UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale

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

Modellazione dell'interdipendenza tra rete idrica e rete elettrica nell'analisi del rischio sismico a scala urbana

Relatore Ch.mo Prof. Ing. Massimiliano Fabbricino

Correlatore Dott.ssa Grazia Fattoruso Candidata Antonella De Rosa Matr. M67/000297





OGGETTO DELLA TESI

Mettere a punto una metodologia per la modellazione dell'interdipendenza tra infrastrutture critiche quali la rete idrica e quella elettrica in condizioni di funzionamento straordinarie derivanti dall'occorrenza di eventi sismici





OBIETTIVI

- Mettere a punto una metodologia per la definizione di scenari di funzionamento della rete idrica in funzione della rete elettrica in situazioni straordinarie come l'occorrenza di un evento sismico di specifiche caratteristiche;
- ➤ Modellare il funzionamento idraulico della rete idrica in corrispondenza di ciascuno scenario
- ➤ Valutare gli impatti degli scenari di funzionamento sulla popolazione servita e definire sotto-scenari



INFRASTRUTTURA CRITICA

- ✓ Sistema che comprende reti di utilità (energia, acqua, telecomunicazioni) essenziale per la salute, la sicurezza ed il benessere economico e sociale dei cittadini
- ✓ Il danneggiamento o la distruzione può avere un impatto significativo sui servizi erogati

➤ I terremoti sono tra gli eventi naturali che possono significativamente impattare sulle performance delle IC e sui servizi da esse erogati



INFRASTRUTTURA CRITICA

In caso di terremoto, un elemento di un'infrastruttura può danneggiarsi in due modi:

- ✓ Direttamente tramite danni strutturali dovuti alla forza sismica
- ✓ Indirettamente per l'interdipendenza con un'altra IC (e.g. l'interruzione di energia elettrica comporta il non funzionamento dell'impianto di sollevamento provocando un malfunzionamento della rete di distribuzione)



CASO STUDIO



Rete acquedottistica gestita da ACEA ATO2

RETE DI ADDUZIONE DEL PESCHIERA-CAPORE

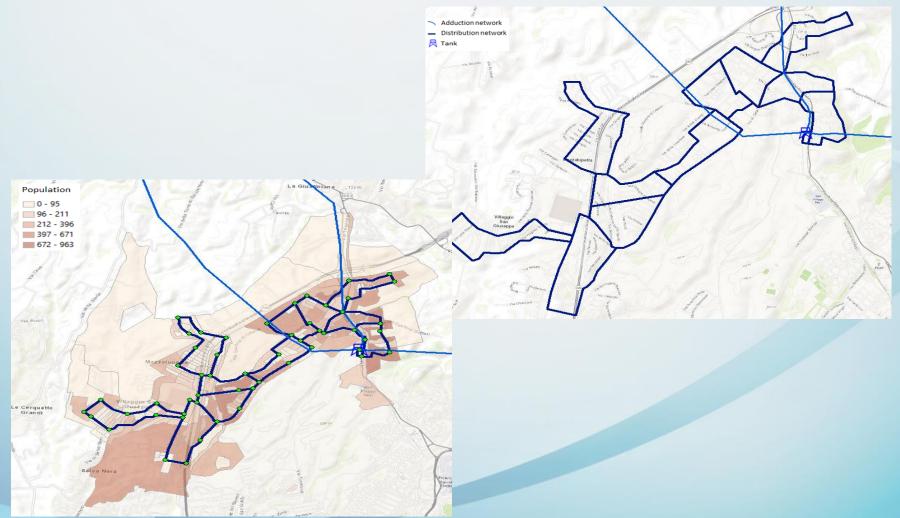




CASO STUDIO



RETE DI DISTRIBUZIONE

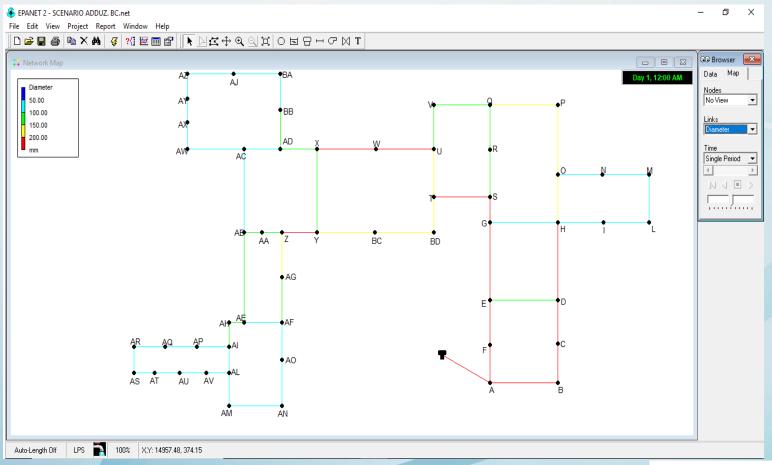




MODELLAZIONE IDRAULICA



➤ Della rete di distribuzione tramite EPANET





MODELLAZIONE IDRAULICA



> Della rete di distribuzione tramite EPANET

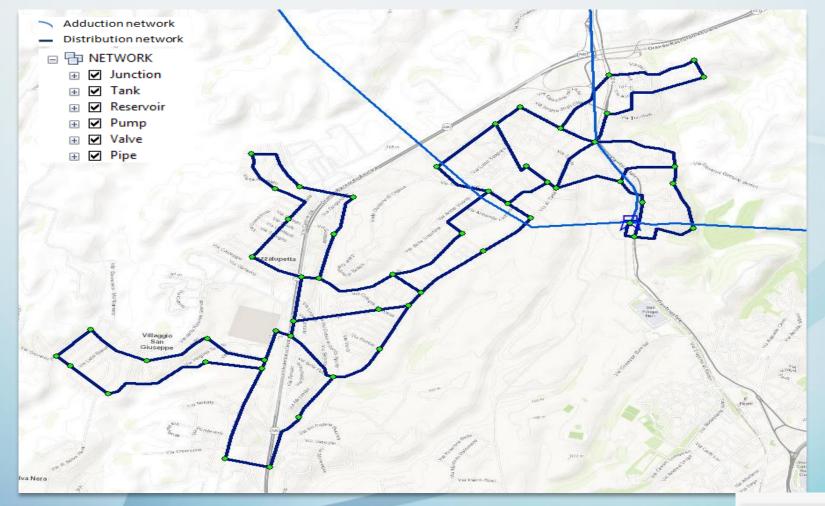
III Network Table - Nodes					×
Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m	^
June B	104	1.34	176.37	72.37	
June A	128.80	1.70	179.01	50.21	
June F	135.7	1.12	177.06	41.36	
Junc E	138	2.78	175.18	37.18	
June D	132.3	3.24	173.54	41.24	
June C	111	0.82	174.92	63.92	
June G	130	4.81	167.99	37.99	
June H	137	6.32	170.97	33.97	
Junc O	144.6	2.15	169.12	24.52	
June N	135	1.67	164.91	29.91	
June M	133	1.88	155.39	22.39	
Junc L	129	2.89	155.45	26.45	
June I	135	1.42	160.73	25.73	
Junc P	141	1.19	168.11	27.11	
Junc Q	138.5	2.48	167.52	29.02	
Junc R	144.6	2.07	167.46	22.86	
Junc S	129	1.93	167.65	38.65	
Junc T	129	2.10	163.66	34.66	
Junc U	119.5	1.70	160.49	40.99	
June V	118.6	1.14	162.39	43.79	
June BD	126.2	0.63	162.67	36.47	
June BC	116	1.62	159.05	43.05	v

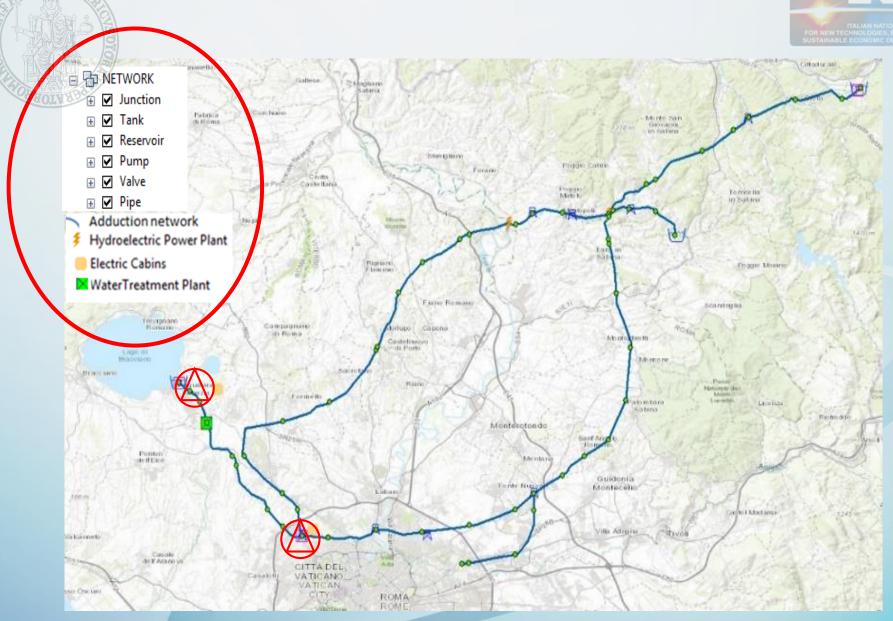
Link ID	Length m	Diameter mm	Flow LPS	Velocity m/s
Pipe A-B	537	200	29.26	
Pipe B-C	325	200	27.92	0.89
Pipe C-D	325	200	27.10	0.86
Pipe E-D	486	100	3.82	0.49
Pipe F-E	320	250	57.81	1.18
Pipe A-F	320	250	58.93	1.20
Pipe E-G	490	200	51.21	1.63
Pipe H-G	556	50	0.76	0.39
Pipe D-H	584	200	27.68	0.88
Pipe H-I	595	80	4.90	0.98
Pipe I-L	595	80	3.48	0.69
Pipe L-M	200	80	0.59	0.12
Pipe M-N	650	50	-1.29	0.66
Pipe O-N	650	80	2.96	0.59
Pipe H-O	287	150	15.69	0.89
Pipe O-P	337	150	10.59	0.60
Pipe P-Q	247	150	9.40	0.53
Pipe Q-R	375	100	0.69	0.09
Pipe S-T	368	200	43.86	1.40
Pipe T-U	325.5	150	19.44	1.10
Pipe V-U	325.5	100	5.08	0.65
Pipe Q-V	594	100	6.22	0.79

MODELLAZIONE IDRAULICA



della rete di adduzione tramite INFOWATER



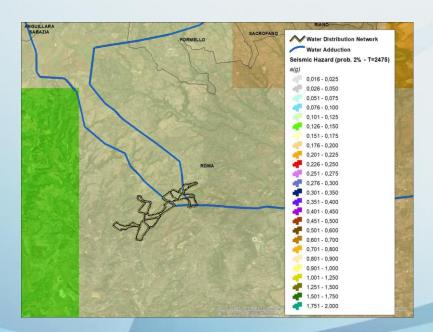


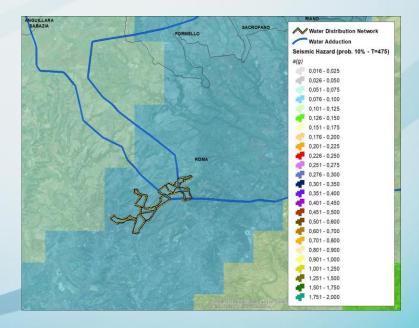


VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA



➤ ANALISI DI PERICOLOSITÀ: si assegna ad ogni tratto della rete il valore della PGA in termini di a_g derivato dalle mappe di pericolosità sismica con probabilità di superamento in 50 anni pari a 10% e 2% e tempo di ritorno rispettivamente di 475 e 2500 anni (Fonte dei dati: INGV)







VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA -2



- > ANALISI DI VALUTAZIONE DEL DANNEGGIAMENTO FISICO
 - ✓ si assegna ad ogni tratto il valore del RR (Repair Rate), valore stimato dalla funzione di fragilità di Toprak (2007)

$$Log(RR) = 1.3 \cdot log(PGA) - 0.6$$

✓ Calcolati i valori di RR, ad ogni segmento di condotta è associata una probabilità di danneggiamento:

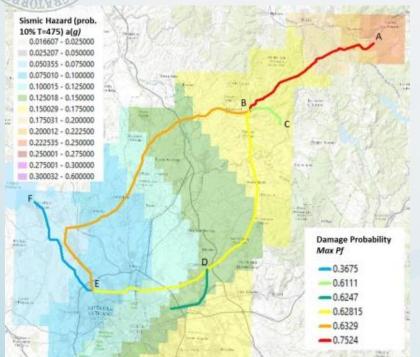
$$P_f = 1 - EXP(-RR \cdot L)$$

dove L è la lunghezza del tratto, RR è il Repair Rate ovvero le riparazioni a km, P_f è la probabilità di rottura



VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA -3





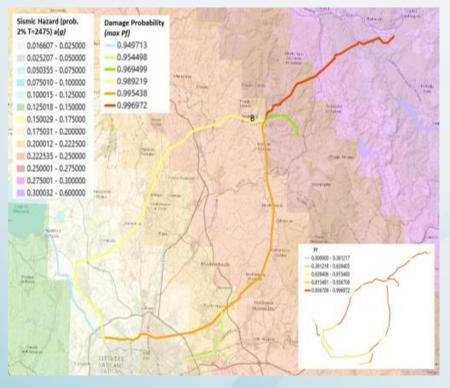
Mappe del danno per un periodo di ritorno T di 475 anni.



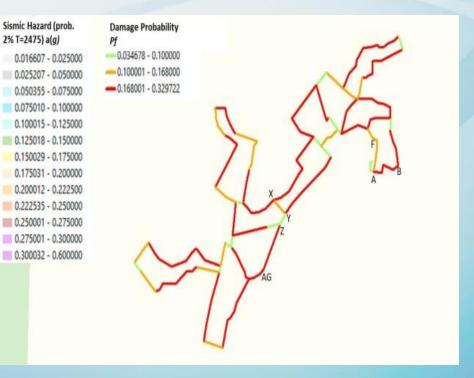


VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA 4





Mappe del danno per un periodo di ritorno T di 2475 anni.







- Sono stati identificati 12 scenari di malfunzionamento delle reti elettrica ed idraulica, considerando:
 - ✓ rottura delle singole condotte
 - ✓ interruzione del servizio elettrico
 - ✓ combinazioni tra le due situazioni
- Ciascuno scenario è stato caratterizzato per una probabilità di occorrenza P_{failure} calcolata a partire dal rischio di danneggiamento dei singoli elementi
- Per ciascuno scenario sono state in ultimo determinate le variazioni di portata da associare allo schema idraulico





CAROLAR So.									
OM II	N° scenari		Damage Type	Pipeline	Connected		Failure	Failure	Q _m (I/s)
		Infrastructure			population N	Volume (mc)	Probability T475	Probability T2500	
	1		Break pipeline	AB	N	-	0.7524	0.9969	16.2
1		Network Adduction	Bre	ak pipeline	N		0.7524	0	0060
1 Shirts 1 S			Dic	ak pipelirie	IN		0.7524	0.	9969
Total Control Samuel Control Samuel Control Co		Network			N				
Three ton		Adduction	Bre	ak pipeline			0.6111	0.	9694
Green B Every		Network			N				
The state of the s			Bre	ak pipeline	+ 15%N		0.6220		0000
c 3		Adduction	Die	ar hiheiii ie			0.6329	0.	9892
frage Same		Network			N	5			
19 year Surviya Anger Surviya		Adduction	Bre	ak pipeline			0.6281	0.	9954
Office of the second of the se		Network			N	2			
Tan Santa Sa		Treework	power	tank at					
			interruption	node E					
	8	Distribution network	Break pipeline	A-B	N	-	0.1531	0.3297	48.6
The D County Cou	9	Distribution	Break	A-F	N	-	0.080	0.1680	48.6
por Halam par Seria	10	network Distribution	pipeline Break	X-Y+AG-Z	N	-	0.1531	0.3297	48.6
A1 (10 Aliene (5) (6)			pipeline						
GITARE STREET	11		Break	A-B + Tank	N	500	0.1531	0.3297	5.78
		network& filling tank	pipeline& Storage tank	at Node E					
	12	Distribution	Break	A-B + Tank	N	250	0.1531	0.3297	2.89
		network& half		at node E					
		filling tank	Storage tank						

... gli scenari legati al malfunzionamento dei tratti della rete di adduzione, risultano più probabili a causa, principalmente, degli alti valori della PGA (probabilità media di occorrenza pari a 65% nel caso di T=475 anni e pari al 98% nel caso di T=2475 anni)





SOLAR	N° so	enario Water C Infrastructure	Damage Type		onnected opulation	Tank Volume (mc)	Failure Probability T475	Failure Probability T2500	Q _m (I/s)	
1	1		Rreak nineline	Ap Ap	N	-	0.7524	0.9969	16.2	
Meanwhit Substance States Substance States Substance Sub		Adduction	DI	eak pipeline			0.6444	0.0004	16.	.2
100 Service - 10		Network			N	-	0.6111	0.9694		
Share share		Adduction	Ві	eak pipeline	N	-	0.6329	0.9892	32.	.4
Faces (Constant)		Network			N	-	0.6281	0.9954	1	
3		Adduction	Ві	eak pipeline	15%N	-	-	-	12.:	15
Mark Pinner		Network								
Transmission for the large of t		Adduction	Ві	eak pipeline	N	500	-	-	36.4	45
OHP Uses and the Control of the Cont		Network							_	
Paris States Sta		· ·	oower nterruption	tank at node E	─ N	250	-	-	2.05	ij
Secretary Secret	8		Break Dipeline	А-В	N	-	0.1531	0.3297	48.6	
D Grands Blooking	9	Distribution B	Break Dipeline	A-F	N	-	0.080	0.1680	48.6	
The Alexan Court Waters and Court Water W	10	Distribution B	Break Dipeline	X-Y+AG-Z	N	-	0.1531	0.3297	48.6	
Curtares on Cartares on Cartar	11	·	Break	A-B + Tank	N	500	0.1531	0.3297	5.78	

... la rottura lungo i tratti della rete di adduzione impone una riduzione del valore della portata media che viene immessa nella rete di distribuzione studiata in corrispondenza del serbatoio del centro idrico di Ottavia

network&

filling tank

Distribution

filling tank

pipeline&

Break

network& half |pipeline&

Storage tank

Storage tank

at Node E

A-B + Tank

at node E

0.1531

0.3297

2.89



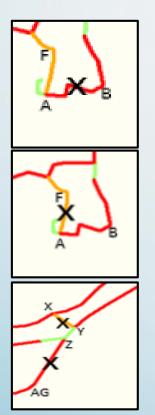


WOTH NO.	N° scenario	Water	Damage Type	Pipeline	Connected	Tank	Failure	Failure	0 (1/s)
ACT A C.	N Scenario	Infrastructure		Pipelille	population	Volume	Probability	Probability	Q _m (I/s)
					N		T475	T2500	_
	1	Adduction Network	Break pipeline	AB	N	-	0.7524	0.9969	16.2
There is a second of the secon	2	Adduction Network	Break pipeline	ВС	N	-	0.6111	0.9694	32.4
State 1 States A	3	Adduction Network	Break pipeline	BE superior	N	-	0.6329	0.9892	12.15
Salanhi Alima Salanhi	4	Adduction	Break pipeline	BE inferior	N	-	0.6281	0.9954	36.45
To the second se	Adduc	tion	Electri	С	N + 15%N	-	-	-	48.6
	Netwo	ork	power						
			interru	ıption	N	500	-	-	
6	Storag	ge tank	Electri	<u> </u>					5.78
	Storag	c tank			N	250	-	-	
Forting the second seco			power						
100			interru	ıption	N	-	0.1531	0.3297	
7	Storag	ge tank	Electri	С	N	-	0.080	0.1680	2.89
			power		N	-	0.1531	0.3297	
AND CONTACTOR OF THE CO			interru		N	500	0.1531	0.3297	
		network& filling tank	pipeline& Storage tank	at Node E					
	12	Distribution network& half	Break pipeline&	A-B + Tank at node E	N	250	0.1531	0.3297	2.89
		filling tank	Storage tank						

... nello scenario 5 la portata immessa in rete rimane invariata, pari ad una portata media di 48.6 l/s; negli scenari 6 e 7, possibile immettere in rete una portata si soli 5.78 l/s ma con una dotazione idrica scarsissima





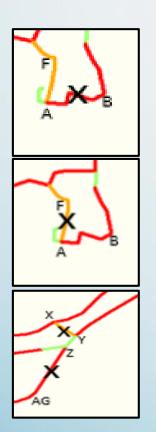


	N19	rio Water	Damage Type	Din alina	C	Toul	Failure	Failure	0 (1/-)
	N° scena	Infrastructure		Pipeline	Connected population	Tank Volume	Probability	Probability	Q _m (I/s)
		minastructure			N	(mc)	T475	T2500	
	1	Adduction Network	Break pipeline	AB	N	-	0.7524	0.9969	16.2
	2	Adduction Network	Break pipeline	ВС	N	-	0.6111	0.9694	32.4
	3	Adduction Network	Break pipeline	BE superior	N	-	0.6329	0.9892	12.15
	4	Adduction Network	Break pipeline	BE inferior	N	-	0.6281	0.9954	36.45
	5	Adduction Network	Electric power interruption	FE	N + 15%N	-	-	-	48.6
	6	Storage tank	Electric power interruption	filling tank at node E	N	500	-	-	5.78
	7	Storage tank	Electric power	Half filling tank at	N	250	-	-	2.89
8	Dis	stribution	Breal		N	0.15	531	0.329	7
	ne	twork	pipel	ine	N				
9		stribution	Breal		N	0.0	080	0.168	0
		twork	pipel		N				
10		stribution	Breal			0.1	531	0.329	7
	ne	twork	pipel	ine	N				
- //		filling tank	Storage tank	de Hode E					

... gli scenari 8, 9 e 10, legati al malfunzionamento della rete di distribuzione, appaiono poco probabili a causa dei modesti valori della PGA (probabilità media di occorrenza pari a 13% nel caso di T=475 anni e pari al 28% nel caso di T=2475 anni)





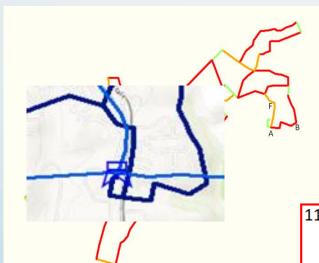


	N° s	scenario	Water	Damage Type	Pipeline	Connected	Tank	Failure	Failure	Q _m (I/s)
			Infrastructure					Probability	Probability	
				Dunals ninalina	4.5	N	(mc)	T475	T2500	15.2
	1		Adduction Network	Break pipeline	AB	N	-	0.7524	0.9969	16.2
	2		Adduction	Break pipeline	BC	N	_	0.6111	0.9694	32.4
			Network			.,		0.0222		
	3		Adduction	Break pipeline	BE superior	N	-	0.6329	0.9892	12.15
			Network							
	4		Adduction Network	Break pipeline	BE inferior	N	-	0.6281	0.9954	36.45
	5		Adduction	Electric	FE	N + 15%N		_	_	48.6
			Network	power	''-	14 1 13/014				40.0
				interruption						
	6		Storage tank	Electric	filling tank	N	500	-	-	5.78
				power	at node E					
	7		Storage tank	interruption Electric	Half filling	N	250	-	_	2.89
			Storage talik	power	tank at	IN	230		-	2.09
		Dictri	ibution	Breal	,	-				
)		וואנו	ibution	Dieai	(N	-	0.1531	0.3297	48.6
		netw	ork	pipel	ine					10.0
						N	-	0.080	0.1680	
)		Distr	ibution	Breal	(N	_	0.1531	0.3297	48.6
		netw	ork	pipel	ine	"		0.1331	0.5257	10.0
						N	500	0.1531	0.3297	
.0		Distr	ibution	Breal	(48.6
		netw	ork	pipel	ino	N	250	0.1531	0.3297	10.0
		netw	OIK	pipei	IIIE	IN	250	0.1531	0.3297	
A			filling tank	Storage tank	at node L					

... la rottura lungo i tratti della rete di distribuzione non incide sul valore di portata da immettere in rete, pari quindi a 48.6 l/s







	Water	Damage Type	Pipeline	Connected	Tank	Failure	Failure	<u>Q</u> _m (I/s)
	Infrastructure			population		Probability	Probability	
				N	(mc)	T475	T2500	
1	Adduction	Break pipeline	AB	N	-	0.7524	0.9969	16.2
	Network							
2	Adduction	Break pipeline	BC	N	-	0.6111	0.9694	32.4
	Network							
3	Adduction	Break pipeline	BE superior	N	-	0.6329	0.9892	12.15
	Network							
4	Adduction	Break pipeline	BE inferior	N	-	0.6281	0.9954	36.45
	Network							
5	Adduction	Electric	FE	N + 15%N	-	-	-	48.6
	Network	power						
		interruption						
6	Storage tank	Electric	filling tank	N	500	-	-	5.78
		power	at node E					
		interruption						
7	Storage tank	Electric	Half filling	N	250	-	-	2.89
		power	tank at					
		interruption	node E					
8	Distribution	Break	A-B	N	-	0.1531	0.3297	48.6
	network	pipeline						
9	Distribution	Break	A-F	N	-	0.080	0.1680_	48.6
•	Distrib	ution	Break					F 70
	ווווווווווווווווווווווווווווווווווווווו	ation	Dicak		-	0.1531	0.3297	5.78
		1.0		0	I	1		

11 Distribution Break
network& pipeline&
filling tank Storage tank
12 Distribution Break
network& half pipeline&
filling tank Storage tank

0.1531 0.3297 2.89

0.3297

0.1531

250

... gli scenari 11 e 12 combinano la rottura del tratto AB della rete di distribuzione al mancato funzionamento della rete elettrica. La portata immessa in rete è uguale a quella vista nel caso degli scenari 6 e 7. Tra i due eventi congiunti quindi, il più critico è il mancato funzionamento della rete elettrica



ANALISI DI AFFIDABILITA'

La prestazione del sistema viene analizzata attraverso un indice R basato sul rapporto tra i volumi effettivamente erogati W_E e quelli richiesti W_R

$$R = \frac{W_E}{W_R}$$

in cui W_E è il volume erogato per ciascuno scenario e W_R è il volume della domanda corrispondente allo scenario baseline

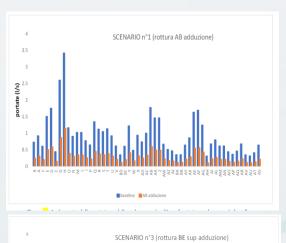
N°scenario	R
1	0,33
2	0,66
3	0,25
4	0,75
5	-
6	0,12
7	0,06
8	ı
9	-
10	-
11	0,12
12	0,06

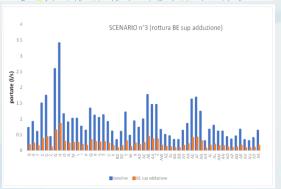


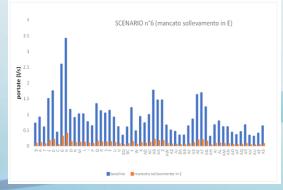
ANALISI DELLE PORTATE

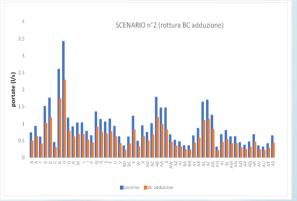


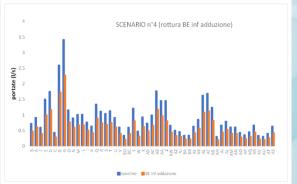
Confronto, per ciascun nodo, tra le portate erogate nello scenario di baseline e le portate erogate negli scenari di simulazione 1-4, 6, 7

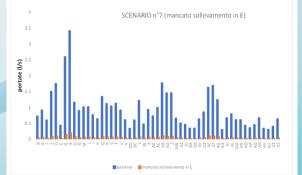










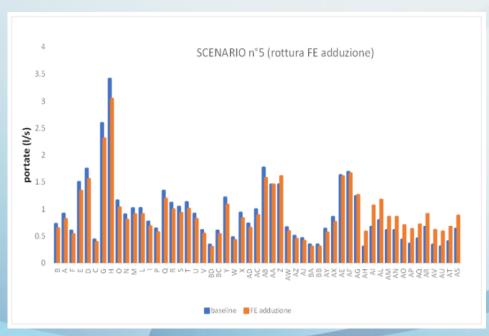


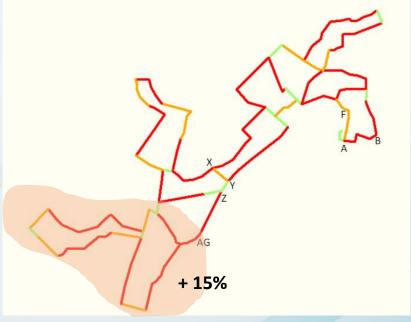
ANALISI DELLE PORTATE



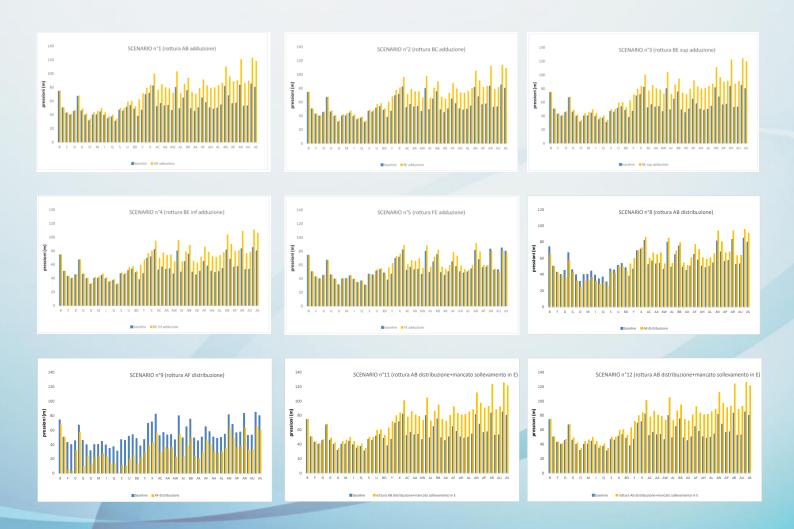
SCENARIO 5 – INTERRUZIONE SERVIZIO ELETTRICO BRACCIANO

...lo scenario 5 è caratterizzato da una portata immessa pari a quella media considerata nello scenario di baseline ma allo stesso tempo presenta una numerosità differente degli abitanti serviti



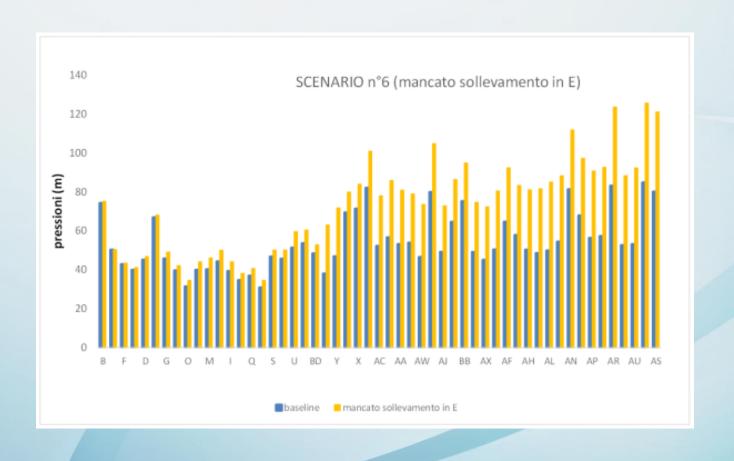


Confronto, per ciascun nodo, tra le pressioni nodali dello scenario di baseline e le pressioni nodali degli scenari di simulazione 1-7

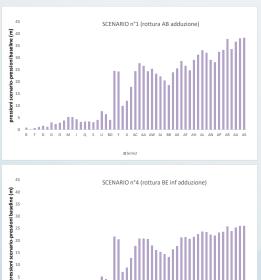


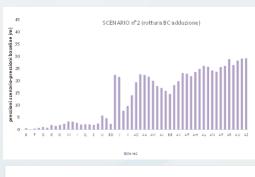


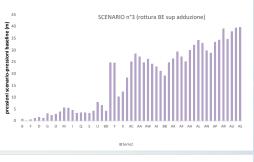
Confronto, per ciascun nodo, tra le pressioni nodali dello scenario di baseline e le pressioni nodali degli scenari di simulazione 1-7



... si rappresentano le differenze di pressione che mettono in evidenza gli scenari più critici in termini di stress statico

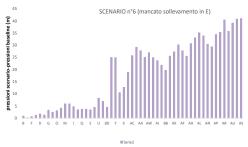
















...differenze di pressione



La maggiore differenza di pressione è osservata a valle del nodo Y nel settore occidentale della rete



PERFORMANCE DEGLI SCENARI

Gli scenari a cui corrispondono le prestazioni più elevate sono gli scenari 2 e 4 per i quali si hanno le maggiori portate immesse in rete.

N°scenario	R
1	0,33
2	0.66
4	0.75
6	0,12
7	0,06
8	-
9	-
10	-
11	0,12
12	0,06



PERFORMANCE DEGLI SCENARI

...prestazioni particolarmente basse sono affidate agli scenari 6 e 7, ovvero a quelli corrispondenti al mancato funzionamento dell'impianto di sollevamento a servizio del serbatoio di Ottavia.

	N°scenario	R
	1	0,33
	2	0,66
	3	0,25
Н	4	0.75
	6	0.12
	7	0.06
	8	-
	9	-
	10	-
	10	0,12
		0,12 0,06

Le portate esigue sono legate alla nulla capacità di compenso del serbatoio sopraelevato a servizio dell'area urbana





N° scenario	Connected Nab	$\delta(I/s*d)$
1	27823	50
2	27823	101
3	27823	38
4	27823	113
5	31223	134
6	27823	18
7	27823	9
8	-	-
9	-	-
10	-	-
11	27823	18
12	27823	9

Per ogni scenario e per il corrispondente numero di abitanti servito, viene fornito il valore della dotazione idrica che è possibile assegnare



PERFORMANCE DEGLI SCENARI



N° scenario	Nab	% <u>Nab</u>
1	9331	34
2	18662	67
3	6998	25
4	20995	75
5	-	-
6	3329	12
7	1665	6
8	-	-
9	-	-
10	-	-
11	3329	12
12	1665	6

Per ogni scenario viene riportata la % di abitanti che possono essere serviti con una dotazione idrica accettabile

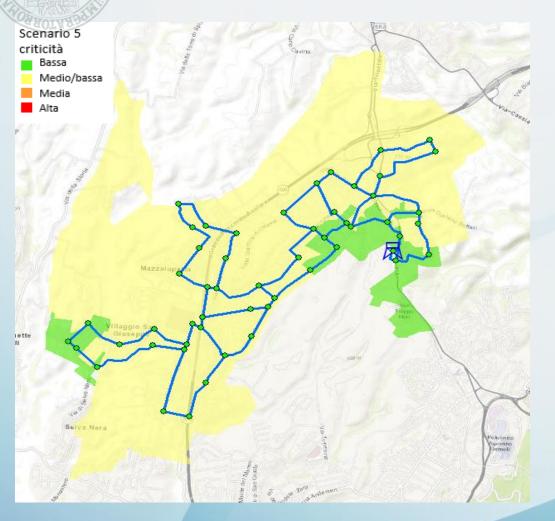






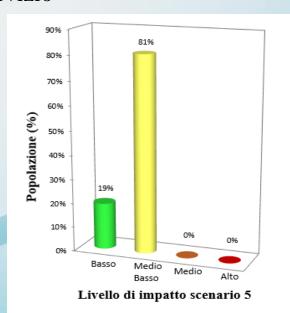
Livello	Colore	Significato	
criticità			
Basso		Il livello di criticità è basso. Questo livello è associato a riduzioni di pressione nei nodi della rete che variano nell'intervallo [-20; 0], rispetto ad una situazione ordinaria. L'erogazione del servizio idrico resta inalterato.	
Medio/basso		Il livello di criticità è medio/basso. Questo livello è associato a incrementi di pressione nei nodi della rete che variano nell'intervallo [0; +20], rispetto ad una situazione ordinaria	
Medio		Il livello di criticità è medio. Questo è associato a incrementi di pressione nei nodi della rete che variano nell'intervallo [+20; +40], rispetto ad una situazione ordinaria.	
Alto		Il livello di criticità è alto. Questo è associato a riduzioni di pressione nei nodi della rete che variano nell'intervallo [-40; -20], rispetto ad una situazione ordinaria. L'erogazione è pregiudicata.	



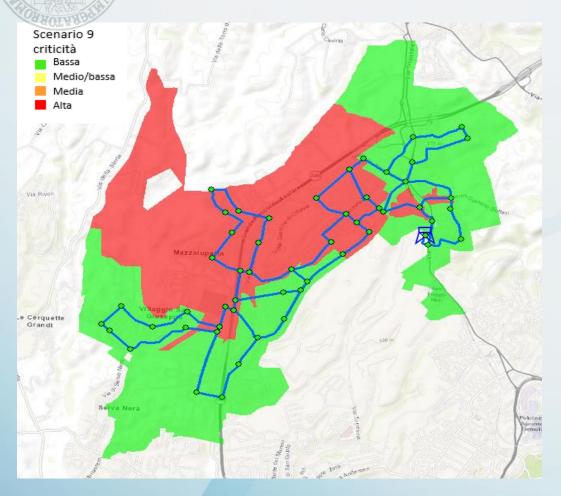


Lo scenario 5 è caratterizzato da un impatto sulla popolazione minore in confronto agli altri scenari, con livello di criticità che varia da basso a medio/basso

Le riduzioni di pressione non pregiudicano l'erogazione del servizio

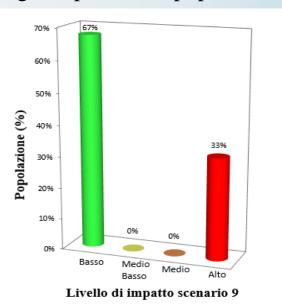






Nello scenario 9, le pressioni sono in maniera generalizzata minori su tutta la rete dovute alla rottura di uno dei tratti principali della rete di distribuzione, ovvero quello prossimo al serbatoio

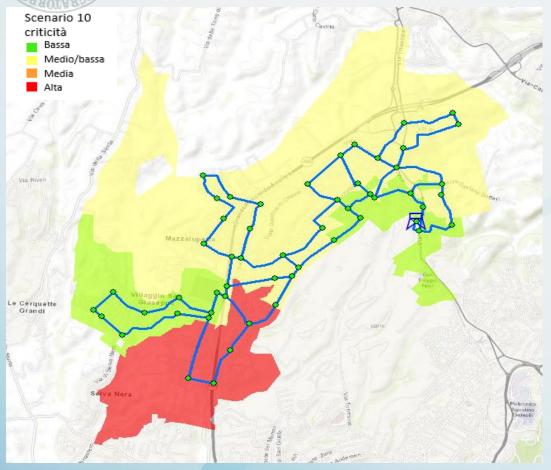
Piuttosto severi e diffusi arealmente sono gli impatti sulla popolazione



STATE OF THE STATE

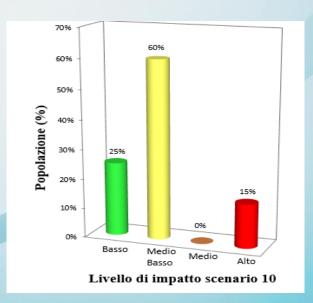
IMPATTO SULLA POPOLAZIONE





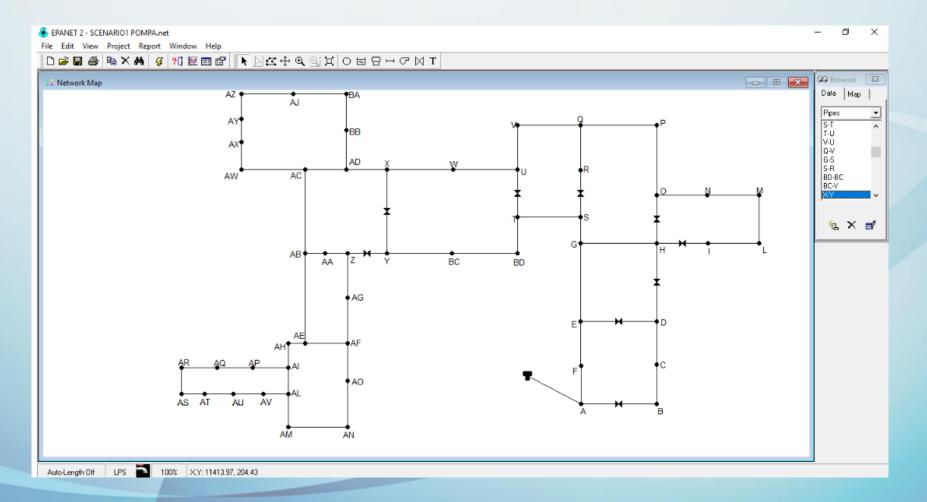
Lo scenario 10 prevede la rottura di alcuni tratti critici della rete, ovvero quelli che mettono in connessione il settore orientale e quello occidentale

La zona critica si concentra nella parte estrema occidentale dove si hanno diametri inferiori.



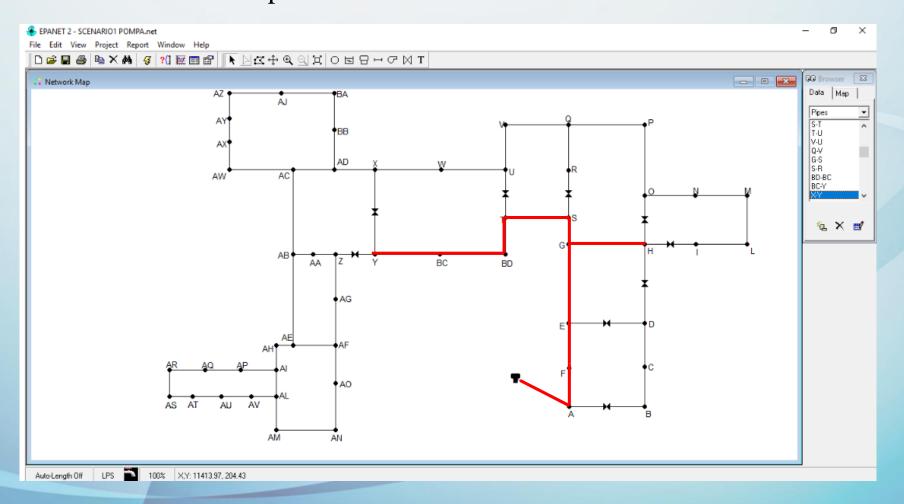


Gli scenari 6 e 7 sono incapaci di fornire un servizio idrico adeguato a tutta la municipalità, per cui vengono considerati degli scenari alternativi.



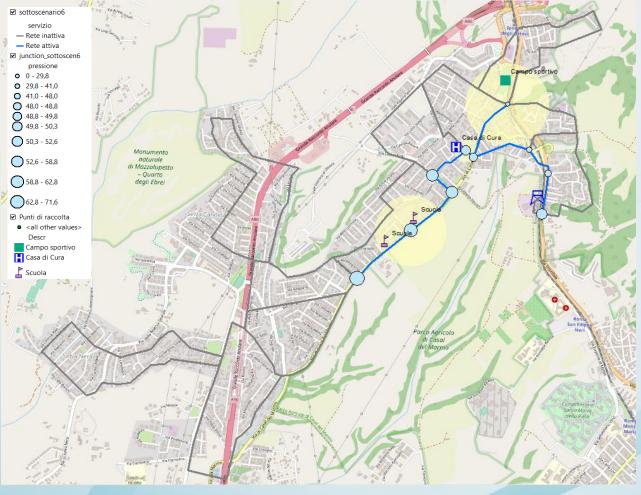


Il percorso scelto è stato isolato dal resto della rete di distribuzione mediante la chiusura di valvole di regolazione, in Epanet, provocando delle variazioni alle pressioni nodali.





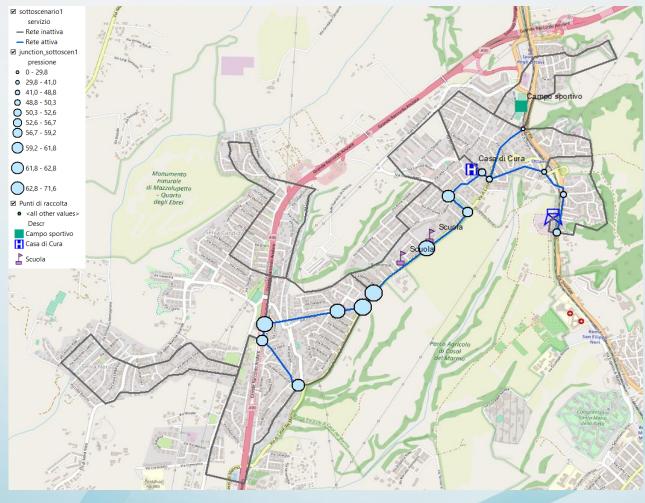




La mappa rappresenta un sotto-scenario dello scenario 6 caratterizzato da una portata in ingresso di 5,78 l/s che garantisce il servizio, in condizioni ottimali, a poco più di 3000 abitanti







...sotto-scenario dello scenario 1 caratterizzato da una portata in ingresso di 16,2 l/s che garantisce il servizio, in condizioni ottimali, a circa 9000 abitanti.



CONCLUSIONI



- ➤ la numerosità degli scenari di malfunzionamento che può ipotizzarsi, è di gran lunga superiore a quanto considerato nell'analisi corrente. La scelta di soli 12 scenari dalla priorità di voler impostare una metodologia atta a studiare l'interdipendenza tra le due infrastrutture critiche
- > a partire dalla modellistica idraulica è stato realizzato uno strumento di simulazione idraulica
- ➤ i risultati delle simulazioni idrauliche sono tradotti in valutazione degli impatti sulla popolazione servita, mediante l'utilizzo mappe tematiche, generate in GIS ESRI-ArcGIS.
- ➤ l'insieme delle simulazioni idrauliche e delle mappe tematiche proposte rappresentano un valido strumento di supporto alle decisioni che competono agli enti gestori, chiamati ad affrontare situazioni di emergenza







- ➤ una migliore conoscenza del sistema fisico consentirebbe di definire un maggior numero di scenari per valutare il comportamento della struttura idraulica in maniera più ampia e pianificare scenari che illustrino la dinamica temporale del servizio idrico durante la particolare situazione di emergenza
- > migliorando il modello idraulico, tenendo conto delle relazioni tra le portate idrauliche e le pressioni nodali
- > migliorando l'analisi di vulnerabilità sismica delle tubazioni interrate