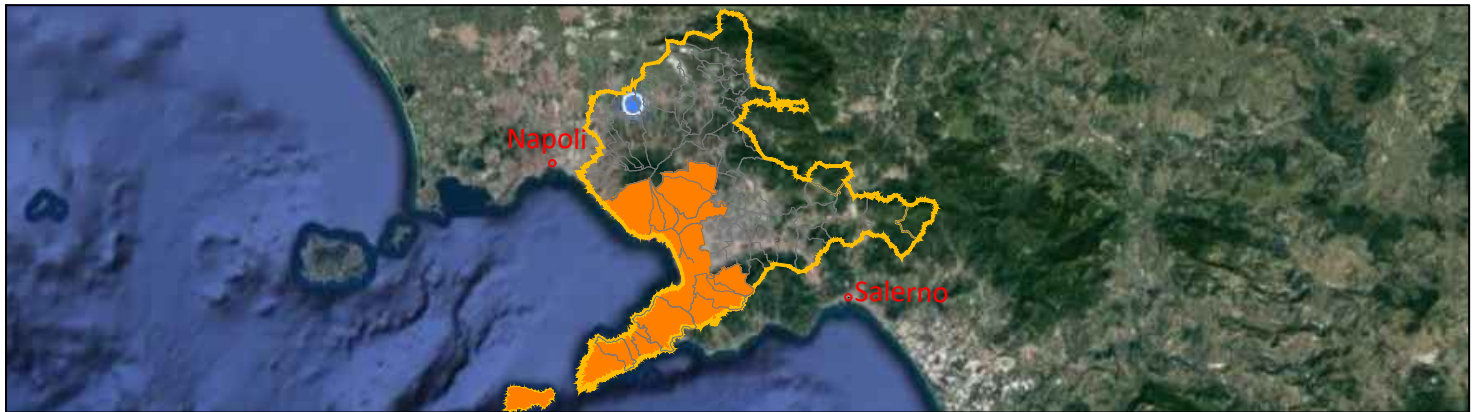


Ambito Distrettuale Sarnese Vesuviano
Legge 02/12/2015



Accordo quadro per l'affidamento dei servizi di ingegneria per le infrastrutture del Servizio Idrico Integrato (S.I.I.) di competenza della GORI S.p.A. ricadenti nel territorio dell'Ambito Distrettuale Sarnese-Vesuviano della Regione Campania - N.3 Lotti



Gruppo di progettazione
ing. Raimondo Nugnes
geom. Ernesto Fortunato

AQ.01

Elaborato:

EL.03

Scala:

/

Titolo:

**Disciplinare tecnico modellazione
e distrettualizzazione delle reti idriche**

Rev	Motivo della revisione	Data	Redatto	Verificato	Approvato
0	Emissione per approvazione	Gennaio 2026			

Il DEC

Il Progettista

ing. Francesca D'Alia

Il R.U.P.

ing. Andrea Carotenuto

INDICE

1.	PREMESSA E DISPOSIZIONI GENERALI	2
1.1	Oggetto e finalità del progetto	2
1.2	Conoscenze preliminari e supporto fornito	2
2.	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA'	3
2.1	Analisi di dettaglio della rete e dei manufatti acquedottistici	4
2.2	Analisi delle utenze	4
2.3	Campagna di monitoraggio portate, pressioni e livelli serbatoi	5
2.4	Modellazione idraulica della rete idrica	8
2.5	Costruzione del modello matematico	9
2.5.1	Fasi di modellazione	10
2.5.2	Scheletrizzazione della rete	10
2.5.3	Portate e condizioni di funzionamento	12
2.5.4	Calibrazione del modello matematico	12
2.6	Distrettualizzazione della rete (DMA)	14
2.7	Validazione dei distretti ed esecuzione dello step-test notturno	15
2.8	Metodi per la gestione delle perdite	15
2.8.1	Controllo attivo delle perdite	16
2.8.2	Gestione delle pressioni	16
2.9	Materiale da produrre	16

1. PREMESSA E DISPOSIZIONI GENERALI

1.1 Oggetto e finalità del progetto

Le reti idriche gestite dalla GORI sono sistemi estremamente complessi, costituiti da condotte (con disposizione prevalentemente “a maglia”), apparecchiature idrauliche (valvole di sezionamento, valvole di regolazione, etc) e opere in linea (scarichi, sfiati, camerette di manovra/ispezione), che devono garantire una corretta distribuzione della risorsa alle utenze, nel rispetto delle dotazioni idriche e delle pressioni minime previste negli strumenti normativi vigenti. La moderna gestione delle suddette reti rappresenta per GORI uno dei suoi principali obiettivi, finalizzata al raggiungimento di determinati target di riduzione delle perdite ed efficientamento del sistema (target definiti dalle Autorità di governance della risorsa idrica).

1.2 Conoscenze preliminari e supporto fornito

La GORI renderà disponibile tutta la documentazione in suo possesso relativamente alle reti e alle infrastrutture idrauliche presenti nei Comuni interessati. In particolare, l'Appaltatore potrà fare riferimento agli schemi delle reti idriche attualmente presenti nel Sistema Informativo Aziendale basato su tecnologia ESRI GIS, alle reti già digitalizzate da GORI sulla base delle informazioni ad oggi presenti.

Tuttavia, si precisa che la GORI non può garantire sui contenuti e la precisione delle informazioni presenti nel GIS. Si ritiene quindi di grande importanza, prima dell'avvio dello studio idraulico della rete, l'accurata e scrupolosa esecuzione di sopralluoghi e rilievi preliminari. I tecnici di GORI forniranno supporto operativo e conoscitivo all'Appaltatore, durante l'esecuzione delle attività richieste.

In particolare, se disponibili, verranno forniti:

- Cartografia georeferenziata aggiornata e schematizzazione idraulica, della rete idrica in esame;
- le monografie;
- dati caratteristici degli impianti (dati serbatoi, tarature, pozzi, ecc.);
- dati telecontrollo (attualmente presente su 400 impianti del S.I.I.);
- dati delle utenze: n. contatori alimentati dall'acquedotto e relativi consumi;
- database delle perdite in rete georeferenziate.

In merito alla qualità della documentazione, specialmente quella relativa ai dati storici disponibili digitalizzati, si precisa che GORI non può fornire garanzie e l'Appaltatore resta quindi obbligato a garantire il raggiungimento del risultato richiesto, risolvendo con ogni mezzo a sua disposizione eventuali casi non immediatamente noti o dubbi. Al fine di identificare al meglio la rete acquedottistica oggetto di studio, l'Appaltatore è tenuto, prima di procedere alle attività di campo, ad eseguire tutte le attività preliminari di acquisizione e verifica della documentazione fornita da GORI (cartografia, schemi rete, planimetrie e schemi impianti, ecc.). Tutte le informazioni raccolte durante i sopralluoghi dovranno essere annotate direttamente su

planimetria e informatizzate per essere trasmesse alla GORI.

2. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA'

In questo capitolo viene disciplinato il servizio di modellazione idraulica e l'implementazione dei distretti idrici finalizzato alla definizione di un piano di riabilitazione idraulica della rete, al controllo e riduzione delle perdite, in generale, all'ottimizzazione del sistema.

L'attività di modellazione e distrettualizzazione delle reti riveste importanza fondamentale per la riduzione ed il controllo delle perdite, per cui dovrà essere condotta in maniera rigorosa attraverso le seguenti fasi di studio:

- Analisi della rete esistente con tutte le sue componenti (saracinesche, valvole, accessori). L'analisi includerà anche i serbatoi di accumulo, i partitori a servizio dell'abitato, il tracciato delle eventuali condotte di avvicinamento.
- Analisi delle utenze con elaborazione critica dei dati relativi alle letture dei contatori di utenza forniti dal gestore con evidenziazione delle "grandi utenze" e mantenendo la differenziazione tipologia di utilizzo, allo scopo di determinare per l'intera rete e per i sottobacini di distribuzione esistenti (distretti), il consumo totale medio giornaliero e notturno necessario, per la definizione del grado di perdita e per la costruzione del modello matematico;
- Campagna di monitoraggio temporaneo di pressione, portata e livello dei serbatoi;
- Costruzione e calibrazione del modello matematico della rete nello stato di fatto;
- Analisi delle rotture nelle reti idriche mediante la georeferenziazione e successiva analisi statistica dei tassi di fallanza (rotture/anno/km);
- Analisi probabilistica per caratterizzare la "casualità" del tempo intercorrente tra due rotture successive (Time To Failure, TTF);
- Interventi di step test nelle ore notturne, finalizzate all'accertamento delle condizioni di flusso, all'eventuale individuazione di condotte ridondanti, alla verifica dell'effettiva indipendenza idraulica di settori e/o distretti di rete;
- Ricerca perdite attraverso l'analisi dei dati di campo (distribuzione idrica continua/discontinua, regime delle pressioni in rete, materiale delle tubazioni, ecc.) per individuare la metodologia ottimale da utilizzare;
- Distrettualizzazione (DMA) della rete per il controllo ed il contenimento delle perdite;
- Individuazione dei punti di monitoraggio acustico da inserire nelle reti per il controllo attivo delle perdite (Noise Logger);

- Individuazione dei punti di misura e regolazione di pressione e portata nelle reti (PMZ, PR, PQ, PVR, PFR);
- Progettazione esecutiva degli interventi di riabilitazione (ad esempio sostituzione di tratti di condotte vetuste e/o realizzazione di nuove condotte per la chiusura dei distretti idrici);
- Ottimizzazione energetica) modifiche tarature, sostituzione pompe, ecc.) degli impianti e della rete di distribuzione (es. eliminazione delle riduzioni di diametro delle condotte);
- Restituzione di elaborati tecnici (modello idraulico, relazioni, misure, monografie, ecc.) in formato digitale.

Per l'esecuzione delle suddette attività GORI renderà disponibile tutta la documentazione in suo possesso relativamente alla rete e alle infrastrutture idrauliche presenti, in particolare:

- Topologia della rete acquedotto in formato shapefile, comprese legende e istruzioni sull'organizzazione dei dati (provenienti da rilievo effettuato o già disponibili);
- Dati caratteristici degli impianti (dati pompe, schemi idraulici, p&i, pozzi, ecc.);
- Dati telecontrollo (ove presente);
- Dati delle utenze, anagrafica, consumi, tipologia fornitura (vivile, industriale, agricola, ecc.).

2.1 Analisi di dettaglio della rete e dei manufatti acquedottistici

Le reti di distribuzione devono essere analizzate unitamente alle loro componenti. Durante la attività dovranno essere verificate eventuali incongruenze con il GIS di GORI per i seguenti elementi:

1. Tracciati e caratteristiche delle tubazioni (diametri, materiali), comprese le condotte di avvicinamento;
2. Posizione e caratteristiche degli impianti (serbatoi, partitori a servizio dell'abitato, impianti di sollevamento, manufatti di regolazione o manovra, ecc.);
3. Posizione di tutti i nodi delle reti e degli accessori della stessa come pozzetti, saracinesche, riduttori, sfiati, fontanelle pubbliche, idranti ecc.;
4. Derivazioni per gli allacciamenti all'utenza, compresi i rispettivi contatori.

Ciascun punto notevole della rete ai fini della modellazione, deve essere dettagliatamente ispezionato, rilevato, fotografato e riportato su scheda monografica. Il rilievo deve essere comunque funzionale ad ottenere un'informazione esaustiva ai fini del progetto.

2.2 Analisi delle utenze

Ai fini delle attività di analisi delle utenze e della corrispondente modellazione matematica, nonché il

Elaborato 03	DISCIPLINARE TECNICO MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE DELLE RETI IDRICHE	Rev.00
--------------	---	--------

monitoraggio iniziale, occorre procedere ad una individuazione preliminare delle *supply zone* (e, se necessario, dei distretti) da confermare o modificare nella successiva attività di Distrettualizzazione della rete.

Per ciascuna *supply zone* e per ciascun distretto preliminarmente individuati, devono essere definiti:

1. Popolazione residente, desunta dalle celle censuarie (unità territoriali minime di rilevamento dei dati di censimento ISTAT 2020);
2. Popolazione fluttuante, stimata secondo le procedure del Piano Regolatore Generale degli Acquedotti della Campania (PRGA), sia per pervenire alla popolazione totale media annua, sia alla popolazione totale del giorno di massima presenza e popolazione equivalente;
3. Fabbisogno medio annuo ed eventuale variazione stagionale del fabbisogno;
4. Dotazione desunta dai dati forniti da GORI, nonché eventuale diversa dotazione assunta e motivazioni dell'assunzione;
5. Quantificazione delle utenze con distinzione fra consumi domestici (individuali e condominiali, commerciali, ecc.) e collettivi e individuazione di utenti sensibili (ospedali, case circondariali, scuole, centri sportivi, caserme, ecc.);
6. Raffronto tra popolazione residente e fluttuante e utenze regolari.

I dati devono essere funzionali al conseguimento dei seguenti obiettivi:

- Definizione del consumo da attribuire ai nodi del modello matematico;
- Determinazione del consumo legittimo da utilizzare nei bilanci idrici per il calcolo della perdita.

2.3 Campagna di monitoraggio portate, pressioni e livelli serbatoi

Nella fase di indagine preliminare per la costruzione del modello, deve essere eseguita una campagna di monitoraggio di portate, pressioni e livelli dei serbatoi. Le misure vanno effettuate sia in condizioni normali, sia di punta, sia antincendio e, possibilmente, sia per singole condizioni di funzionamento, sia in continuo (Extended Period Simulation, EPS, monitoraggio continuo). I cosiddetti modelli EPS serviranno a predire la variazione dei livelli nei serbatoi, ma anche i cicli delle stazioni di sollevamento, il funzionamento di valvole e i diagrammi di consumo.

La campagna di misure deve essere funzionale ad assolvere a diverse finalità:

- Calibrazione del modello matematico;
- Verifica iniziale delle prestazioni della rete e del bilancio idrico iniziale;
- Ricerca perdite;
- Ricerca anomalie e criticità, con particolare riferimento alle aree con erogazione discontinua.

In merito al numero di misure da effettuare, si può affermare che:

Elaborato 03	DISCIPLINARE TECNICO MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE DELLE RETI IDRICHE	Rev.00
--------------	---	--------

- al crescere delle misure in rete il miglioramento dei risultati è dapprima molto sensibile, quindi diventa trascurabile;
- è opportuno avere a disposizione misure contemporanee di portata a pressione;
- è preferibile aumentare il numero di misuratori durante una prefissata condizione di funzionamento piuttosto che il numero di dati derivanti da diverse condizioni di funzionamento.

In merito alla localizzazione dei punti di misura, in linea generale questi devono essere lontani dai punti a quota fissa (serbatoi), e non in condotte rimosse dalla eventuale scheletrizzazione. Inoltre, sono necessarie condotte con portate e velocità non piccole perché le conseguenti perdite di carico siano apprezzabili.

In merito alla localizzazione dei punti, una volta importati all'interno del modello idraulico tutti i dati di base disponibili, è necessario condurre una fase di analisi di sensitività, al fine di individuare le aree della rete in cui risulta massima l'influenza dei parametri di input, come la scabrezza delle tubazioni o le portate erogate ai nodi, sui parametri di output del modello, come le pressioni ai nodi o le portate circolanti nei tratti.

L'importanza di questa fase è legata alla possibilità di determinare i punti nei quali installare i sensori per la misura della pressione e della portata ai fini della calibrazione del modello.

Il monitoraggio delle portate e delle pressioni nei punti individuati attraverso la fase di analisi di sensitività, consente, in via preliminare, di effettuare alcune valutazioni sul sistema analizzato.

Per i punti di misura ottimali individuati attraverso l'analisi di sensitività e per quelli definiti di estremità sono di seguito elencate le misure da eseguire in continuo con archiviazione dati per un periodo sufficientemente esteso con strumentazione mobile, comprendente comunque almeno un periodo di 7 giorni consecutivi con registrazione ad intervalli di 3 minuti:

1. Portata/volume in ingresso ai serbatoi;
2. Portata/volume in uscita dai serbatoi, con particolare riferimento alle ore di minimo consumo notturno;
3. Portata/volume in ingresso dai punti di consegna dello schema regionale e Ausino;
4. Livello dei serbatoi;
5. Portata/volume in ingresso in ciascun distretto preliminarmente individuato;
6. Pressione nei punti idraulicamente significativi di ciascun distretto preliminarmente individuato.

Per le misure delle pressioni dovranno essere impiegati trasduttori dotati di *data logger* per la registrazione dei dati. Per le misure di portata si prevede invece l'utilizzo di strumenti con tecnologia ad ultrasuoni, tipo tempo di transito, con installazione dei sensori di tipo non invasivo per tutte le tipologie di tubazioni ad esclusione del cemento amianto. Particolare cura dovrà essere posta al posizionamento dei trasduttori nella

tubazione al fine di ottenere misure attendibili e accurate. A tale scopo si dovranno installare spessimetri digitali ad ultrasuoni in grado di rilevare lo spessore del materiale con il semplice appoggio della sonda sulla superficie e con liquido di accoppiamento per il corretto esercizio dei trasduttori piezoelettrici.

Potranno essere eventualmente utilizzati i dati di postazioni di monitoraggio permanente della GORI, previa esecuzione di una verifica di affidabilità da comprovare con una apposita misura in serie con strumentazione propria, senza che eventuali errori di misura possano essere attribuiti al malfunzionamento della strumentazione permanente.

Il risultato delle attività dovrà produrre i seguenti elaborati:

1. Mappa descrittiva della campagna di misure con restituzione dei punti di misura;
2. Rapporto misure contenente per ciascun punto di misura:
 - a. Via e prossimità del numero civico;
 - b. Codice identificativo;
 - c. Quota altimetrica della strumentazione installata e, nel caso di punti di misura della pressione, posizione geodetica rispetto al piano dei carichi totali;
 - d. Ripresa fotografica;
 - e. Caratteristiche dello strumento di misura tipo, marca, modello, numero di matricola, campo di lavoro e precisione, certificato di taratura più recente;
 - f. Grafico temporale di portata (espressa in l/s) o pressione (in metri di colonna d'acqua), sia in formato editabile che pdf con indicati i valori minimi, medi e massimi rilevati. Per le misure di portata dovrà essere esplicitato sia il MNF (minimum night flow, anche detto consumo minimo notturno) sia l'ora di MNF individuata;
 - g. File di registrazione dati in formato CSV, compatibile con qualsiasi foglio di calcolo o programma di elaborazione numerica, con indicazione di data e ora, valore della grandezza fisica misurata (con visualizzazione di n. 2 cifre della parte decimale) ed eventuali altri parametri rilevati dal misuratore (es. velocità del flusso).
3. Rapporto delle criticità rilevate durante la campagna di misure e contenente:
 - a. Descrizione del funzionamento del sistema di distribuzione, corredata dallo schema funzionale verificato;
 - b. Determinazione delle performance di rete e del livello di dispersione idrica per il sistema di distribuzione nel suo complesso ovvero dei distretti individuati;
 - c. Descrizione puntuale delle criticità riscontrate con elaborazione di una mappa delle zone critiche.

L'appaltatore prende atto che le operazioni di monitoraggio dovranno svolgersi su opere ed impianti in esercizio o in manutenzione e pertanto tutte le attività dovranno essere condotte con particolare cautela e mediante l'adozione di tutti gli accorgimenti ed i presidi tecnici idonei a garantire, con la sicurezza e l'igiene sul lavoro, l'integrità delle opere e degli impianti interessati dagli interventi, oltre che la continuità del loro esercizio. L'Appaltatore prende inoltre atto che le operazioni interessanti le reti di distribuzione si svolgono all'interno di centri urbani in cui auto in sosta, mercati rionali, ecc., possono rappresentare un ostacolo alla campagna di misure. Pertanto, l'Appaltatore dovrà tenerne conto senza per questo pretendere compensi maggiori o indennizzi di sorta.

In ogni operazione di campo dovranno essere rispettate le norme previste per la sicurezza degli addetti ai lavori e dei terzi secondo le prescrizioni di legge, con particolare riguardo alle operazioni di accesso a luoghi confinati o manufatti nei quali si possono determinare situazioni di pericolo per le persone.

Le operazioni di misurazione potranno eseguirsi, se necessario, anche in orario notturno o festivo.

Tali prestazioni non daranno titolo all'Appaltatore di richiedere o pretendere riconoscimenti aggiuntivi od integrazioni del prezzo d'appalto. Si precisa che GORI non si assume la responsabilità derivanti dal danneggiamento (o furto) degli strumenti installati e dalle conseguenti difficoltà di acquisizione dei dati.

La campagna di misure dovrà essere svolta con continuità e con l'impiego di personale qualificato, con mezzi, attrezzature e strumentazioni idonee. L'Appaltatore dovrà disporre di tecnici di adeguata qualifica ed esperienza. Durante la campagna di misure, il personale dell'Appaltatore potrà effettuare verifiche e controlli sulle condotte in esercizio, limitandosi all'apertura di chiusini stradali contenenti organi di manovra e impianti di acquedotto per il posizionamento di sensori e/o strumentazione. Sono VIETATE tassativamente manovre di apertura e chiusura delle saracinesche, valvole sottosuolo di derivazione, idranti sottosuolo/soprasuolo, senza la preventiva autorizzazione di GORI. Qualora si rendesse necessario eseguire tali manovre è **INDISPENSABILE** preavvisare con congruo anticipo GORI che provvederà ad autorizzare, vigilare e coordinare le operazioni. Qualora l'Appaltatore provveda ad effettuare manovre senza la preventiva autorizzazione sarà costretto ad assumersi eventuali responsabilità sia in sede civile, sia in sede penale per eventuali danni arrecati.

2.4 Modellazione idraulica della rete idrica

La modellazione matematica della rete acquedotto è a supporto delle attività di progettazione dei distretti e delle zone di pressione, della riduzione delle perdite idriche e dell'identificazioni dei punti di monitoraggio permanenti. I criteri di importazione dei dati necessari alla costruzione del modello dovranno essere concordati con la GORI.

La modellazione idraulica dovrà seguire le seguenti fasi:

- raccolta dati;
- costruzione del modello;
- calibrazione;

- simulazione.

Nel modello dovranno essere inseriti tutti i parametri caratteristici necessari per ricostruire correttamente il funzionamento idraulico della rete idrica e pertanto, oltre ai dati di rilievo geometrici e topografici delle reti, dovranno essere inseriti tutti i manufatti particolari presenti come, ad esempio:

- caratteristiche dei serbatoi;
- impianti di sollevamento e/o pozzi;
- saracinesche;
- riduttori di pressione;
- ecc.

Per lo sviluppo del modello idraulico dovrà essere utilizzato un software compatibile con InfoWorks, già in possesso di GORI.

2.5 Costruzione del modello matematico

I dati relativi al rilievo planialtimetrico della rete dovranno essere importati in automatico nel suddetto software di calcolo per la simulazione della rete.

Nell'ambiente di calcolo, sul modello geometrico della rete, dovranno essere effettuate le seguenti attività:

- verifiche topologiche: connettività della rete;
- inserimento dei dati relativi a fonti e serbatoi;
- inserimento delle logiche di automazione;
- inserimento dati consumi e assegnazione domanda media;
- analisi del comportamento idraulico e funzionale della rete;
- individuazione dei distretti idraulici;
- inserimento tarature degli impianti;
- inserimento dati di consumo;
- inserimento coefficienti di scabrezza;
- individuazione delle zone con presunta presenza di perdita;
- individuazione dei punti per l'inserimento dei dispositivi per la gestione della pressione e della portata;
- verificare le criticità sulla rete di distribuzione.

2.5.1 Fasi di modellazione

La modellazione matematica, come l'analisi delle utenze, deve essere eseguita separatamente per ciascuna *supply zone*.

La modellazione matematica deve inoltre essere eseguita in tre fasi:

- **Fase 1:** configurazione attuale, come supporto all'individuazione delle criticità (con particolare riferimento alle zone con erogazione discontinua) ed all'attuale suddivisione in *supply zone*, distretti e sub-distretti, se esistente.
- **Fase 2:** configurazione futura prevista, con simulazione di scenari di suddivisione della rete e di condizioni di esercizio, con eventuali confronti fra diverse ipotesi progettuali, da sottoporre a specifiche valutazioni tecniche ed economiche e comprensive degli interventi strutturali;
- **Fase 3:** a conclusione degli interventi, quale verifica della nuova configurazione di esercizio, con riferimento alla "distrettualizzazione" finale della rete.

Nella Fase 1, la modellazione assume la geometria del sistema nella configurazione attuale, opportunamente scheletrizzata.

Nella Fase 2, la configurazione attuale viene modificata per tener conto di interventi strutturali o manovre idrauliche determinati dalle ipotesi progettuali formulate.

Nella Fase 3, la modellazione deve essere eseguita con riferimento alla geometria della rete effettivamente realizzata.

Fra le ipotesi progettuali, deve essere valutata:

- la possibilità e la convenienza della riduzione delle pressioni in rete, introducendo nel calcolo di moto permanente un opportuno legame pressione-perdita, in relazione al materiale e alla geometria tipica della lesione;
- la possibilità di mantenere, modificare o introdurre un'alimentazione discontinua della rete di distribuzione.

2.5.2 Scheletrizzazione della rete

Nella schematizzazione delle reti idriche, sia in fase di progettazione sia in fase di verifica, per una maggiore snellezza di calcolo è consuetudine fare riferimento a schemi semplificati, ottenuti attraverso procedure di scheletrizzazione che si basano sull'eliminazione delle condotte aventi diametro inferiore a un dato valore da fissare in funzione delle dimensioni della rete idrica analizzata (Eggerer et al. 1976), oppure sull'eliminazione di condotte longitudinali o trasversali secondo criteri empirici suggeriti dalle varie circostanze. La porzione di rete non analizzata va tenuta in conto mediante opportune variazioni di alcuni parametri della restante parte di rete analizzata.

La rete a maglie deve essere schematizzata contemplando almeno due ordini gerarchici di condotte (anelli

principali e secondari) e comunque tutte le condotte minori necessarie ad una modellazione sufficientemente accurata.

Per la scheletrizzazione della rete bisogna osservare le seguenti regole:

- eliminare i tratti ad albero negli schemi a maglia;
- eliminare i punti di cui non si hanno informazioni precise e attendibili;
- non eliminare le condotte caratterizzate da una rilevante domanda;
- non eliminare le condotte di grande diametro ovvero di chiusura di anelli importanti della rete;
- non eliminare gli elementi speciali quali impianti di sollevamento, valvole o serbatoi.

È consigliabile eliminare le condotte trasversali rispetto allo sviluppo altimetrico della rete. In tal caso la portata in rete va ricalcolata attraverso il programma di verifica (Veltri et al. 2000,2001).

Nel caso di condotte in serie bisogna distinguere due casi:

- condotte con eguali caratteristiche;
- condotte con caratteristiche diverse.

Nel primo caso l'eliminazione comporta la creazione di un'unica condotta di caratteristiche uguali a quelle precedenti e ripartizione della portata del nodo intermedio sui nodi estremi; nel secondo caso, indicando con L la lunghezza della condotta, con D il diametro e con C il valore della scabrezza nella formula di Hazen-Williams, si dovrà procedere considerando una condotta equivalente con diametro o scabrezza pari a una delle due condotte e calcolare il diametro o il coefficiente di scabrezza dall'equazione del moto:

$$C_r = \left(\frac{L_r}{D_r^{4.87}} \right) * \left(\sum_i \frac{L_i}{D_i^{4.87} * C_i^{1.85}} \right)^{-0.54}$$

in cui i pedici r e i indicano, rispettivamente, le grandezze relative alla condotta risultante e alle condotte da combinare. Per le condotte in parallelo si considera "dominante" una delle condotte e si introduce, anche in questo caso, una condotta equivalente procedendo al calcolo delle caratteristiche della stessa.

Come nel caso di condotte in serie, volendo definire una scabrezza equivalente si può far ricorso alla relazione:

$$C_r = \frac{L_r^{0.54}}{D_r^{2.63}} * \sum \frac{C_i D_i}{L_i^{0.54}}$$

Non è opportuno che sia modellata come equivalente una condotta di arrivo o di mandata di una pompa inserita in rete. Impianti di sollevamento e valvole in una diramazione possono essere eliminati e rappresentati come un nodo di erogazione, mentre, se esiste una valvola lungo una condotta in serie, la condotta risultante deve essere munita di analoga valvola.

Per ciascun punto di erogazione nella scheletrizzazione eseguita, deve essere individuata anche la massima quota dell'utenza servita (quota dell'estradosso del solaio di copertura), ai sensi del DPCM 4-3-1996.

Elaborato 03	DISCIPLINARE TECNICO MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE DELLE RETI IDRICHE	Rev.00
--------------	---	--------

Per i serbatoi, deve essere contemplata la capacità di compenso e di riserva, anche in considerazione di eventuali periodi di interruzione dell'erogazione, se non evitabili. Per i pozzi deve essere valutata la possibilità di utilizzo di motori a inverter, relazionando l'effettivo beneficio in termini di risparmio energetico.

La modellazione deve quindi comprendere anche il funzionamento:

- di eventuali impianti di sollevamento e/o pozzi, individuando le modalità di esercizio funzionali all'efficienza economica e gestionale;
- di organi di regolazione automatici o manuali.

2.5.3 Portate e condizioni di funzionamento

Le portate ai nodi devono essere determinate, coerentemente con quanto indicato al paragrafo 2.2:

- sulla base della popolazione effettivamente gravante sui tronchi corrispondenti, desunta dalle celle censuarie (unità territoriali minime di rilevamento dei dati del censimento ISTAT 2018);
- stimando la popolazione fluttuante secondo le procedure del PRGA degli acquedotti della Campania, sia per pervenire alla popolazione totale media annua, sia alla popolazione totale nel giorno di massima presenza.

Nelle elaborazioni devono essere chiaramente distinte ed evidenziate le portate effettivamente disponibili per l'utenza e le portate non disponibili (sinteticamente "perdite"). La Modellazione matematica deve essere eseguita in moto permanente nelle condizioni di funzionamento corrispondenti alla portata minima, media e massima e in tutte le condizioni di erogazione intermedie funzionali alla definizione della variazione di livello dei serbatoi, previa formulazione di ipotesi di legge di variazione del consumo giornaliero.

2.5.4 Calibrazione del modello matematico

La realizzazione di un modello di simulazione di reti idriche incontra una difficoltà nella taratura dei parametri utilizzati nel modello stesso. Questi sono costituiti da parametri geometrici (lunghezze, diametri, connessioni), o idraulici (scabrezze, celerità, leggi di efflusso di valvole o curve di potenza delle pompe, emungimenti ai nodi) e non comprendono le variabili decisionali, cioè quelle particolari variabili che sono regolabili dal gestore e che definiscono le condizioni di esercizio della rete. Questa operazione di assegnazione dei parametri prende comunemente il nome di calibrazione del modello. Obiettivo della calibrazione è quello di ottenere dal modello di simulazione variabili di stato, cioè pressioni ai nodi e velocità medie nei lati che rappresentano le condotte, quanto più simili possibile ai valori che effettivamente verrebbero misurati in pieno campo nelle condizioni di esercizio previste nel modello. Ovviamente la classificazione delle variabili in parametri, variabili di stato e variabili di controllo dipende dal caso particolare. Alcuni spillamenti ai nodi possono essere considerati variabili di controllo, qualora siano regolabili, ed alcuni parametri, come la lunghezza delle condotte e le quote topografiche, qualora conosciuti con relativa accuratezza, possono essere considerati come dati certi del modello e quindi parte integrante di esso.

In base alla precedente classificazione possiamo quindi definire la calibrazione come la stima dei parametri incogniti del modello di simulazione. Qualora esistesse una misura diretta di tutti i parametri del modello, potremmo stimare la qualità della calibrazione in base alla similitudine fra i parametri calcolati e quelli “veri”. Poiché ciò non è vero, almeno per i parametri idraulici quali la scabrezza, la qualità della calibrazione deve essere stimata in base alla capacità del modello calibrato di riprodurre variabili di stato simili a quelle reali. Il modello quindi, prima del suo utilizzo per l'analisi funzionale, dovrà essere calibrato, ossia si dovrà verificare che lo stesso riproduca il funzionamento reale della rete. La fase di calibrazione prevede quindi la traduzione dei dati dinamici raccolti precedentemente sulla rete (registrazioni contemporanee di pressione e portata) e l'imposizione che il modello, nelle stesse configurazioni di funzionamento, fornisca come risultati quelli registrati direttamente su campo. Per la calibrazione del modello saranno adottati metodi impliciti, che tengono conto dei dati misurati, tramite funzioni in cui compaiono come parametri gli scarti fra i valori misurati e quelli ottenuti dall'output del modello di simulazione. Scopo del calcolo è quello di minimizzare gli scarti utilizzando procedure di ottimizzazione che ricercano il minimo di funzioni obiettivo, generalmente non lineare, soggette a vincoli.

La calibrazione deve essere eseguita:

- nella Fase 1, sulla base degli esiti della campagna di monitoraggio portate, pressioni e livelli serbatoi e misura del grado di perdita;
- nella Fase 3, sulla base degli esiti della campagna di monitoraggio conclusiva di portate, pressioni e livelli serbatoi.

Il processo di calibrazione deve utilizzare misure contemporanee di portata e pressione in condizioni di esercizio differenti.

La calibrazione del modello si intenderà raggiunta, quando i risultati del modello risulteranno allineati con i valori registrati in campo, entro i margini di errore di seguito definiti, salvo casi particolari che verranno di volta in volta valutati dalla GORI:

Misura	Tolleranza
Portata	±5% sul valore registrato
Pressione	± 0,3 bar sul valore registrato/± 5% sul valore registrato superati gli 0,2 bar
Sviluppo della curva di portata	Coerente con l'andamento dei consumi
Sviluppo della curva di pressioni	Coerentemente con l'andamento delle pressioni misurate

2.6 Distrettualizzazione della rete (DMA)

L'individuazione della migliore disposizione dei distretti all'interno di una rete di distribuzione idrica è una operazione complessa, che dipende da numerosi fattori, legati sia agli obiettivi della distrettualizzazione del sistema idrico, che alla definizione della dimensione, della morfologia e della struttura (permanente o temporanea) dei distretti.

Nel presente paragrafo viene delineata la metodologia razionale da utilizzare nell'ambito del modello per la scelta della più opportuna distrettualizzazione. Nella fase di studio si dovranno formulare diverse ipotesi di distrettualizzazione, basate su tre differenti criteri:

- Distrettualizzazione empirica per Zone Urbanistiche Omogenee (ZUO);
- Distrettualizzazione empirica del tipo District Meter Area (DMA);
- Distrettualizzazione empirica del tipo Waste Metering (WM).

La distrettualizzazione per Zone Urbanistiche Omogenee dovrà tenere conto della omogeneità della destinazione urbanistica e delle tipologie edilizie presenti sul territorio che consentono – nei casi di valutazione e eventuale gestione delle pressioni – di avere distretti uniformi dal punto di vista delle pressioni di progetto.

Il secondo criterio è basato sulla definizione di distretti di pari estensione e con una popolazione servita di circa 3000 abitanti per distretto.

Il terzo criterio individua il numero minimo di distretti tali da garantire maggiori informazioni sulle perdite idriche.

Per tutte le ipotesi di distrettualizzazione formulate saranno analizzate, con l'ausilio del software, i comportamenti della rete con distretti connessi in due soli punti con il resto della rete (2 I/O), ovvero con tre nodi di connessione (3 I/O).

Nella prima fase dell'analisi riguarda la simulazione del funzionamento della rete, per tutti gli schemi considerati, in condizioni di punta e di portata media. L'obiettivo delle simulazioni è quello di evidenziare le scelte di distrettualizzazione che compromettono irrimediabilmente il corretto funzionamento idraulico della rete. Per agevolare il confronto tra i risultati delle varie simulazioni, vengono definiti gli indici prestazionali di natura statistica e idraulica, da valutare per ciascun distretto. Gli *indici statistici di prestazione* considerati sono la media, la varianza e il minimo dell'altezza piezometrica nei nodi del distretto. Per la valutazione più specifica delle prestazioni idrauliche si definiscono i seguenti *indici idraulici di prestazione*:

- lo Scostamento Quadratico medio rispetto alla pressione di progetto:

$$SQM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_k} (h_i - h_{zk})^2}{N_k}}$$

- il Deficit Medio di Pressione

$$DPM = \frac{\sum_{i=1}^{n_{0k}} (h_i - h_{zk})}{n_{0k}} \quad h_i \leq h_{zk}$$

- la frequenza Media di Deficit di pressione (FDPMx)

$$FDPMx = \frac{n_{xk}}{N_k}$$

Nelle precedenti definizioni h_i è l'altezza di pressione nell' i -esimo nodo di calcolo; N_k il numero di nodi del k -esimo distretto; h_{zk} l'altezza piezometrica di progetto nel k -esimo distretto; n_{0k} il numero di nodi con $h_i \leq h_{zk}$ all'interno del k -esimo distretto; n_{xk} il numero di nodi del k -esimo distretto la cui altezza piezometrica risulta x metri inferiore a quella di progetto.

Per ogni indice, statistico o idraulico, sarà definita una matrice di influenza il cui elemento al posto (i,j) rappresenta il valore assunto dall'indice nell' i -esimo distretto per effetto della chiusura del j -esimo distretto. Il calcolo delle matrici di influenza consentirà di localizzare agevolmente i punti deboli della rete conseguenti alla completa chiusura di ciascun distretto e di apportare le necessarie correzioni.

L'esame dei valori assunti dagli indici prestazionali sopra introdotti e lo studio delle matrici di influenza consentiranno di individuare lo schema di distrettualizzazione cui corrisponde il minor impatto sulla funzionalità idraulica della rete.

Nell'operare la distrettualizzazione si dovrà porre l'attenzione nel suddividere la rete in modo tale che ciascun distretto abbia il minor numero possibile di punti di ingresso così da poter ottenere il suo isolamento con la chiusura del minor numero di saracinesche.

I distretti permanenti saranno caratterizzati da un'estensione di rete compresa tra 5 e 30 Km (range di valori condiviso in letteratura).

2.7 Validazione dei distretti ed esecuzione dello step-test notturno

I distretti individuati saranno sottoposti a collaudo idraulico, secondo le specifiche tecniche raccomandate da organismi europei riconosciuti. Si procederà quindi con l'esecuzione dello step-test notturno, chiudendo progressivamente i distretti progettati. Dai risultati dello step test sarà possibile pre-localizzare i distretti critici soggetti a perdite idriche.

2.8 Metodi per la gestione delle perdite

L'invecchiamento del sistema idrico comporta un naturale conseguente aumento delle perdite reali a causa del generarsi di nuove perdite e rotture, alcune delle quali non riportate al gestore.

Questa tendenza all'aumento delle perdite reali può essere contrastata e gestita con un uso integrato delle quattro componenti della gestione delle perdite reali e specificatamente:

- Controllo attivo delle perdite;

- Gestione della pressione;
- Rapidità e qualità delle riparazioni;
- Gestione di tubazioni e assets.

Il livello delle perdite reali annue varierà in funzione dell'impegno e delle modalità di applicazione delle suddette componenti.

2.8.1 Controllo attivo delle perdite

Il *controllo attivo delle perdite* che si intende realizzare comprende diverse tecnologie, che è possibile applicare in alternativa o in combinazione a seconda delle condizioni specifiche della singola rete comunale oggetto di studio:

- monitoraggio delle pressioni per zone (PMZ);
- creazione di distretti con misura della portata in ingresso;
- misura in continuo o in modo periodico delle portate notturne;
- utilizzo in modo continuo di loggers o noise loggers.

In particolare, con i noise-loggers rappresentano una buona alternativa agli step test tradizionali, per effettuare una verifica preliminare sulla presenza di perdite occulte e per la loro localizzazione.

2.8.2 Gestione delle pressioni

Il controllo e il mantenimento delle pressioni in rete a valori necessari per garantire un servizio efficiente, costituisce uno strumento strategico finalizzato alla riduzione degli sprechi di risorsa idrica. È prevedibile, infatti, dalla relazione tra perdite idriche reali e pressione, che riducendo gli eccessi di pressione nell'arco della giornata si possano ridurre i volumi d'acqua persi. L'attività consiste pertanto nella redazione di adeguati studi idraulici per la gestione ottimale delle pressioni caratterizzati da programmi di riduzione del carico idraulico notturno (23:00 - 06:00) e da sistemi di protezioni attive e permanenti contro i colpi di ariete, con contestuali proposte di installazioni di apparecchiature adeguate allo scopo, di norma idrovalvole di regolazione di pressione (PRV Pressure Reducing Valves) localizzate e regolate in maniera opportuna e asservite a comando orario o sistemi alternativi equivalenti.

Lo studio dovrà essere redatto per ciascun distretto e dovrà riportare dettagliatamente anche le specifiche tecniche degli eventuali interventi e apparecchiature proposti al fine di ottimizzare la gestione delle pressioni.

2.9 Materiale da produrre

Per ciascuna attività, sono di seguito indicati i corrispondenti prodotti.

Tutti gli elaborati dovranno essere consegnati in formato cartaceo e digitale riproducibile (sia nel formato sorgente originario, sia in quello PDF).

Analisi delle utenze

- 1) **Mappa dei consumi idrici:** rappresentazione cartografica in scala 1:5000 dei consumi idrici pro-capite rilevati distinti per distretto/sub-distretto, con evidenziazione delle zone con carenza di dati e con diverso grado di scostamento dai fabbisogno ordinari;
- 2) **Relazione sulle utenze:** descrizione delle attività di rilievo e di analisi delle utenze distinti per *supply zone*/distretto, con raffronto fra volumi misurati e popolazione desunta dalle singole celle censuarie, stima dei consumi non sottoposti a tariffazione, classificazione per tipologia (domestica, collettiva, condominiale, forfettaria, ecc.).

Campagna di monitoraggio portata, pressione e livello serbatoi

- 1) **Mappa descrittiva delle attività di monitoraggio:** rappresentazione cartografica dei siti oggetto di monitoraggio, con distinzione per tipologia di monitoraggio (pressione, portata, livello);
- 2) **Relazione sugli interventi propedeutici alla esecuzione della campagna di monitoraggio:** descrizione dettagliata degli interventi necessari per l'esecuzione delle misure;
- 3) **Relazione descrittiva delle attività di monitoraggio:** relazione sulle attività di monitoraggio distinte per tipologia, con motivazioni delle scelte eseguite sui siti e sulla durata delle misurazioni e con discussione delle informazioni desunte.

Costruzione e calibrazione di modelli matematici delle reti di distribuzione

- 1) **Modello matematico completo:** software e documentazione descrittiva del modello matematico per la simulazione della rete con relativi file di input e quant'altro necessario per la riproduzione delle simulazioni eseguite o per l'esecuzione di nuove simulazioni – in formato Info Works e in altri formati compatibili.
- 2) **Mappa della rete scheletrizzata:** rappresentazione cartografica della rete nella schematizzazione utilizzata per la modellazione matematica;
- 3) **Relazione sulla modellazione matematica:** relazione sulla modellazione matematica eseguita, con dettaglio dei dati in input ed output, delle schematizzazioni, delle assunzioni, della calibrazione;
- 4) **Mappa piezometrica della rete:** rappresentazione cartografica del cielo piezometrico in diverse condizioni di esercizio, anche in rapporto alla quota piezometrica minima da garantire

Distrettualizzazione della rete (DMA)

- 1) **Mappa dei distretti e delle supply zone:** rappresentazione cartografica in scala 1:5000 della rete di distribuzione distinta in *supply zone*, distretti ed eventuali sub-distretti, con indicazione

dei punti di immissione di portata e di misurazione;

- 2) **Mappa degli interventi per la distrettualizzazione della rete:** rappresentazione cartografica riepilogativa degli interventi strutturali funzionali alla creazione di *supply zone*, distretti e sub-distretti (nuove condotte, organi di sezionamento);
- 3) **Relazione sulla distrettualizzazione della rete:** descrizione della suddivisione della rete realizzata, coerentemente con la modellazione matematica, comprensiva delle motivazioni idrauliche delle scelte operate e dei dati caratteristici di ciascun distretto o *supply zone* (n. di utenze domestiche e collettive, dotazioni, popolazione, ecc.).
- 4) **Mappa delle zone di controllo della pressione:** rappresentazione cartografica delle eventuali aree soggette a controllo della pressione, con indicazione del regime piezometrico atteso pre e post-intervento nelle diverse condizioni di funzionamento.
- 5) **Relazione sulle zone di controllo della pressione:** descrizione degli interventi per il controllo della pressione, della corrispondente riduzione delle perdite attesa e dei dispositivi per il conseguimento della riduzione.

Attività di sintesi

- 1) **Relazione sulle criticità della rete di distribuzione:** rappresentazione cartografica in scala 1:5000 della rete di distribuzione distinta in *supply zone*, distretti ed eventuali sub-distretti, con indicazione dei punti di immissione di portata e di misurazione;
- 2) **Mappa degli interventi per la distrettualizzazione della rete:** rappresentazione cartografica riepilogativa degli interventi strutturali funzionali alla creazione di *supply zone*, distretti e sub-distretti (nuove condotte, organi di sezionamento);
- 3) **Relazione sulla distrettualizzazione della rete:** descrizione della suddivisione della rete realizzata, coerentemente con la modellazione matematica, comprensiva delle motivazioni idrauliche delle scelte operate e dei dati caratteristici di ciascun distretto o *supply zone* (n. di utenze domestiche e collettive, dotazioni, popolazione, ecc.).