

CRITERI PER UNA VALUTAZIONE SPEDITIVA DI AFFIDABILITA' DI SCHEMI ACQUEDOTTISTICI DI ADDUZIONE

C. Sileo^a, G. Silvagni^b, P. Claps^c

^a Comune di Potenza, C.da Macchia Romana, 85100 Potenza

^b Dipartimento di Ingegneria Civile, Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"
Via di Tor Vergata, 110 – 00133 ROMA

^c Dipartimento di Idraulica (DITIC) - Politecnico di Torino
C.so Duca degli Abruzzi, 29, 10129 Torino

Sommario

Si riferisce in questa nota di una serie di criteri atti a definire i livelli di servizio attribuibili a ciascuna utenza per schemi acquedottistici di adduzione. Quando la disomogeneità o la mancata disponibilità di dati strutturali rendono non possibile e poco efficace l'applicazione di metodologie per il calcolo dell'affidabilità dello schema la metodologia proposta permette sia il confronto in maniera esplorativa dei livelli di servizio forniti ai diversi utenti sia la possibilità di caratterizzare scenari di potenziamento futuro.

Un esempio di applicazione del criterio proposto è riportato con riferimento agli schemi acquedottistici presenti nell'Ambito Territoriale Ottimale n° 3 della regione Campania, con particolare riferimento allo schema vesuviano. Per esso vengono effettuate stime di un indice del livello di servizio sia relativamente allo stato attuale che con riferimento ad ipotesi di potenziamento, valutando con modalità oggettive gli effetti indotti dalle modifiche apportate allo schema.

Introduzione

Le disposizioni legislative attualmente vigenti (legge 36/94 e successive modificazioni) prevedono che i gestori del servizio idrico integrato all'interno di ciascun ambito territoriale ottimale debbano attuare il piano di manutenzione delle reti di adduzione e distribuzione secondo requisiti di efficienza, efficacia ed economicità.

In questa ottica diventano fondamentali le indicazioni sul livello di servizio fornito alle varie utenze da diversi enti acquedottistici operanti in un ambito territoriale. Queste valutazioni hanno rilevanza sia per avere informazioni sulla reale affidabilità meccanica di uno schema sia, a livello esplorativo, come punto di partenza per la prima fase di caratterizzazione dello schema.

Con riferimento al secondo aspetto, valutazioni attendibili possono ottenersi leggendo considerazioni tecniche sulle cause di disservizio a dati dello schema facilmente determinabili, secondo un criterio proposto da Claps et al. (2000).

Nel citato lavoro si parte dalle considerazioni che una riduzione di funzionalità di un sistema di approvvigionamento idrico può avvenire per due tipologie di cause: *endogene* (rotture meccaniche, interruzione del rifornimento di energia, riduzione del carico idraulico, etc.), ed *esogene* (naturali o dovute all'azione dell'uomo). Sulla base di entrambe le categorie di cause appena citate vengono formalizzati alcuni parametri rappresentativi delle condizioni "intrinseche" di funzionalità di un acquedotto esterno rispetto alle sue utenze. In altri termini, attraverso grandezze semplici e facilmente determinabili viene valutato il livello di servizio delle utenze solo in relazione alle caratteristiche fondamentali dello schema, senza entrare nel merito delle modalità di funzionamento idraulico in varie configurazioni di portata, e senza scendere nel dettaglio dell'analisi statistica delle serie idrologiche delle fonti di alimentazione.

In questo lavoro si estende ed approfondisce la metodologia proposta da Claps et al. (2000) per tener conto della funzionalità di elementi complessi di solito presenti in grandi schemi di adduzione. E' utile, infatti, un approfondimento legato alla presenza ed alla funzionalità degli impianti di pompaggio ed è necessario estendere la procedura al caso in cui diverse utenze siano collegate da un anello e a quello in cui esistano differenti opzioni di distribuzione tra serbatoi che servano una stessa utenza.

Si propongono, infine, delle possibili semplificazioni di un sistema complesso di adduzione per meglio evidenziare gli interventi atti a migliorarne l'efficienza e la funzionalità.

Indici descrittivi dei livelli di servizio

Definizione di affidabilità nelle reti idriche

Una fra le più comuni e generalmente accettate definizioni di affidabilità è la seguente: "*affidabilità è la probabilità di un sistema o di una parte di esso (componente), di assolvere correttamente alle proprie funzioni per un prefissato periodo di tempo in determinate condizioni operative*" (Billinton e Allan, 1987). Tale definizione racchiude implicitamente i quattro aspetti chiave del problema, che sono: probabilità, definizione di corretto comportamento, periodo di tempo e condizioni in cui il sistema viene ad operare.

La teoria dell'affidabilità è stata dapprima sviluppata per lo studio di strutture meccaniche ed elettroniche complesse, e solo successivamente è stata applicata anche ai sistemi idrici che presentano notevoli analogie con quelli di produzione, trasporto e distribuzione dell'energia.

In ambito acquedottistico l'approccio seguito dal Martini (1987) per la definizione di affidabilità strutturale considera due variabili aleatorie:

- λ (failure rate) probabilità che si verifichi un guasto su un elemento del sistema;
- MTTR (mean time to repair) tempo medio occorrente per la riparazione dell'elemento;

Queste due variabili sono riconducibili all'affidabilità del sistema secondo la relazione :

$$A = \frac{\frac{1}{\lambda}}{\frac{1}{\lambda} + \text{MTTR}} \quad (1)$$

Nell'approccio qui presentato si propone di ricondurre alla relazione (1) due aspetti chiaramente connessi all'affidabilità di un sistema, quali la frequenza e la severità di fallanza, aspetti non necessariamente legati a λ e MTTR. In questo senso, di seguito saranno definite le variabili FRE (frequenza di fallanza) e SEV (severità di fallanza) così come introdotte da Claps et al. (2000) con l'aggiunta di fattori correttivi necessari per portare in conto la presenza di impianti di sollevamento e per considerare negli schemi la presenza di anelli chiusi.

Severità e frequenza di fallanza per sistemi di adduzione

La severità di fallanza (SEV) è una variabile introdotta per tener conto dei problemi che possono comportare per l'utenza sostanziale diminuzione di portate o prolungate interruzioni della fornitura idrica. La variabile SEV può, ad esempio, dipendere dal carico idraulico disponibile sul serbatoio di testata dell'utenza cittadina in quanto, in caso di riduzione a lungo termine della pressione in condotta le utenze con più carico disponibile risulteranno meno penalizzate. Inoltre SEV può dipendere dalle dimensioni dell'utenza, e quindi dal consumo idrico del centro abitato. Appare abbastanza chiaro, infatti, come una grossa città risentirà di una crisi idrica in misura maggiore rispetto ad utenze più piccole, soprattutto con riferimento alla quota di uso non strettamente potabile. Infine la severità di fallanza può tenere conto anche di cause di natura idrologica, ad esempio legate alla molteplicità e frammentazione delle fonti sorgentizie. Queste sono tanto meno stabili quanto più sono frammentate e piccole.

Al contrario si possono associare alla frequenza di fallanza (FRE) i malfunzionamenti di natura strutturale del sistema, che non comportano necessariamente diminuzioni di volume erogato all'utenza, ma solo dei disservizi di durata limitata. Questa seconda variabile può essere funzione della lunghezza delle condotte che servono le singole utenze e della consistenza della riserva idrica di ogni comune. In aggiunta come si vedrà più avanti, FRE può tener conto anche della presenza degli impianti di pompaggio, che determinano una maggiore aleatorietà nelle condizioni di funzionamento dello schema, aumentando la probabilità che l'utenza rimanga scollegata dalla condotta principale o comunque sottoposta a carico idraulico non sufficiente per soddisfare l'esigenza idrica.

Parametri caratteristici delle utenze

In base a quanto premesso nel paragrafo precedente è possibile introdurre i parametri caratteristici delle utenze da cui far dipendere il livello di servizio, inteso come indice di funzionalità dello schema rispetto all'utenza.

Per quanto riguarda la severità di fallanza (SEV) si definiscono i seguenti parametri:

$$1) \text{ CONS} = \frac{\text{consumo presunto}}{\text{massimo consumo presunto nello schema}}$$

Questo parametro tiene conto della dimensione dell'utenza, infatti il consumo presunto è la sua dotazione idrica, risultantedal PRGA o da dati dell'ente gestore.

Per le utenze servite da più serbatoi il consumo presunto è dato dalla somma delle portate in uscita dai singoli serbatoi di testata. Nel caso di utenza singola completamente sganciata dallo schema e servita da fonti locali, il parametro **CONS** non è significativo e per questo non viene considerato.

$$2) \text{ PERC} = \frac{\text{Somma portata fonti effimere}}{\text{consumo presunto}}$$

Le *fonti effimere* sono fonti locali con portata media inferiore ad un certo valore. Le *fonti locali* sono tutte quelle fonti che non confluiscono nello schema, ma riforniscono direttamente le utenze. Se una fonte serve più utenze, la portata viene ripartita in base alla percentuale effettivamente destinata al comune considerato. La soglia minima al di sotto della quale la fonte di alimentazione è considerata effimera, che nel caso esaminato da Claps et al. (2000) era stata posta pari a 15 l/s, può scaturire da confronti effettuati sulle portate medie delle sorgenti “locali” considerate.

$$3) \text{ FONT} = 1 - \frac{\text{Media portata Fonti locali}}{\text{Somma portata Fonti locali}}$$

Questa grandezza porta in grado di frazionamento delle fonti locali e viene calcolata solo nel caso in cui il comune sia sganciato dallo schema e collegato solo a fonti locali.

$$4) \text{ CAR} = \frac{\frac{\text{consumo presunto}}{\sqrt{\text{pendenza}}}}{\max \left(\frac{\text{consumo presunto}}{\sqrt{\text{pendenza}}} \right) \text{tra i comuni considerati}}$$

nel quale si utilizza la variabile:

$$\text{pendenza} = \frac{\text{differenza di quota tra il serbatoio e partitore principale}}{\text{lunghezza della condotta dal partitore principale}}$$

Il parametro CAR considera il carico idraulico disponibile sul serbatoio (o sui serbatoi) di testata del centro urbano. Il *partitore principale* è il serbatoio dove generalmente si raccolgono le acque delle varie sorgenti e dal quale si dirama la distribuzione alle utenze. La *lunghezza della condotta dal partitore principale* è definita più avanti a proposito dei parametri direttamente collegati alla variabile FRE.

Nel caso di centri serviti da più serbatoi, per il calcolo di CAR si fa riferimento alla loro quota media.

Ai fini della definizione della frequenza di fallanza (FRE), per valutare l'effetto delle dimensioni della riserva idrica accumulabile da ogni utenza si definiscono i seguenti parametri:

$$1) \text{ VOL} = 1 - \frac{\text{volume dei serbatoi}}{\text{dotazione volumetrica giornaliera}}$$

Nel caso in cui il volume totale dei serbatoi fosse superiore alla dotazione giornaliera, la variabile VOL viene posta uguale a zero. Nel caso di centri serviti da più serbatoi, si fa riferimento alla somma dei relativi volumi.

$$2) \text{ DIST} = \frac{\text{lunghezza della condotta dal partitore principale}}{\max (\text{lunghezza della condotta dal partitore principale}) \text{tra i comuni considerati}}$$

Il parametro appena definito valuta l'effetto sulla frequenza FRE della lunghezza della condotta terminale relativa ad ogni centro abitato. Per centri serviti da più serbatoi si considera una media delle distanze tra questi ed il partitore principale.

Nel caso in cui ci sono più partitori principali e cioè diversi punti dove vengono raccolte le acque sorgentizie, la lunghezza della condotta è la media delle lunghezze dai rispettivi partitori, pesata rispetto alla portata messa a disposizione dal gruppo sorgentizio pertinente al partitore.

Nel caso in cui un'utenza sia completamente sganciata dallo schema e collegata a fonti locali, la variabile **DIST** non viene considerata perché non significativa.

$$3) \text{ SOL} = \frac{n. \text{ di sollevamenti a monte dell'utenza}}{\text{massimo numero di sollevamenti in linea presenti nello schema}}$$

La grandezza appena definita porta in conto il numero dei sollevamenti o rilanci in linea penalizzando proporzionalmente i percorsi che prevedono più sollevamenti successivi..

In Tabella 1 sono riportati sinteticamente i parametri introdotti, opportunamente riferiti al loro uso nell'ambito del calcolo di frequenza e severità di fallanza.

Tabella 1. *Riepilogo dei parametri indicatori del livello di servizio.*

VARIABILI GENERALI		PARAMETRI CARATTERISTICI
Severità di fallanza SEV	∞	$\text{CONS} = \frac{\text{consumo presunto}}{\text{massimo consumo presunto nello schema}}$ $\text{PERC} = \frac{\text{Somma portata Fonti effimere}}{\text{consumo presunto}}$ $\text{FONT} = 1 - \frac{\text{Media portata Fonti locali}}{\text{Somma portata Fonti locali}}$ $\text{CAR} = \frac{\frac{\text{consumo presunto}}{\sqrt{\text{pendenza}}}}{\max \left(\frac{\text{consumo presunto}}{\sqrt{\text{pendenza}}} \right) \text{ tra i comuni considerati}}$
Frequenza di fallanza FRE	∞	$\text{VOL} = 1 - \frac{\text{volume dei serbatoi}}{\text{dotazione volumetrica giornaliera}}$ $\text{DIST} = \frac{\text{lunghezza condotta dal partitore principale}}{\text{distanza massima nello schema}}$ $\text{SOL} = \frac{n. \text{ di sollevamenti prima del comune}}{\text{massimo numero di sollevamenti presenti nello schema}}$

I parametri caratteristici per utenze collegate ad anello

I parametri definiti nel paragrafo precedente assumono una forma diversa nel caso in cui ci siano utenze collegate da un anello chiuso. Il primo caso da esaminare è quello di un anello servito da un solo partitore principale (figura 1).

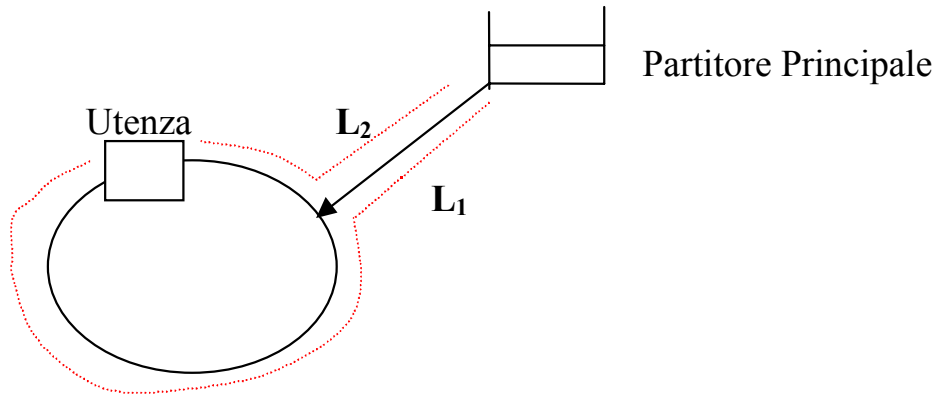


Figura 1. Rappresentazione schematica di un anello con un solo partitore principale.

In questo caso la lunghezza della condotta è pari alla lunghezza equivalente calcolata secondo la relazione seguente:

$$\frac{1}{\sqrt{L_{EQ}}} = \frac{1}{\sqrt{L_1}} + \frac{1}{\sqrt{L_2}}$$

dove L_1 e L_2 sono le lunghezze dei percorsi verso il partitore principale.

Tutti gli altri parametri caratteristici non subiscono nessuna variazione nelle formulazioni già presentate nel paragrafo precedente.

Il secondo caso è quello di un anello con più partitori principali (figura 2).

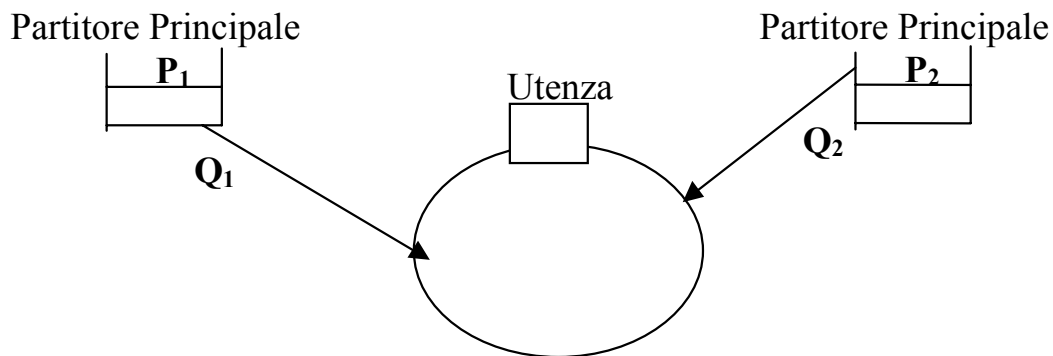


Figura 2. Rappresentazione schematica di un anello con due partitori principali.

In questo secondo caso la lunghezza condotta è pari:

$$\text{Lunghezza condotta} = \frac{L_{EQ1}(\%Q_1) + L_{EQ2}(\%Q_2)}{i}$$

dove Q_1 e Q_2 sono le portate immesse nell'anello dai rispettivi partitori, L_{EQ1} , L_{EQ2} sono le lunghezze equivalenti calcolate per entrambi i partitori e "i" è il numero di immissioni nell'anello (nel caso in figura "i" è uguale a 2).

Il parametro CAR viene calcolato come:

$$CAR_{eq} = \frac{CAR_1 + CAR_2 + \dots + CAR_i}{i}$$

dove CAR_1 , CAR_2 e CAR_i fanno riferimento ai carichi calcolati singolarmente rispetto ai partitori.

Definizione dei livelli di servizio

I parametri precedentemente introdotti verranno usati per quantificare i livelli di servizio delle utenze attraverso gli indici SEV e FRE, ovviamente in misura inversamente proporzionale. A questo fine si stabilisce che, così come previsto per tutti i parametri, le variabili SEV e FRE assumano anch'esse valori compresi tra 0 e 1 onde facilitarne il confronto e giungere ad una omogenea definizione del livello di servizio. Ai fini del calcolo di SEV e FRE tutti i parametri sono inseriti in relazioni lineari, con pesi omogenei. Ne risultano le seguenti definizioni:

1) *Utenza collegata in parte o completamente a schema acquedottistico:*

$$SEV = \frac{CONS + PERC + CAR}{3} \quad (2)$$

$$FRE = \frac{VOL + DIST + SOL}{3} \quad (3)$$

2) *Utenza sganciata dallo schema e collegata a sole fonti locali:*

$$SEV = \frac{PERC + FONT}{2} \quad (4)$$

$$FRE = \frac{VOL + SOL}{2} \quad (5)$$

In questo caso i parametri CONS, DIST e CAR non sono significativi e per questo non vengono considerati.

I valori assunti da FRE e SEV, possono concorrere alla definizione di un indice di vulnerabilità "intrinseca", inversamente proporzionale al livello di servizio complessivo. L'ipotesi più semplice è quella di mediane i valori:

$$V = \frac{SEV + FRE}{2} \quad (6)$$

E' bene precisare ulteriormente che l'indice globale appena definito serve essenzialmente a permettere un confronto tra le utenze che si riforniscono da uno stesso schema acquedottistico, rilevando quelle che, più di altre, saranno penalizzate in caso di carenza idrica o per rotture o riduzione di funzionalità in genere.

Caso di studio: ATO n. 3 CAMPANIA

Descrizione degli schemi acquedottistici dell'ATO n. 3.

Un'applicazione dei concetti espressi nei paragrafi precedenti è stata effettuata con riferimento agli schemi presenti nell'Ambito Territoriale Ottimale n° 3 della Regione Campania.

La zona di interesse, compresa interamente nel sistema Volturno, ha un'area di 8.624 Km² in cui ricadono 398 Comuni appartenenti alla provincia di Napoli, Caserta, Avellino e Benevento con una popolazione residente di 4,738 milioni al 1991.

E' il caso di sottolineare che gli enti gestori operanti nel territorio delimitato dall'ATO n° 3 sono:

- Acquedotto Vesuviano;
- Azienda Risorse Idriche di Napoli (ARIN);
- Consorzio Acquedotti dell'Ausino;
- Consorzio Acquedotti della Penisola Sorrentina (CAPS ora ARIPS);
- alcune aziende comunali ed intercomunali, oltre che la Regione Campania – (Struttura di Gestione ex CASMEZ).

Gli schemi acquedottistici principali sono:

- ACO (Acquedotto della Campania Occidentale);
- Acquedotto Campano nelle componenti Torano-Biferno, Canello-Pontetavano;
- Acquedotto del Sarno;
- Acquedotto della Penisola Sorrentina;
- Acquedotto del Vesuviano;
- Acquedotto del Serino;
- Schema del Matese;
- Altri schemi minori.

L'analisi è stata concentrata principalmente sull'acquedotto del Vesuviano e del Sarnese che presentano peraltro diverse connessioni con altri schemi.

L'acquedotto del Vesuviano e di Sarno

L'Acquedotto del Sarno alimenta i comuni di: Sarno, Striano, Poggiomarino, S. Marzano sul Sarno, S. Valentino Torio, S. Antonio Abate, Scafati, Pompei, Boscoreale, Angri, Lettere, Casola di Napoli, Gragnano, Nocera Superiore e Inferiore, Pagani e S. Maria Carità.

Le fonti principali sono: campo pozzi di S. Maria la Foce nel comune di Sarno, sorgente di S. Maria la Foce nel comune di Sarno, sorgente di Mercato e Palazzo nel comune di Sarno, pozzi di S. Mauro nel comune di Nocera, pozzi di Angri nel territorio del comune omonimo.

Lo schema ha uno sviluppo notevole e presenta anche un attraversamento sottomarino per raggiungere le isole di Ischia e Capri. Gli impianti di pompaggio sono concentrati vicino ai pozzi e sono quasi completamente assenti i rilanci di linea. Il sistema si presenta con una serie di prese lungo un'adduttrice principale con l'assenza di condotte in parallelo o comunque di adduzioni multiple collegate alla stessa utenza.

L'Acquedotto Vesuviano invece alimenta i seguenti comuni: Massa di Somma, S. Sebastiano al Vesuvio, S. Giorgio a Cremano, Ercolano, Portici, Torre del Greco, Boscotrecase, Trecase, Torre Annunziata, Terzigno, S. Giuseppe Vesuviano, Ottaviano, Somma Vesuviana, S. Anastasia, Pollena Trocchia e Cercola.

Le sue adduzioni principali, oltre ai vari pozzi della falda vesuviana, provengono da Canello-Pontetavano che si innesta nel sistema prima del comune di Somma Vesuviana, dalla connessione con l'Acquedotto del Sarno al comune di Boscotrecase e dalla condotta che proviene dal serbatoio di S. Clemente, che alimenta il comune di Cercola e poi tutto il sistema.

A differenza del sistema sarnese la struttura qui si presenta molto complessa. Lungo le pendici del vulcano, esistono almeno tre sistemi di condotte, costruite nel tempo con l'aumentare dell'esigenza di risorsa idrica. Connessi a questa accresciuta esigenza sono i molteplici serbatoi posti a quote sempre più alte per soddisfare la domanda delle utenze che si andavano disponendo alle falde del Vesuvio, preceduti normalmente da impianti di pompaggio e da rilanci in linea. Molto spesso l'aumento di popolazione, e quindi di utenze da servire, è avvenuto in maniera disordinata costringendo a far fronte a queste nuove esigenze con serbatoi presenti in altre località. Per questo motivo, in diversi casi un serbatoio si ritrova a servire più comuni.

Semplificazioni adottate per l'applicazione della metodologia

Per determinare i livelli di servizio per i citati schemi, in base a quanto esposto nei paragrafi precedenti, si propone una serie di semplificazioni che riconducano ai semplici parametri esposti sopra configurazioni più complesse. Le semplificazioni adottate sono:

- 1) per i sistemi di condotte sistemate in parallelo si è considerata un'unica condotta, di lunghezza pari alla media delle lunghezze delle singole condotte. Nel caso di sistemi locali molto complessi si è fatto riferimento ad una lunghezza topografica indicativa della distanza fra le utenze considerate;
- 2) in presenza di serbatoi che precedono la distribuzione interna di più comuni, questi ultimi sono stati accorpati in un'unica utenza;
- 3) le grosse fonti di alimentazione (gruppi di sorgenti o campi pozzi) sono state schematizzate in modo da ottenere singole immissioni nel sistema accorpendo le immissioni dislocate in diversi punti del sistema;
- 4) per serbatoi multipli, posti in sequenza, con annessi impianti di sollevamento si è scelto di usare come quota media quella dell'utenza considerata;
- 5) nell'applicazione effettuata non si è considerato il parametro SOL; in virtù delle semplificazioni precedenti, infatti, rimane molto difficile per sistemi così complessi tenere in conto tutti i sollevamenti e i rilanci in linea.

Lo schema funzionale-descrittivo che risulta dalle semplificazioni sopra richiamate è riportato in figura 3.

Applicazione al caso di studio e commento dei risultati.

Un'applicazione dei concetti appena esposti, è stata effettuata con riferimento agli schemi acquedottistici descritti in precedenza. L'analisi si è concentrata principalmente sull'acquedotto del Vesuvio e quello di Sarno. Con riferimento alle utenze di questi schemi sono stati prima calcolati i livelli di servizio della configurazione attuale. In seguito si sono ipotizzati tre interventi volti a mitigare la vulnerabilità di alcune delle utenze considerate. I tre interventi sono:

- 1) Introduzione di due nuove adduttrici al sistema vesuviano provenienti dall'acquedotto della Campania Occidentale, localizzati nei pressi della presa del comune di Pollena;
- 2) Aumento della riserva idrica dei comuni vesuviani, tendente a portare l'autonomia dei serbatoi ad un minimo di 12 ore salendo a 18 ore per quelli che presentano già autonomia superiore alle 12 ore;
- 3) Introduzione di due nuove adduttrici al sistema vesuviano provenienti dai pozzi nell'agro di Gragnano e dai pozzi nell'agro del comune di Angri; l'innesto nel sistema è supposto essere all'altezza dell'utenza rappresentata da Bosco Trecase, Trecase e Torre Annunziata.

In tabella 2 sono riportati i valori dei parametri, introdotti nei paragrafi precedenti con riferimento alle venti utenze ricavate a seguito delle semplificazioni sopra descritte. In base a questi parametri è calcolato l'indice di vulnerabilità (indicato in figura 5) che indica il livello di servizio delle utenze

considerate. Nelle tabelle 3, 4 e 5 sono riportati i valori dei parametri caratteristici delle utenze in seguito agli interventi sopra descritti. Le figure 6, 7 e 8 consentono di visualizzare la distribuzione del livello di servizio in seguito agli interventi N. 1, 2 e 3.

Dall'esame di queste figure si nota che l'utenza accorpata nei comuni di Boscotrecase-Scafati-Pompei è quella che presenta un indice di vulnerabilità più elevato sia prima che dopo gli interventi considerati pur diminuendo in valore assoluto. Inoltre è evidente che dei benefici in termini di miglioramento del livello di servizio ne risentono soprattutto le utenze inserite direttamente nell'anello del Vesuvio dove vengono ipotizzati negli interventi N. 1 e N. 3 l'immissione di 4 nuovi apporti. In particolare si può evidenziare l'utenza rappresentata dai comuni di Ercolano-Portici e Torre del Greco il cui indice di vulnerabilità passa da valori di 0,6 a valori poco superiori a 0,4. Per lo stesso motivo sopra esposto le altre utenze fuori dall'anello Vesuviano confermano sostanzialmente la loro posizione rispetto alle altre utenze con un abbassamento in termini assoluti dell'indice di Vulnerabilità. Questo effetto è direttamente collegato all'intervento N. 2 che prevede per tutte le utenze considerate un aumento della riserva idrica con una conseguente diminuzione del parametro VOL e quindi dell'indice di Vulnerabilità.

Conclusioni

In questo lavoro si presenta un insieme di criteri atti a definire i livelli di servizio attribuibili ad utenze di schemi acquedottistici di adduzione. La metodologia proposta permette, sia il confronto in maniera esplorativa dei livelli di servizio forniti ai diversi utenti sia la possibilità di caratterizzare scenari di potenziamento futuro, soprattutto quando la disomogeneità o la mancata disponibilità di dati strutturali rendono non possibile e poco efficace l'applicazione di metodologie più rigorose. Un esempio di applicazione di questo schema di analisi è stato effettuato con riferimento agli schemi acquedottistici presenti nell'Ambito Territoriale Ottimale n° 3 della regione Campania. In particolare, per lo schema vesuviano e quello di Sarno sono riportati i risultati relativi all'attuale configurazione e quelli relativi alla configurazione risultante da ipotetici interventi migliorativi.

A seguito degli interventi si è potuto riscontrare una diminuzione dell'indice di vulnerabilità di tutte le utenze considerate in particolare per quelle inserite nell'anello del Vesuvio che hanno risentito più di altre degli interventi migliorativi proposti.

Il criterio di analisi presentato si è dimostrato quindi in una prima fase efficace per caratterizzare la differenza di affidabilità di servizio all'interno di uno schema di distribuzione, in una seconda fase elemento di analisi oggettivo per la quantificazione dell'effetto di potenziamento di un sistema indotto da nuovi interventi.

Tabella 2 Caratteristiche principale delle utenze considerate prima degli interventi ipotizzati.

Comune	CONS	VOL	DIST	CAReq	SEV	FRE	V
M. di Somma,S. Sebastiano A. V.,S. Giorgio A.C.	0.477	0.778	0.264	0.283	0.380	0.521	0.450
Ercolano,Portici	1.000	0.477	0.161	0.655	0.828	0.319	0.573
Torre del Greco	0.796	0.938	0.162	0.462	0.629	0.550	0.590
Boscotrecase,Trecase,Torre Annunziata	0.519	0.849	0.222	0.386	0.453	0.536	0.494
Terzigno	0.064	0.000	0.164	0.056	0.060	0.082	0.071
San Giuseppe V.	0.162	0.481	0.165	0.107	0.135	0.323	0.229
Ottaviano	0.131	0.423	0.164	0.103	0.117	0.294	0.205
Somma Vesuviana	0.188	0.592	0.180	0.199	0.193	0.386	0.290
Sant'Anastasia	0.185	0.854	0.157	0.200	0.192	0.506	0.349
Pollena Trocchia	0.056	0.625	0.156	0.034	0.045	0.390	0.217
S. Marzano Sarno	0.046	0.671	0.169	0.031	0.038	0.420	0.229
S. Valentio Torio	0.041	0.755	0.252	0.034	0.037	0.503	0.270
Boscotrecase,Scafati,Pompei	0.557	0.500	0.708	1.000	0.778	0.604	0.691
S. Antonio Abate	0.097	0.826	0.691	0.162	0.129	0.758	0.444
Nocera Inferiore,Pagani	0.542	0.534	0.108	0.343	0.442	0.321	0.382
Nocera Superiore	0.134	0.497	0.297	0.212	0.173	0.397	0.285
Angri	0.177	0.571	0.129	0.108	0.142	0.350	0.246
Lettere	0.021	0.605	0.225	0.025	0.023	0.415	0.219
Casola di Napoli	0.017	0.485	0.108	0.013	0.015	0.297	0.156
S. Maria La Carità,Gragnano	0.229	0.000	0.154	0.149	0.189	0.077	0.133

Tabella 3 Caratteristiche principale delle utenze considerate dopo l'intervento N. 1.

Comune	CONS	VOL	DIST	CAReq	SEV	FRE	V
M. di Somma,S. Sebastiano A. V.,S. Giorgio A.C.	0.477	0.778	0.245	0.564	0.520	0.511	0.516
Ercolano,Portici	1.000	0.477	0.147	1.000	1.000	0.312	0.656
Torre del Greco	0.796	0.938	0.151	0.725	0.760	0.545	0.653
Boscotrecase,Trecase,Torre Annunziata	0.519	0.849	0.177	0.564	0.541	0.513	0.527
Terzigno	0.064	0.000	0.153	0.073	0.069	0.077	0.073
San Giuseppe V.	0.162	0.481	0.152	0.163	0.163	0.316	0.240
Ottaviano	0.131	0.423	0.151	0.141	0.136	0.287	0.212
Somma Vesuviana	0.188	0.592	0.153	0.202	0.195	0.373	0.284
Sant'Anastasia	0.185	0.854	0.141	0.186	0.185	0.498	0.341
Pollena Trocchia	0.056	0.625	0.195	0.065	0.060	0.410	0.235
S. Marzano Sarno	0.046	0.671	0.238	0.027	0.037	0.455	0.246
S. Valentio Torio	0.041	0.755	0.356	0.030	0.035	0.555	0.295
Boscotrecase,Scafati,Pompei	0.557	0.500	1.000	0.884	0.720	0.750	0.735
S. Antonio Abate	0.097	0.826	0.975	0.143	0.120	0.901	0.510
Nocera Inferiore,Pagani	0.542	0.534	0.152	0.304	0.423	0.343	0.383
Nocera Superiore	0.134	0.497	0.419	0.188	0.161	0.458	0.309
Angri	0.177	0.571	0.182	0.095	0.136	0.377	0.256
Lettere	0.021	0.605	0.318	0.022	0.022	0.462	0.242
Casola di Napoli	0.017	0.485	0.153	0.011	0.014	0.319	0.167
S. Maria La Carità,Gragnano	0.229	0.000	0.218	0.132	0.181	0.109	0.145

Tabella 4 Caratteristiche principale delle utenze considerate dopo gli interventi N. 1 + N. 2.

Comune	CONS	VOL	DIST	CAReq	SEV	FRE	V
M. di Somma,S. Sebastiano A. V.,S. Giorgio A.C.	0.477	0.500	0.245	0.564	0.520	0.373	0.446
Ercolano,Portici	1.000	0.250	0.147	1.000	1.000	0.198	0.599
Torre del Greco	0.796	0.500	0.151	0.725	0.760	0.326	0.543
Boscotrecase,Trecase,Torre Annunziata	0.519	0.500	0.177	0.564	0.541	0.339	0.440
Terzigno	0.064	0.000	0.153	0.073	0.069	0.077	0.073
San Giuseppe V.	0.162	0.250	0.152	0.163	0.163	0.201	0.182
Ottaviano	0.131	0.250	0.151	0.141	0.136	0.201	0.168
Somma Vesuviana	0.188	0.500	0.153	0.202	0.195	0.327	0.261
Sant'Anastasia	0.185	0.500	0.141	0.186	0.185	0.321	0.253
Pollena Trocchia	0.056	0.500	0.195	0.065	0.060	0.347	0.204
S. Marzano Sarno	0.046	0.500	0.238	0.027	0.037	0.369	0.203
S. Valentio Torio	0.041	0.500	0.356	0.030	0.035	0.428	0.232
Boscotrecase,Scafati,Pompei	0.557	0.250	1.000	0.884	0.720	0.625	0.673
S. Antonio Abate	0.097	0.500	0.975	0.143	0.120	0.738	0.429
Nocera Inferiore,Pagani	0.542	0.500	0.152	0.304	0.423	0.326	0.374
Nocera Superiore	0.134	0.250	0.419	0.188	0.161	0.335	0.248
Angri	0.177	0.500	0.182	0.095	0.136	0.341	0.239
Lettere	0.021	0.500	0.318	0.022	0.022	0.409	0.215
Casola di Napoli	0.017	0.250	0.153	0.011	0.014	0.201	0.108
S. Maria La Carità,Gragnano	0.229	0.000	0.218	0.132	0.181	0.109	0.145

Tabella 5 Caratteristiche principale delle utenze considerate dopo gli interventi N. 1 + N.2 + N.3

Comune	CONS	VOL	DIST	CAReq	SEV	FRE	V
M. di Somma,S. Sebastiano A. V.,S. Giorgio A.C.	0.4767	0.5000	0.1475	0.540	0.509	0.324	0.416
Ercolano,Portici	1.0000	0.2500	0.0961	1.000	1.000	0.173	0.587
Torre del Greco	0.7960	0.5000	0.0958	0.713	0.754	0.298	0.526
Boscotrecase,Trecase,Torre Annunziata	0.5191	0.5000	0.0973	0.495	0.507	0.299	0.403
Terzigno	0.0644	0.0000	0.1001	0.073	0.068	0.050	0.059
San Giuseppe V.	0.1619	0.2500	0.0958	0.159	0.160	0.173	0.167
Ottaviano	0.1312	0.2500	0.0962	0.138	0.135	0.173	0.154
Somma Vesuviana	0.1876	0.5000	0.1009	0.198	0.193	0.300	0.247
Sant'Anastasia	0.1846	0.5000	0.0936	0.187	0.186	0.297	0.241
Pollena Trocchia	0.0556	0.5000	0.1214	0.063	0.059	0.311	0.185
S. Marzano Sarno	0.0461	0.5000	0.2382	0.027	0.037	0.369	0.203
S. Valentio Torio	0.0411	0.5000	0.3559	0.030	0.035	0.428	0.232
Boscotrecase,Scafati,Pompei	0.5566	0.2500	1.0000	0.884	0.720	0.625	0.673
S. Antonio Abate	0.0965	0.5000	0.9753	0.143	0.120	0.738	0.429
Nocera Inferiore,Pagani	0.5417	0.5000	0.1518	0.304	0.423	0.326	0.374
Nocera Superiore	0.1337	0.2500	0.4194	0.188	0.161	0.335	0.248
Angri	0.1766	0.5000	0.1824	0.095	0.136	0.341	0.239
Lettere	0.0213	0.5000	0.3176	0.022	0.022	0.409	0.215
Casola di Napoli	0.0174	0.2500	0.1529	0.011	0.014	0.201	0.108
S. Maria La Carità,Gragnano	0.2293	0.0000	0.2176	0.132	0.181	0.109	0.145

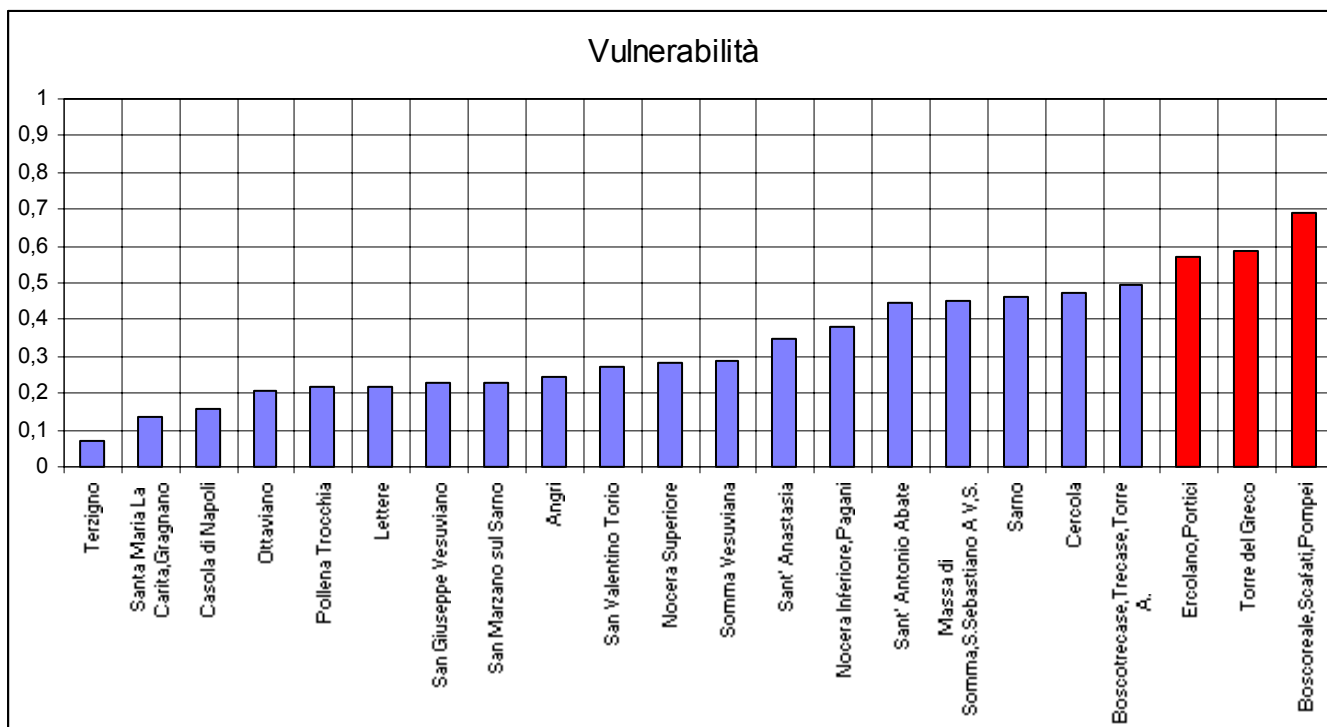


Figura 5. Indice di vulnerabilità senza ipotesi di intervento.

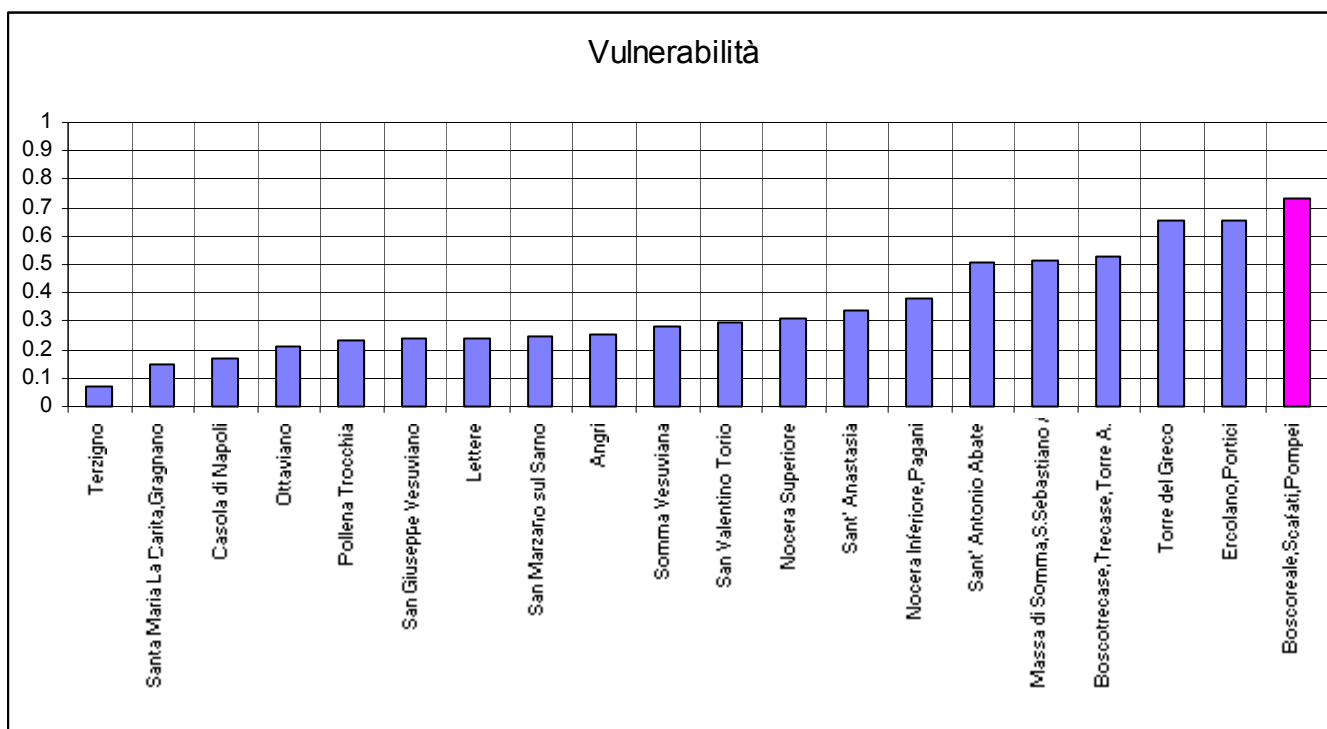


Figura 6. Indice di vulnerabilità dopo l'intervento N. 1.

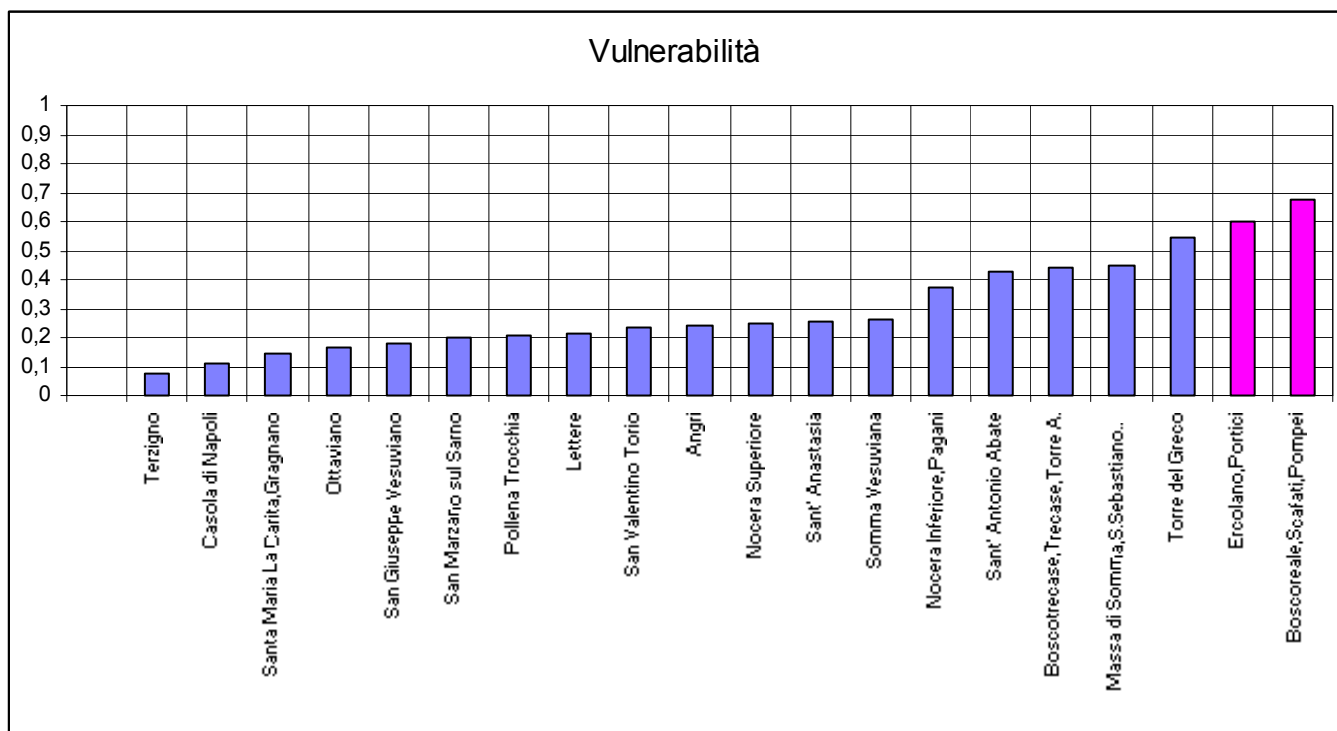


Figura 7. Indice di vulnerabilità dopo gli interventi N. 1 + N. 2.

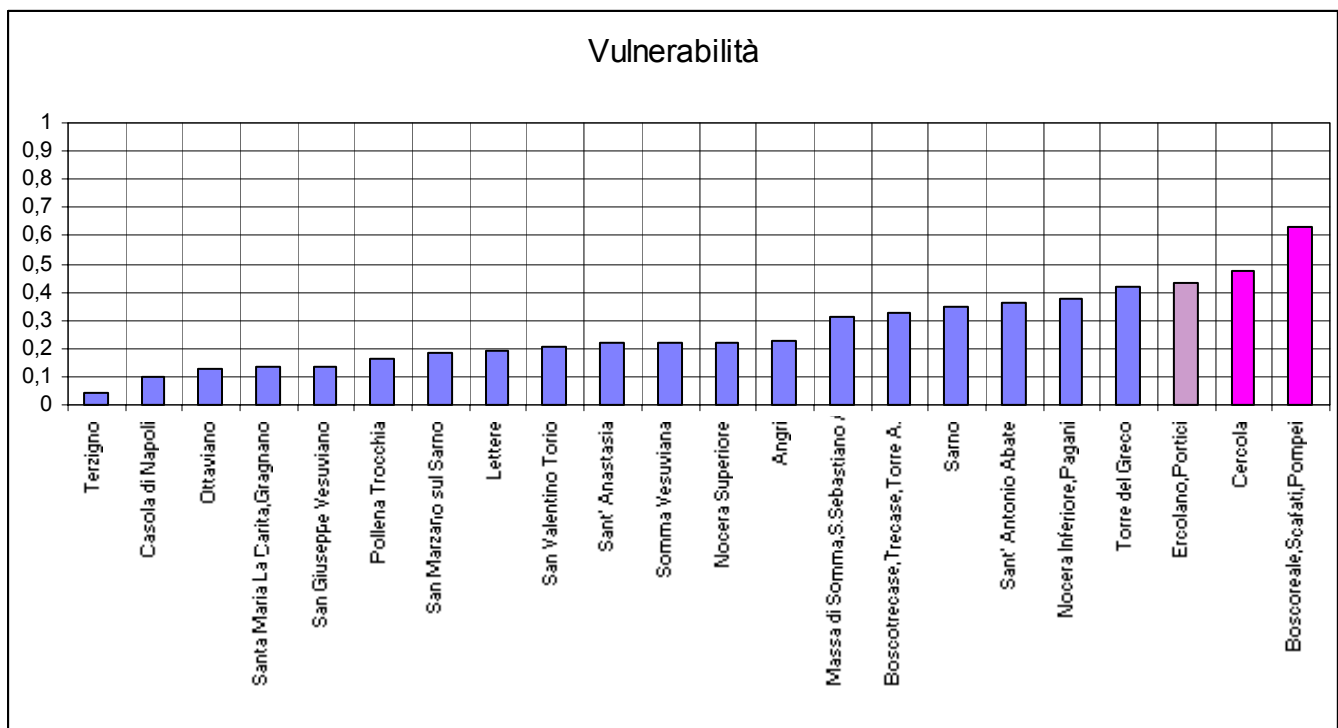


Figura 8. Indice di vulnerabilità dopo gli interventi N. 1 + N.2 + N.3.

Bibliografia

- Billinton R., R. N. Allan, *Reliability evaluation of engineering system: concept and technique*. Plenum, New York, 1987.
- Claps P., C. Sileo, G. Mecca, Un database per gli schemi acquedottistici di adduzione: codifica e ipotesi di classificazione dei livelli di servizio, *L'Acqua* 2, Marzo 2000.
- Chen P. P., The entity-relationship model-towards a unified view of data, *ACM Transactions on Database Systems (TODS)*, vol. 1, n.1, 9-36, March 1976.
- Codd E.F., A relational model for large shared databanks, *Communications of the ACM*, 13 (6) 377-387, 1970.
- Martini P., L'Affidabilità dei sistemi di approvvigionamento idrico. *Idrotecnica* N. 3, 121-135, 1987.
- Regione Campania. *Piano Regolatore Generale degli Acquedotti*. Settore Acque ed Acquedotti.
- Water Supply & Water resources division, *National risk management research lab.*, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH, USA.