

**«CARATTERIZZAZIONE DELLE ROTTURE DELLE RETI
ACQUEDOTTO E ANALISI DI SENSITIVITÀ SUI FATTORI
RILEVANTI»**

LA GESTIONE DELLA RETE A BOLOGNA

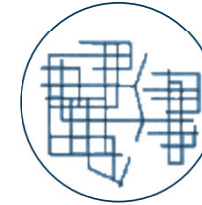
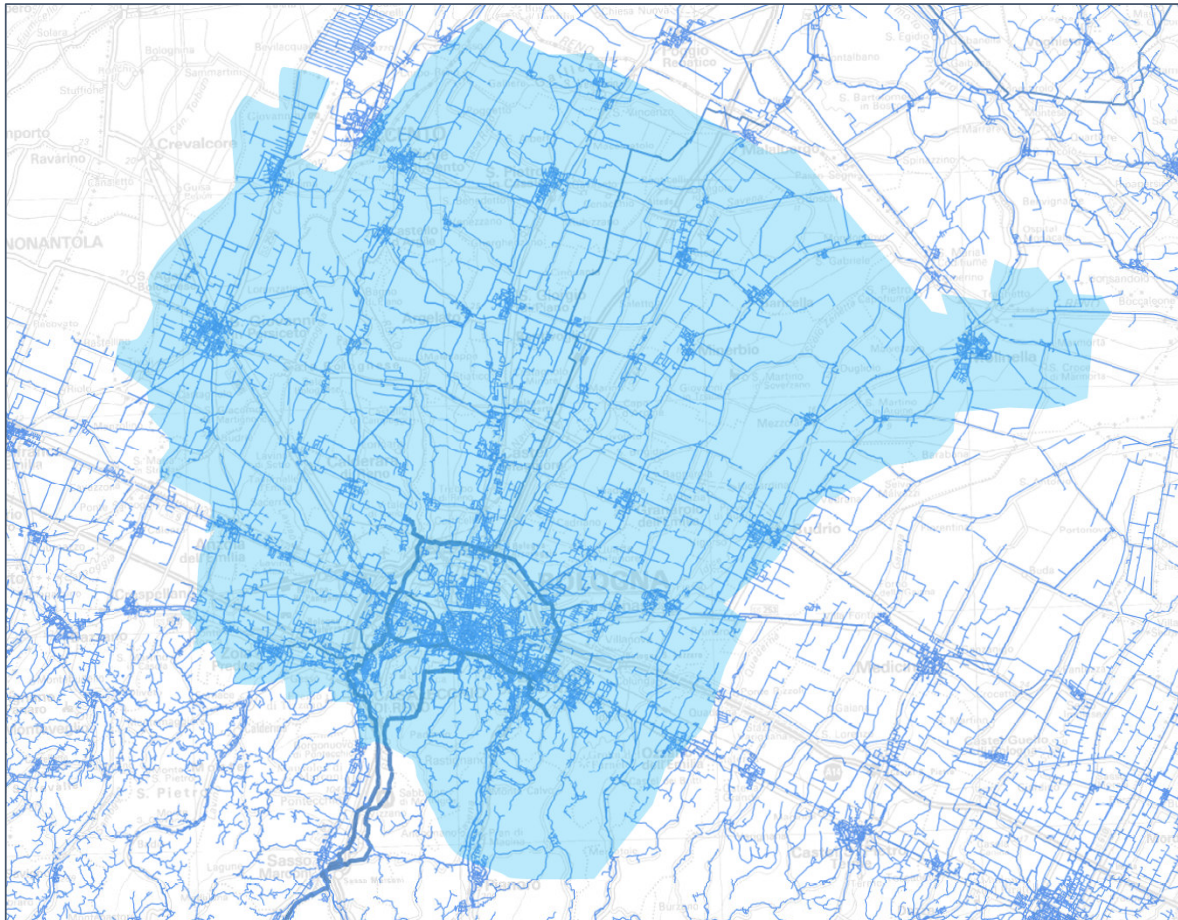
Francesco Maffini

Hera S.p.A.

20 Aprile 2021



RETE IDRICA DI BOLOGNA



ESTENSIONE RETE

3700 KM



VOLUME ANNUO IMMESSO IN
RETE

85 MMC



UTENZE

120.000

IMPIANTI PRINCIPALI

SAN VITALE - $Q_{max} = 850$ l/s



FOSSOLO - $Q_{max} = 140$ l/s



BORGO PANIGALE - $Q_{max} = 850$ l/s



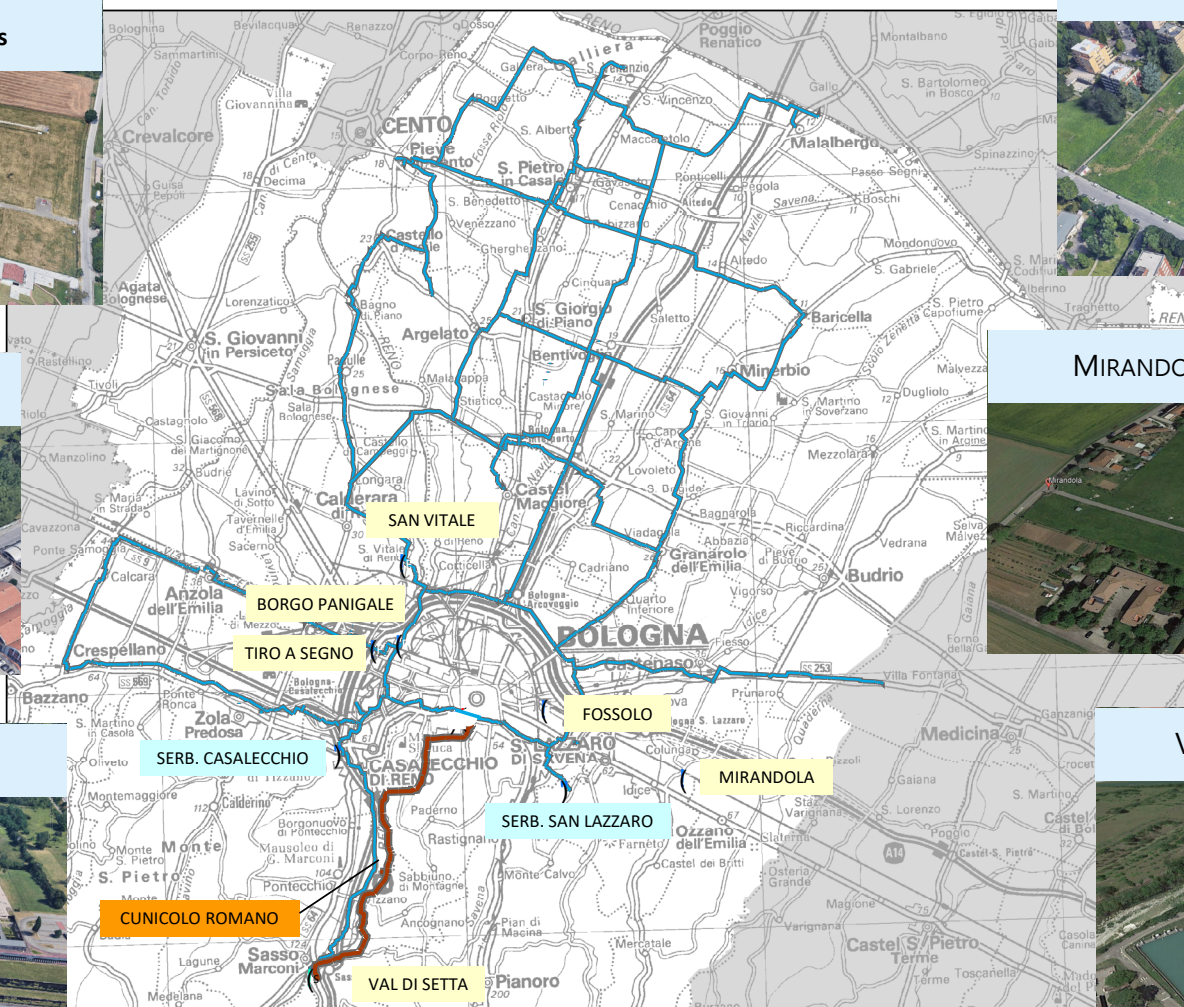
MIRANDOLA - $Q_{max} = 100$ l/s



TIRO A SEGNO - $Q_{max} = 850$ l/s



VAL DI SETTA - $Q_{max} = 2400$ l/s



SOMMARIO



PROGETTO DI
RIDUZIONE DELLE
PRESSIONI DI RETE

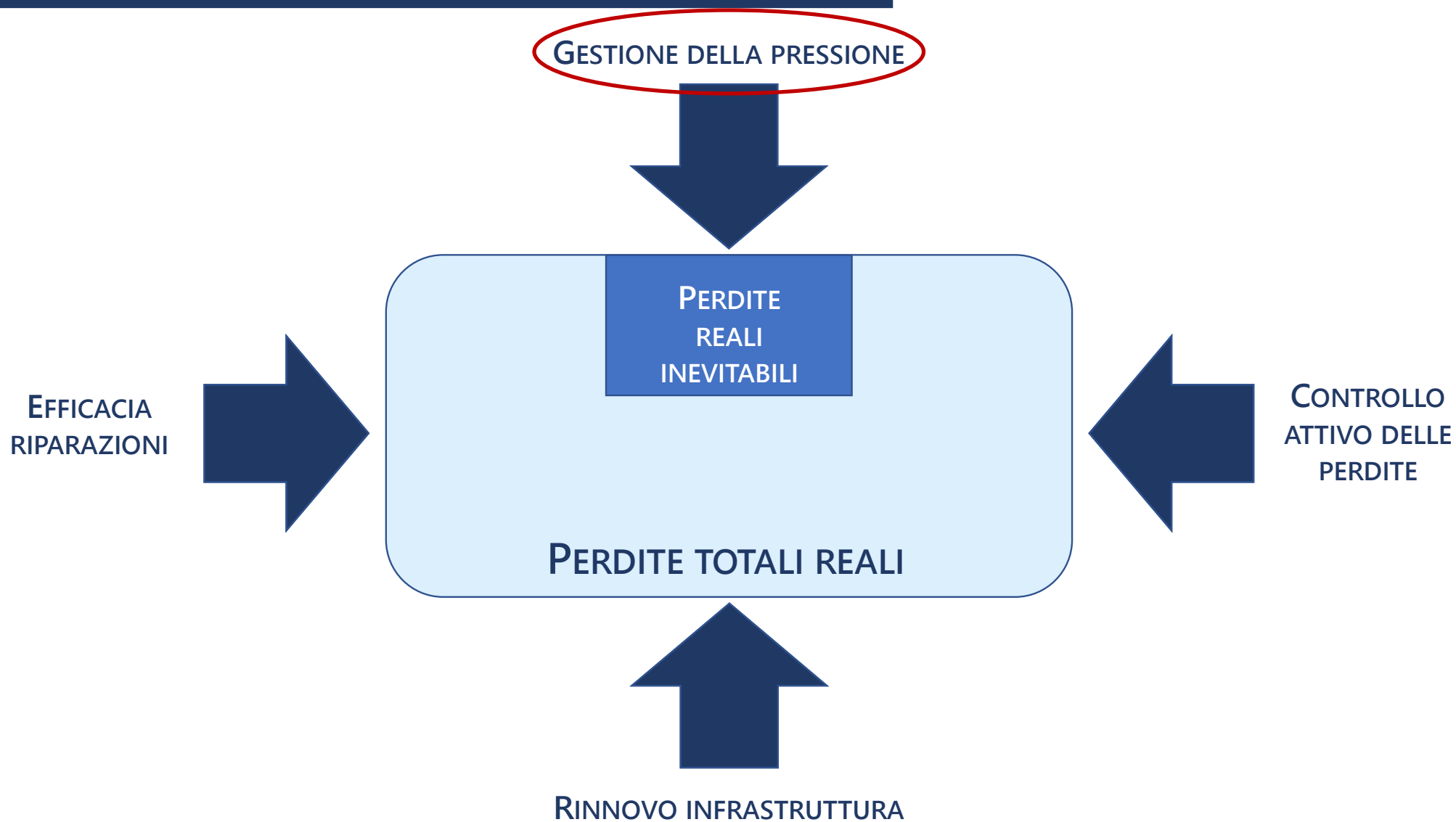


AUTOMAZIONI ADATTIVE
PER OTTIMIZZARE
L' ASSETTO E
REGOLAZIONE DELLE
PRESSIONI



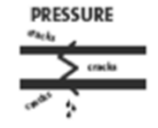

ESPERIENZA DI
MISURA
DELL' INCIDENZA DEI
CARICHI STRADALI

LE 4 LEVE PER RIDURRE LE ROTTURE E LE PERDITE DI RETE



BENEFICI MULTIPLI DELLA GESTIONE DELLE PRESSIONI

GESTIONE DELLA PRESSIONE: RIDUZIONE DEGLI ECCESSI E DEI PICCHI

BENEFICI PER LA CONSERVAZIONE			BENEFICI PER IL GESTORE				BENEFICI PER GLI UTENTI		
RIDUZIONE DEI VOLUMI DISPERSI			RIDUZIONE DELLA FREQUENZA DI ROTTURE E PERDITE						
Riduzione dei consumi eccessivi o indesiderati	Riduzione dei volumi dispersi da perdite e rotture	Riduzione ed uso più efficiente dell'energia	Modulazione prelievi grosse utenze	Riduzione dei costi assicurativi e benefici sull'imagine aziendale	Estensione della vita utile dell'infrastruttura	Riduzione dei costi delle riparazioni	Riduzione dei costi per il controllo attivo delle perdite	Minori reclami da parte degli utenti	Minori problemi agli impianti interni dell'utenza
									

LA GESTIONE DELLA PRESSIONE

Con la pratica della *gestione della pressione* si vogliono garantire i livelli ottimali di servizio con erogazione efficiente ai clienti:

- Riducendo le pressioni in eccesso
- Eliminando i colpi d'ariete

Che causano perdite, rotture e consumi energetici evitabili.

LEGAME TRA RIDUZIONE DELLA PRESSIONE, VOLUMI DISPERSI E ROTTURA RETI

STIMA DELLA RIDUZIONE DELLE PORTATE DI PERDITA (EQ. FAVAD)

$$Q_1/Q_0 = (P_1/P_0)^{N_1}$$

DOVE:

- P = PRESSIONE MEDIA
- Q = PORTATA DI PERDITA
- N DIPENDE DALLA TIPOLOGIA DI TUBAZIONI/PERDITE

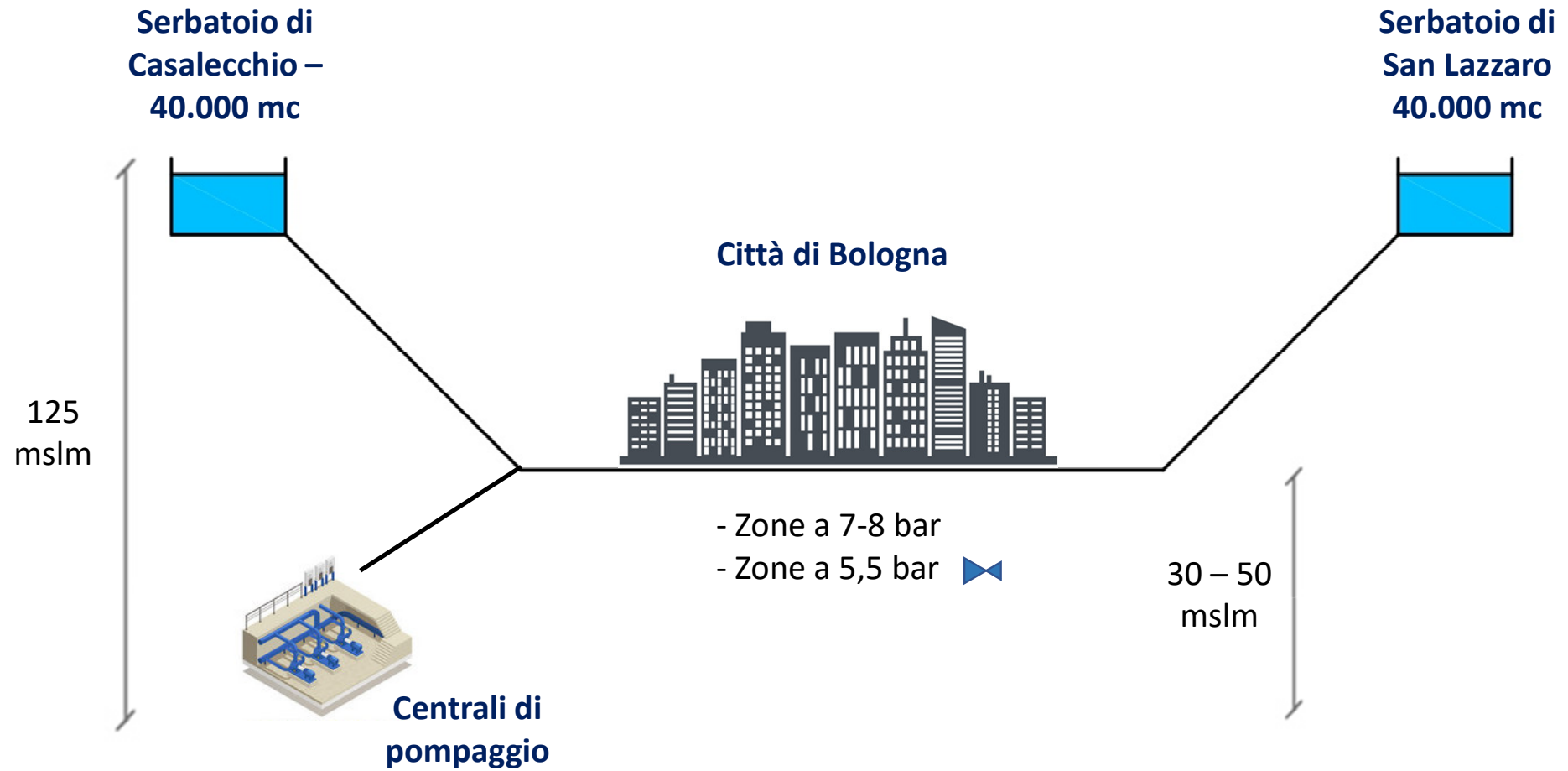
STIMA DELLA RIDUZIONE DELLA FREQUENZA DI NUOVE ROTTURE

- SE CONDOTTE > 0,25 ROTTURE / KM ANNO O
SE ALLACCI > 0,001 ROTTURE / ALLACCIO ANNO
- ALLORA LA RIDUZIONE MEDIA % DELLA FREQUENZA DI ROTTURE =
1,4 LA RIDUZIONE % DELLA PRESSIONE MASSIMA

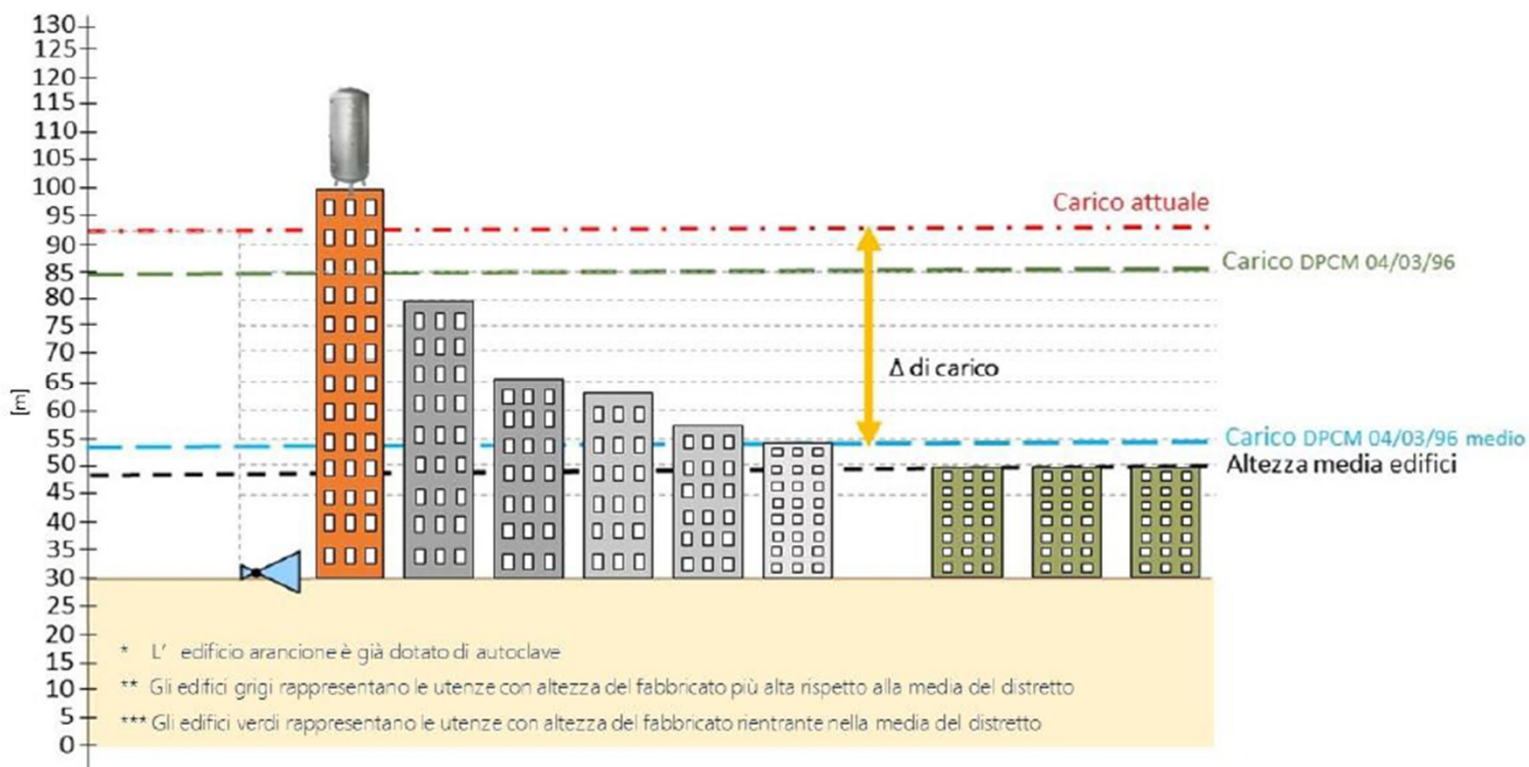
***LA RIDUZIONE DELLE PRESSIONI INCREMENTA LA
RESILIENZA DELLA INFRASTRUTTURA***



LE PRESSIONI SULLA CITTÀ DI BOLOGNA



QUANTO POSSO RIDURRE LA PRESSIONE?



Carico attuale: carico idraulico che attualmente caratterizza l' area oggetto di studio, ovvero prima che questa sia sottoposta ad una azione di gestione e riduzione della pressione;

Carico DPCM 04/03/96: carico idraulico minimo da assicurare alle utenze pari 5 metri relativo al solaio di copertura del piano abitabile più elevato. Tale carico è calcolato considerando l' edificio più alto presente nel distretto non ancora servito di autoclave interna;

Carico DPCM 04/03/96 medio: carico DPCM 04/03/96 calcolato considerando come altezza delle utenze l' altezza media degli edifici dell' area oggetto di studio;

Δ carico: quota di carico idraulico in eccesso allo stato attuale, recuperabile attraverso la diminuzione del carico stesso fino al raggiungimento del carico DPCM 04/03/96 medio.

I REGOLAMENTI CONSENTONO LA RIDUZIONE DELLA PRESSIONE ?

ART. 13 Variazione di pressione e portata

...

Il Gestore si riserva di procedere a variazioni di pressione nel punto di consegna per esigenze di efficienza complessiva del servizio, fermo restando quanto previsto nella Carta del Servizio Idrico Integrato e dalla normativa vigente. Qualora tali variazioni, compatibilmente con gli obiettivi fissati dal Piano d'Ambito, siano definitive e possano comportare significative modifiche alle condizioni di erogazione preesistenti, l'informazione verrà tempestivamente fornita agli utenti sia in forma scritta diretta che attraverso la stampa locale affinché gli stessi possano disporre del tempo necessario all'eventuale adeguamento, a loro cura e spese, degli impianti interni al nuovo regime di pressione. Le riparazioni di guasti che potranno derivare agli impianti interni in dipendenza dal loro mancato adeguamento saranno anch'esse a cura e carico dei singoli utenti.

**REGOLAMENTO
SERVIZIO IDRICO
INTEGRATO**

**ATO 5
BOLOGNA**

Nella Carta del Servizio Idrico Integrato non sono previste indicazioni riguardo le variazioni di pressione operate dal Gestore nei punti di consegna.

**CARTA DEL
SERVIZIO IDRICO
INTEGRATO**

**ATO 5
BOLOGNA**

FLUSSO DI LAVORO





**DEFINITO IL METODO, COME DECIDO LE PRIORITÀ
E DEFINISCO IL PIANO DI PROGRESSIVE RIDUZIONI
DELLA PRESSIONE?**



Combinazione di due criteri principali



FACILITÀ INTERVENTO PER CREAZIONE DI OGNI DISTRETTO

**STIMA DI NUMERO E COMPLESSITÀ
INTERVENTI NECESSARI**

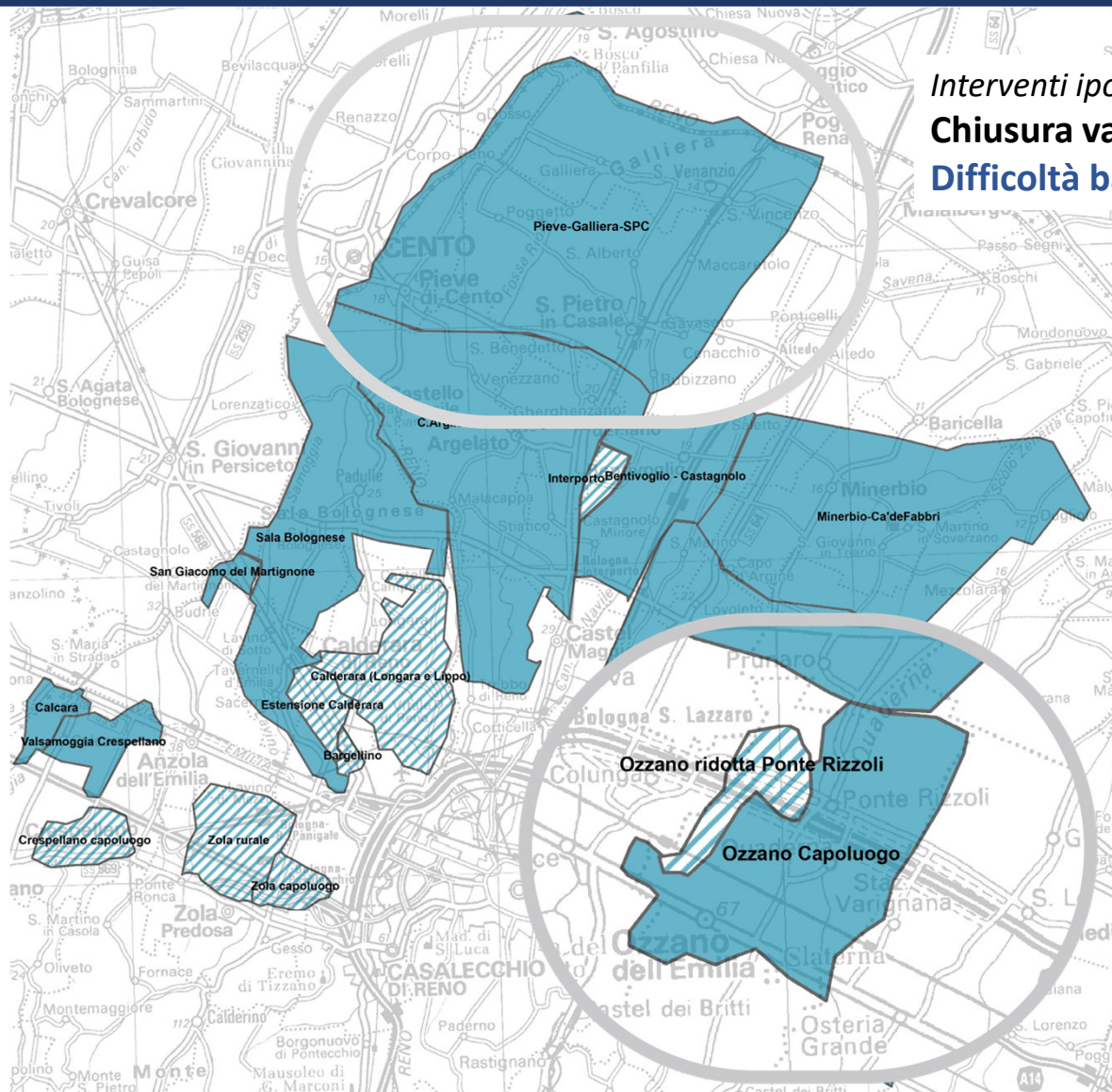
- Manovra valvole
- Variazione taratura riduttori
- Posa di nuove tubazioni/magliature
- Inserimento nuovi GDR e relative automazioni



**ASSEGNAZIONE PRIORITÀ PER
DIFFICOLTÀ DI INTERVENTO**

- 3 Difficoltà bassa
- 2 Media difficoltà
- 1 Difficoltà alta

FACILITÀ INTERVENTO PER CREAZIONE DI OGNI DISTRETTO: ESEMPIO



Interventi ipotizzati
Chiusura valvole
Difficoltà bassa (3)

Interventi ipotizzati
Inserimento GDR e posa di 200 m di tubazione: creazione di tre zone distinte con P differenti (differenti altimetrie e differenti destinazioni d'uso)
Difficoltà medio-alta (1/2)

CALCOLO TASSI DI ROTTURE

CALCOLO DELLE ROTTURE ANNUE PER KM DI RETE

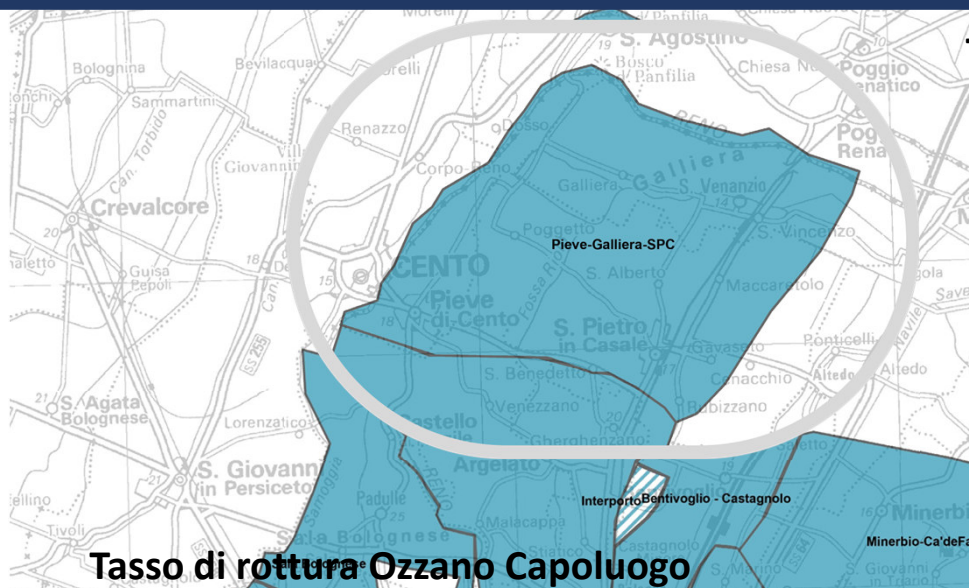
- Considerata la sola rete distributrice
- Rotture serie storica



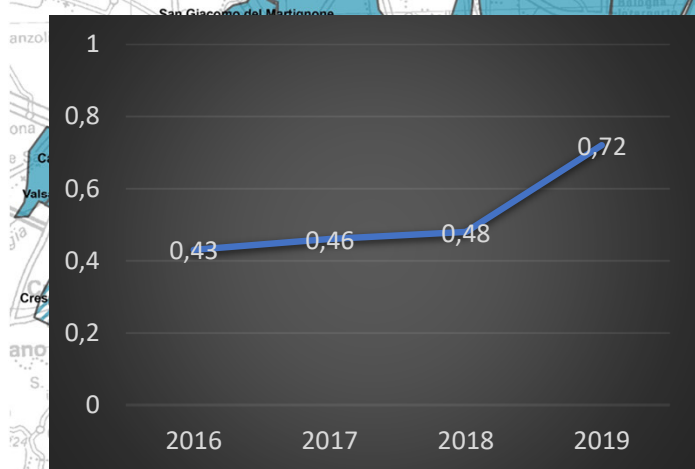
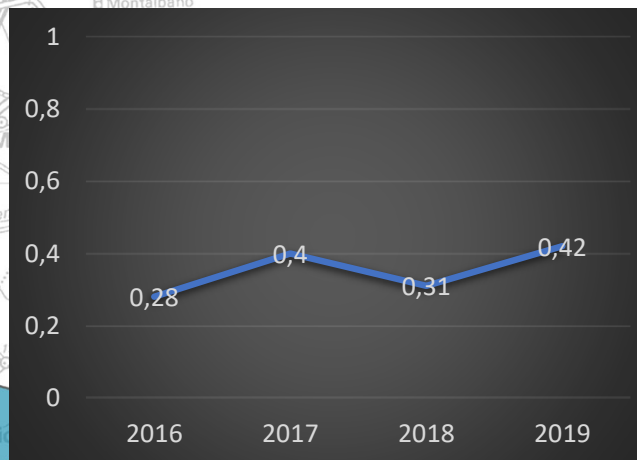
ASSEGNAZIONE PRIORITÀ PER STATO DELLA RETE

- 1 Crescita nel tempo del tasso annuale di rotture (criterio prioritario)
- 2 Tasso di rotture superiore alla media

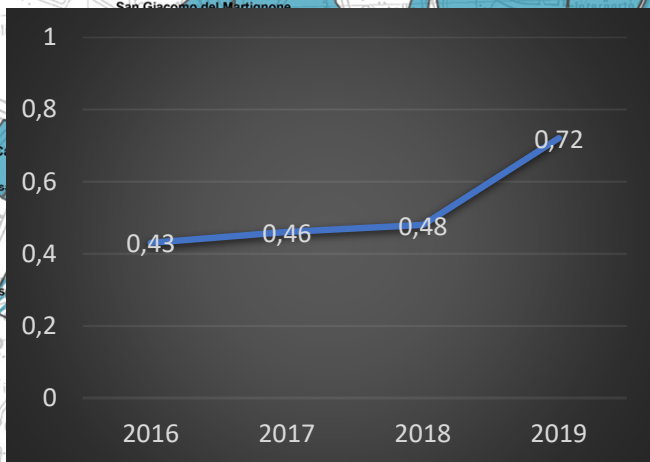
FACILITÀ INTERVENTO PER CREAZIONE DI OGNI DISTRETTO: ESEMPIO



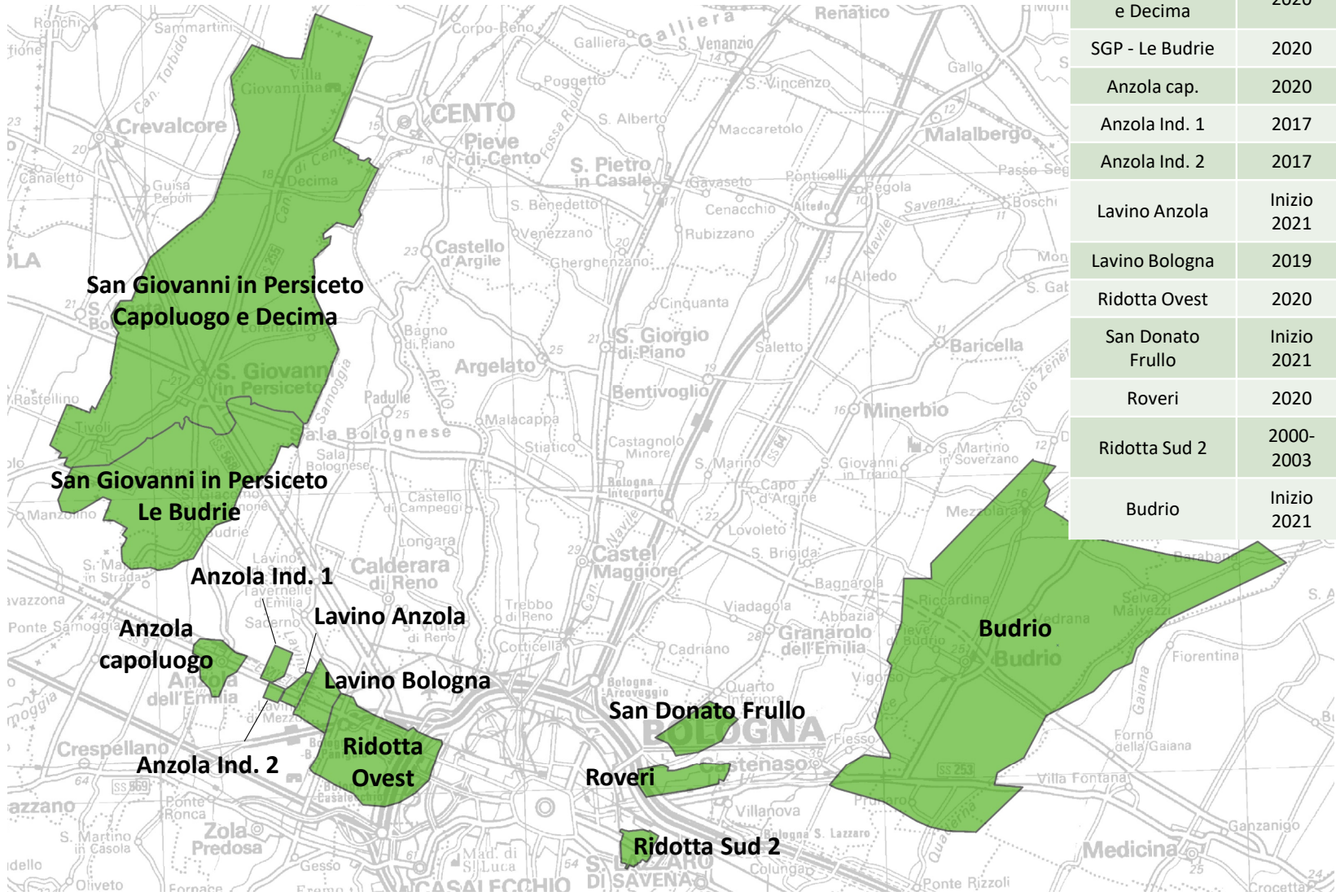
Tasso di rottura Pieve – Galliera – S. Pietro in Casale



Tasso di rottura Ozzano Capoluogo

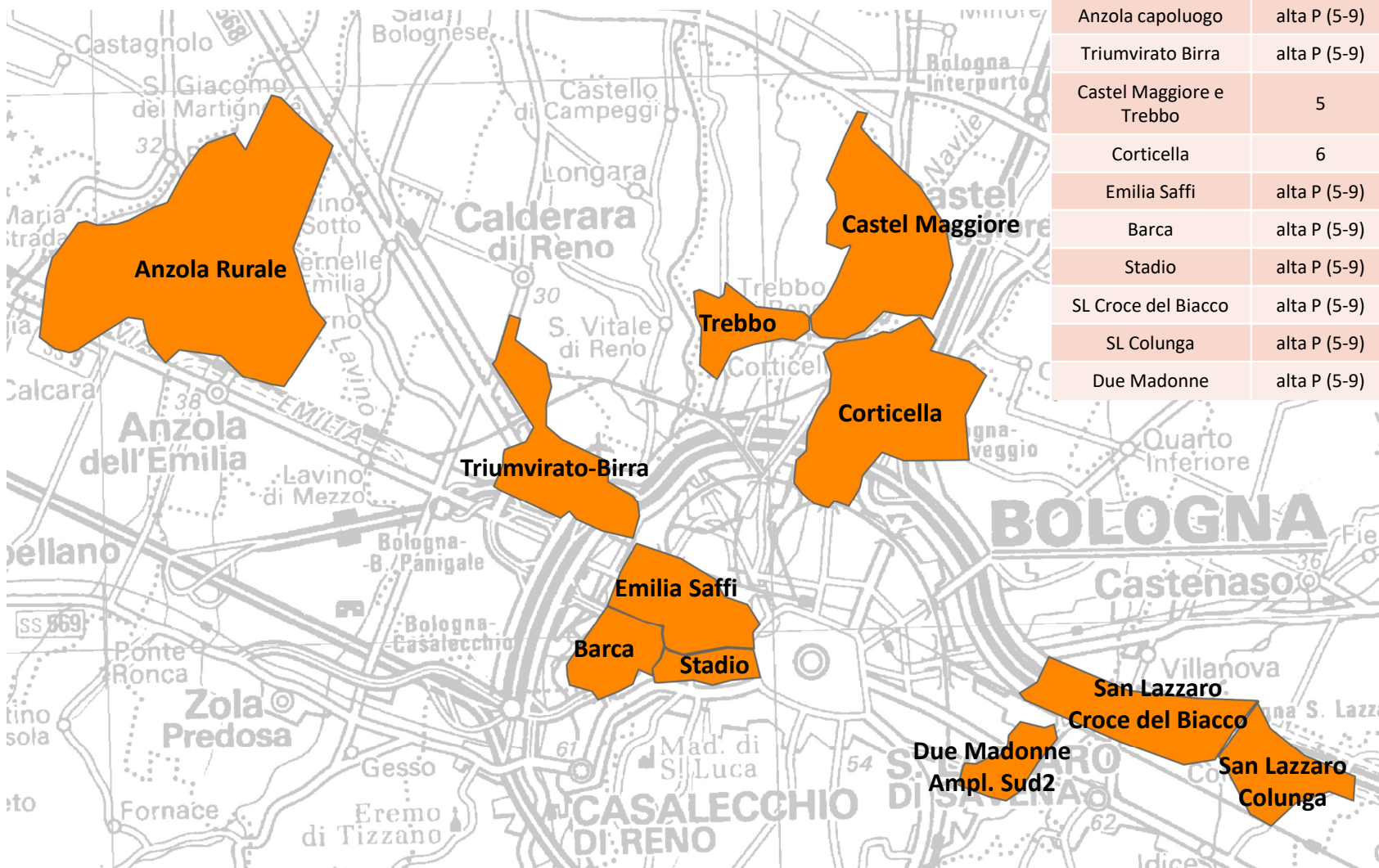


DISTRETTI REALIZZATI PRESSIONE RIDOTTA E CONTROLLATA



Distretti	Periodo avvio	P precedente [bar]	P nuova [bar]	Km rete
SGP - Capoluogo e Decima	2020	3	2,5	270
SGP - Le Budrie	2020	3,3	3	67
Anzola cap.	2020	alta P (5-9)	4,7	20
Anzola Ind. 1	2017	alta P (5-9)	5	3
Anzola Ind. 2	2017	alta P (5-9)	5	2
Lavino Anzola	Inizio 2021	alta P (5-9)	3,5	6
Lavino Bologna	2019	alta P (5-9)	4	5
Ridotta Ovest	2020	alta P (5-9)	4,5	57
San Donato Frullo	Inizio 2021	alta P (5-9)	4,5	18
Roveri	2020	alta P (5-9)	4,5	20
Ridotta Sud 2	2000-2003	alta P (5-9)	4,5	22
Budrio	Inizio 2021	da 3 a 5	3	208
TOT km				698

DISTRETTI PIANIFICATI NEL 2021



Distretti	P precedente [bar]	P nuova [bar]	Km rete
Anzola capoluogo	alta P (5-9)	4	20
Triumvirato Birra	alta P (5-9)	4,5	16
Castel Maggiore e Trebbo	5	3,5	70
Corticella	6	4,5	38
Emilia Saffi	alta P (5-9)	4	31
Barca	alta P (5-9)	4,5	21
Stadio	alta P (5-9)	4	24
SL Croce del Biacco	alta P (5-9)	4,5	11
SL Colunga	alta P (5-9)	3,7	7
Due Madonne	alta P (5-9)	4,5	24
TOT km			262

DISTRETTO ROVERI— ATTUATO NEL 2020

SITUAZIONE PRE DISTRETTUALIZZAZIONE



L' area oggetto di studio era alimentata direttamente da una rete distributrice collegata alla Tangenziale Idrica (DN 1200). Presentava pertanto una pressione di esercizio di circa 8 bar, con la sola eccezione della zona di Villanova, già alimentata da un riduttore.



ESTENSIONE RETE
37 KM



PRESSIONE MAX DI
ESERCIZIO ORIGINARIA
8 BAR



ETÀ DELLA RETE
50% > 40 ANNI



MATERIALI
12 KM IN PE
22 KM IN CA



UTENZE
TOT 1099
CIVILI 331
INDUSTRIALI 451
ANTINCENDIO 317

DISTRETTO ROVERI— ATTUATO NEL 2020

ANALISI DEL LIVELLO DI PRESSIONE INDIVIDUATA



ALTEZZA
MEDIA DEI
PALAZZI ~ 5
PIANI



3 PALAZZI CON
ALTEZZA > 10
PIANI GIÀ DOTATI
DI AUTOCLAVE



7 PALAZZI CON
ALTEZZA ~ 8 PIANI
NON DOTATI DI
AUTOCLAVE

ALLE UTENZE SENSIBILI (EDIFICI ALTI E UTENZE DOTATE DI CONTRATTI ANTINCENDIO) VIENE COMUNICATA PER TEMPO L'AZIONE DI RIDUZIONE DELLA PRESSIONE



Analizzata la tipologia di utenze presenti nel distretto e l'altezza degli edifici, è stato deciso di impostare come pressione di uscita dai riduttori un valore pari a 4,5 bar con il fine di garantire il normale servizio della rete e le utenze antincendio.



PRESSIONE MEDIA
DI ESERCIZIO
4,5BAR

DISTRETTO ROVERI– RISULTATI

	Media annua rotture su condotte	Media annua rotture su allacciamenti
Prima della creazione del distretto*	19	20
Dopo la creazione del distretto**	8	3

* Dato calcolato sul periodo 1/1/2018 - 30/6/20 (30 mesi)

** Dato calcolato sul periodo 1/7/20 – 31/3/21 (9 mesi)

FONDAMENTALE LA PARTECIPAZIONE PUBBLICA



Informativa alle utenze civili



Condivisione con le Amministrazioni



Informativa alle utenze con
contratto antincendio
(sia attività produttive che non)



Tempi di preavviso alle utenze

...NON SOLO RIDUZIONE DELLE PRESSIONI...



PROGETTO DI
RIDUZIONE DELLE
PRESSIONI DI RETE

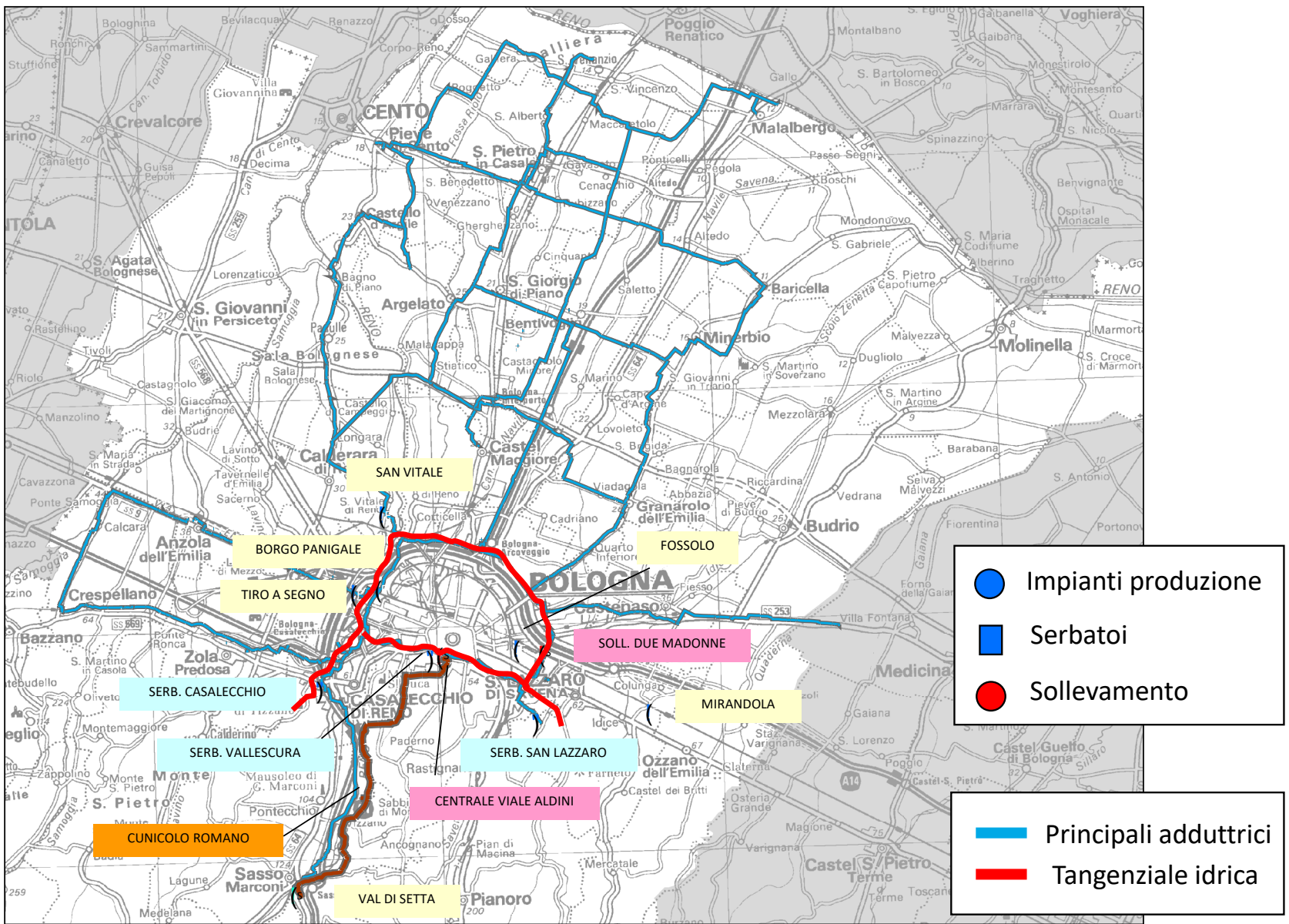


AUTOMAZIONI ADATTIVE
PER OTTIMIZZARE
L' ASSETTO E
REGOLAZIONE DELLE
PRESSIONI

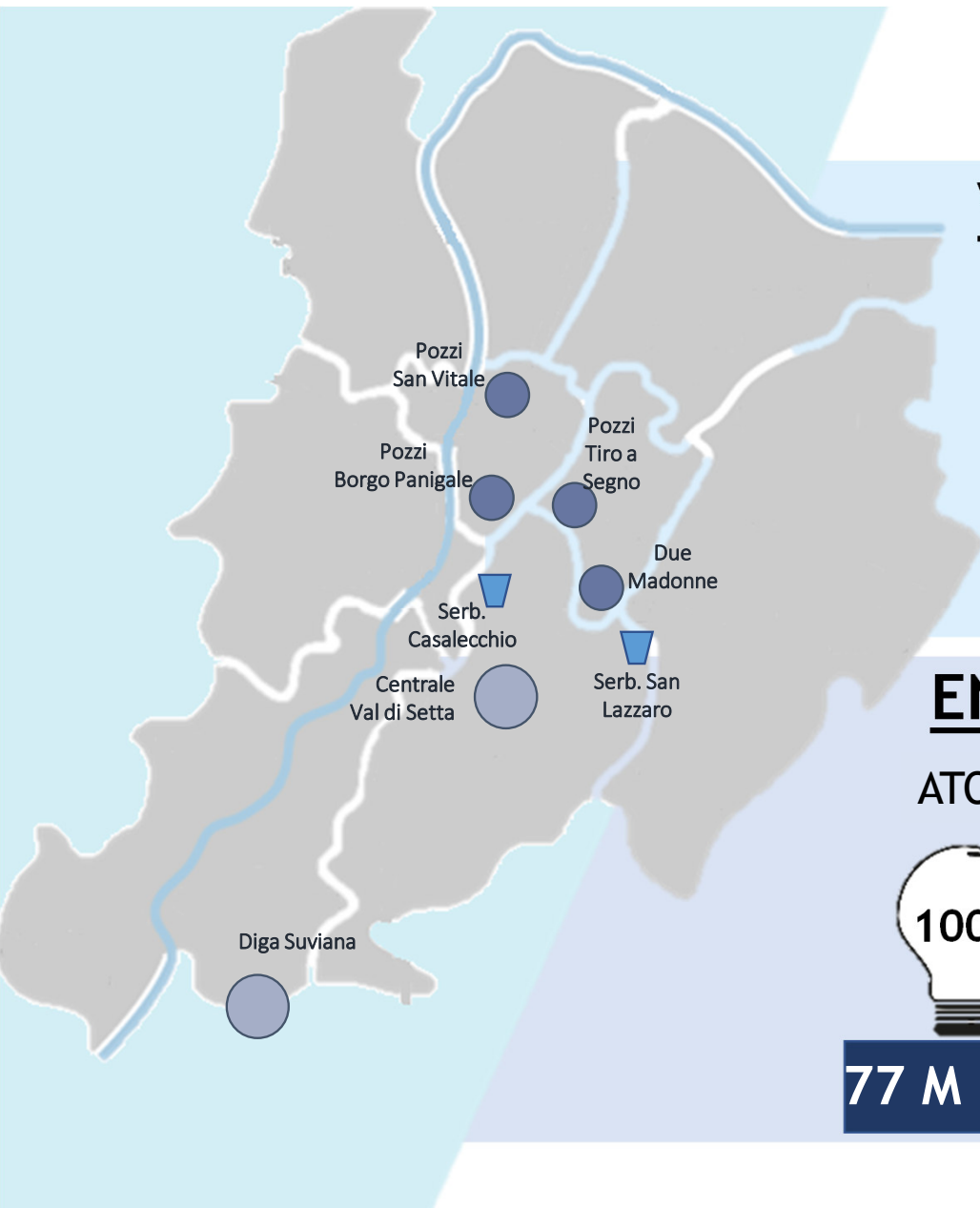


ESPERIENZA DI MISURA
DELL' INCIDENZA DEI
CARICHI STRADALI

IL SISTEMA PRIMARIO



IL SISTEMA PRIMARIO



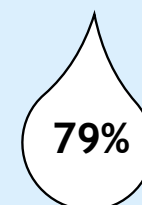
VOLUMI

ATO 5



107 Mmc

Sistema
Primario



85 Mmc

HERA SpA
Acquedotto

305 Mmc

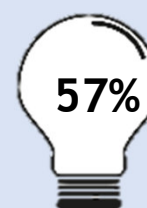
ENERGIA

ATO 5



77 M kWh

Sistema
Primario



44 M kWh

HERA SpA
Acquedotto

132 M kWh

ABITANTI SERVITI



Sistema Primario

690.000

GESTIONE DEL SISTEMA PRIMARIO PRIMA DELL' AUTOMAZIONE

COMANDI
DA OPERATORE
DI SALA TLC



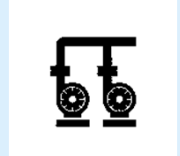
AUTOMAZIONI LOCALI



Captazione



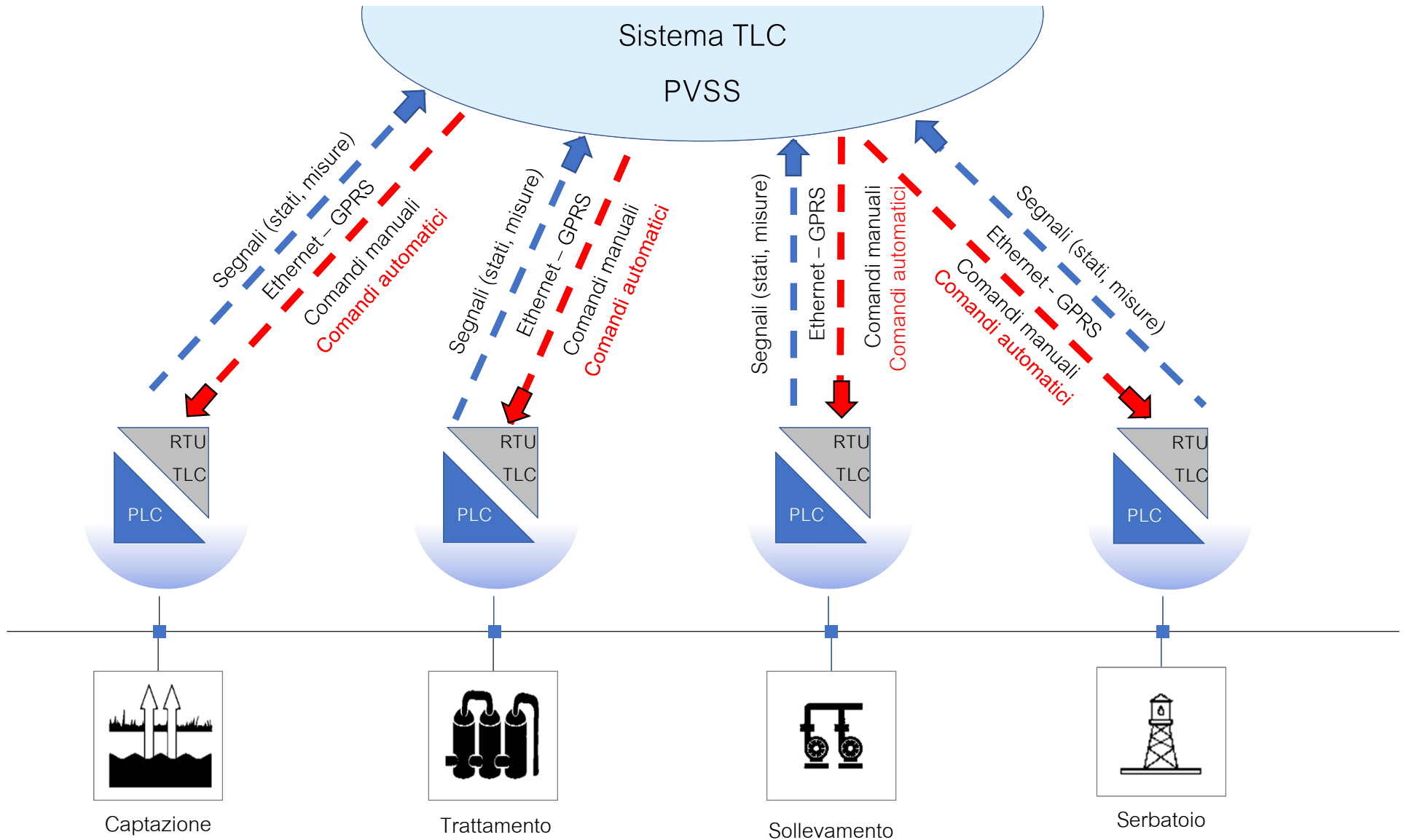
Trattamento



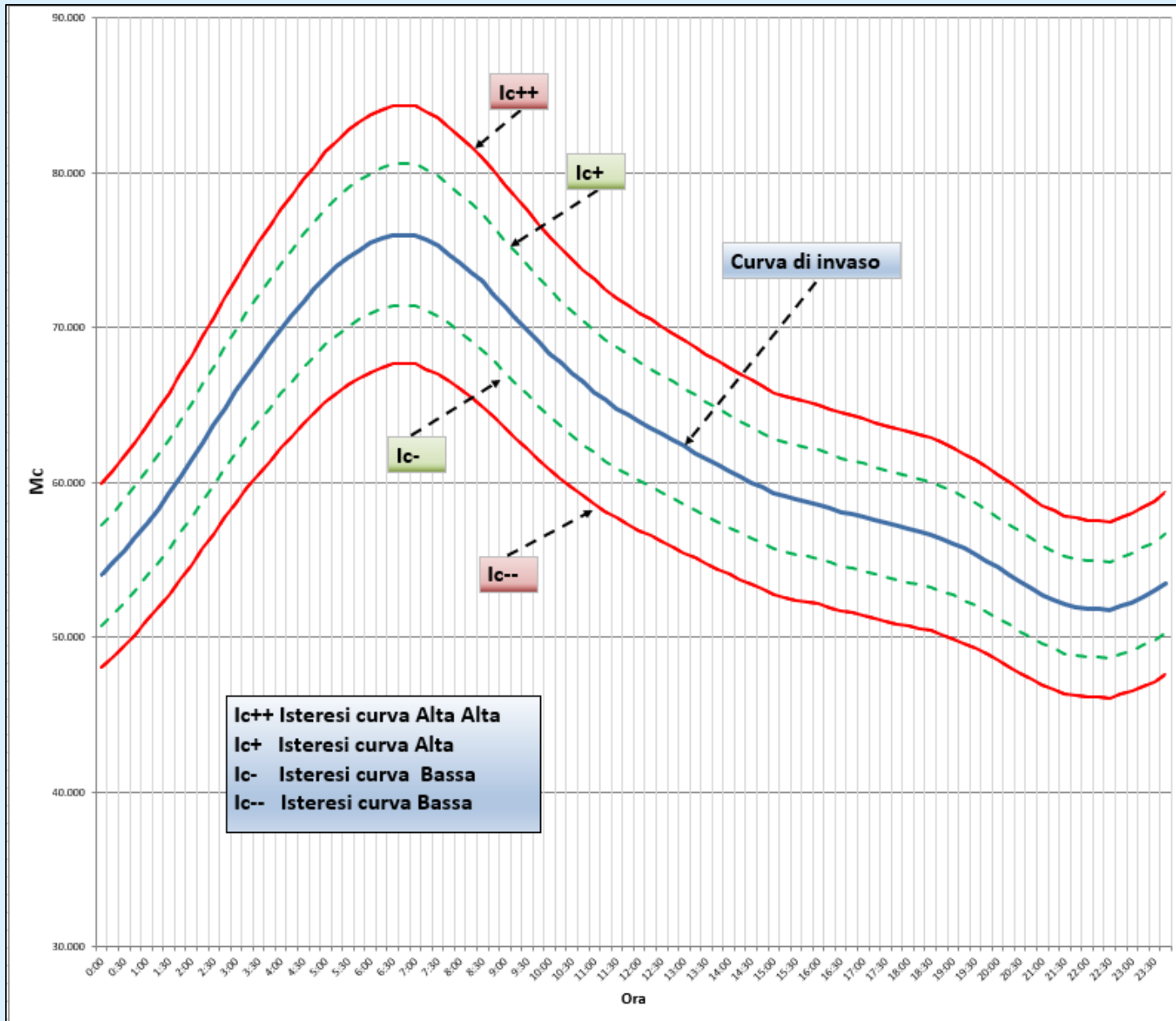
Sollevamento

ISTRUZIONI OPERATIVE:

- Logiche consumi energetici
- Priorità acque superficiali
- Vincoli di impianto



CURVA DI
CARICAMENTO DRIVER
DELL' AUTOMAZIONE
*AUTOMAZIONE
ADATTIVA*



Sequenza Acquedotto di Bologna

Sistema Primario

ACK	DATA EVENTO	DATA RIC.	EVENTO	CONSIGLIO	UTENTE	COMMENTI
II	07/02/2020 07:04:04		GESTIONE DUE MADONNE Ramo di spegnimento pompe Terminato il check orario sul fine riempimento del serbatoio	BIVIO CMD DISINSERISCI TLC DUE MADONNE		
II	07/02/2020 06:58:04		GESTIONE DUE MADONNE Ramo di spegnimento pompe Terminato il check orario sul fine riempimento del serbatoio	BIVIO CMD DISINSERISCI TLC PONTICELLA		
II	07/02/2020 06:53:04		GESTIONE DUE MADONNE Ramo di spegnimento pompe Terminato il check orario sul fine riempimento del serbatoio	BIVIO CMD DISINSERISCI TLC ORTI		
II	07/02/2020 06:47:04		GESTIONE DUE MADONNE Ramo di spegnimento pompe Terminato il check orario sul fine riempimento del serbatoio	BIVIO CMD V. DIRI** ORTI APRI		
II	07/02/2020 06:41:04		GESTIONE DUE MADONNE Ramo di spegnimento pompe Terminato il check orario sul fine riempimento del serbatoio	BIVIO CMD V. PONTICELLA CHIUDI 20%		

Automatismo generale

Configurazioni Generali

- calendario
- dati curve
- trend volume
- gestione SIST. PRIMARIO step di manovra
- Volume UTILE: **80000** m3
- Portata SETTA: **1126** l/s
- Portata da FALLDA: **1108** l/s
- TOTALE INVASI casal + s.lazzaro: **76937** m3

Impianti coinvolti nella Gestione Primaria

S. VITALE	B. PANIGALE	T. SEGNO	FOSSOLO
Portata Uscita: 716.40 l/s	Portata Uscita: 0 l/s	Portata Uscita: 227 l/s	Portata Uscita: 61.15 l/s
Tempo Attesa Rit STEP: 7 min	Tempo Attesa Rit STEP: 7 min	Tempo Attesa Rit STEP: 7 min	Tempo Attesa Rit STEP: 7 min

FALLITA MANOVRA DECREM. **A**

FALLITA MANOVRA INCREM.

RAGGIUNTO ESTREMO MATRICE

Tempo Attesa Rientro in Banda: **40** min

STEP attuale: **5**

CURVA attuale: **C1a**

VASCHE utilizzate: **8**

TIPOLOGIA GIORNO: **1** C1a: 240k FER, **2** C2a: 260k FER, **3** C1b: 240k FEST, **4** C2b: 260k FEST

ISTERESI CURVE

Perc. Estremi	0	%
I _{set} +/+ / I _{set} -/-	10	%
I _{set} E+/+ / I _{set} E-/-	8	%
I _{set} /I _{set}	7	%

TOTALE INVASI (casal + s.lazz):

Gli stessi parametri valgono per le stazioni inferiori
In caso di SETTA FERMO BREVE TEMPO le isteresi inferiori vengono raddoppiate

STATO AUTOMA

PENDENZA IN BANCA

FOSSOLO solo FATESA SP CAMPO

TARGET PORT [m3] 0 --> 0

TARGET STEP IMPIANTO 0 --> 0

T. Attesa max: 0% 073 min

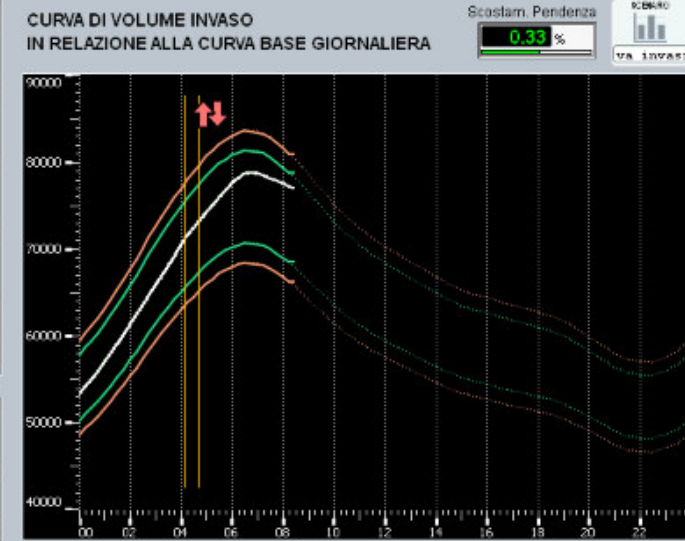
T. Attesa max: 0% 070 min

T. Attesa: 0% 070 min

1: INVIO MI MANOVRA, 2: BIVIO CMD SP PORTATA, 3: ATTESA SP CAMPO, 4: BIVIO CMD IMPOSTAZ. STEP CAMPO, 5: ATTESA, 6: FINE MANOVRA

Altre Gestioni

-
-
-
-
-
-
-



DASHBOARD AUTOMAZIONE SISTEMA PRIMARIO

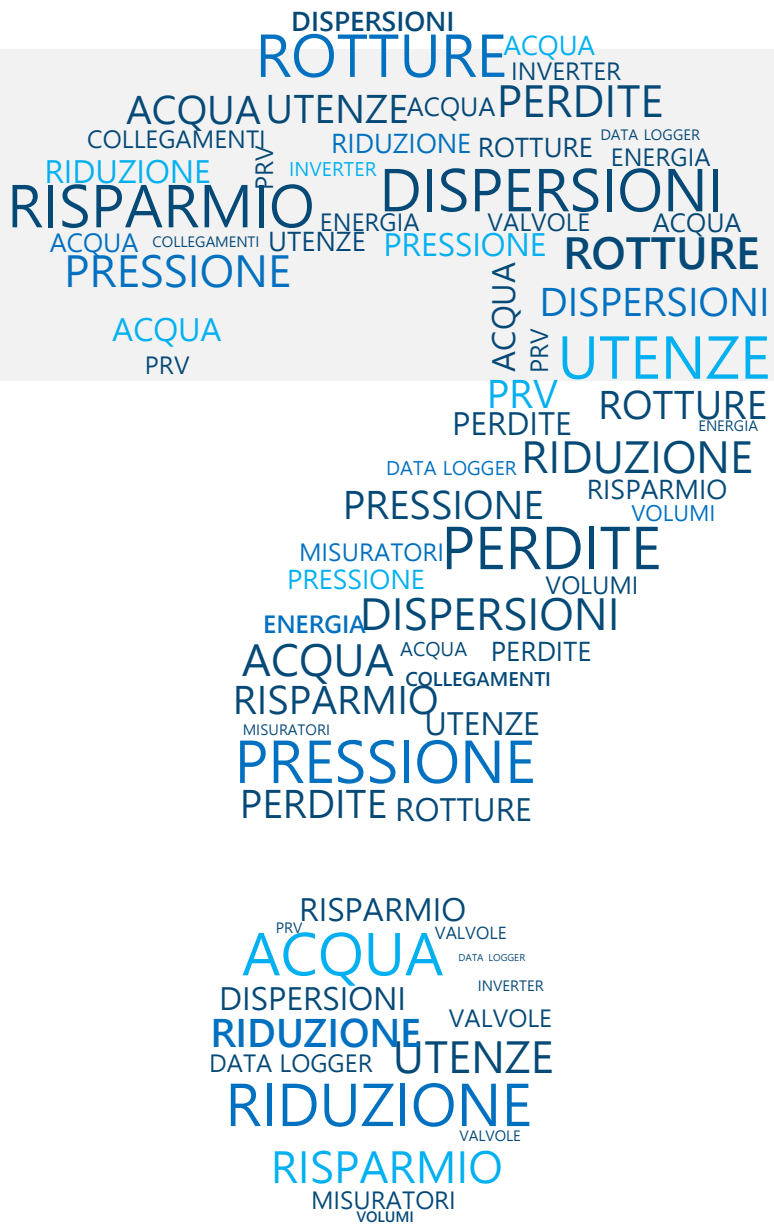
- TOT COMANDI MANUALI POST AUTOMAZIONE : 1.019/ANNO (-93,7%)
- TOT COMANDI AUTOMATICI POST AUTOMAZIONE: 13.263/ANNO
- TOT COMANDI POST AUTOMAZIONE: 14.282 (-11,7%)
- ENPI KWH/MC: - 2%
- CONSUMO ENERGETICO: -700.000 KWH/ANNO = 130 TEP

TAG COINVOLTI

380

DI CUI:

- 40 *ANALOGICI*
- 300 *DIGITALI IN INGRESSO*
- 40 *DIGITALI IN USCITA*



PERCHÉ SI ROMPONO I TUBI?



EFFETTO DEI
CARICHI
STRADALI SULLE
TUBAZIONI



PROVE DI CAMPO





Transito di autobus



Transito mezzi raccolta RSU



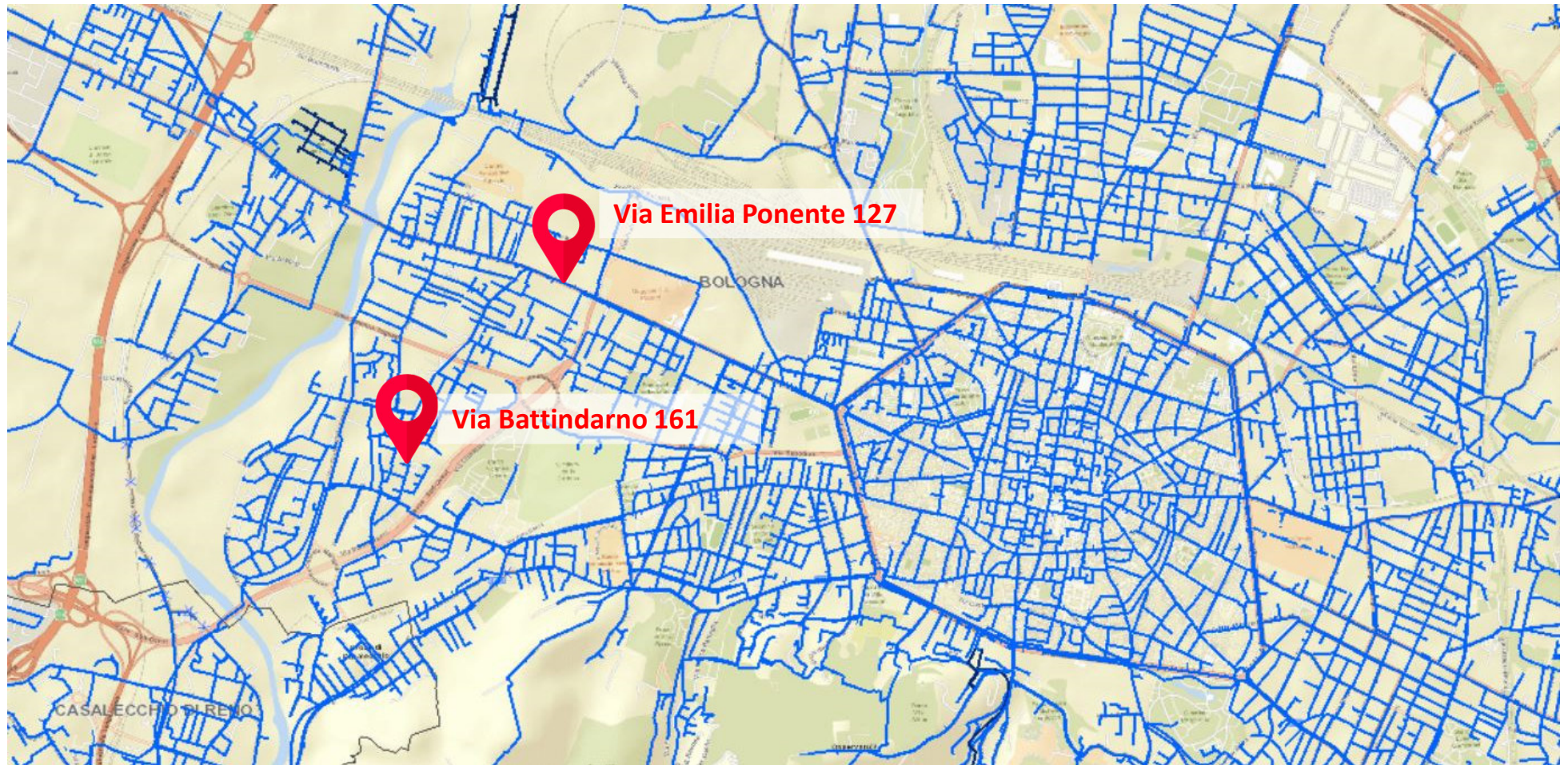
Le attività svolte in corrispondenza della superficie stradale possono generare sollecitazioni tali da causare danni alla tubazione?

Cosa abbiamo fatto?



Misura delle vibrazioni indotte dai carichi stradali in due tratti di tubazione interrata

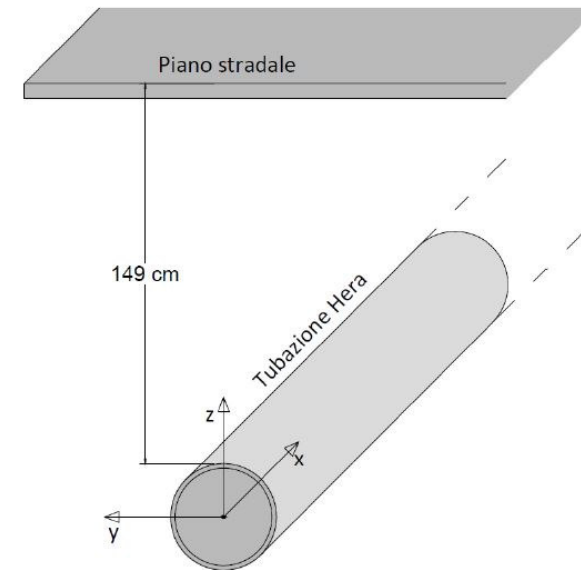
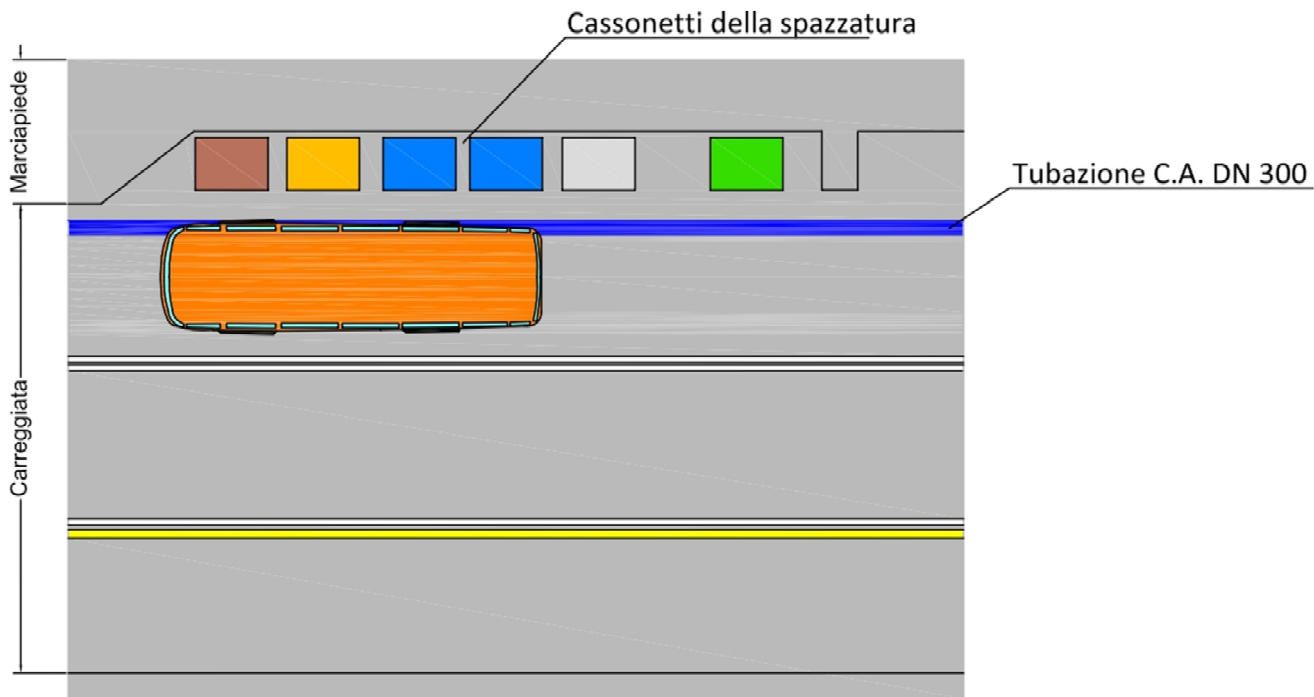
Tratti di rete oggetto di prove di misura di vibrazioni



POSIZIONE DELLA TUBATURA E SCHEMA DEL SISTEMA DI RIFERIMENTO ADOTTATO

VIA EMILIA PONENTE 127

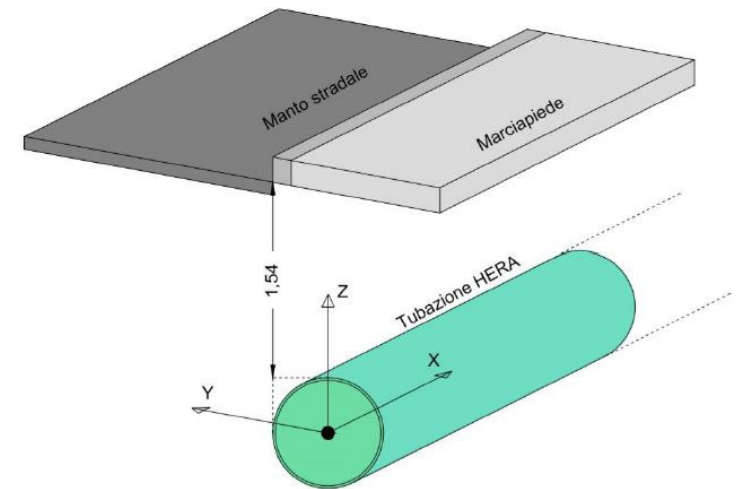
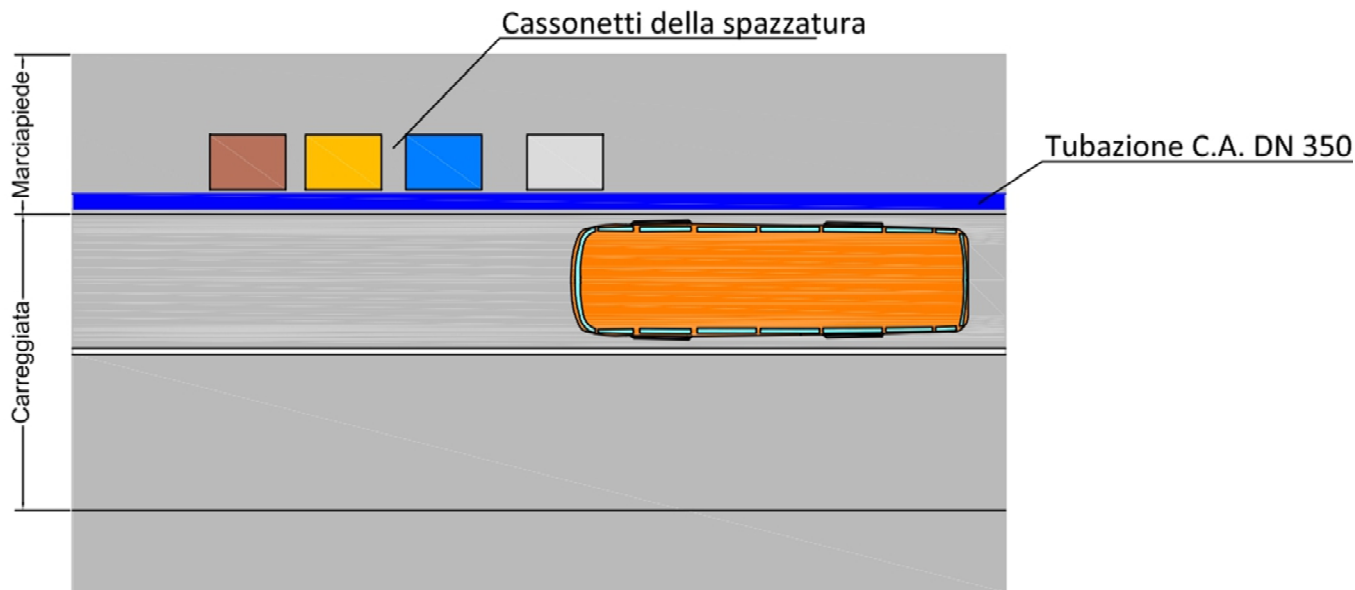
CONDOTTA DN300



I rilievi di vibrazione sono stati svolti contemporaneamente sui tre assi di riferimento Z, Y, e X

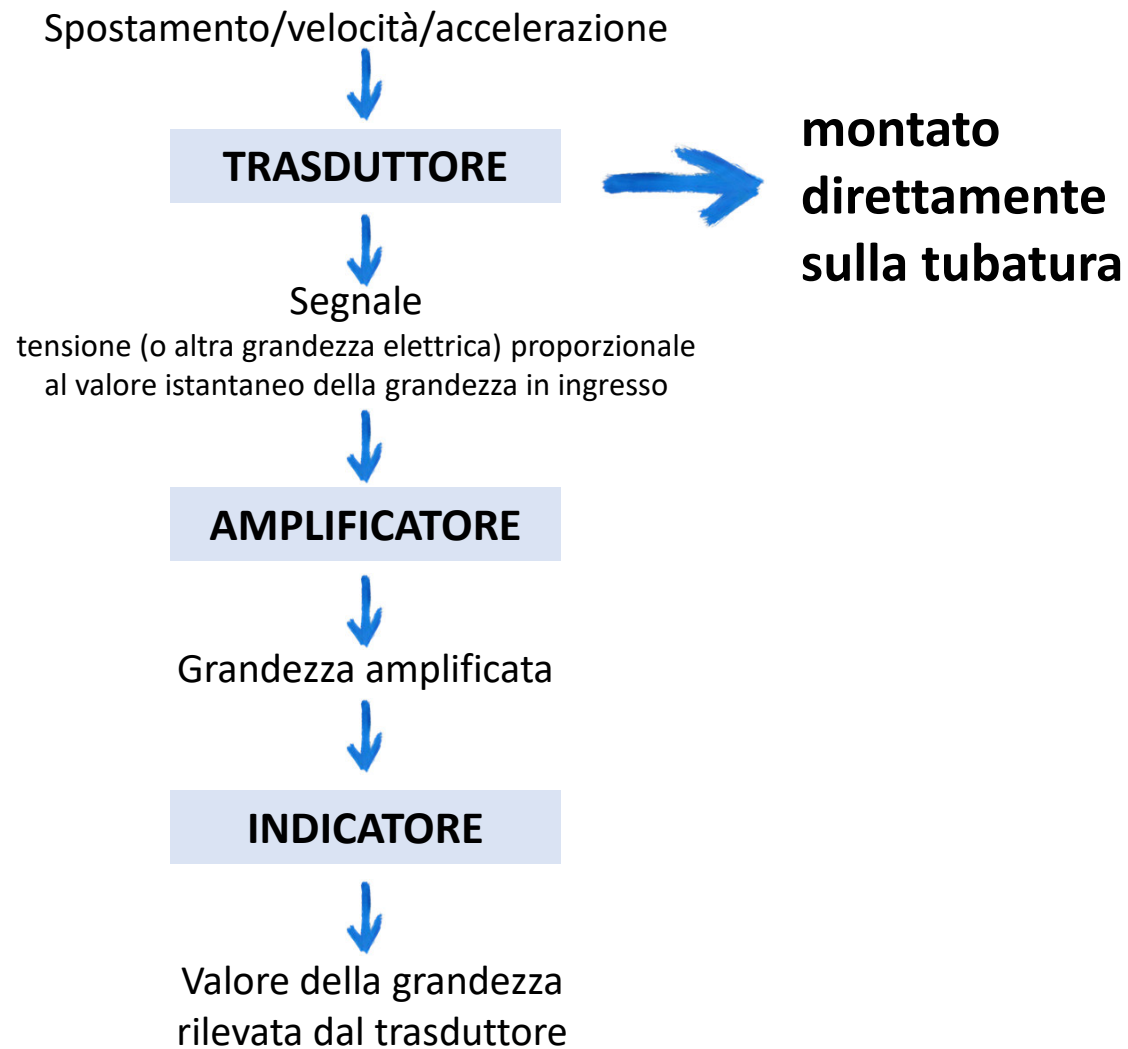
POSIZIONE DELLA TUBATURA E SCHEMA DEL SISTEMA DI RIFERIMENTO ADOTTATO

VIA BATTINDARNO 161 DN 350



I rilievi di vibrazione sono stati svolti contemporaneamente sui tre assi di riferimento Z, Y, e X

Come si misura una vibrazione?



INDAGINI SVOLTE

- 1.** Definizione delle attività di cantiere necessarie per consentire il posizionamento del laboratorio mobile e quello della sonda e dei cavi relativi



- 2.** Scavo e collocazione del pozzetto

INDAGINI SVOLTE

3. Protezione della sonda e posizionamento sulla superficie del tubo all'interno del pozzetto



4. Collegamento della sonda al laboratorio mobile dove sono azionati gli strumenti di misura

5. Chiusura del pozzetto, riempimento dello scavo e ricostruzione del manto superiore di asfalto



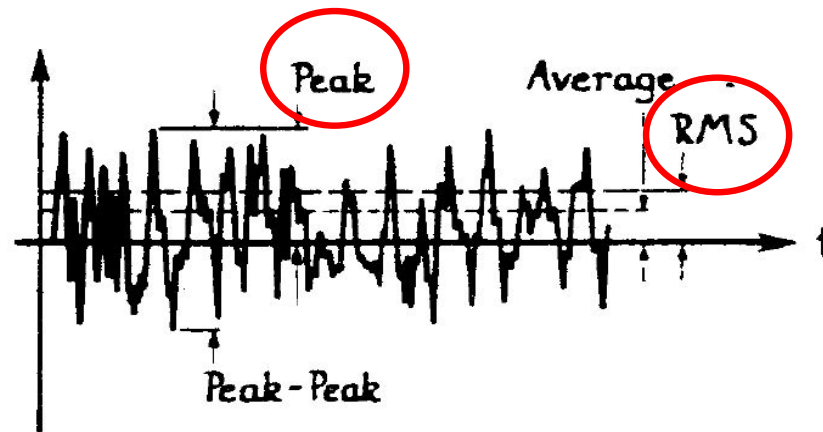
INDAGINI SVOLTE

6. Avvio della misurazione dal laboratorio mobile



7. Installazione di una telecamera per rilevare i transiti in corrispondenza del sito

I PARAMETRI MISURATI



Root Mean Square

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt}$$

Valore medio efficace: è la misura più significativa di ampiezza perché tiene in considerazione la storia del segnale

Valore di picco

$$\text{Peak} = \max[x(t)]$$

Norma DIN 4150-3 - Vibrazioni nelle costruzioni

Parte 3: effetti sui manufatti

Valori limite di riferimento per la velocità di oscillazione
(valore di picco) nel caso specifico delle condutture interrate

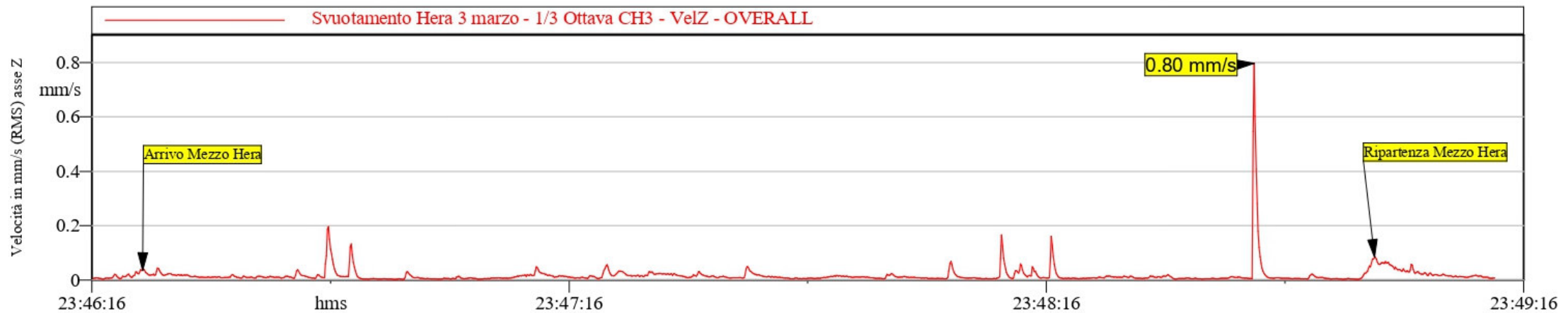
Riga	Materiali componenti le tubazioni	Valori di riferimento per velocità di oscillazione v_i in mm/s sulle tubazioni
1	Acciaio, saldato	100
2	Gres, calcestruzzo, calcestruzzo armato, metallo con o senza flangia	80
3	Muratura, plastica	50

MISURAZIONI EFFETTUATE - CASSONETTI

MISURA IN CONTINUO PER 3 GIORNI

ESTRAZIONE DEGLI EVENTI PIÙ SIGNIFICATIVI
(in grado di produrre sulla tubazione i valori più elevati di vibrazione)

CLASSIFICAZIONE
degli eventi significativi e confronto con le
registrazioni ottenute da telecamera installata



CONFRONTO VIBRAZIONI SVUOTAMENTO CASSONETTI RISPETTO VALORI LIMITE NORMA

Valori limite di riferimento per la velocità di oscillazione di picco nel caso specifico delle condutture interrate (norma DIN 4150-3)

Riga	Materiali componenti le tubazioni	Valori di riferimento per velocità di oscillazione v_i in mm/s sulle tubazioni
1	Acciaio, saldato	100
2	Gres, calcestruzzo, calcestruzzo armato, metallo con o senza flangia	80
3	Muratura, plastica	50

VIA EMILIA PONENTE

Periodo di riferimento	Tipologia evento	Valore massimo RMS asse Z [mm/s]	Valore massimo RMS asse Y [mm/s]	Picco massimo asse Z [mm/s]	Picco massimo asse Y [mm/s]
Dalle ore 23:46 alle ore 23:49 del 3 marzo	Svuotamento Cassonetti	0,80	0,88	3,98	4,51
Dalle ore 23:39 alle ore 23:41 del 4 marzo	Svuotamento Cassonetti	0,56	0,49	3,18	2,49
Dalle ore 23:44 alle ore 23:46 del 5 marzo	Svuotamento Cassonetti	0,25	0,38	1,07	1,90

Valori delle vibrazioni prodotti dalla attività di svuotamento dei cassonetti

<<

Valori soglia massimi in norma DIN 4150

ATTENZIONE.....

livelli di vibrazione prodotti
dalle attività di svuotamento
dei cassonetti

<<

valori di soglia massimi
indicati all'interno della
norma DIN 4150

MA..



**VALORI DI PICCO ELEVATI RISPETTO AI VALORI RMS
TIPICI DI FENOMENI A CARATTERE IMPULSIVO**
(urti ed impatti di masse piuttosto elevate)

**NEL NOSTRO
CASO CIRCA 5
VOLTE
MAGGIORI**

Questi fenomeni potrebbero causare *micro fessurazioni* sulla tubazione interrata, che allargandosi nel tempo potrebbero alla creazione di *lesioni più estese*, fino alla *rottura* della condotta

GRAZIE PER L'ATTENZIONE