I. (Infrastructure Leakage Index) maggiormente critico e pari a mediamente a 6,27.

La rete idrica al servizio di Camerota Marina ha inizio dal serbatoio di S. Iconio (a quota di circa 130 m slm), con una condotta DN300 che segue la costa per circa 6 km per poi suddividersi in due rami (uno alto segue la via Previteri ed uno basso lungo la via Nazionale) per poi ricongiungersi ad anello di fronte al cinema Bolivar. Da lì parte una condotta che alimenta la zona periferica di Monte di Luna dietro il porto:

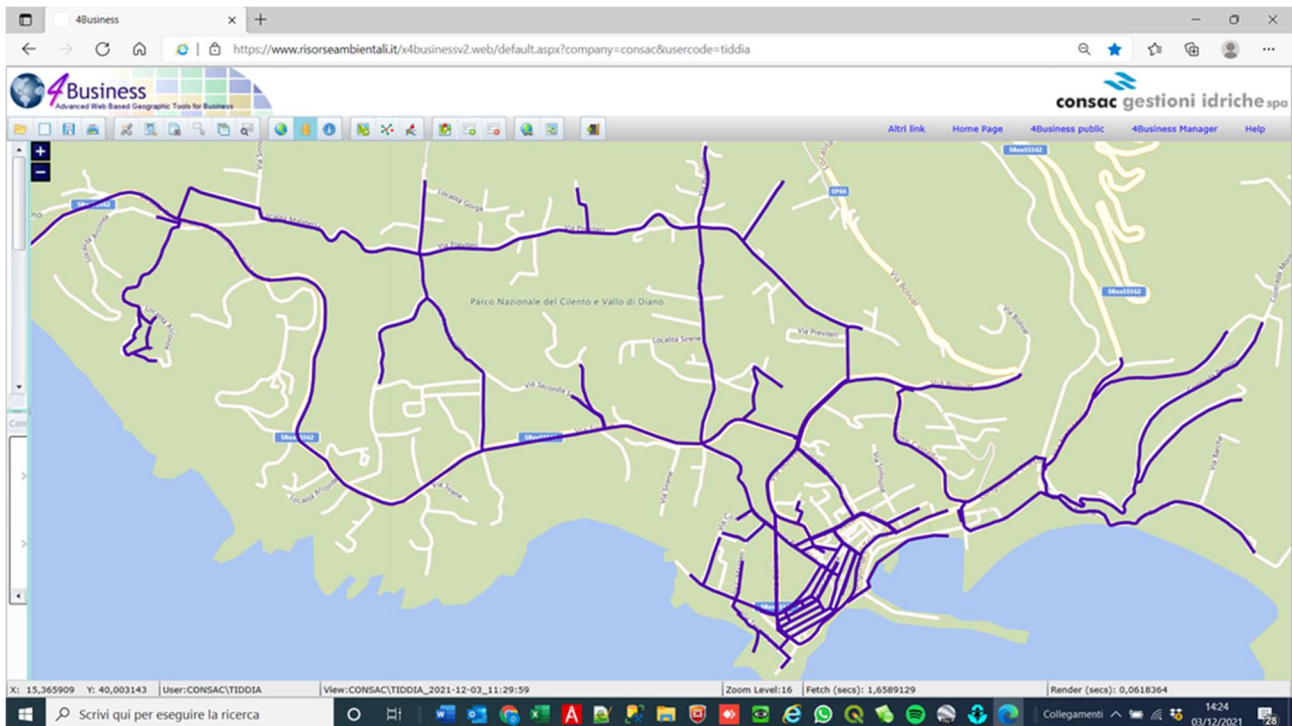


Figura 31_Rete di distribuzione dell'agglomerato di Camerota Marina

La simulazione è stata effettuata con i seguenti parametri e limiti:

- I punti di consegna sono sommati per via: nel database delle utenze, l'anagrafica è infatti abbinata ad un codice via e pertanto, non disponendo della ubicazione dei singoli allacciamenti si è utilizzato un "unico punto consegna per via" a cui sono automaticamente collegati tutti gli utenti che nel database possiedono quel codice via;
- Ad ogni utenza si è attribuita una dotazione idrica media di 450 l/giorno (si è stimato 2,5 a bit./utenza);
- Fluttuazione bi-oraria della domanda (1.0;1.2;1.4;1.6;1.4;1.2;1.0;0.8;0.6;0.4;0.6;0.8)

La fotografia iniziale del sistema evidenzia l'agglomerato di Camerota Marina con la zona portuale in cui si registrano le pressioni maggiori e la zona più alta (Via Previteri) dove le pressioni sono appena sufficienti.

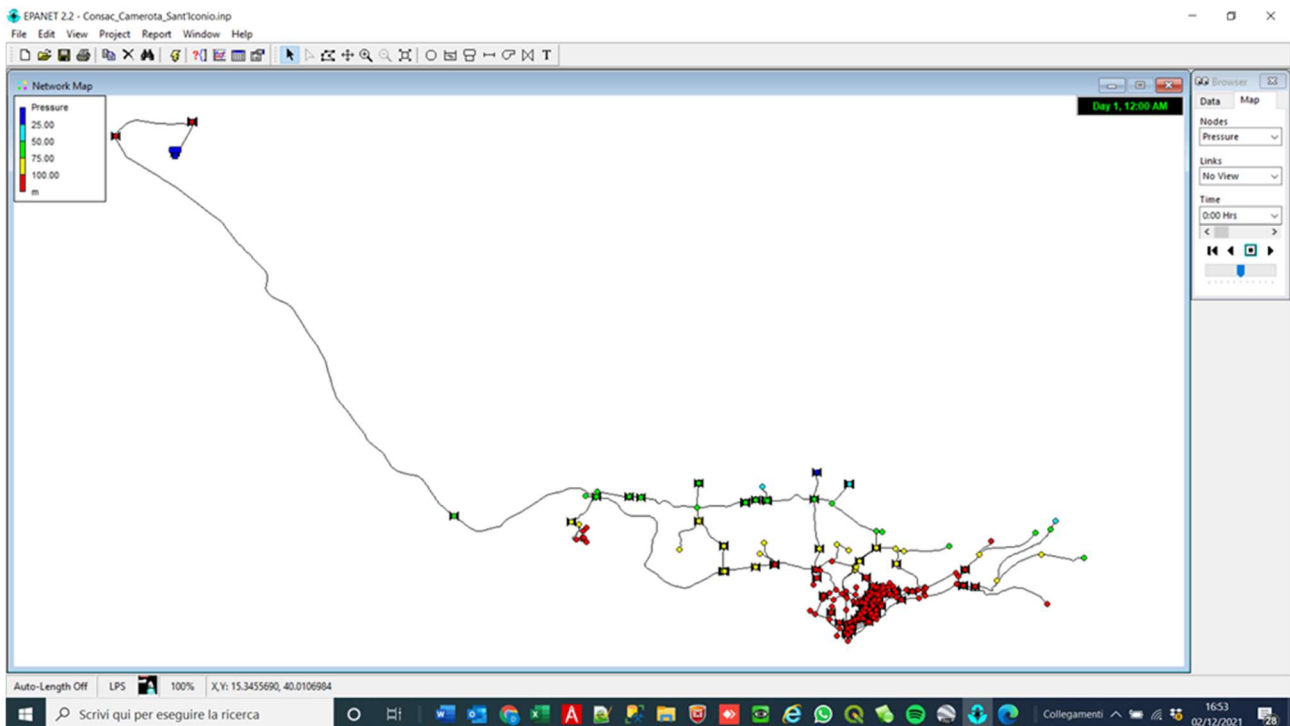


Figura 32_Implementazione EPANET Camerota Marina

Le simulazioni effettuate con i dati attuali rappresentano comunque un andamento “abbastanza realistico”, ovvero che:

- La zona alta è quella che per prima risente dell’abbassamento di pressione, insieme ai nodi nella parte estrema (dietro il porto verso Monte di Luna) in quanto, oltre che terminali sono posizionate a quote altimetricamente penalizzate.
- Viceversa, tutta la zona del porto (alla quota praticamente del livello del mare) lavora in condizioni di pressione sempre elevata. Al fontanino sul porto si registra una pressione di 11 bar in media stagione.

Simulazione con livello iniziale 2 metri d’acqua al serbatoio. I nodi più penalizzati per quanto riguarda le pressioni sono quelli terminali nella parte alta della Via Previteri e quelli oltre il porto verso Monte di Luna:

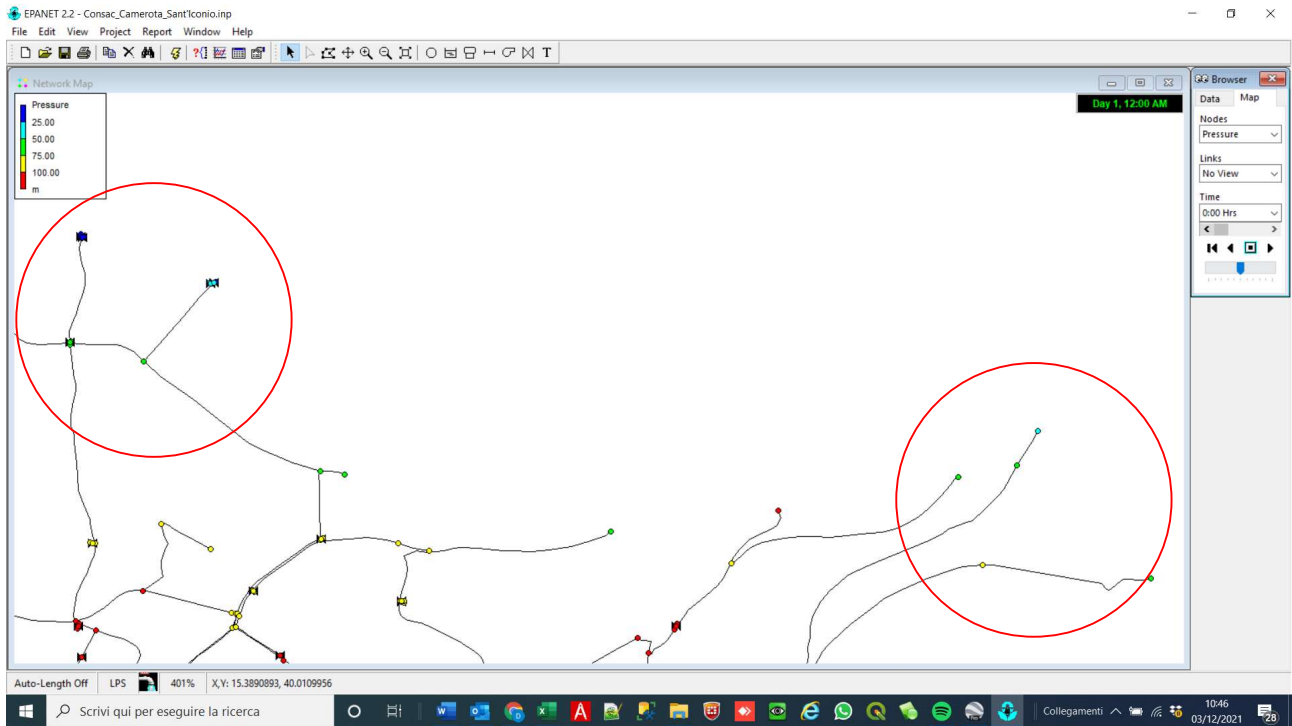


Figura 33_Simulazione EPANET Camerota Marina

Nella sequenza delle varie simulazioni orarie, prima dello svuotamento del serbatoio si assiste ad un graduale abbassamento delle pressioni nei nodi terminali ed anche in alcuni nodi intermedi della parte alta (Via Previteri).

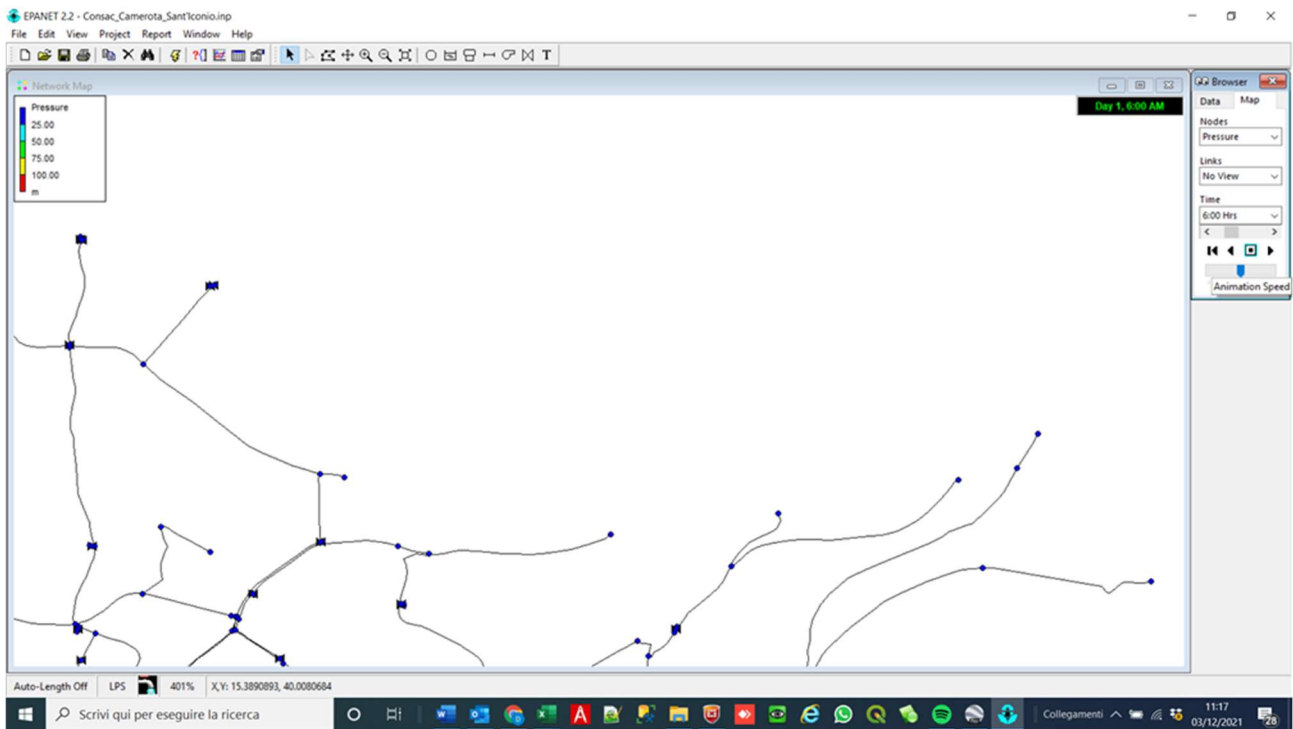


Figura 34_Simulazione EPANET Camerota Marina

Per rendere efficace e poter ottimizzare gli effetti della regolazione, occorre però procedere ad una distrettualizzazione della rete che riesca a sezionare completamente la zona bassa (zona porto), dalla zona alta (Via Previteri) e oltre il porto verso Monte di Luna.

Dal momento che il serbatoio S. Iconio è monitorato per le portate in uscita, sarà sufficiente creare

- Distretto n. 1: Dal serbatoio di S. Iconio, tutta la litoranea sino alla suddivisione in ramo destro e ramo sinistro in corrispondenza del campo di calcio sulla SS562 (zona Happy Village), per continuare sulla parte alta (con distributrice sulla via Previteri) e proseguire oltre il porto.
- Distretto N. 2: tutta la parte bassa compresa l'area portuale (a valle della Via Nazionale)



Lo schema funzionale proposto sarà pertanto il seguente:

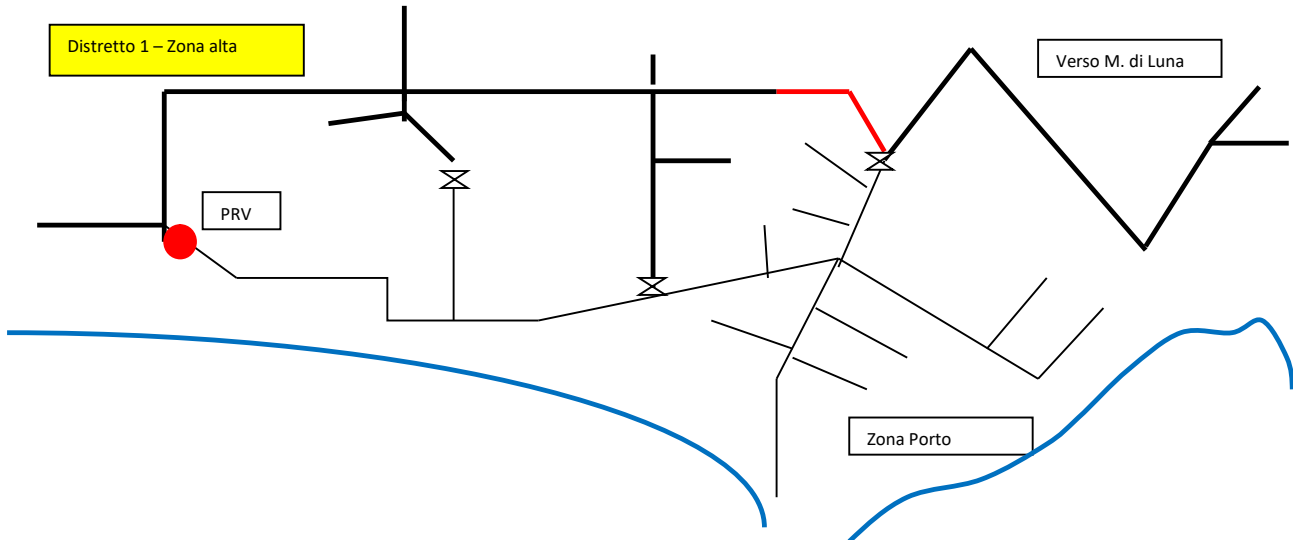


Figura 35_Schema funzionale Camerota Marina

5.7 LA RIABILITAZIONE DI RETI IDRICHE

La funzione fondamentale di una rete di distribuzione idrica è soddisfare i fabbisogni idropotabili degli utenti con una risorsa di buona qualità conforme agli standard di potabilità con adeguati livelli di pressione e portata⁸¹.

Nel tempo, le tubazioni delle reti sono soggette a fenomeni di degrado progressivo dovuti alle condizioni operative e/o ambientali che comportano una diminuzione delle loro performance ed un aumento dei costi di manutenzione del servizio. Di qui nasce l'esigenza riabilitativa delle condotte per arrestare o comunque ridurre le disfunzioni osservate⁸². Gli obiettivi della gestione della rete sono molteplici: evitare le interruzioni di servizio, garantire la qualità del servizio erogato cercando di ammortizzare i costi di investimento, operativi e

⁸¹ Haidar H. Rehabilitation des reseaux d'eau potable: méthodologie d'analyse multicritere des patrimoines et des programmes de rehabilitation, Thèse doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2006, France, 227p

⁸² Elnaboulsi J., Alexandre O. Le renouvellement des reseaux urbains d'eau potable : Une approche economique d'optimisation, 1998, Ingénieries – EAT, n° 15.



di manutenzione del sistema mantenendo determinati standard di sicurezza per assolvere alla funzione richiesta^{83,84,85,86}.

Al fine di minimizzare tali interferenze, negli ultimi anni si è fatto sempre più affidamento alle tecnologie “trenchless” che, a differenza del tradizionale scavo a cielo aperto, assicurano minor impatto ambientale e maggiore efficienza di realizzazione. Tali tecnologie, denominate anche no-dig, letteralmente “senza scavo”, consentono allo stesso tempo anche un deciso abbattimento dei rischi per la sicurezza degli operatori (seppellimento) nelle aree di scavo.

Inoltre, mediante l'utilizzo di tecniche tradizionali di scavo, si trascurano le conseguenze sull'impatto ambientale e sociale che lo scavo a cielo aperto può comportare, quali ad esempio il danno sul traffico pedonale e veicolare, la maggiore usura del manto stradale, l'aumento di emissioni di polveri nocive e l'incremento di inquinamento acustico, il maggiore disturbo creato alle attività commerciali in prossimità dei cantieri, etc. Tutto ciò si traduce in realtà in un costo economico-sociale raramente calcolato che ricade sulla collettività. Al contrario, l'impiego di tecnologie no-dig permette di eseguire opere di posa e sostituzione di reti di servizio in zone urbane riducendo al minimo le operazioni di scavo e di conseguenza lo smantellamento delle sedi stradali, diminuendo anche i volumi del materiale di risulta delle operazioni di demolizione destinati a discarica. Schematicamente le tecniche “trenchless” vengono suddivise secondo la tipologia di intervento da effettuare:

- nuove installazioni di tubazioni (directional drilling, microtunnelling, impact moling)
- riabilitazione/risanamento di tubi esistenti (loose-fit lining, close fit lining, cured in place pipe, cement mortar lining)
- sostituzione (pipe bursting, pipe splitting)
- individuazione e mappatura di servizi interrati (telecamere, sistemi radar per la mappatura, cerca perdite)

⁸³ AFNOR Norme européenne NF EN 13306: Terminologie de la maintenance, Association Française de Normalisation, 2001, Paris

⁸⁴ Dell'Orfano F., Esposito V., Gualtieri P., Pulci Doria G. Mean Values of Water Pipe Break Rate in the World and in Geographical Areas, 7th IWA International Conference on Efficient Use and Management of Water (Efficient 2013) Paris, France, 22-25 October, 2013.

⁸⁵ Granger D., Caradot N., Chequi F., Chocat B. How to support sustainable urban water management strategies?, 7ème Conférence internationale sur les techniques et stratégies durables pour la gestion des eaux urbaines par temps de pluie, 27 juin - 1er juillet, 2010, Lyon, France

⁸⁶ Charrat M. Conception d'un outil de supervision de la production et de la distribution d'eau potable à Lyon en période courante et en période de crise, Thèse de doctorat, 1995, INSA Lyon, 278p.



Si vuole dare un'indicazione sulle tecnologie no-dig più comuni in modo da poterne valutare le potenzialità confrontandole con le tecniche di scavo in tradizionale

Le Tecnologie di Rehabilitation di Infrastrutture a Rete con limitato ricorso a scavi con Metodi Tradizionali (Trenchless – No-Dig) sono atte a ripristinare, mantenere e incrementare le performance di un sistema di tubazioni esistenti.

Le tecnologie “trenchless” o “no-dig” o anche dette “a basso impatto ambientale” (come denominate dal DPR 207/2010 - Regolamento di esecuzione ed attuazione del D. Lgs. n. 163/2006 che per esse ha previsto una categoria specifica di Opere Specialistiche OS35), per evidenziarne il loro carattere di poca invasività, sono tecnologie che permettono di intervenire nel sottosuolo per la posa, la manutenzione e il risanamento delle infrastrutture dei servizi a rete, riducendo drasticamente o annullando del tutto lo scavo a cielo aperto. Nella letteratura tecnica e scientifica di settore, il termine anglosassone Rehabilitation comprende tutte le tecnologie atte a ripristinare, mantenere ed eventualmente incrementare le performance di un sistema di tubazioni esistenti.

La classificazione internazionale per la riabilitazione delle condotte, così come descritta nelle UNI EN 15885:2011 e UNI EN ISO 11295:2010, comprende le tre seguenti macro categorie:

- Renovation contempla tutte le tecnologie necessarie per incorporare tutto o parte della tubazione originaria recuperandone o incrementandone le performances;
- Replacement contempla tutte le tecnologie che comportano la riabilitazione di una tubazione esistente mediante l'installazione di una nuova tubazione senza il mantenimento di quella originaria;

Gli interventi compresi nella macro categoria Replacement sono principalmente individuati nella tecnologia “pipe bursting / splitting”, che prevede la posa di nuova tubazione con sostituzione distruttiva della condotta esistente, e nel “microtunnelling / pipe eating” che prevede la nuova posa di tubazioni spinte nel terreno mediante la trivellazione con utilizzo di una testa fresante (evoluzione delle tecnologie TBM / GBM e spingitubo).

- Repair contempla tutte le tecnologie e operazioni idonee alla riparazione di danneggiamenti localizzati.

Gli interventi compresi nella macro categoria Repair sono principalmente individuati nella tecnologia by injection, with cured-in.place components, with trowelled material, with internal mechanical devices, by flood grouting, other reappear techniques.

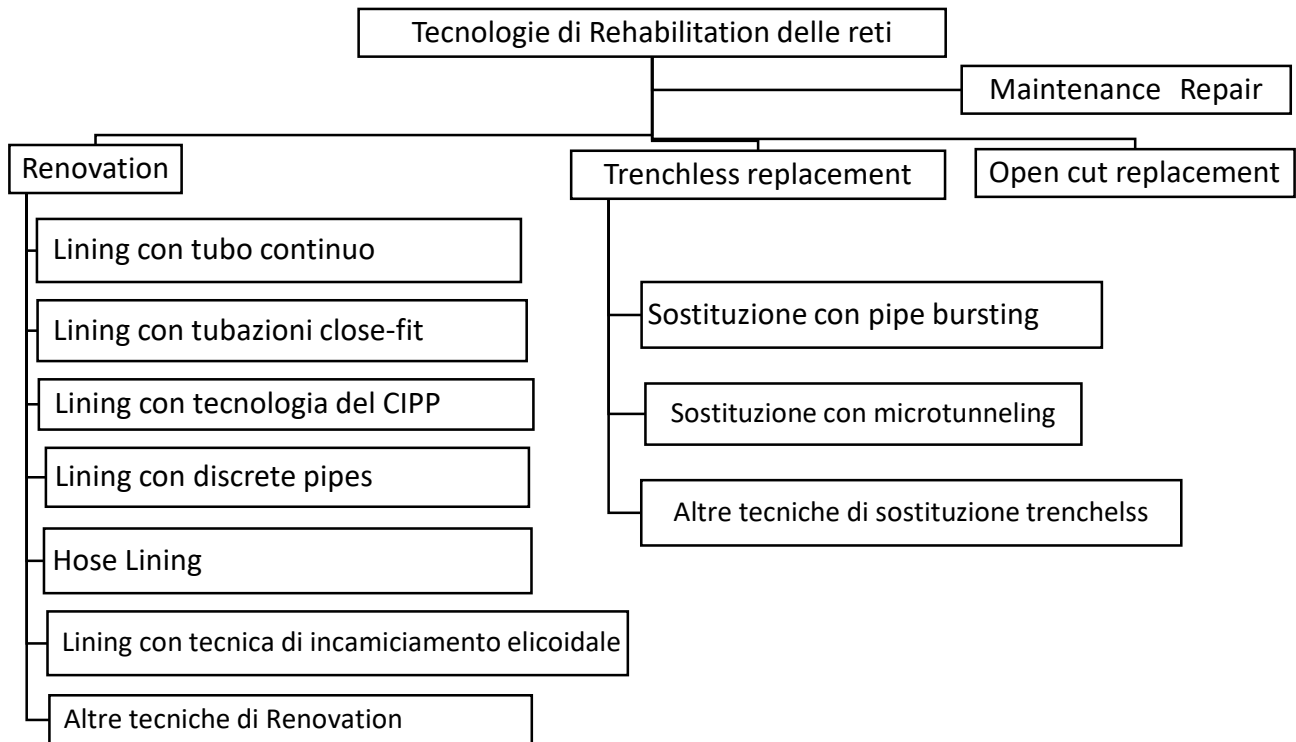


Figura 36_Tecniche possibili per interventi (UNI EN ISO 11295:2010)

5.7.1 RENOVATION

Lining con tubo continuo

Il rivestimento con tubo continuo è un metodo di rivestimento del tubo in cui il tubo da inserire viene preparato prima dell'installazione in modo che corrisponda alla lunghezza del tubo host. Si tratta di una forma di sliplining che coinvolge un tubo continuo che, a differenza dei tubi a raccordo stretto, non necessita di rimodellamento prima dell'inserimento. Lo sliplining viene utilizzato nella riabilitazione senza scavi per prolungare la vita dei tubi più vecchi che sono diventati difettosi nel tempo.

Un metodo per la riabilitazione di un tubo difettoso consiste nell'utilizzare un rivestimento con tubo continuo. È reso possibile dal materiale del tubo flessibile, come il polietilene ad alta densità (HDPE) o il cloruro di polivinile fusibile. Questi tubi vengono spesso consegnati in pacchi e assemblati in loco.

Il rivestimento continuo dei tubi è generalmente più adatto per tubi più stretti, mentre i tubi di grande diametro sono spesso rivestiti con tubi discreti. Il rivestimento con tubo continuo viene installato nel tubo ospite in un punto di inserimento e tirato attraverso fino a raggiungere la fossa di uscita.



Con il metodo di scorrimento convenzionale, vengono utilizzati principalmente tubi in HD-PE [Bröms95] secondo DIN 8074 [DIN8074a] e DIN 8075 [DIN8075:1997], DIN 19537 [DIN19537b], DIN 16961 [DIN16961b] ma anche in PP per DIN 8078 [DIN8078a].

Lining con close-fit

Le tecnologie di riabilitazione di tipo Close-fit lining si basano sull'inserimento nella tubazione da riabilitare di un tubo nuovo temporaneamente deformato, successivamente riportato alla forma e dimensioni originali in modo da aderire perfettamente alle pareti interne del tubo ospite. La deformazione temporanea del nuovo tubo serve a ridurre la sezione trasversale in modo da facilitarne l'inserimento del nuovo tubo in quello da riabilitare. È temporanea perché, una volta che il nuovo tubo è stato posizionato in quello da risanare, esso viene riportato alla dimensione e forma originali. È possibile distinguere due classi di tecnologie di close-fit lining, le tecnologie basate sulla riduzione temporanea di diametro, dette RDP o swaged liners, o le tecnologie basate sulla deformazione temporanea di forma, dette MFP o folded liners. Nelle tipologie di tipo RDP, la riduzione temporanea del diametro del liner si ottiene facendo passare la nuova tubazione attraverso una matrice di riduzione del diametro.

Questa operazione può essere condotta a freddo o a caldo, non superando mai la temperatura alla quale è stato originariamente estruso il tubo plastico. Nelle tecnologie di tipo MFP, invece, la deformazione temporanea di forma viene invece ottenuta ripiegando il tubo in due falde, che vengono quindi serrate mediante fascette di contenimento generalmente in materiale plastico. Il tubo nuovo così ripiegato, viene quindi inserito nella tubazione ospite, e quindi per effetto della pressione riportato alla forma originaria.

Viene prevalentemente impiegata per il rinnovamento di reti idriche o fognarie ed è adatta per arginare perdite o corrosioni, mentre, essendo la condotta di spessore ridotto "interactive folding", è la condotta esistente a sopportare la pressione del carico idraulico del fluido trasportato all'interno.

Lining con tecnologia del CIPP

La tecnologia del CIPP - Cured In Place Pipe (Rivestimento polimerizzato in sito), detta anche Cured In Place Lining o Risanamento con tubi reticolati in situ in situ lining o ancora soft lining, è una metodica di risanamento no-dig di condotte interrate ed aeree (relining riabilitativo) che consiste nella ricostruzione all'interno della condotta esistente di un nuovo tubo che prende la forma del tubo ospite e se ne assume tutte le caratteristiche idrauliche (ma anche statiche).

Modalità di esecuzione



La tecnologia del CIPP è basata sull'inserimento, all'interno del tubo da risanare (tubo ospite) di un tubolare (detto liner) in feltro poliestere o fibra di vetro che, preliminarmente all'inserimento, viene impregnato a rifiuto con una resina termoindurente (detto carrier) - poliestere, vinilestere o epossidica - idonea a resistere all'azione chimica dei fluidi convogliati in condotta. Il liner viene quindi gonfiato all'interno del tubo da risanare, in modo da farlo aderire perfettamente alle pareti di questo. Una volta inserito e gonfiato il tubolare impregnato di resina viene fatto indurire attraverso la reticolazione (polimerizzazione) della resina di cui è impregnato. Il risultato è costituito da un nuovo tubo, anche con funzioni strutturali, perfettamente aderente alla vecchia condotta da risanare, qualsiasi sia la forma di questa.

Il nuovo tubo, in materiale composito, che risulta al termine dell'applicazione, oltre ad aderire perfettamente alle pareti interne del tubo ospite (la tubazione da risanare) è in grado di assolvere a tutte le funzioni idrauliche e strutturali a cui assolveva il tubo preesistente. A consolidamento terminato, la guaina indurita viene sezionata in corrispondenza dei pozzetti di ispezione intermedi e dei terminali.

Vantaggi e svantaggi

La tecnologia CIPP è sicuramente più costosa di tutte le altre tecnologie di relining riabilitativo ma offre sicuramente prestazioni migliori nel ripristino delle caratteristiche idrauliche ma anche strutturali di condotte danneggiate, e tempi di esecuzione più rapidi, specialmente con riferimento a quelle UV CIPP.

Da una sola apertura sono possibili interventi lunghi anche centinaia di metri per tubi di qualunque forma e dimensione con diametro massimo equivalente fino a 2500mm.

La forma della condotta da ripristinare può essere circolare, ovoidale o policentrica. Può essere utilizzata anche in tratti di condotte non rettilinee.

I lavori di CIPP potrebbero avere effetti tossici. La diffusione di sostanze tossiche e/o cancerogene è stata riportata nella maggior parte dei siti in cui queste sostanze sono state analizzate⁸⁷

Lining con discrete pipes

Il rivestimento con tubi discreti è un metodo per rivestimento di un tubo con una serie di tubi più corti. È una forma di scivolamento che coinvolge la spinta o il tiro di più segmenti di tubi attraverso un tubo host. Lo scivolamento viene utilizzato nella riabilitazione senza trincea per prolungare la vita di tubi più vecchi che sono diventati difettosi nel tempo.

⁸⁷ Ra K et al. Considerations for emission monitoring and liner analysis of thermally manufactured sewer cured-in-place pipes (CIPP). Journal of Hazardous Materials 2019; 371: 540., su sciencedirect.com



Un metodo per la riabilitazione di un tubo difettoso consiste nell'utilizzare un rivestimento con tubi discreti. Questi singoli segmenti di tubo vengono inseriti uno dopo l'altro finché non si estendono per l'intera lunghezza del tubo host. La malta viene utilizzata per riempire lo spazio anulare.

Il rivestimento con tubi discreti viene utilizzato per rivestire tubi dritti che potrebbero presentare infiltrazioni o altri difetti. Il metodo sfrutta gli ultimi progressi in plastica rinforzata con vetro, cloruro di polivinile (PVC) o altri materiali durevoli.

Hose lining

Gli "hoses liners" rappresentano un sistema flessibile per la riabilitazione senza scavo di condotte in pressione, composto da un tubolare flessibile multistrato: spalmatura esterna e interna in materia plastica, rinforzo mediano di natura sintetica e dai rispettivi connettori di estremità.

La tecnologia di risanamento Hose Lining viene classificata e riconosciuta internazionalmente in via generale all'interno della parte 1 della norma UNI EN ISO 11295:2018.

L'unica norma specifica sulla tecnologia ad oggi è di base tedesca: DVGW VP 643, redatta in collaborazione con i produttori in quanto la tecnica di risanamento che adotta questo genere di tubolari non aveva precedenti.

Il sistema è composto da:

1. un tubolare flessibile autoportante con:
 - o rivestimento esterno in Polietilene PE resistente all'abrasione ed all'usura, fornisce protezione durante la fase di tiro;
 - o Armatura in fibra aramidica costituita da Rinforzo mediante tessuto senza cuciture in fibra aramidica (Assorbimento pressione interna, Assorbimento delle forze di allungamento durante il tiro) Armatura singola (sp. 6 mm) o doppia (sp. 8 mm) in base alle pressioni;
 - o Rivestimento interno Acqua potabile: certificazione di potabilità | Gas: Mista poliuretanic a bassa permeabilità Oil: resistente a idrocarburi aromatici e alifatici | Liquidi aggressivi: sviluppato appositamente per fluidi abrasivi come miscele acqua-sabbia.

e da connettori di estremità brevettati di tipo Flangiato o Saldato.

Lining con tecnica di incamiciamento elicoidale

Questo metodo è basato sul sistema di un profilo in plastica estruso in continuo avente un'alta rigidità. I profili in PVC o PE sono avvolti su tamburi e montati in sito per formare una nuova condotta; il montaggio avviene usando una specifica macchina bobinatrice in sotterraneo.



L'installazione può essere eseguita con o senza lavori di scavo localizzato a seconda delle misure di accesso e di sistema idraulico. Questo metodo è più versatile nelle reti con grandi diametri.

Nel caso di incamiciamento elicoidale classico con spazio anulare, le condotte sono realizzate su misura nel collettore direttamente con la nuova sezione trasversale richiesta. Per la versione senza spazio anulare, la condotta elicoidale si espande dopo la sua introduzione cosicché sarà in completo appoggio alla condotta esistente.

Campi di applicazione: Condotte a gravità; applicabile a fognatura e acque chiare; adatto a tutti i materiali della condotta ospite; dimensioni consigliate da Dn 600 mm a oltre 3000 mm; sezioni possibili: circolare, ovoidale e quadrato (dipende in parte dalle dimensioni del collettore); Lunghezza d'installazione: fino a 200 m (dalla camera di partenza) o oltre nel caso di piazzamenti in collettore. Risanamento possibile in tratti con leggere curve (dipende dal sistema e dalle dimensioni nominali)

Vantaggi: Applicazione versatile e strutturabile a progetto; a seconda del sistema l'installazione può essere eseguita senza bypass (fino a circa il 25% della sezione della condotta). Quando lo spazio viene riempito, l'acqua reflua deve essere provvisoriamente bypassata. L'installazione è possibile attraverso camerette esistenti anche con chiusino standard; in casi diversi è possibile operare attraverso uno scavo localizzato.

Mediante il riempimento dell'intercapedine (spessore progettabile) il nuovo tubo spiralato può strutturare il vecchio sistema fino alla classe III.

Svantaggi: Certi sistemi o dimensioni del collettore richiedono la rimozione o allargamento temporaneo delle camerette per permettere l'accesso dell'attrezzatura (macchina bobinatrice). La versione con lo spazio anulare comporta una significativa riduzione della sezione utile del collettore. Nel caso di ingresso della falda da rotture o erosioni del collettore ospite è richiesta una sigillatura preliminare.

5.7.2 TRENCHLESS REPLACEMENT

Sostituzione con pipe bursting

La tecnologia Pipe Bursting consente la demolizione di una tubazione esistente attraverso frantumazione. I materiali che possono essere frantumati sono quelli fragili (gres, ghisa, calcestruzzo, cemento-amianto) e questo costituisce il naturale ambito di applicazione delle tecnologie pipe bursting. La caratteristica comune dei tubi costruiti con questi materiali è che se vengono sottoposti a un'azione di tipo percussivo, oppure ad un'espansione meccanica del diametro, tendono a frantumarsi in piccoli frammenti.



Le tecnologie di pipe bursting più conosciute e diffuse sono: il Pipe bursting di tipo statico, nel quale si utilizzano semplici coni o cunei di espansione detti espansori o il Pipe bursting di tipo dinamico, nel quale si utilizzano utensili di tipo percussivo, alimentati ad aria o a liquido.

Lo schema esecutivo tipo non cambia passando dal pipe bursting dinamico a quello statico: due scavi vengono realizzati alle estremità dei tratti, di cui il primo è utilizzato come camera di lancio su cui è collocata una slitta contenente la testa idraulica di spinta ed estrazione delle aste. Una volta completata l'inserzione, all'estremità delle aste, dalla parte della camera di arrivo, viene collegato il dispositivo destinato a frantumare la vecchia condotta durante la fase di estrazione delle aste. Il dispositivo di frantumazione è costituito da un utensile tagliente a forma di freccia che permette di aprire la vecchia condotta con azione continua. Man mano che le aste vengono estratte viene così creato il foro di diametro maggiorato che costituisce la sede di posa per la nuova tubazione di PE. Le operazioni di pipe bursting possono determinare effetti di superficie ed effetti sui sottoservizi preesistenti. Occorre perciò, durante l'applicazione di questa tecnica, operare alcuni accorgimenti sulle modalità di esecuzione.

Sostituzione con microtunneling

La tecnica del Microtunneling permette la posa in opera in sotterraneo di condotte rigide mediante perforazione a spinta monitorata e direzionabile. Viene adottata per l'installazione di condotte fino a grandi diametri (3000mm) in materiale fragile, grès o calcestruzzo, ma può essere utilizzata anche per acciaio e PRFV. La tecnica di posa "microtunneling" prevede la realizzazione di un foro tra due pozzi, uno nella zona di partenza, detto pozzo di spinta e un altro nella zona di arrivo, necessari per la manovra degli elementi della tubazione. La perforazione orizzontale è realizzata dal pozzo di spinta, dopo l'installazione nel pozzo stesso di tutte le attrezzature di spinta e di controllo, tramite una testa d'avanzamento a ruota fresante effettuata attraverso l'utilizzo di una serie di martinetti idraulici montati su un telaio meccanico e interconnessi fra loro per avere la stessa spinta da parte di ciascuno. La testa fresante è seguita dall'avanzamento simultaneo di conci di tubazione che costituiranno la linea. Il recupero del materiale disgregato può essere effettuato mediante un sistema a smarino meccanico, in cui una coclea trasporta il materiale scavato e frantumato verso il pozzo di spinta, oppure mediante un sistema a smarino idraulico, in cui il materiale viene allontanato tramite circolazione di fango bentonitico (slurry system).

Con questa tecnica si possono realizzare lunghezze di perforazione considerevoli grazie alla possibilità di inserire una o più stazioni di spinta intermedie; al contempo ciò comporta la necessità di avere a disposizione



aree estese per l'installazione dei cantieri, oltre che da considerazioni di convenienza economica legata alle dimensioni dell'opera da realizzare.

Altre tecniche di sostituzione trenchless

2. La Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.) o Horizontal Directional Drilling (H.D.D.) è una tecnica di trivellazione con controllo attivo della traiettoria per la posa in opera di nuove canalizzazioni per qualsiasi servizio (energia elettrica, fognature, comunicazioni, gas e acqua), soprattutto quando si debbano superare ostacoli naturali (fiumi, canali) e artificiali (strade di grande comunicazione, ferrovie). La tecnica prevede la creazione di un foro pilota mediante l'introduzione da un pozzo di ingresso di una colonna di aste con una lancia di perforazione posta in testa, che vengono guidate nella direzione e alla quota di progetto. La testa raggiunge un pozzetto di arrivo dove viene collegata ad un utensile alesatore che ha la funzione di allargamento del foro, fino ad arrivare ad un diametro circa pari al 20-30% in più della dimensione del tubo da posare. Dal pozzo di ingresso viene quindi ritirata e smontata l'intera colonna, che trascina con sé la nuova tubazione che viene agganciata all'alesatore stesso e viene trainata fino ad occupare l'intera lunghezza della perforazione. L'impianto di perforazione ('rig', di derivazione petrolifera) è costituito da una rampa inclinata sulla quale trasla un carrello mobile avente la funzione di trasmettere la rotazione e la spinta alle aste. Se la perforazione viene svolta a "umido", l'avanzamento della testa fresante è coadiuvato da un getto fluido costituito principalmente da fango bentonitico. Talvolta lo scavo può essere effettuato "a secco", ovvero tramite un martello demolitore che durante l'avanzamento comprime il terreno lungo le pareti del foro, utilizzando comunque una miscela lubrificante a base di acqua solo per il raffreddamento dell'utensile di scavo. Con questa tecnologia vengono installate tubazioni in PEAD e in acciaio sino a 1200 mm di diametro
3. L'Impact Molding è una delle tecnologie trenchless più semplici e antiche poiché facilmente applicabili per installazioni di tubazioni di piccolo diametro in terreni comprimibili per brevi distanze. La tecnica di scavo è costituita da un utensile di scavo a percussione, in genere alimentato pneumaticamente, dotato di un sistema di avanzamento guidato, che consente la posa per traino di tubi in ferro e materie plastiche. L'utensile di scavo, detto "siluro", è collocato su un carrello rigido e viene fatto avanzare mediante un sistema ad aria compressa, controllando la direzione di progressione. Una volta che il foro è stato completato, la tubazione viene inserita conseguentemente all'estrazione dell'utensile di scavo. Le dimensioni del foro guida sono tipicamente il 15-25 per cento più grandi rispetto al tubo da inserire.



5.7.3 MAINTANANCE AND REPAIR

La categoria denominata Maintenance contempla in via generale tutte le operazioni eseguite su sistemi di tubazioni esistenti senza l'installazione di aggiuntivi componenti e comunque le operazioni di routine intraprese per assicurare le prestazioni continue dei sistemi di condotte.

5.7.4 SCELTA TRA LE POSSIBILI ALTERNATIVE DI REHABILITATION

Le reti di distribuzione dell'acqua possono essere installate utilizzando tecnologie open-cut o trenchless.

Il metodo convenzionale a cielo aperto/scavo prevede l'esecuzione di un nuovo tubo a una profondità di 1–6 m, oppure di sostituire una tubazione esistente nel terreno, realizzando una trincea aperta lungo l'intero percorso di lavoro.

La tecnologia no-dig/trenchless comporta la costruzione o il ripristino di un terreno, privo di acqua o acqua lavoro tubolare senza aprire una trincea lungo il percorso. Gli scavi sono locali per l'inserimento della nuova condotta e per la ricostruzione della connessione, gli scavi rappresentativi meno del 5% della lunghezza.¹⁰

In questo studio, analizziamo cinque alternative: Compact Pipe, Slipline, Subline, Swagelining e Pilot Pipe come da Tabella seguente:

Simbolo dell'alternativa	Nome dell'alternativa	Materiale della condotta che deve essere riabilitata	Materiale della condotta riabilitante	Diametro Nominale della condotta	Lunghezza [mm]	Osservazioni
A1	Compact Pipe	Calcestruzzo, cemento amianto, ghisa, acciaio, PVC	PE	100 ÷ 500	700	L'inliner in PE è consegnato in situ modellato con forma a "C". È consigliato per aree urbane affollate.
A2	Slipline	Calcestruzzo, cemento amianto, ghisa, acciaio, PVC	PE, PVC	50 ÷ 1000	Lunghe condotte	
A3	Subline	Calcestruzzo, cemento amianto, ghisa, acciaio, PVC	PE 80 o PE 100 con SDR 26 o SDR 80	75 ÷ 1600	Lunghe condotte	L'inliner in PE è consegnato in situ modellato con forma a "U".



A4	Swagelining	Calcestruzzo, cemento amianto, ghisa, acciaio, PVC	PE, PVC	65 ÷ 1000	1000
A5	Pilot Pipe	Calcestruzzo, cemento amianto, ghisa, acciaio, PVC	Acciaio, PE o altri materiali con alta resistenza alla trazione	80 ÷ 1600	60 ÷ 80 fine trenchless

Tabella 21_ Matrice delle alternative di Rehabilitation

Negli ultimi anni, le tecnologie trenchless sono state utilizzate per la costruzione e la riabilitazione di utenze interraste, come gasdotti, sistemi di distribuzione dell'acqua, sistemi di raccolta delle fognature, e canali di drenaggio.⁸⁸

Le tecnologie di rinnovo delle condutture possono essere suddivise in riparazione, riabilitazione e sostituzione tecnologie.⁸⁹

Ovviamente, le tecnologie di riabilitazione della rete di distribuzione dell'acqua possono avere i loro vantaggi, così come i loro svantaggi. Trojan e Costa²⁸ affermano che le alternative possono essere valutate utilizzando criteri diversi che di solito lo sono in conflitto.

In questo studio adotteremo il metodo ANP per la scelta della migliore alternativa di rehabilitation di condotte in amianto gestite da Consac gestioni idriche spa attraverso i seguenti Step:

Step 1: stabilire lo scopo e gli obiettivi

Lo scopo di questo studio è quello di trovare il migliore soluzione tecnica per il ripristino delle condotte in amianto al fine di ridurre le perdite d'acqua nel sistema di approvvigionamento idrico del Cilento e Vallo di Diano.

Step 2: Identificazione dei criteri decisionali.

Dopo lo studio della letteratura scientifica e sulla base dei dati disponibili sono stati selezionati i seguenti criteri decisionali:**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Step 3: identificare le alternative.

⁸⁸ Zhao, J.Q.; Rajani, B. Construction and Rehabilitation Costs for Buried Pipe with a Focus on Trenchless Technologies; National Research Council Canada; Institute for Research in Construction: Ottawa, ON, Canada, 2002.

⁸⁹ Morrison, R.; Sangster, T.; Downey, D.; Matthews, J.; Condit, W.; Sinha, S.; Maniar, S.; Sterling, R.; Selvakumar, A. State of Technology for Rehabilitation of Water Distribution Systems; U.S. Environmental Protection Agency: Cincinnati, OH, USA, 2013.



Nella Tabella_21 sono state individuate cinque alternative, vale a dire, Compact Pipe – Slipline – Subline – Swagelining – Pilot Pipe.

Step 4: Formare la struttura della rete ANP.

Il problema è scomposto in una rete in cui i nodi corrispondono ai cluster. Gli elementi in un cluster possono influenzare alcuni o tutti degli elementi di qualsiasi altro cluster. Queste relazioni sono rappresentate da archi con direzioni. Inoltre, le relazioni tra elementi nello stesso cluster possono esistere ed essere rappresentate da un arco ad anello.

La rete ANP è stata disegnata nel software Super Decisions 3.2 (Creative Decisions Foundation, versione 2.10.0, Pittsburgh, Pennsylvania, USA). Per classificare le cinque alternative in base a sono stati utilizzati i sette criteri, il metodo ANP di Saaty e il software Super Decisions 3.2.

Questo software è stato scelto perché la versione accademica del software Super Decisions 3.2 è gratuita.

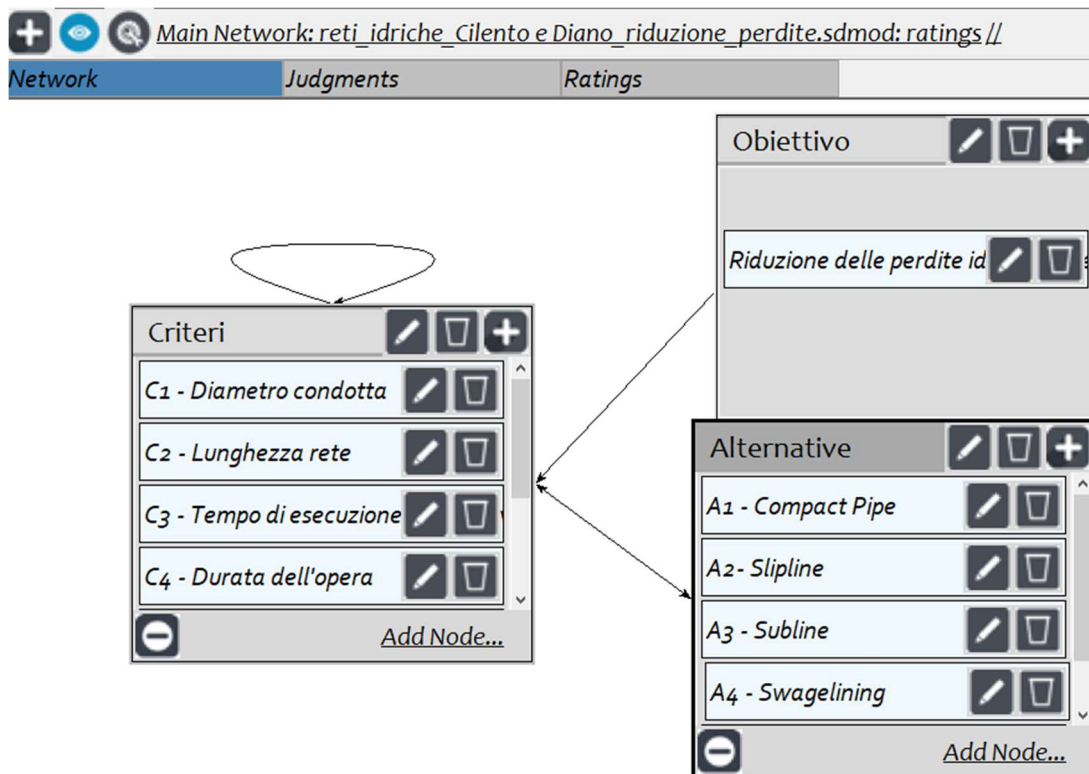


Figura 37_ Struttura di ranking del processo analitico di rete per la selezione dell'alternativa ottimale

La Figura 37 rappresenta la struttura gerarchica del processo di scelta della soluzione tecnica per “la riduzione delle perdite idriche nel Cilento e Vallo di Diano, ovvero l’“obiettivo”, il cluster "criteri" e il cluster "alternative".



C'è un ciclo di feedback tra i criteri del medesimo cluster: i nodi in questo cluster (i criteri) vengono confrontati con essi. C'è anche un ciclo di feedback tra il cluster delle alternative ed il cluster dei criteri: le alternative possono influenzare i criteri.

La struttura gerarchica del processo analitico di rete per la scelta dell'alternativa ottimale è stato disegnato utilizzando il software Super Decisions 3.2, basato sulla relazione tra i criteri e alternative.

Sono state individuate le relazioni tra i criteri decisionali:

1. dal nodo criterio C1 ai nodi C3-C5-C6;
2. dal nodo criterio C7 ai nodi C3 – C6

Step 5: formare le matrici di confronto a coppie.

Secondo quanto riportato nelle tabelle 24 e 25, per questo caso di studio, potremmo avere un massimo di 39 confronti a coppie matrici:

1. 13 matrici di confronto a coppie tra il cluster obiettivo ed i 13 elementi del processo decisionale riportati nelle suddette tabelle;
2. 13 matrici di confronto a coppie tra il cluster di criteri ed i 13 elementi del processo decisionale riportati nelle suddette tabelle;
3. 13 matrici di confronto a coppie tra il cluster di alternative e i 13 elementi del processo decisionale riportati nelle suddette tabelle.



Obiettivo		Criteri							Alternative				
Riduzione delle perdite idriche nelle reti di distribuzione del Cilento e Vallo di Diano		C1_Diametro della condotta	C2_Lunghezza della condotta	C3_Tempo di esecuzione	C4_Tempo di vita	C5_Perdite di carico	C6_Costo	C7_Condizioni operative	A1 - Compact Pipe	A2- Slipline	A3 - Subline	A4 - Swagelining	A5 - Pilot Pipe
Obiettivo	Riduzione delle perdite idriche nelle reti di distribuzione del Cilento e Vallo di Diano	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Criteri	C1_Diametro della condotta	0.142857	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	C2_Lunghezza della condotta	0.142857	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000
	C3_Tempo di esecuzione	0.142857	0.333333	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	C4_Tempo di vita	0.142857	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	C5_Perdite di carico	0.142857	0.333333	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	C6_Costo	0.142857	0.333333	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	C7_Condizioni operative	0.142857	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000
Alternative	A1 - Compact Pipe	0.000000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	A2- Slipline	0.000000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	A3 - Subline	0.000000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	A4 - Swagelining	0.000000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	A5 - Pilot Pipe	0.000000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Tabella 22_Supermatrice non ponderata prima di effettuare il confronto a coppie

Obiettivo		Criteri							Alternative				
Riduzione delle perdite idriche nelle reti di distribuzione del Cilento e Vallo di Diano		C1_Diametro della condotta	C2_Lunghezza della condotta	C3_Tempo di esecuzione	C4_Tempo di vita	C5_Perdite di carico	C6_Costo	C7_Condizioni operative	A1 - Compact Pipe	A2- Slipline	A3 - Subline	A4 - Swagelining	A5 - Pilot Pipe
Obiettivo	Riduzione delle perdite idriche nelle reti di distribuzione del Cilento e Vallo di Diano												
Criteri	C1_Diametro della condotta	X											
	C2_Lunghezza della condotta	X											X
	C3_Tempo di esecuzione	X	X					X					
	C4_Tempo di vita	X											
	C5_Perdite di carico	X	X										
	C6_Costo	X	X					X					
	C7_Condizioni operative	X											X
Alternative	A1 - Compact Pipe		X	X	X	X	X	X					
	A2- Slipline		X	X	X	X	X	X					
	A3 - Subline		X	X	X	X	X	X					
	A4 - Swagelining		X	X	X	X	X	X					
	A5 - Pilot Pipe		X	X	X	X	X	X					

Tabella 23_Interazione tra gli elementi del processo decisionale



Per questo caso di studio, abbiamo identificato 11 matrici di confronto a coppie, ovvero:

1. una matrice per confrontare il cluster di criteri in relazione all'obiettivo;
2. due matrici che evidenziano le relazioni tra i criteri decisionali, secondo le relazioni indicate;
3. una matrice che evidenzi l'influenza delle alternative sui criteri;
4. sette matrici per il confronto delle alternative in relazione ai criteri decisionali, dove è stata elaborata una matrice per ciascun criterio decisionale.

Inoltre, l'analisi dei confronti delle coppie è stata eseguita utilizzando il software Super Decisions 3.0.

L'inserimento dei dati per il confronto delle coppie con il software Super Decisions 3.0 può essere effettuato tramite i seguenti metodi: inserimento diretto dei dati, uso del metodo del questionario, uso del metodo matriciale, uso del metodo verbale e uso del metodo grafico.

Per questo caso di studio, l'input di dati è stato eseguito utilizzando l'opzione di immissione dei dati predefinita: il metodo del questionario.

A titolo di esempio, si presenta l'algoritmo di lavoro in cui confrontare i criteri decisionali relazione con lo scopo proposto nel caso di studio. Pertanto, nella Figura 38, presentiamo il questionario utilizzato per il confronto a coppie tra i sette criteri decisionali in relazione all'obiettivo.



Figura 38_ Il metodo del questionario usato per il confronto a coppie tra i sette criteri decisionali

I confronti delle coppie sono effettuati sulla base della scala fondamentale di Saaty.

Nella 26, presentiamo i valori dei confronti di coppia tra i criteri in relazione con l'obiettivo.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1_Diametro della condotta	1.00	1/2	1.00	1/2	1/3	1/3	1/2
C2_Lunghezza della condotta	2.00	1.00	2.00	1.00	1/2	1/2	1.00
C3_Tempo di esecuzione	1.00	1/2	1.00	1/2	1/3	1/3	1/2
C4_Tempo di vita	2.00	1.00	2.00	1.00	1/2	1/2	1.00
C5_Perdite di carico	3.00	2.00	3.00	2.00	1.00	1.00	2.00
C6_Costo	3.00	2.00	3.00	2.00	1.00	1.00	2.00
C7_Condizioni operative	2.00	1.00	2.00	1.00	0.50	0.50	1.00

Tabella 24_ Matrice di confronto a coppie tra i criteri in relazione all'obiettivo



Nella Tabella 24 26 si può notare che, nella matrice, in diagonale, viene inserito il valore uno come criterio è paragonato a sé stesso.

Step 6: formare le matrici normalizzate: i valori dei criteri di confronto in relazione all'obiettivo sono normalizzate utilizzando il software Super Decisions 3.2.

Step 7: stabilire le priorità locali: dopo aver normalizzato i valori dei criteri di confronto in relazione all'obiettivo come in Figura 39, viene definito nella matrice, il vettore di priorità locale W21.

Criteria	Normalized Rating	Weight
C1_Diamet~	0.06992	0.06992
C2_Lunghe~	0.12857	0.12857
C3_Tempo ~	0.06992	0.06992
C4_Tempo ~	0.12857	0.12857
C5_Perdit~	0.23722	0.23722
C6_Costo	0.23722	0.23722
C7_Condiz~	0.12857	0.12857

Figura 39_ Normalizzazione dei criteri rispetto all'obiettivo

$$W_{21} = \begin{bmatrix} 0.06992 \\ 0.12857 \\ 0.06992 \\ 0.12857 \\ 0.23722 \\ 0.23722 \\ 0.12857 \end{bmatrix}$$

Step 8: determinazione del rapporto di consistenza della matrice. In seguito all'applicazione dell'algoritmo di calcolo per la costruzione della matrice di confronto a coppie dei criteri decisionali in relazione all'obiettivo, abbiamo ottenuto un rapporto di consistenza della matrice di 0,00250, quindi la matrice soddisfa la coerenza requisito ($CR \leq 0,1$).

In questo caso di studio, le priorità locali e il rapporto di coerenza della matrice erano entrambi stabiliti utilizzando il software Super Decisions 3.2.

Tuttavia, calcoli simili sono stati eseguiti per le altre matrici di confronto a coppie, riscontrando che, per tutte le matrici di confronto a coppie, il rapporto di consistenza è inferiore a 0,1.

Step 9: formare la supermatrice non ponderata: a partire dalla struttura di gerarchia del processo presentato nella seguente Tabella per questo caso di studio, la supermatrice ha la seguente forma:



Cluster	Obiettivo	Criteri	Alternative
Obiettivo	0	0	0
Criteri	W21	W22	W23
Alternative	0	W32	0

Tabella 25_Forma della supermatrice per questo caso studio (valore W)

dove W21 è un vettore che rappresenta l'impatto dell'obiettivo stabilito sui criteri, W22 è il vettore che rappresenta la dipendenza tra i criteri, W23 è un vettore che rappresenta la dipendenza tra i criteri e le alternative e W32 è il vettore che rappresenta l'impatto dei criteri su ogni alternativa.

Per questo caso di studio, la supermatrice non ponderata era una matrice quadrata con 13 linee e 13 colonne, vale a dire, una riga e una colonna riservate al cluster di obiettivi, con un solo obiettivo, ovvero ridurre perdite idriche nella rete di distribuzione dell'acqua potabile; sette righe e sette colonne riservate al cluster di criteri, ovvero una riga e una colonna riservato per ogni criterio; cinque righe e cinque colonne riservate al cluster alternativo, ovvero una riga e una colonna riservato ad ogni alternativa.

Inoltre, la matrice non ponderata è stata elaborata in base ai pesi relativi stabiliti per ogni matrice di confronto a coppie (vedi Figura 4040). Così, all'intersezione tra la linea "2 Criteri" e nella colonna "Obiettivo" sono stati inseriti i pesi relativi ottenuti nella matrice dei confronti i criteri in relazione alla finalità stabilita.

Main Network: reti_idriche_Cilento e Diano_riduzione_perdite.sdmod: ratings: Unweighted Super Matrix

Clusters	Riduzione dell...	C1_Diametro ...	C2_Lunghezza della...	C3_Tempo di es...	C4_Tempo di vita	C5_Perdite di c...	C6_Costo	C7_Condizi...	A1 - Compact Pipe	A2 - Slipline	A3 - Subline	A4 - Swagelining	A5 - Pilot F
Alternative	0.000000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.000000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.000000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.000000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.000000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Criteri	0.069918	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.128572	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000
	0.069918	0.333333	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.128572	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.237225	0.333333	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.237225	0.333333	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.128572	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000
Obiettivo	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Figura 40_Supermatrice non ponderata prima di effettuare il confronto a coppie

Si è proceduto allo stesso modo con i pesi locali stabiliti attraverso le altre matrici dei confronti a coppie.

Step 10: formare la supermatrice pesata a partire dalla supermatrice non ponderata: i valori della supermatrice non ponderata sono stati moltiplicati per i pesi corrispondenti al cluster (vedi Figura 41).



Main Network: reti_idriche_Cilento e Diano_riduzione_perdite.sdm: ratings: Weighted Super Matrix

Clusters	Riduzione delle pe...	C1_Diametro della...	C2_Lunghezza del...	C3_Tempo di esec...	C4_Tempo di vita	C5_Perdite di ...	C6_Costo	C7_Condizi...	A1 - Comp...	A2 - Slipline	A3 - Subli...	A4 - Swage...	A5 - Pilot ...
Alternative	0.000000	0.100000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.100000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.000000	0.100000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.100000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.000000	0.100000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.100000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.000000	0.100000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.100000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.000000	0.100000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.100000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Criteri	0.069918	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.128572	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000
	0.069918	0.166667	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.250000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.128572	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.237225	0.166667	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Obiettivo	0.128572	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.250000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000

Figura 41_Supermatrice ponderata

Step 11: formare la supermatrice limite. La supermatrice limite viene calcolata abilitando la supermatrice pesata usando l'equazione

$$W'_{\infty} = \lim_{k \rightarrow \infty} W^{2k+1}$$

Main Network: reti_idriche_Cilento e Diano_riduzione_perdite.sdm: ratings: Limit Matrix

Clusters	Riduzione de...	C1_Diametro del...	C2_Lunghezza del...	C3_Tempo di esecu...	C4_Tempo di vita	C5_Perdite di ca...	C6_Costo	C7_Condizi...	A1 - Comp...	A2 - Slipline	A3 - Subline	A4 - Swage...	A5 - Pilot ...
Alternative	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.125000
	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.125000
	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.125000
	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.125000
	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.125000
Criteri	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.125000	0.124999	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.124999	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.125000
	0.062501	0.062501	0.062500	0.062500	0.062500	0.062500	0.062500	0.062501	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.062500
	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Obiettivo	0.125000	0.124999	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.125000	0.124999	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.125000
	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Figura 42_Supermatrice Limite

Step 12: stabilire la classifica delle alternative. Nella seguente Figura, il ranking delle alternative è ottenuto utilizzando il metodo ANP:

Ratings Priorities Matrix

	TOTALS	PRIORITIES
A1 Compact Pipe	0.036080	0.180400
A2 Slipline	0.036260	0.181300
A3 Subline	0.073280	0.366400
A4 Swagelining	0.033820	0.169100
A5 Pilot Pipe	0.020560	0.102800

Figura 43_Ranking delle Alternative

Step 13: analisi della sensibilità. È stata eseguita un'analisi di sensitività per verificare la robustezza del modello. Per questo, il peso di ciascun criterio decisionale è stato modificato del 10%.

L'analisi di sensibilità è stata eseguita per tutti e sette i criteri e lo erano le preferenze alternative come segue: 0.180 per Alternativa A1, 0.181 per Alternativa A2, 0.366 per Alternativa A3, 0.169 per Alternativa A4 e 0,103 per Alternativa A5.



Il software Super Decisions 3.2 consente di stabilire la supermatrice limite da eseguire da un numero di nove diverse varianti, definite come tipo di calcolo, ridimensionando per scalare, nuova gerarchia (senza limite), nuova gerarchia (con limite), identità ai sink, formula dei sink (normalizza direttamente), formula sinks (normalizza i limiti).

In questo contesto, abbiamo eseguito una simulazione all'interno del case study utilizzando le nove varianti per la determinazione della supermatrice limite e, dopo la simulazione, si ottiene lo stesso risultato.

La supermatrice limite è stata determinata dalla variante "tipo di calcolo". Pertanto, dopo aver effettuato l'analisi di sensitività, è stato dimostrato che il metodo utilizzato offriva una classifica molto stabile delle alternative.

Step 14: selezionare l'alternativa migliore.

Le priorità ottenute dopo aver valutato le alternative sono le seguenti: 0,1804 per l'alternativa A1 (compact pipe), 0,1813 per l'alternativa A2 (Slipline), 0,3664 per Alternativa A3 (Subline), 0,1691 per Alternativa A4 (Swagelining) e 0,1028 per l'Alternativa A5 (Pilot Pipe).

Sulla base delle priorità ottenute e dell'analisi di sensitività, si consiglia l'Alternativa A3, vale a dire, la tecnologia Subline, considerando che questa alternativa ha ottenuto la massima priorità globale.



CAPITOLO 6

Il miglioramento della qualità di vita per elevati standard del S.I.I. per il segmento “acquedotto” si esplica attraverso alcuni parametri fondamentali: continuità del servizio di fornitura di risorsa idropotabile; soddisfacimento del fabbisogno idropotabile; qualità delle acque distribuite.

Tale miglioramento di qualità non può prescindere dai principi di:

- Efficienza
 - o Maggior controllo sulle acque distribuite
 - o Opere di ristrutturazione ed adeguamento delle reti idriche, che presentano gravi deficit strutturali
 - o Controllo delle pressioni in rete
 - o Interventi di by-pass per superare le frane storiche che interessano gli acquedotti principali
 - o Interventi volti alla risoluzione delle emergenze idriche dovute alla scarsa funzionalità della rete di distribuzione
 - o Introduzione di un sistema di misura innovativo
 - o Estensione delle reti e delle procedure di monitoraggio e controllo
 - o Miglioramento della competenza gestionale anche in termini di rapporti con l'utenza
- Economicità:
 - o Riduzione costi di esercizio
 - o Interventi per la riduzione degli usi impropri della risorsa idropotabile
 - o Ottimizzazione dei consumi energetici
 - o Miglioramento tecnologico indirizzato a gestioni più economiche
 - o Introduzione controllo da remoto
 - o Priorità degli investimenti in termini costi/benefici
 - o Introduzione di procedure di manutenzione programmata su reti e impianti

oltre che di sostenibilità ambientale attraverso soluzioni tecnologiche indirizzate a ridurre gli impatti ambientali e tese al recupero energetico; nel rispetto dei piani sovraordinati e delle prescrizioni Autorità di regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA).

Le diverse tematiche affrontate nel presente lavoro di tesi contribuiscono alla tematica della gestione delle risorse idriche in termini di “efficienza” ed “economicità” delle reti acquedottistiche.

In questo capitolo vengono riassunti i dati significativi di sistema elaborati per il caso studio Consac gestioni idriche spa in rapporto sia alla media nazionale (M1 ed M2) sia al territorio campano (KPI).

A partire da tali indicatori, adottando delle misure per il controllo delle pressioni/perdite idriche (distrettualizzazione, installazione prv) e stilando un programma di riabilitazione/rinnovo delle reti (scegliendo le migliori alternative possibili) è possibile superare le criticità evidenziate analizzando le informazioni in input.



6.1 SINTESI MACRO-INDICATORI ARERA

Il contenimento delle perdite rappresenta un obiettivo primario nella gestione del servizio di acquedotto, sia per la necessità di conservazione della risorsa idrica, particolarmente rilevante in condizioni di scarsità, sia per una maggiore efficienza del servizio, in termini di minori costi energetici e di gestione.

Tale indicatore viene scomposto in:

- M1a - Perdite idriche lineari, definito come rapporto tra volume delle perdite idriche totali e lunghezza complessiva della rete di acquedotto nell'anno considerato;
- M1b - Perdite idriche percentuali, definito come rapporto tra volume delle perdite idriche totali e volume complessivo in ingresso nel sistema di acquedotto nell'anno considerato.

Il monitoraggio di ARERA su tale indicatore, condotto su un panel composto da 110 gestioni, con una copertura di circa il 70,6% della popolazione residente italiana (42,8 milioni di abitanti), mostra valori medi nazionali di M1a e M1b rispettivamente pari a 23,1 m³/km/gg e 42,4%, confermando forti differenze a livello territoriale.

Nella tabella che segue si mostrano i dettagli del monitoraggio per area geografica:

Valori medi di M1a e M1b per area geografica			
Macroarea	M1a - Perdite idriche lineari (mc/Km/gg)	M1b - Perdite idriche percentuali (%)	Popolazione servita dalle gestioni monitorate
Nord Ovest	20,2	32,20 %	31%
Nord Est	14,4	38,90 %	24%
Centro	27	49,40 %	23%
Sud e Isole	38,8	51,30 %	22%
Italia	23,10	42,40 %	70%

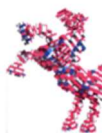
Tabella 26_ Valori medi di M1a e M1b per area geografica (ARERA, 2019)

A fronte di una media nazionale di 23,10 m³/km/d del valore M1a, la società Consac analizzata nel nostro caso studio, fa registrare il valore di 16,67 m³/km/d:

Anno di riferimento	ΣW_{IN}	ΣW_{OUT}	WL _{TOT}	L _p	M1a
	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[km]	[m ³ /km/d]
2020	24.641.651	9.795.867	14.845.784	2.440	16,67

Tabella 27_M1a Consac

A fronte di una media nazionale del 42,40% del valore M1b, Consac fa registrare – nell'anno di riferimento 2020 - il valore del 60,25%:



Anno di riferimento	ΣW_{IN}	W_{LTOT}	$M1b$
	$[m^3]$	$[m^3]$	$[\%]$
2020	24.641.651	14.845.784	60,25

Tabella 28_M1b Consac

Anche la continuità del servizio idropotabile alle utenze è un parametro importante che viene monitorato attraverso l'indicatore M2 definito come somma delle durate delle interruzioni programmate e non programmate annue, moltiplicate per il numero di utenti finali interessati dall'interruzione, rapportata al numero totale di utenti finali serviti dal gestore.

Il monitoraggio condotto da ARERA su tale indicatore, su un panel composto da 79 gestioni, che servono nel complesso circa il 57,4% della popolazione residente italiana (34,8 milioni di abitanti), mostra nel complesso un valore medio nazionale di interruzioni del servizio pari a 36,05 ore.

Nella tabella che segue si mostrano i dettagli del monitoraggio per area geografica:

Valori medi di M2 per area geografica		
Macroarea	M2 – Interruzioni di servizio (ore)	Popolazione servita dalle gestioni monitorate
Nord Ovest	0,49	28%
Nord Est	1,39	20%
Centro	45,37	28%
Sud e Isole	105,51	24,4%
Italia	36,05	57,4%

Tabella 29_Valori medi del macro-indicatore i M2 per area geografica (ARERA, 2019)

A fronte di una media nazionale del valore M2 pari a 36,05 ore di interruzione, Consac fa registrare – nell'anno di riferimento 2020 - il valore del 63,27 ore di interruzione ovvero quasi il doppio della media nazionale:

Anno di riferimento	ΣU_i	Σt_i	$U_{tot,ACQ}$	M_2
	$[num]$	$[ore]$	$[num]$	$[ore]$
2020	1.267.149	2.021	95.811	63,27

Tabella 30_M2 Consac

6.2 SINTESI KPI



In questo paragrafo vengono riassunti i dati Consac dei vari asset del sistema idrico in rapporto ai dati regionali e di distretto "Sele" con l'evidenziazione in grassetto dei valori "anomali".

Sorgenti		Regione	Distretto	Consac
KPI_s_mis	n° sorgenti dotate di misuratori di portata/n° totale sorgenti	29,65	27,7	1,1
KPI_s_cons_civ	n° sorgenti il cui stato di conservazione delle opere civili è scadente/n° totale sorgenti	27,29	12,33	95,2
KPI_s_tut_ass	n° sorgenti dotate di area di tutela assoluta (art.94 co.3 del D.Lgs 152/2006)/n° totale sorgenti	62,09	12,33	4,8
KPI_s_port	n° sorgenti in cui la portata media derivata (misurata o stimata) è inferiore a 2 l/s/n° totale sorgenti	56,11	47,11	64,3
KPI_s_vol_mis	Volume medio annuo misurato derivato dal sistema di sorgenti/Volume medio annuo prelevato dal sistema di sorgenti (misurato+ stimato)	69,48	80,35	80,9
KPI_s_vol_med	Volume medio annuo derivato dal sistema di sorgenti/Volume medio annuo necessario a soddisfare la domanda	56,15	91,88	42,53
KPI_s_vol_conc	Volume medio annuo derivato dal sistema di sorgenti e provvisto di concessione autorizzativa/Volume medio annuo prelevato dal sistema di sorgenti	35,94	n.c.	90,32
SKPI_s_vol_cis_sc	Volume medio annuo derivato dal sistema di sorgenti proveniente da corpi idrici sotterranei con Stato Chimico scarso/Volume medio annuo prelevato dal sistema di sorgenti	8,15	1,08	0,00

Tabella 31_KPI Sorgenti

Pozzi		Regione	Distretto	Consac
KPI_p_mis	n° pozzi dotati di misuratori di portata/n° totale pozzi	68,67	74,49	81,08
KPI_p_cons_ele	n° pozzi il cui stato di conservazione delle opere elettromeccaniche è scadente/n° totale pozzi	6,62	4,12	8,1
KPI_p_tut_ass	n° pozzi dotati di area di tutela assoluta (art.94 co.3 del D.Lgs 152/2006)/n° totale pozzi	57,67	76,67	23,3
KPI_p_cons_civ	n° pozzi il cui stato di conservazione delle opere civili è scadente/n° totale pozzi	7,62	3,03	40,5
KPI_p_vol_mis	Volume medio annuo misurato derivato dal sistema di pozzi /Volume medio annuo prelevato dal sistema di pozzi (misurato+ stimato)	87,85	76,84	76,67
KPI_p_vol_med	Volume medio annuo derivato dal sistema di pozzi/Volume medio annuo necessario a soddisfare la domanda	42,09	27,6	47,98



KPI_p_vol_conc	Volume medio annuo derivato dal sistema di pozzi e provvisto di concessione autorizzativa/Volume medio annuo prelevato dal sistema di pozzi	41,38	33,56	90,32
SKPI_p_vol_cis_sc	Volume medio annuo derivato dal sistema di pozzi proveniente da corpi idrici sotterranei con Stato Chimico scarso/Volume medio annuo prelevato dal sistema di pozzi	43,52	38,84	6,34

Tabella 32_KPI Pozzi

Cloratori e Adduttrici		Regione	Distretto	Consac
KPI_ct_cons_civ	n° impianti di clorazione il cui stato di conservazione delle opere civili è scadente/n° totale di impianti di clorazione	4,29	11,63	80,00
KPI_ct_cons_ele	n° impianti di clorazione il cui stato di conservazione delle opere elettromeccaniche è scadente/n° totale impianti di clorazione	15,29	n.c.	22,90
KPI_ct_conf	n° dei campioni analizzati contenenti sottoprodotti della disinfezione con valori fuori norma/n° totale dei campioni analizzati a tal fine	n.c.	n.c.	4,00
KPI_add_eta	Lunghezza adduttrici con età maggiore di 40 anni/Lunghezza totale adduttrici	65,41	50,81	79,30
KPI_add_cons	Lunghezza adduttrici il cui stato di conservazione è scadente/Lunghezza totale adduttrici	42,74	52,56	69,30
KPI_add_pcat	Lunghezza adduttrici in acciaio dotate di protezione catodica/Lunghezza totale adduttrici in acciaio	26,42	0,00	11,60
KPI_add_mat	Lunghezza adduttrici in cemento amianto/Lunghezza totale adduttrici	2,45	1,98	2,00
KPI_add_funz	Lunghezza adduttrici con funzionalità idraulica insufficiente/Lunghezza totale adduttrici	33,32	16,21	70,00
KPI_add_perd	Volume delle perdite idriche in adduzione/Lunghezza totale adduttrici [mc/km*a]	12.813,00	5.905,00	3.108,00
KPI_add_frana	Lunghezza adduttrici in frana/Lunghezza totale adduttrici	0,09	n.c.	1,00
KPI_add_frana_d	Lunghezza adduttrice in frana ponderata al diametro massimo [mm*m]	1.883.720,00	n.c.	2.130,00
KPI_add_rip	n° interventi annui delle condotte di adduzione/Lunghezza totale adduttrici [n.int/Km a]	2,64	3,21	0,11

Tabella 33_KPI Cloratori ed Adduttrici

Serbatoi		Regione	Distretto	Consac
KPI_ac_eta	n° serbatoi con età maggiore di 50 anni/n° totale serbatoi	49,19	38,24	72,00
KPI_ac_mis	n° serbatoi dotati di misuratori di portata/n° totale serbatoi	63,72	46,28	0,02
KPI_ac_tic	n° serbatoi dotati di telecontrollo/n° totale serbatoi	63,72	46,28	1,67



KPI_ac_cons_civ	n° serbatoi il cui stato di conservazione delle opere civili è scadente/n° totale serbatoi	20,96	8,29	81
KPI_ac_mis_vol	Volumi serbatoi sottoposti a misura/Volumi totali serbatoi	68,12	59,86	1,85
KPI_ac_cons_civ_vol	Volumi serbatoi il cui stato di conservazione delle opere civili è scadente/volume totale serbatoi	17,22	13,25	0,02
KPI_ac_cons_ele	n° serbatoi il cui stato di conservazione delle opere elettromeccaniche è scadente/n° totale serbatoi	23,94	4,32	70,00

Tabella 34_KPI Serbatoi

6.3 RISULTATI

Attuando il percorso metodologico descritto nel Capitolo 5 per una gestione strategica delle reti idriche di distribuzione si va ad incidere in maniera significativa sui Macro-Indicatori di ARERA aumentando la capacità di gestire in modo durevole il patrimonio delle infrastrutture idriche mediante la riduzione delle dispersioni idriche ed il miglioramento della qualità del servizio ai cittadini.

Consac, attualmente appartiene alle fasce E, C e C, per quanto attiene rispettivamente i macro- indicatori M1, M2 e M3.

Con specifico riferimento alle reti di distribuzione, l'attuazione del percorso descritto consente una riduzione dell'17,75 % di M1b:

Valori attuali prima dell'attuazione del percorso di cui al Capitolo 5	ΣW_{IN}	ΣW_{OUT}	W_{LTOT}	Lp	M1b
	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[km]	[%]
Totale territorio Gestito_anno 2020	24.641.651	9.795.867	14.845.784	2440	60,25
Ambito di Studio_anno 2020	21.993.470	9.795.867	12.197.603	1588	55,46

Tabella 35_Valori M1b totali e dell'area di studio prima della realizzazione del percorso indicato

Valori dopo l'attuazione del percorso indicato al Capitolo 5	ΣW_{IN}	ΣW_{OUT}	W_{LTOT}	Lp	M1b
	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[km]	[%]



Totale territorio Gestito_anno 2020	24.641.651	9.795.867	14.845.784	2440	60,25
Ambito di intervento	15.725.000	9.795.867	5.929.133	1588	37,71

Tabella 36_Valori M1b totali e dell'area di studio dopo la realizzazione del percorso indicato

Lo strumento descritto in questo lavoro di tesi, dunque, permette il raggiungimento degli obiettivi generali della legislazione europea sull'acqua, della regolazione nazionale di settore ed - indirettamente - dell'adattamento ai cambiamenti climatici.

L'approccio, basato sulle best practices internazionali di asset management, consente di scandire metodologie e processi specifici per una gestione efficace delle reti idriche in termini di pianificazione degli interventi, monitoraggio e controllo di sistema.

Di seguito vengono riassunte in semplici "linee guida operative", le indicazioni pratiche utili all'implementazione di una metodologia di analisi e valutazione del sistema idrico e delle possibili scelte da adottare per migliorarne le performance gestionali e di funzionamento:

1. Overview del quadro normativo di riferimento con la lettura combinata di diversi atti normativi di carattere sia settoriale (in materia di servizi idrici) sia generale, con particolare riferimento alla disciplina in materia di servizi pubblici locali, di appalti pubblici, di partecipazioni societarie delle pubbliche amministrazioni;
2. Investigazione sul quadro regolatorio del S.I.I. che tenga conto della stratificazione e della complessità della governance multilivello;
3. Approfondimenti su aspetti costruttivi, tecnologici e manutentivi dei principali asset di un sistema acquedottistico;
4. Adeguato monitoraggio dei parametri funzionali ed attenta analisi del comportamento della rete attraverso:
 - 4.1 Costruzione di indici multi parametrici a partire dall'aggregazione di dati semplici elaborati in un periodo statisticamente significativo e rapportati ad una zona omogenea di riferimento:
 - ✓ Macro – Indicatori ARERA (M1 ed M2);
 - ✓ KPI (Key Performance Indicator);
 - 4.2 Modellazione Idraulica e definizione dei parametri significativi di sistema per l'implementazione di scelte tecniche e gestionali di ottimizzazione del servizio:
 - ✓ Distrettualizzazione
 - ✓ Posizionamento di valvole riduttrici di pressione;
 - ✓ Programmazione di attività di riduzione e controllo attivo delle perdite



- ✓ Individuazione di tratti di rete da riabilitare o sostituire.

Il percorso metodologico così sviluppato risulta flessibile ma allo stesso tempo oggettivo e scalabile per cui è di immediata applicazione dai soggetti gestori del S.I.I. che possono utilizzarlo sia nel “management ordinario” sia nella predisposizione di progettualità strategiche, più ad ampio raggio.



APPENDICE

TABELLA 1 DESCRIZIONE DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E DIMENSIONALI DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE ATTUALMENTE GESTITE (RIF. PARAGRAFO "5.1.1.1 DESCRIZIONE DELLE RETI COSTITUENTI L'AREA DI STUDIO")

Comune dell'Area di Studio	Lunghezza totale	Lunghezza	Materiale	Incidenza su lunghezza totale	Numero di allacci	Numero di serbatoi
Alfano	7.017,46	609,98	acciaio	0,44	561	2
		1.422,90	ghisa			
		4.816,72	polietilene			
		167,86	pvc			
Ascea	61.179,84	4.627,88	acciaio	3,85	5.252	10
		58,83	acciaio zincato			
		44,34	fibrocemento			
		9.570,15	ghisa			
		36.357,38	polietilene			
		10.521,26	pvc			
Atena Lucana	21.285,81	268,55	acciaio	1,34	1.271	3
		7.293,09	ghisa			
		13.459,86	polietilene			
		264,31	pvc			
Auletta	22.999,60	12.649,78	ghisa	1,45	1.233	2
		8.049,86	polietilene			
		2.299,96	acciaio			
Caggiano	69.977,81	34.988,91	ghisa	4,41	1.516	3
		13.995,56	polietilene			
		20.993,34	acciaio			
Camerota	73.142,40	9.914,56	acciaio	4,61	4.459	4
		51,31	acciaio zincato			
		112,96	fibrocemento			
		10.363,61	ghisa			
		46.435,52	polietilene			
		6.264,44	pvc			
Campora	5.791,24	1.435,93	acciaio	0,36	325	2
		1.475,00	ghisa			
		2.880,31	polietilene			
Cannalonga	6.457,79	781,26	acciaio	0,41	621	2



		1.230,00	ghisa			
		4.326,92	polietilene			
		119,61	pvc			
Casal Velino	7.705,47	2.548,09	acciaio	0,49	4.621	10
		138,92	ghisa			
		4.807,86	polietilene			
		210,60	pvc			
Casaletto Spartano	70.813,44	1.689,03	acciaio	4,46	650	5
		1.319,61	fibrocemento			
		12.957,83	ghisa			
		46.629,76	polietilene			
		8.217,21	pvc			
Caselle in Pittari	32.770,42	1.147,58	acciaio	2,06	1.204	3
		4.890,88	ghisa			
		25.748,58	polietilene			
		983,38	pvc			
Castellabate	125.238,16	125.238,16	ghisa	7,89	7.106	18
Castelnuovo Cilento	30.291,43	2.891,49	acciaio	1,91	1.507	3
		5.216,85	ghisa			
		15.790,64	polietilene			
		6.392,45	pvc			
Celle di Bulgheria	11.490,21	956,95	acciaio	0,72	1.183	2
		4.416,63	ghisa			
		5.844,58	polietilene			
		272,05	pvc			
Centola	74.053,62	10230,33	acciaio	4,66	4.520	9
		2183,22	fibrocemento			
		7.286,24	ghisa			
		42.984,37	polietilene			
		11.369,46	pvc			
Ceraso	38.209,19	2020,56	acciaio	2,41	1.518	6
		123,63	fibrocemento			
		4.484,43	ghisa			
		30.610,82	polietilene			
		969,75	pvc			
Cuccaro Vetere	7.244,71	1507,58	ghisa	0,46	358	3
		5.568,87	polietilene			
		168,26	pvc			
Futani	12.500,36	519,4	acciaio	0,79	741	3



		1.779,73	ghisa			
		8.262,37	polietilene			
		1.938,86	pvc			
Gioi	16.380,50	2.796,45	acciaio	1,03	851	4
		81,96	acciaio zincato			
		3.784,06	ghisa			
		9.288,44	polietilene			
		429,59	pvc			
Ispani	15.200,18	966,73	acciaio	0,96	1.407	8
		188,31	fibrocemento			
		1.060,88	ghisa			
		10.611,43	polietilene			
		2.372,83	pvc			
Laurito	12.319,61	1.304,26	acciaio	0,78	575	1
		222,11	acciaio zincato			
		244,47	ghisa			
		9.542,83	polietilene			
		1005,94	pvc			
Lustra	236,63	236,63	pvc	0,01	26	2
Moio della Civitella	13.440,55	917,55	acciaio	0,85	966	2
		1.745,49	ghisa			
		10.777,51	polietilene			
Montano Antilia	36.520,53	52,08	acciaio	2,30	1.365	7
		6.151,10	ghisa			
		24.481,25	polietilene			
		5.836,10	pvc			
Montecorice	46.174,82	3.683,89	acciaio	2,91	2.804	11
		8896,68	ghisa			
		33.248,13	polietilene			
		346,12	pvc			
Morigerati	13.655,14	2.644,28	acciaio	0,86	511	4
		142,99	acciaio zincato			
		2265,89	ghisa			
		8.380,65	polietilene			
		221,33	pvc			
Omignano	19.651,87	186,26	acciaio	1,24	806	4
		2.984,81	ghisa			
		15514,53	polietilene			



		966,27	pvc			
Orria	9.840,87	823,34	acciaio zincato	0,62	676	3
		3.909,37	ghisa			
		4.551,24	polietilene			
		556,92	pvc			
Padula	23.444,09	3.816,59	acciaio	1,48	761	1
		4.371,69	ghisa			
		10.276,78	polietilene			
		4.979,03	pvc			
Perito	8.561,44	282,64	acciaio	0,54	606	3
		2.500,21	ghisa			
		5.778,59	polietilene			
Pertosa	7.126,55	3.528,51	acciaio	0,45	397	2
		3.598,04	polietilene			
Pisciotta	31.119,84	6958,48	acciaio	1,96	2.475	10
		3.274,03	acciaio zincato			
		9.753,63	fibrocemento			
		3.661,13	ghisa			
		6.291,77	polietilene			
		1180,8	pvc			
Pollica	38.195,12	4.783,28	acciaio	2,41	2.576	8
		6.672,32	ghisa			
		25.423,05	polietilene			
		1.316,47	pvc			
Roccalgoriosa	30.727,11	1.959,86	acciaio	1,93	1.299	4
		2.814,88	ghisa			
		25.359,77	polietilene			
		592,60	pvc			
Rutino	14.695,40	2.535,39	acciaio	0,93	510	3
		23,64	acciaio zincato			
		860,32	ghisa			
		11.276,05	polietilene			
Sala Consilina	66.769,34	2.387,90	acciaio	4,20	5.900	6
		20.225,87	ghisa			
		42.872,05	polietilene			
		1.283,52	pvc			
Salento	7.154,22	850,20	acciaio	0,45	982	5
		1.276,89	ghisa			



		4.620,12	polietilene			
		407,01	pvc			
San Giovanni a Piro	55.069,67	9.957,39	acciaio	3,47	3.326	8
		1.448,17	acciaio zincato			
		230,04	fibrocemento			
		4.351,37	ghisa			
		33.228,32	polietilene			
		5.854,38	pvc			
San Mauro Cilento	14.825,62	3.217,79	ghisa	0,93	949	5
		11.469,84	polietilene			
		137,99	pvc			
San Mauro la Bruca	14.360,19	14,41	acciaio	0,90	472	2
		1.925,87	ghisa			
		11.725,27	polietilene			
		694,64	pvc			
San Pietro al Tanagro	19.490,20	2.261,98	acciaio	1,23	896	1
		12.740,86	ghisa			
		4.487,36	polietilene			
San Rufo	32.158,46	16.179,45	acciaio	2,03	805	3
		3.047,06	ghisa			
		12.931,95	polietilene			
Santa Marina	41.387,26	6.247,47	acciaio	2,61	2.749	6
		134,19	fibrocemento			
		8.979,06	ghisa			
		21.703,23	polietilene			
		4.323,31	pvc			
Sapri	29.457,65	3.053,90	acciaio	1,85	4.287	3
		41,77	fibrocemento			
		7.609,06	ghisa			
		18.616,44	polietilene			
		136,48	pvc			
Sassano	55.767,32	24.215,42	acciaio	3,51	2.200	4
		10.777,87	ghisa			
		20.774,03	polietilene			
Serramezzana	8.622,68	306,97	acciaio	0,54	236	4
		1.258,73	ghisa			
		6.096,66	polietilene			
		960,32	pvc			
Sessa Cilento	16.195,93	844,17	acciaio	1,02	778	8



		4.232,61	ghisa			
		9.662,83	polietilene			
		1.456,32	pvc			
Stella Cilento	16.101,81	127,73	acciaio	1,01	492	5
		2.937,50	ghisa			
		13.036,58	polietilene			
Stio	15.396,64	3.498,26	acciaio	0,97	621	5
		67,40	acciaio zincato			
		1.048,02	ghisa			
		10.782,96	polietilene			
Teggiano	46.295,02	27.777,01	ghisa	2,92	3.457	4
		13.888,51	polietilene			
		4.629,50	acciaio			
Torraca	21.524,36	4.740,86	acciaio	1,36	806	3
		3.842,06	ghisa			
		8.418,83	polietilene			
		4.522,61	pvc			
Torre Orsaia	30.920,37	425,35	acciaio	1,95	1.456	3
		5.516,81	ghisa			
		24.246,49	polietilene			
		731,72	pvc			
Tortorella	12.033,77	8.260,67	acciaio	0,76	348	4
		657,95	ghisa			
		3.115,15	polietilene			
Vallo della Lucania	42.072,45	5.683,83	acciaio	2,65	4.900	4
		79,43	acciaio zincato			
		1.305,83	fibrocemento			
		16.004,33	ghisa			
		18.075,99	polietilene			
		923,04	pvc			
Vibonati	26.991,35	5.528,50	acciaio	1,70	2.888	5
		113,54	acciaio zincato			
		43,78	fibrocemento			
		4.254,94	ghisa			
		15.622,91	polietilene			
		1.427,68	pvc			



TABELLA 2 SERBATOI E SOLLEVAMENTI A SERVIZIO DELL'AMBITO DI INTERVENTO (RIF. PARAGRAFO "5.1.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE PUNTUALI COSTITUENTI L'AREA DI STUDIO")

Area di Studio	Nome		F.	Part.IIa	Quota	Capacità di accumulo	DN
ALFANO	Alfano alto		3	100	413	C ≤ 100	80
							80
	Alfano basso		3	721	308	C ≤ 100	80
							80
ASCEA	Ascea capoluogo alto		46	478	330	1000 < C < 10000	150
							150
	Ascea capoluogo basso	Sollevam ento per Ascea capoluog o alto	46	616	254	100 < C ≤ 1000	80
							100
	Ascea Marina vasca 1		17	30	80	100 < C ≤ 1000	63
							200
							300
	Ascea stampella		7	573	200	100 < C ≤ 1000	150
							200
	Ascea stazione	Sollevam ento per Ascea capoluog o basso	44	571	68	C ≤ 100	80
							150
	Ascea Vreccia		14	188	228	100 < C ≤ 1000	50
							65
							65
	Catona		40	220	642	100 < C ≤ 1000	100
						100	
Mandia		38	8	613	100 < C ≤ 1000	80	
						80	
Potabilizzatore Paino	Booster per Adduttric e Faraone	3	612	4		150	
Terradura alto		25	232	333	100 < C ≤ 1000	100	
						100	
ATENA LUCANA	Caggiuolo		16	1217	710	C ≤ 100	90



	Fontanelle	Sollevamento per Caggiolo	16	688	700	100 < C ≤ 1000	150			
	Serrone scalo nuovo		15	1038	544	100 < C ≤ 1000	150			
							150			
AULETTA	Auletta (cimitero-pozzo)		14	347	337		63			
							63			
							63			
63										
	Giro		2	166	516		100			
BRIENZA	Atena Sant'Elena		15	340 - 342	719	100 < C ≤ 1000	600			
							600			
CAGGIANO	Caggiano		23	217, 361	883		100			
							100			
	Salvitelle nuovo		4	505	825		100			
							100			
	Sollevamento per Caggiano – Salvitelle			29	420	523		100		
									150	
									175	
						300				
						300				
CAMEROTA	Camerota Starze		21	64	425	C ≤ 100	63			
							75			
							100			
	Lentiscosa e Camerota Capoluogo		7	246	411			100		
								100		
								150		
	Licusati nuovo		Sollevamento per rete di distribuzione della fraz. Licusati di Camerota	49	354	317	100 < C ≤ 1000		125	
										150
										300
Sant'Iconio		8	251 - 253 - 254	137	C > 10000	300				
						300				
						300				



							400
CAMPORA	Campora alto		12	15	620	C ≤ 100	60
							60
							80
	Campora basso		7	482	551	C ≤ 100	50
							50
							90
CANNALONGA	Cannalonga Fiera		8	1196	650	100 < C ≤ 1000	80
							125
	Cannalonga Tempa		6	121	643	100 < C ≤ 1000	80
							80
							80
CASAL VELINO	Acquavella	Sollevamento per Casal Velino Carullo	13	228, 229, 230, 231, 232	285	100 < C ≤ 1000	50
							80
							80
	Casal Velino capoluogo		25	335	261	100 < C ≤ 1000	63
							150
	Casal Velino carullo		13	71	430	C ≤ 100	75
							75
							90
							100
	Casal Velino cermoleo pietrabianna		28	235	117	C ≤ 100	50
							50
	Casal Velino dominella		31	1340	52	C ≤ 100	50
							90
							110
	Casal Velino ringo		30	559	155	C ≤ 100	80
80							
Casal Velino San Giorgio alto	20	642, 740	207	100 < C ≤ 1000	150		
					200		
Casal Velino San Giorgio basso - Verduzio	20	4	185	C ≤ 100	32		
					80		
					100		
Casal Velino marina	28	235	114	100 < C ≤ 1000	150		
					150		



							80
							80
	Pioppi		30	246, 426	106		110
							110
CASALETTO SPARTANO	Casaletto Battaglia		41	713	465		50
							80
	Casaletto Sisamo	Sollevam ento per Sisamo alto	38	262	579		50
	Casaletto Sisamo alto		38	903	634		40
							50
	Casaletto Spartano		40	317, 318	444		50
						80	
						90	
	Casaletto Spartano nuovo		38	573	483		80
CASELLE IN PITTARI	Caselle nuovo		15	578, 580	501	1000 < C < 10000	150
							200
	Caselle Rurale		27	180	535	C ≤ 100	63
							125
							250
	Caselle vecchio		15	577	502	100 < C ≤ 1000	63
						125	
CASTELLABATE	Alano		7	22	91		100
							100
	Annunziata nuovo		26	922	125		80
							80
	Castellabate nuovo		21	252	298		80
							80
							80
	Castellabate vecchio		21	22, 337	285		80
							80
							150
Cerrine San Pietro		8	281	252		100	
						100	
Croce San Costabile		20	716	150		50	
						50	
Lago nuovo		3	489	92		150	



						150
	Ogliastro marina		34	579	65	100
						100
	Ogliastro marina bivio		32	129	50	100
						100
	San Gennaro nuovo		14	981, 983	102	80
						80
						80
	San Gennaro vecchio		14	1044	201	80
						80
						80
	San Leo		18	558	210	80
						80
	San Marco bosco		28	9	81	80
						80
	San Marco castelsandra		31	20	331	100
						100
	San Marco nuovo		24	561	78	100
						100
	San Marco vecchio		24	1468	76	100
						100
	Santa Maria nuovo		13	1855	100	100
						150
	Santa Maria vecchio		18	783	117	100
						100
						150
CASTELNUOVO CILENTO	Castelnuovo Capoluogo		8	739	292	C ≤ 100
						63
						80
						80
	Castelnuovo salicuneta		10	29	133	C ≤ 100
						60
					60	
					80	
	Vallo Scalo - Velina Scalo		9	376	175	100 < C ≤ 1000
						100
						150
CELLE DI BULGHERIA	Celle Capoluogo		12	166, 169, 170, 327	355	100 < C ≤ 1000
						150
						200
	Poderia		12	206	215	100



CENTOLA	Centola Fontanelle	32	834	360	C ≤ 100	80
						80
	Centola Pirali	24	344	375	100 < C ≤ 1000	80
						80
	Centola San Nicola	14	115	294	100 < C ≤ 1000	50
						80
	Centola San Sergio	34	80	367	C ≤ 100	150
						150
	Foria alto	12	604	354	C ≤ 100	50
						50
					100	
Foria basso	19	167	350	C ≤ 100	80	
					80	
Palinuro Piano Faracchio	47	290	177	100 < C ≤ 1000	150	
					200	
Palinuro Torre Gabella	35	61	117	100 < C ≤ 1000	100	
					100	
San Severino	21	448	188	C ≤ 100	50	
					50	
					50	
					100	
CERASO	Ceraso Campagne rurale	20	494	494	C ≤ 100	80
						150
	Ceraso Capoluogo	7	398	389	100 < C ≤ 1000	50
						100
						100
	Metoio - Petrosa	4	139	228	100 < C ≤ 1000	100
						100
San Biase	21	1056	529	C ≤ 100	80	
					100	
Santa Barbara	36	70	333	C ≤ 100	50	
					50	
Santa Barbara rurale	38	388	425	C ≤ 100	63	
					100	
CUCCARO VETERE	Cuccaro alto	9	392	725	100 < C ≤ 1000	100
						100



	Cuccaro basso		9	49,471	663	$C \leq 100$	50
							60
	Futani alto		10	401	650	$C \leq 100$	50
							100
FUTANI	Castinatelli		13	562	522	$C \leq 100$	50
						50	
	Eremiti		18	457	625	$C \leq 100$	50
	Futani basso		10	842	508	$100 < C \leq 1000$	100
							100
GIOI	Cardile		11	410	529	$C \leq 100$	80
						80	
	Cardile Piesco		11	447	679	$C \leq 100$	60
						60	
	Gioi alto nuovo		10	337	725	$C \leq 100$	80
					150		
	Gioi Arenola		10	15	715	$C \leq 100$	50
							50
ISPANI	Capitello	Sollevam ento per San Cristoforo e Ispani S. Marina	9	629, 630, 631, 632, 633	92	$1000 < C < 10000$	200
						300	
	Di Palma		11	6	163		32
							40
							2"
	Ispani		9	469	290	$C \leq 100$	150
							150
							100
	Ispani S. Marina		1	246	481		150
							150
San Crisoforo	6		372	382	$C \leq 100$	100	
Serrieri I	Sollevam ento per Serrieri II		7	154	110	$100 < C \leq 1000$	100
					200		
Serrieri II	7	831	60	$C \leq 100$	60		
					100		
Torre Normanna San Rocco	3	247	225	$C \leq 100$	50		



							80
LAURITO	laurito		4	482	600	100 <C ≤ 1000	80
							125
LUSTRA	Mercato Cilento		11	40	650		200
							300
	Omignano Corticelle		19	346	67	C ≤ 100	60
							63
MOIO DELLA CIVITELLA	Moio della Civitella		6	264	660	100 <C ≤ 1000	100
							125
							200
	Pellare		9	1115, 1116	558	C ≤ 100	80
							90
							110
MONTANO ANTILIA	Abatemarco alto		17	67	613	C ≤ 100	80
							80
	Abatemarco basso		17	196, 199	475	C ≤ 100	60
							100
	Massicelle alto		21	892	450	C ≤ 100	50
							90
	Massicelle centopelli		24	147	456	C ≤ 100	50
							60
Massicelle chiesa		21	661	395	C ≤ 100	50	
						100	
Montano Capoluogo		4	684, 687	800	100 <C ≤ 1000	80	
							250
Montano Chiaie			11	525	681	C ≤ 100	63
							300
MONTECORICE	Agnone pistacchio alto		21	501	142	100 <C ≤ 1000	65
							80
	Agnone pistacchio basso		21	244, 691	59	C ≤ 100	80
							250
	Annunziata vecchio		1	189	113		80
							80
	Case del conte giuncatelle			19	43	105	100 <C ≤ 1000
100							
100							
250							



	Cosentini	9	374	381	$C \leq 100$	50	80	80
	Fornelli zoppi	9	1059	300	$C \leq 100$	50	50	80
	Montecorice alto	13	124	165	$C \leq 100$	80	80	
	Montecorice basso	14	209	117	$C \leq 100$	63	200	
	Montecorice punta capitello	24	275	100	$100 < C \leq 1000$	80	100	100
	Montecorice riperosse	20	446	125	$100 < C \leq 1000$	80	80	250
	Ortodonico	23	118	283	$C \leq 100$	50	65	80
	MORIGERATI	Morigerati nuovo	15	512	450	$100 < C \leq 1000$	80	80
Morigerati vecchio		15	250	306	$100 < C \leq 1000$	63	80	80
Sicilì nuovo		8	363	309	$100 < C \leq 1000$	200	80	80
Sicilì - vecchio		11	17	235	$C \leq 100$	80	50	80
NOVI VELIA		Ceraso Sant'Antuono	3	275	581		50	80
	Massa di vallo	3	822	500		50	80	
OMIGNANO	Bottino Cerreta	4	160	350	$C \leq 100$	50	80	
	Omignano alto	9	165	633	$C \leq 100$	63		



							80
							100
	Omignano basso		3	653	556	100 < C ≤ 1000	75
							100
							100
	Vasca di carico Torre		10	84	335		50
							75
ORRIA	Orria		10	209	650	C ≤ 100	80
							90
	Orria Vecchio		9	84	590	C ≤ 100	63
							80
							80
	Piano Vetrale Nuovo		5	310	628	C ≤ 100	60
							80
PADULA	Santa Maria		19	686	600	100 < C ≤ 1000	150
							150
PERDIFUMO	Acqua Cilento		18	93	425		63
							63
							80
	Casigliano		24	31	550		50
							80
	Vasca sollevamento Vatolla	Sollevamento per Mercato Cilento	15	322	506		150
PERITO	Ostigliano alto		3	81	404	100 < C ≤ 1000	50
							100
	Ostigliano basso		6	128	344	C ≤ 100	60
							90
	Perito		20	42	500	100 < C ≤ 1000	80
							100
PERTOSA	Massavetere		1	767	400		75
							75
	Pertosa		3	979	353		100
							125
PISCIOTTA	Caprioli C		37	1430	175	C ≤ 100	50
							80
	Caprioli Rende - Pigna		37	1236	125	C ≤ 100	80
							100



	Caprioli S. Caterina		36	727	267	C ≤ 100	40	
							63	
							80	
							110	
	Pietralata		28	199	529	C ≤ 100	90	
							90	
	Pisciotta Capoluogo		20	840, 843, 864	306	100 < C ≤ 1000	100	
							150	
	Pisciotta capoluogo vecchio		20	688	235		100	
							150	
	Pisciotta marina		30	310, 313	115	100 < C ≤ 1000	200	
							300	
	Pisciotta marina campagna		19	514	263	100 < C ≤ 1000	100	
							100	
	Pisciotta San Berardino		14	332	500	C ≤ 100	100	
							100	
	Rodio		5	112	401	C ≤ 100	65	
							65	
POLLA	Buccino		40	255	625		500	
							500	
	Compenso Sant'Antuono			40	256	550		150
							150	
							250	
							250	
							300	
							600	
	Sollevamento ex ENI Acqua	Sollevamento per Compensazione Sant'Antuono		40	256	449		150
							300	
Sollevamento Sant'Antuono	Sollevamento per S.Elena (Brienza)		35	261	457		100	
						125		
Torre delle Monache			8	381	543		250	
						250		
						250		
POLLICA	Acciaroli		17	448	100	100 < C ≤ 1000	150	
							150	



						150	
	Cannicchio		9	867	308	C ≤ 100	63
							75
							110
	Celso		9	848	457	C ≤ 100	100
							100
							110
							110
	Galdo basso		2	371	469	C ≤ 100	63
							1
							1/4
	Pollica Caleo		22	496	113	C ≤ 100	100
							100
	Pollica campagne		16	160	278	C ≤ 100	63
							75
							90
	Pollica capoluogo		9	915	454	100 < C ≤ 1000	100
							100
							110
							150
	Pollica minelea		27	785	88	100 < C ≤ 1000	63
							100
							100
							100
ROCCAGLORIOSA	Acquavena		50	460	475	100 < C ≤ 1000	50
							90
	Parco Bussento		44	184	70	C ≤ 100	50
							80
	Roccagloriosa		24	585	500	100 < C ≤ 1000	100
							150
							200
							300
	Sollevamento	Sollevamento per Roccagloriosa e per Adduttrici e Elce	34	601	363		300
ROFRANO	Cerreto di Torre Orsaia		37	23	454		50
							80



RUTINO	Rutino alto		7	14	481		90	
							90	
							125	
	Rutino basso			7	STRADE	425		63
								90
								110
								125
	Rutino campagne			9	19	369		60
								63
63								
SALA CONSILINA	Alto (Pizzuto)		19	6	675		40	
							65	
							80	
							90	
	San Raffaele (galleria vasca 1)	Sollevamento per Pizzuto		13	8	625		80
								150
								200
								300
	Sant'Angelo			11	66	565		75
								75
	Sant'Antonio			11	550	539		100
								150
	Sollevamento Marsicanelle	Sollevamento per serbatoio Trinità		31	1016	512		250
								200
								160
Trinità			31	941	550		150	
							150	
							160	
SALENTO	Omignano Casino Lebano		2	86	129	100 < C ≤ 1000	50	
							63	
							63	
	Omignano scalo alto			2	4	190		125
								150
	Omignano scalo vecchio basso			1	787	88		80
								80
Salento Acqua delle Marine			18	135	455		50	



							80
							50
	Salento		18	135	458		80
							100
SALVITELLE	Salvitelle		10	203, 251	700		100
							100
SAN GIOVANNI A PIRO	Bosco		3	570	456	100 < C ≤ 1000	80
							100
	La Pietra		17	57	110		50
							50
	Marcaneto alto		23	486	225		1,5
							2"
							2"
							2"
	Marcaneto basso		23	257	140	C ≤ 100	40
							40
							63
S. Giovanni a Piro		19	249	545	100 < C ≤ 1000	150	
						200	
Scario 1	Sollevamento per Scario 2	14	640	107	100 < C ≤ 1000	150	
						200	
Scario 2		6	363, 412	263	100 < C ≤ 1000	80	
						100	
Spineto		7	413	169	1000 < C < 10000	80	
SAN MAURO CILENTO	CasalSoprano		5	201	625	C ≤ 100	50
							100
	CasalSottano	Sollevamento per CasalSottano Fungo	10	572	500	C ≤ 100	80
							80
	CasalSottano Fungo		11	389	488		63
							80
						1" 1/4	
Mezzatorre		17	385	83	100 < C ≤ 1000	80	
						80	



							150
	Sala		14	50	-999		63
							75
SAN MAURO LA BRUCA	San Mauro la bruca		14	773, 775, 779	513	100 < C ≤ 1000	60
							80
							80
	San Nazario		16	718	425	C ≤ 100	100
						50	
						50	
SAN PIETRO AL TANAGRO	Montagna		8	593	525		150
							150
SAN RUFO	San Rufo Triglio		10	225	700	100 < C ≤ 1000	80
							100
							150
	Terre di Rao		6	564	592	100 < C ≤ 1000	65
							80
	Vignola		11	453	604	C ≤ 100	63
						90	
						100	
SANTA MARINA	Policastro Angar		33	553	75	C ≤ 100	80
							90
	Policastro nuovo Salise		23	421, 423, 426, 429	117	100 < C ≤ 1000	100
							150
							200
	Policastro Parco Elaion		34	525	88	C ≤ 100	80
							90
							90
							2"
	Policastro vecchio Salise		23	428	200		100
						200	
Policastrum		33	676	80	C ≤ 100	80	
						125	
Santa Marina		14	91	435	100 < C ≤ 1000	100	
						100	
						150	
SANT'ARSENIO	Fontana maggiore		5	1202	517		150
	S. Arsenio Vecchio		5	1202	525		100



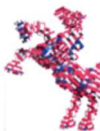
SAPRI	Sapri Fenosa		3	258	31		63
							80
	Sapri Prianchetta		11	29	275	$C \leq 100$	90
							90
							3"
	Sapri Timpone		7	800	152		250
SASSANO							300
	Carmine		16	122	642	$100 < C \leq 1000$	200
							250
	Sassano Fontanelle		17	366	525	$100 < C \leq 1000$	80
							150
							150
	Silla		4	456	515	$100 < C \leq 1000$	50
							110
						200	
Silla pozzi		4	456	513		200	
						200	
SERRAMEZZANA	Capograssi		3	468	325	$C \leq 100$	80
							80
	San Teodoro alto		8	283, 284, 293	381	$C \leq 100$	50
							90
	San Teodoro basso	Sollevamento per Serramezzana	8	174	235	$C \leq 100$	63
							65
Serramezzana			484	592	$C \leq 100$	80	
						80	
SESSA CILENTO	Acqua del Cedro		9	302	538		63
							90
							100
	San Mango Alto		19	5	638	$100 < C \leq 1000$	50
							120
	San Mango Basso		8	115	575		50
							90
							90
	Sessa Alto		20	314	568	$C \leq 100$	50
							50
Sessa Castagneto		20	27	606		60	
						63	



	Sessa Felitto - Piano		17	25	209		75
							75
	Sessa Santa Lucia		16	337	317	$C \leq 100$	60
							90
	Valle Cilento		9	548	417	$C \leq 100$	90
							100
STELLA CILENTO	Guarrazzano - San Giovanni		2	STRADE	558	$C \leq 100$	50
							60
							100
	Stella alto		5	338	455	$C \leq 100$	100
							100
							110
	Stella Amalafede		2	147	635	$C \leq 100$	100
							100
	Stella basso - vallone derupato		5	218	434	$C \leq 100$	50
							60
						80	
	Stella droro	Sollevamento per Stella alto	8	432	375	$C \leq 100$	63
							75
							90
STIO	Gorga Palomenta		15	28	616	$C \leq 100$	50
							50
							63
	Gorga Trone		15	260	612	$C \leq 100$	25
							80
							1
							1/4
	Sollevamento Stio	Sollevamento per Stio timpe	18	275	650		125
							125
							125
	Stio Garrese		17	30	735	$C \leq 100$	60
							63
	Stio timpe		11	715	777	$100 < C \leq 1000$	60
							80
							80
							125
TEGGIANO	Petrone		47	762	530		200



							250
	Pozzale		42	225	633		80
							100
	San Michele		55	115	700		150
							200
	Sollevamento Sinagoga	Sollevamento per Petrone	55	STRADE	543		100
TORRACA	Cordici		9	648	401	C ≤ 100	80
							80
	Retara		10	STRADE	275		65
							80
Torraca		3	473	505	100 < C ≤ 1000	100	
						150	
TORRE ORSAIA	Castel Ruggero (fungo)		28	26	425	100 < C ≤ 1000	80
							80
	Torre Orsaia		7	7	354	100 < C ≤ 1000	200
							200
Torre Orsaia Celle		7	596	362	100 < C ≤ 1000	50	
						150	
TORTORELLA	Airoro		16	122	490	C ≤ 100	50
							50
	San Nicola		15	9	508	C ≤ 100	40
							50
							50
							100
Tortorella alto		6	389	618	100 < C ≤ 1000	80	
						110	
						150	
Tortorella campagne		6	373	613		65	
						200	
VALLO DELLA LUCANIA	Pattano		7	1452	251	100 < C ≤ 1000	100
							150
	Vallo Nuovo		11, 13	159, 1276 - 9, 260	518	1000 < C ≤ 10000	100
							200
200							
Vallo Pennino		10	134	509	100 < C ≤ 1000	100	



							150
							100
	Vallo San Crescenzo		10	186	455	100 <C ≤ 1000	200
							200
VIBONATI	Le Ginestre		22	628	105	100 <C ≤ 1000	63
							63
							80
	Sapri vecchio		24	367	95		150
							200
	Vibonati S. Lucia		2	235	325	100 <C ≤ 1000	100
							150
	Vibonati vecchio		13	38	200	100 <C ≤ 1000	80
							125
	Villammare		22	1445	132	1000 <C ≤ 10000	200
							300

TABELLA 3 PARAMETRI FUORI LIMITE (RIF. PARAGRAFO 5.2.3 MACRO INDICATORE M3)

Anno	N. Campioni	Cod. Campione	Comune	Punto prelievo	Data prelievo	Parametro F.L.	Unità di misura	Valore F.L.
2020	1	P(314)	Pollica	Serbatoio Acciaroli	11/02/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	31
2020		P(314)	Pollica	Serbatoio Acciaroli	11/02/2020	Conta Escherichia coli	UFC/100 ml	1
2020	2	P(490)	Sapri	Fontana loc. Timpon e	04/03/2020	Torbidità	JTU	3,9
2020	3	P(492)	Morigerati	Fontana pubblica Piazza Piano La Porta	04/03/2020	Torbidità	JTU	4,8
2020	4	P(854)	Castelluovo Cilento	Serbatoio Castelluovo Capoluogo	05/05/2020	Triometani - Totale	µg/l	39



2020	5	P(1252)	Pollica	Serbatoio Pollica Caleo	11/06/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	13
2020	6	P(1253)	Pollica	Serbatoio Acciaroli	11/06/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	11
2020	7	P(1264)	Castelnuovo Cilento	Serbatoio Vallo Scalo - Velina Scalo	11/06/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	20
2020	8	P(1285)	Vibonati	Serbatoio Villammare	16/06/2020	Conta Enterococchi	UFC/100 ml	10
2020	9	P(1286)	Sapri	Serbatoio Sapri Timpone	16/06/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	56
2020		P(1286)	Sapri	Serbatoio Sapri Timpone	16/06/2020	Conta Escherichia coli	UFC/100 ml	26
2020	10	P(1491)	Centola	Serbatoio Foria	14/07/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	7 stimate
2020	11	P(1499)	Omignano	Fontana pubblica via Attanasio fraz. Scalo	14/07/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	12
2020	12	P(1500)	Pollica	Fontana pubblica via Caracciolo fraz. Pioppi	14/07/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	44
2020		P(1500)	Pollica	Fontana pubblica via Caracciolo fraz. Pioppi	14/07/2020	Conta Escherichia coli	UFC/100 ml	4 stimate
2020	13	P(1504)	Pollica	Fontana pubblica loc. Taverna fraz. Acciaroli	14/07/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	38
2020	14	P(1531)	Polla	Serbatoio Sollevamento Sant'Antonio	15/07/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	6 stimate



2020	15	P(1542)	Pollica	Fontana pubblica via Caracciolo fraz. Pioppi	16/07/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	17
2020	16	P(1543)	Pollica	Fontana pubblica loc. Taverna fraz. Acciaroli	16/07/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	42
2020	17	P(1544)	Omignano	Fontana pubblica via Attanasio fraz. Scalo	16/07/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	7 stimate
2020	18	P(1556)	Stella Cilento	Fontana pubblica via Cavour fraz. San Giovanni	16/07/2020	Torbidità	JTU	5,4
2020	19	P(1568)	Pollica	Fontana pubblica via Caracciolo fraz. Pioppi	20/07/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	7 stimate
2020	20	P(1569)	Pollica	Fontana pubblica loc. Taverna fraz. Acciaroli	20/07/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	34
2020	21	P(1572)	Omignano	Fontana pubblica via Attanasio fraz. Scalo	20/07/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	32
2020	22	P(1582)	Omignano	Fontana pubblica via Attanasio fraz. Scalo	21/07/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	7 stimate
2020	23	P(1623)	Sapri	Serbatoio Sapri Timpone	23/07/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	8 stimate
2020	24	P(1635)	Omignano	Fontana pubblica via Attanasio fraz. Scalo	24/07/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	26



2020	25	P(1698)	Centola	Serbatoio Centola	30/07/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	19
2020	26	P(1780)	Stio	Serbatoio Gorga Palomenta	10/08/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	> 80
2020	27	P(1798)	Santa Marina	Serbatoio Policastro	18/08/2020	Clostridium perfringens	UFC/100 ml	3 stimate
2020	28	P(1813)	Stio	Serbatoio Gorga Palomenta	18/08/2020	Conta Enterococchi	UFC/100 ml	30
2020		P(1813)	Stio	Serbatoio Gorga Palomenta	18/08/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	> 80
2020	29	P(1849)	Orria	Fontana pubblica piazza fraz. Casino Lebano	20/08/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	15
2020	30	P(1867)	Sapri	Serbatoio Sapri Timpone	25/08/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	21
2020		P(1867)	Sapri	Serbatoio Sapri Timpone	25/08/2020	Conta Escherichia coli	UFC/100 ml	8 stimate
2020	31	P(1893)	Polla	Serbatoio Sollevamento Sant'Antuono	26/08/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	15
2020	32	P(1898)	Pisciotta	Serbatoio Rodio	27/08/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	4 stimate
2020	33	P(1906)	Vallo della Lucania	Serbatoio Pennino	27/08/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	77
2020	34	P(1907)	Novi Velia	Serbatoio S.Antuono	27/08/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	20
2020	35	P(1922)	Sapri	Fontana loc. Timpon e	01/09/2020	Colore	mg/l PtCo	20
2020		P(1922)	Sapri	Fontana loc. Timpon e	01/09/2020	Torbidità	JTU	8,1



2020	36	P(2022)	Casalvelino	Fontana pubblica via Chiesa bivio Acquavella	09/09/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	5 stimate
2020	37	P(2086)	Sapri	Serbatoio Sapri Timpone	22/09/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	10
2020	38	P(2093)	Futani	Fontana pubblica via Lamia	22/09/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	80
2020	39	P(2110)	Castellabate	Fontana pubblica piazza S. Antonio zona Lago	23/09/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	32
2020	40	P(2182)	Orria	Fontana pubblica piazza fraz. Casino Lebano	01/10/2020	Conta Escherichia coli	UFC/100 ml	3 stimate
2020		P(2182)	Orria	Fontana pubblica piazza fraz. Casino Lebano	01/10/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	5 stimate
2020	41	P(2183)	Salento	Fontana pubblica Bivio per Orria fraz. Omigano Sc	01/10/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	6 stimate
2020	42	P(2186)	Pollica	Fontana pubblica piazza Dante Alighieri	01/10/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	5 stimate
2020	43	P(2188)	Montecorice	Fontana pubblica via Provinciale fraz. Agnone	01/10/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	> 80
2020	44	P(2190)	Montecorice	Serbatoio Montecorice e punta capitello	01/10/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	> 80



2020	45	P(2261)	Sapri	Serbatoio Sapri Timpone	08/10/2020	Conta Escherichia coli	UFC/100 ml	35
2020		P(2261)	Sapri	Serbatoio Sapri Timpone	08/10/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	60
2020	46	P(2300)	Montano Antilia	Serbatoio Montano	13/10/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	6 stimate
2020	47	P(2342)	Polla	Serbatoio Sollevamento Sant'Antuono	14/10/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	4 stimate
2020	48	P(2343)	Sapri	Serbatoio Sapri Timpone	19/10/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	> 80
2020	49	P(2366)	Sapri	Serbatoio Sapri Timpone	20/10/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	> 80
2020	50	P(2378)	Salento	Fontana pubblica piazza Municipio	20/10/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	7 stimate
2020	51	P(2411)	Novi Velia	Serbatoio S.Antuono	22/10/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	38
2020	52	P(2484)	Rutino	Fontana pubblica Via Paestum	03/11/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	3 stimate
2020	53	P(2563)	Stella Cilento	Fontana pubblica Largo Itri	19/11/2020	Conta Batteri coliformi	UFC/100 ml	10
2020	54	P(2681)	Sapri	Utenza privata	15/12/2020	Torbidità	JTU	26,2

TABELLA 4 CHIUSURE NOTTURNE ANNO 2020 (RIF. 5.3 DESCRIZIONE DEL FUNZIONAMENTO DELLA RETE)

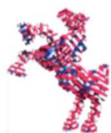
Comune	Numero di chiusure notturne per ripristino livelli nei serbatoi (Anno 2020)
Campora	42
Cannalunga	3



Casaletto Spartano	25
Castellabate	17
Castelnuovo Cilento	20
Gioi	16
Montano Antilia	11
Montesano sulla Marcellana	16
Omignano	7
Orria	18
Perito	17
Pisciotta	8
Pollica	34
Rutino	23
Salento	17
San Mauro Cilento	23
San Mauro la Bruca	9
San Pietro al Tanagro	1
San Rufo	1
Serramezzana	2
Stella Cilento	17
Stio	40
Teggiano	3
Vallo della Lucania	1
Vibonati	1
Totale	372

TABELLA 5 INTERRUZIONI NON PROGRAMMATE PER ROTTURA TUBAZIONI (RIF. 5.3 DESCRIZIONE DEL FUNZIONAMENTO DELLA RETE)

Comune	Interruzioni non programmate (Anno 2020)
Alfano	8
Ascea	16
Atena Lucana	15



Auletta	17
Caggiano	14
Camerota	99
Campora	326
Cannalonga	6
Casaletto Spartano	44
Casalvelino	7
Caselle in Pittari	52
Castellabate	16
Castelnuovo Cilento	4
Celle di Bulgheria	74
Centola	8
Ceraso	9
Cuccaro Vetere	10
Futani	2
Gioi	6
Ispani	1
Laurito	4
Moio della Civitella	1
Montano Antilia	4
Montecorice	18
Montesano sulla Marcellana	67
Morigerati	9
Omignano	39
Orria	18
Padula - gestione parziale	17
Perito	3
Pertosa	5
Pisciotta	37
Pollica	51
Roccagloriosa	14
Rutino	19
Sala Consilina	50
Salento	15



San Giovanni a Piro	30
San Mauro Cilento	19
San Mauro la Bruca	2
San Pietro al Tanagro	8
San Rufo	26
Santa Marina	6
Sapri	21
Sassano	17
Serramezzana	21
Sessa Cilento	4
Stella Cilento	26
Stio	17
Teggiano	42
Torraca	17
Torre Orsaia	5
Tortorella	6
Vallo della Lucania	18
Vibonati	20
Totale	1.410



BIBLIOGRAFIA

- Abastante, F.; Lami, I.M. Quality Function Deployment (QFD) and Analytic Network Process (ANP): An application to analyze a cohousing intervention. *J. Appl. Oper. Res.* 4, 14–27, 2012.
- Abdelbaki C, Benhamouda F, Chikh M SIG: Outils de gestion des réseaux d'alimentation en eau potable, Cas du réseau de la ville de Birtouta -Alger, Algérie, Editions universitaires européennes, Allemagne Babu, K.D.; 2012.
- Abdelbaki C, Touaibia B Modélisation d'un réseau d'alimentation en eau potable et contribution à sa gestion à l'aide d'un SIG—Cas du groupement urbain de Tlemcen, Algérie, *Proceeding du 4ème colloque international sur les ressources en eau et le développement durable*, Alger, Algérie, pp 583–587, 22 et 23 février 2011.
- Abdelbaki C, Touaibia B Apport des systèmes d'information géographique et de la modélisation hydraulique dans la gestion des réseaux d'alimentation en eau potable—Cas du groupement urbain de Tlemcen (Algérie). *TSM* 5:52–60, 2014.
- Abdullah, L.; Atiqah Abd Rahman, N. Analytic Network Process for Developing Relative Weight of Wastewater Treatment Technology Selection. *Mod. Appl. Sci.* 11, 64–72, 2017.
- Abunada, M.; Trifunović, N.; Kennedy, M.; Babel, M. Optimization and reliability assessment of water distribution networks incorporating demand balancing tanks. *Procedia Eng.* 70, 4–13, 2014.
- AFNOR Norme européenne NF EN 13306: Terminologie de la maintenance, Association Française de Normalisation, Paris, 2001.
- Aghilone, G.; De Felice, F.; Petrillo, A. Comparative analysis based on analytic network process for selection of a mini wind station plant. In *Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*, Sorrento, Italy, pp. 1–1615–18 June 2011.
- Alegre H, Hirner W, Baptista J, Parena R, e al. Performance indicators for water supply services, *IWA Manual of Best Practice*, 2000.
- Argent RM An overview of model integration for environmental application components, frameworks and semantics. *Environ Model Softw* 19(3):219–234, 2004.
- Aschilean, I.; Badea, G.; Giurca, I.; Naghiu, G.S.; Iloaie, F.G. Determining Priorities Concerning Water Distribution Network Rehabilitation. *Energy Procedia* 112, 27–34, 2017.
- AWWA. Water audits and loss control programs; AWWA Publication 3rd ed, 2009.
- Bana e Costa, C.A.; Vansnick, J.C. A critical analysis of the eigenvalue method used to derive priorities in AHP. *Eur. J. Oper. Res.* 187, 1422–1428, 2008.
- Bartolin H, Martinez F, Cortes J Bringing up to date WDS models by querying. An EPANET-Based GIS Geodatabase, Eighth Annual Water Distribution Systems Analysis Symposium (WDSA), Cincinnati, Ohio, USA, pp 1–17, 2008.
- Bartolin H, Martinez F, Monderde N, Connecting ArcView 3.2 to EPANET 2. A full environment to manage water distribution systems using models. *Water software systems: theory and applications. International Conference on Computing and Control for the Water Industry (CCWI'01)*. Montfort University, Leicester (UK), 6–9 September 2001, pp 355–368, 2001.
- Blindu I Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de Chisinau par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques. Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure des mines de Saint-Etienne, France, pp 304, 2004.
- Boran, S.; Göztepe, K.; Yavuz, E. Study on Election of Personnel Based on Performance Measurement by Using Analytic Network Process (ANP). *Int. J. Comput. Sci. Netw. Secur.* 8, 333–338, 2008.



- Borzi A., Cannizzaro, D., De Maria, M., Il processo di modellazione di sistemi idrici su larga scala, L'Acqua, All, ISSN: 1125-1255, 2010.
- Bu-Qammaz, A.S. Risk assessment of international construction projects using the Analytic Network Process. Master's Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 2007.
- Calizaya, A.; Meixner, O.; Bengtsson, L.; Berndtsson, R. Multi-criteria Decision Analysis (MCDA) for Integrated Water Resources Management (IWRM) in the Lake Poopo Basin, Bolivia. *Water Resour. Manag.* 24, 2267–2289, 2010.
- Charrat M. Conception d'un outil de supervision de la production et de la distribution d'eau potable à Lyon en période courante et en période de crise, Thèse de doctorat, INSA Lyon, 278p., 1995.
- Cheng, E.; Li, H. Analytic Network Process Applied to Project Selection. *J. Constr. Eng. Manag.* 131, 459–466, 2005.
- Chen, C.-C.; Shih, H.-S. A Study of the Acceptance of Wearable Technology for Consumers—An Analytical Network Process Perspective. *Int. J. Anal. Hierarchy Process* 1, 1–5, 2014.
- Chen, K.-Y.; Wu, W.-T. Applying analytic network process in logistics service provider selection—A case study of the industry investing in Southeast Asia, *Business Int. J. Electron. Bus. Manag.*, 2011.
- Chen, Z.; Clements-Croome, D.; Hong, J.; Li, H.; Xu, Q. A multicriteria lifespan energy efficiency approach to intelligent building assessment. *Energy Build.* 38, 393–409, 2006.
- Chisakuta S, Mayumbelo K, Mulenga K, Simbeye I, Wegelin W, Mckenzie R, Hamilton S, Anders D, e et al. Non revenue water: trainers manual Wave Pool Zambia Imprint (German Foundation for International Cooperation (GIZ)), 2011.
- Dağdeviren, M.; Yüksel, İ. Personnel selection using analytic network Process. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 6, 99–118, 2007.
- Dell'Orfano F., Esposito V., Gualtieri P., Pulci Doria G. Mean Values of Water Pipe Break Rate in the World and in Geographical Areas, 7th IWA International Conference on Efficient Use and Management of Water (Efficient 2013) Paris, France, 22-25 October, 2013.
- Dobrea, R. Eficienta modernizării sistemelor tehnico-economice (Efficiency of modernization of technical and economical systems). Ph.D. Thesis, The Bucharest University of Economic Studies, Bucharest, Romania, 2006.
- Elnaboulsi J., Alexandre O. Le renouvellement des reseaux urbains d'eau potable : Une approche economique d'optimisation, *Ingénieries – EAT*, n° 15, 1998.
- Erdoğan, S.; Aras, H.; Koc, E. Evaluation of alternative fuels for residential heating in Turkey using analytic network process (ANP) with group decision-making. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 10, 269–279, 2006.
- Farley M. and Trow S. Losses in Distribution Networks. IWA Publishing, ISBN 1 900222 11 6, 2003.
- Farley M, Trow S. Losses in water distribution networks; a practitioner's guide to assessment, monitoring. International Water Association Publishing 2nd edn. 2007.
- Fraendorfer, R.; Liemberger, R. The Issues and Challenges of Reducing Non-Revenue Water. Philippines. Asian Development Bank. 2010.
- Gandin F, Doutré O Le SIG du SEDIF: un outil performant au service de la gestion de l'eau potable, L'eau, les nuisances. *l'industrie* 303: 53–56, 2007.
- Gasiea, Y.; Emsley, M.; Mikhailov, L. Rural Telecommunications Infrastructure Selection Using the Analytic Network Process. *J. Telecommun. Inf. Technol.* 2, 28–42, 2010.
- Giurca, I. Alegerea centralelor termice cu ajutorul metodelor multicriteriale (Choosing thermal plants using multicriteria methods). *Revista Tehnologiile Energiei producerea, transportul și distribuția energiei electrice și termice* 2009, 11, 1–8, 9-25, 2009.



Giurca, I. Contribuții privind alimentarea cu energie termică a ansamblurilor de locuințe, utilizând agenți termici cu parametri scăzuți (Contributions to thermic energy supplies of building assemblies by using thermic agents with low parameters). Ph.D. Thesis, Technical University of Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, Romania, 2009.

Granger D., Caradot N., Chequi F., Chocat B. How to support sustainable urban water management strategies?, 7ème Conférence internationale sur les techniques et stratégies durables pour la gestion des eaux urbaines par temps de pluie, Lyon, France, 27 juin - 1er juillet 2010.

Haidar H. Rehabilitation des réseaux d'eau potable: méthodologie d'analyse multicritère des patrimoines et des programmes de réhabilitation, Thèse doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France, 227p, 2006.

Hajkowicz, S.; Higgins, A. A comparison of multiple criteria analysis techniques for water resource management. *Eur. J. Oper. Res.* 184, 255–265, 2008.

Hamberg D., Shamir U., Schematic Models For Distribution Systems Design, *Journal of Water Resources Planning and Management ASCE* 114(2) 129-141, 1988.

Hamilton S, McKenzie Water management and water loss. 1st ed, 2014.

Harrison Jp, Coppola Mn & Wakefield M. Efficiency of federal hospitals in the United States. *Journal of Medical Systems*, 28(5): 411–422, 2004.

Ho CI, Lin MD, Lo SL Use of a GIS-based hybrid artificial neural network to prioritize the order of pipe replacement in a water distribution network. *Environ Monit Assess* 166(1–4):177–189, 2010.

Hussey, L.K. Analytic Network Process (ANP) for Housing Quality Evaluation: A Case Study in Ghana. Master's Thesis, University of Western Ontario London, Ontario, ON, Canada, 2014.

Hwang C-L, Yoon K. Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications. *Mult Attrib Decis Mak.* Published online 1981.

Ioja, I.; Cristian, N.; Mihai, R.; Vanau, G.O.; Onose, D.A.; Gavrilidis, A.A.; Hossu, C.A. Managementul Conflictelor de Mediu (Management of Environment Conflicts); Bucharest University Publishing House: Bucharest, Romania, pp. 105–108. ISBN 978-606-16-0617-7, 2015.

ISPRA, Il sistema degli acquedotti in Italia, 2009

Jayant, A.; Paul, V.; Kumar, U. Application of Analytic Network Process (ANP) in Business Environment: A Comprehensive Literature Review. *Int. J. Res. Mech. Eng. Technol.* 5, 29–37, 2015.

Kalivas DP, Kollias VJ, Karantounias G A GIS for the assessment of the spatio-temporal changes of the Kotychi lagoon, western Peloponnese, Greece. *Water Resour Manag* 17(1):19–36, 2003.

Khademia, N.; Mohaymany, A.S.; Shahi, J.; Zerguini, S. An algorithm for the analytic network process (ANP) structure design. *J. Multi-Criteria Decis. Anal.* 19, 33–55, 2012.

Khedkar, P.T.; Subramanyan, H. Equipment selection by using analytical network process approach. In *Proceedings of the National Conference on Recent Innovations in Science, Engineering & Technology (NCRISSET)*, pp. 61–65, Pune, India, 16 November 2014.

Kroener, M.U. Multi-level analytic network process model to mitigate supply chain disruptions in disaster recovery planning. Master's Thesis, Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA, USA, 2016.

Lahby, M.; Attioui, A.; Sekkaki, A. An Optimized Vertical Handover Approach Based on M-ANP and TOPSIS in Heterogeneous Wireless Networks. In *Advances in Ubiquitous Networking 2*; Springer: New York, NY, USA, pp. 15–29, 2017.

Lambert, A. What do we know about pressure: leakage relationships in distribution systems? *Proceedings of IWA Conference System Approach to leakage control and water distribution system management (Czech Republic)*, 2001.



- Lambert, A. and Hirner, W. Losses from Water Supply Systems Standard Terminology and Recommended Performance Measures. IWA Blue Pages, 2000.
- Lambert, A. and Taylor, Water loss guidelines, a guideline for the New Zealand water and wastes association, Water New Zealand, 2010.
- Large, A.; Le Gat, Y.; Elachachi, S.M.; Renaud, E.; Breyse, D.; Tomasian, M. Decision support tools: Review of risk models in drinking water network asset management. *Water Util. J.* 10, 45–53, 2015.
- Lee, Y.-T.; Wu, W.-W.; Tzeng, G.-H. An effective decision-making method using a combined QFD and ANP approach. *WSEAS Trans. Bus. Econ.* 2008, 12/5, 541–551.
- Marek, C.; Vojtěch, V.; Tomáš, D. Rehabilitation of asbestos cement water mains for potable water in the Czech Republic. In *Proceedings of the 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014*, Albena, Bulgaria, 17–26 June 2014.
- McKenzie R, Buckle H, Wegelin W, Meyer N, e et al. «Water demand management cookbook.» *Water Resource Planning and Conservation* (ISBN 0–620-30734-X), 2003.
- Morrison, R.; Sangster, T.; Downey, D.; Matthews, J.; Condit, W.; Sinha, S.; Maniar, S.; Sterling, R.; Selvakumar, A. *State of Technology for Rehabilitation of Water Distribution Systems*; U.S. Environmental Protection Agency: Cincinnati, OH, USA, 2013.
- Morrison, J.; Tooms, S.; Rogers, D. *Water Loss Task Force, District Metered Areas guidance notes*, Water Assoc. (IWA)), 2007.
- Mutikanga H, Sharma S, Vairavamoorthy K, e al. Assessment of apparent losses in urban water systems (*Water Environ J* 25(3), 327–335, 2011.
- Naghiu, G.S.; Giurca, I. Choosing heating units using the utility function. *J. Appl. Eng. Sci.*, 5, 47–52, 2015.
- National Research Council Canada; Institute for Research in Construction: Ottawa, ON, Canada, 2002.
- Nedjatia, A.; Izbirak, G. Evaluating the Intellectual Capital by ANP Method in a Dairy Company. *Procedia Soc. Behav. Sci.* 107, 136–144, 2013.
- Niemira, M.P.; Saaty, T.L. An Analytic Network Process model for financial-crisis forecasting. *Int. J. Forecast.* 20, 573–587, 2004.
- Ozdemir, Y.; Basligil, H.; Karaca, M. Aircraft Selection Using Analytic Network Process: A Case for Turkish Airlines. In *Proceedings of the World Congress on Engineering 2011*, London, UK, 6–8 July 2011.
- Panagopoulos GP, Bathrellos GD, Skilodimou HD, Martsouka FA Mapping urban water demands using multi-criteria analysis and GIS. *Water Resour Manag* 26(5):1347–1363, 2012.
- Perju, S.; Bratu, P.; Manescu, A.; Ou, I.; Racovițeanu, G.; Androne, C.; Sandu, M.; Ion, D.; Vulpașu, E.; Dineț, E.; Chicu, A. Ghid Privind Reabilitarea Conductelor Pentru Transportul Apei. *Indicativ GP 127-2014* (Guidelines on the Rehabilitation of Pipes Used for Water Distribution. Code GP 127-2014); Ministerul Dezvoltării Regionale și Administrației Publice: Bucharest, Romania, pp. 13–18, 2014.
- Peykarjou, K.; Safavi, N.N. Using Analytic Network Process (ANP) in evaluation and prioritization the barriers of credit rating insurance companies in Iran. *Eur. Online J. Nat. Soc. Sci.* 4, 219–229, 2015.
- Piantanakulchai, M. Analytic Network Process Model for Highway Corridor Planning. In *Proceedings of the ISAHP 2005*, Honolulu, HI, USA, 8–10 July 2005.
- Ra K et al. Considerations for emission monitoring and liner analysis of thermally manufactured sewer cured-in-place pipes (CIPP). *Journal of Hazardous Materials* 371: 540., 2019.
- Rajulu, P.G.; Reddy, A.R.; Aruna Kumari, A.N. Selection of Architecture Styles using Analytic Network Process for the Optimization of Software Architecture. *Int. J. Comput. Sci. Inf. Secur.* 8, 281–288, 2010.



- Reis dos Santos, M.A.; Pamplona, S.V.A.; Augusto Silva, M.F. Analytic Network Process and balanced scorecard applied to the performance evaluation of public health systems. *Pesqui. Oper.* 35, 353–361, 2015.
- Reza, V.A.; Sarvari, H.; Yahaya, N.; Md Noor, N.; Safuan, A.; Rashid, A. Analytic Network Process (ANP) to Risk Assessment of Gas Refinery EPC Projects in Iran. *J. Appl. Sci. Res.* 9, 1359–1365, 2013.
- Sakthivel, G.; Ilankumaran, M.; Gaikwad, A. A hybrid multi-criteria decision modeling approach for the best biodiesel blend selection based on ANP-TOPSIS analysis. *Ain Shams Eng. J.* 6, 239–256, 2015.
- Saaty, T.L. *The Analytic Hierarchy Process*; McGraw-Hill: New York, NY, USA, 1980.
- Saaty, T.L. *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*; RWS Publications: Pittsburgh, PA, USA, ISBN 0-9620317-9-8, 1996.
- Staš, D.; Lenort, R.; Wicher, P.; Holman, D. Green Transport Balanced Scorecard Model with Analytic Network Process Support. *Sustainability* 7, 15243–15261, 2015.
- Thangamani, G. Technology Selection for Product Innovation Using Analytic Network Process (ANP)—A Case Study. *Int. J. Innov. Manag. Technol.* 2012, 3, 560–565, 2012.
- Thornton J, Sturm R, Kunkel G. *Water loss control manual*, The McGraw-Hill, 2008.
- Tlili, Y.; Nafi, A. A practical decision scheme for the prioritization of water pipe replacement. *Water Sci. Technol. Water Supply* 12, 895–917, 2012.
- Trojan, F.; Costa, M.D. Prioritising alternatives for maintenance of water distribution networks: A group decision approach. *Water SA* 38, 555–564, 2012.
- Tscheikner-Gratl, F.; Egger, P.; Rauch, W.; Kleidorfer, M. Comparison of Multi-Criteria Decision Support Methods for Integrated Rehabilitation Prioritization. *Water* 9, 68, 2017.
- Tsihrintzis VA, Hamid R, Fuentes HR Use of geographic information systems (GIS) in water resources: a review. *Water Resour Manag* 10(4):251–277, 1996.
- Udovik O. GIS for intergrated water resourses management. In: Hlavinek P, Kukharchyk T, Marsalek J, Mahrikova (eds) *Integrated urban water resources management*. Springer, The Netherlands, pp 35–42, 2006.
- Ünver, S.B.S. *Threat Evaluation in Air Defense Systems Using Analytic Network Process*. Master's Thesis, Institute of Science and Engineering of Galatasaray Uniuniversity, Istanbul, Turkey, July 2015.
- Walski, Thomas M., *Advanced water distribution modeling and management*, Haestead Press, 2003
- Weistroffer, H.R.; Smith, C.H.; Narula, S.C. Chapter 24. Multiple Criteria Decision Support Software. In *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*; Salvatore, G., Ed.; Springer: New York, NY, USA; pp. 989–1018. ISBN 978-0-387-23081-8, 2005.
- Wu, Z.Y.; Farley, M.; Turtle, D.; Kapelan, Z.; Boxall, J.; Mounce, S.; Dahasahasra, S.; Mulay M, Kleiner Y, e et al. *Water loss reduction* (Bentley Institute Press, 1st edn, 2011).
- Xu, L.; Yang, J.B. *Introduction to Multi-Criteria Decision Making and the Evidential Reasoning Approach*; Manchester School of Management: Manchester, UK, p. 3. 2001.
- Yazgan, E.; Üstün, A.K. Application of analytic network process: Weighting of selection criteria for civil pilots. *J. Aeronaut. Space Technol.* 5, 1–12, 2011.
- Vairavamoorthy K, Yan Jimin, Galgale Harshal M, Gorantiwar Sunil D IRA-WDS: a GIS-based risk analysis tool for water distribution systems. *Environ Model Softw* 22:951–965, 2007.
- Zhao, J.Q.; Rajani, B. *Construction and Rehabilitation Costs for Buried Pipe with a Focus on Trenchless Technologies.*, 2002.