

CUP: E32G11000200005

FSC 2014-2020 "Patto per lo sviluppo della Regione Puglia"

PROGETTO DEFINITIVO

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELL'ACQUEDOTTO DEL
LOCONE - II LOTTO - DAL TORRINO DI BARLETTA AL
SERBATOIO DI BARI-MODUGNO

Il Responsabile del Procedimento

ing. Massimo Pellegrini

PROGETTAZIONE

Progettisti

ing. Michelangelo GUASTAMACCHIA (Responsabile del progetto)

ing. Tommaso DI LERNIA

ing. Rosario ESPOSITO

ing. M. Alessandro SALIOLA

geom. Pietro SIMONE

geom. Giuseppe VALENTINO

Il Responsabile Ingegneria di Progettazione

ing. Massimo PELLEGRINI



acquedotto
pugliese
l'acqua, bene comune

Direzione Ingegneria

Il Direttore

ing. Andrea VOLPE

Elaborato

D.4

Relazione di calcolo idraulico

Codice Intervento P1063

Codice SAP: 21/10993

Prot. N. 0093292

Data 25/11/2019

N. Rev.	Data	Descrizione	Disegnato	Controllato	Approvato
00	NOV.2019	Emesso per PROGETTO DEFINITIVO	/	/	/

INDICE

1. PREMESSE	3
2. PREVISIONI DEMOGRAFICHE	4
2.1. GENERALITA'	4
2.2. METODOLOGIA DI CALCOLO DEL PIANO D' AMBITO 2002.....	4
2.3. VERIFICA DEI DATI DEL PIANO D' AMBITO 2002	5
2.4. POPOLAZIONE TURISTICA	10
3. DOTAZIONE IDRICA	12
3.1. DOTAZIONE IDRICA DELLA POPOLAZIONE RESIDENTE DA PIANO2009	12
3.2. DOTAZIONI ATTUALI	12
4. STIMA DELLE PERDITE	14
5. COEFFICIENTE DI PUNTA	15
6. PORTATA MEDIA ANNUA AL NETTO DELLE PERDITE	18
7. PORTATA MEDIA ANNUA AL LORDO DELLE PERDITE	19
8. PORTATA MEDIA NEL GIORNO DI MASSIMO CONSUMO.....	20
9. IPOTESI DI FUNZIONAMENTO DELLO SCHEMA IDRAULICO.....	21
9.1. TORRINO DI DISCONNESSIONE IDRAULICA DI MOLFETTA	24
10. VERIFICA IDRAULICA.....	25
10.1. ADDUTTORE PRINCIPALE DA TORRINO DI BARLETTA A SERBATOIO DI BARI-MODUGNO (SCENARIO 1)	25
10.2. DIAMETRO E QUOTA DEL CALICE DI ARRIVO NEL TORRINO DI MOLFETTA (SCENARIO 1) 37	
10.3. DIRAMAZIONI DA ADDUTTORE PRINCIPALE (SCENARIO 1).....	37
10.3.1. Diramazione di Trani.....	39
10.3.2. Diramazione di Bisceglie.....	42
10.3.3. Diramazione di Molfetta	45
10.3.4. Diramazione di Giovinazzo.....	51
10.3.5. Diramazione di Palese S. Spirito	54
10.4. ADDUTTORE PRINCIPALE DA TORRINO DI BARLETTA A SERBATOIO DI BARI-MODUGNO (SCENARIO 2)	57
10.4.1. Diramazione di Trani.....	62
11. VERIFICA IDRAULICA A TUBI NUOVI.....	64
11.1. ADDUTTORE PRINCIPALE DA TORRINO DI BARLETTA A SERBATOIO DI BARI-MODUGNO (SCENARIO 1)	64
11.1.1. Diramazione di Trani.....	68
11.1.2. Diramazione di Bisceglie.....	72
11.1.3. Diramazione di Molfetta	75
11.1.4. Diramazione di Giovinazzo.....	81
11.1.5. Diramazione di Palese S. Spirito	84

11.2.	ADDUTTORE PRINCIPALE DA TORRINO DI BARLETTA A SERBATOIO DI BARI-MODUGNO (SCENARIO 2)	87
12.	DIMENSIONAMENTO MISURATORI DI PORTATA	88
13.	DIMENSIONAMENTO SFIATI	92

1. PREMESSE

Per la valutazione dei fabbisogni idrico - potabili necessari al dimensionamento delle opere previste nel progetto in argomento si è fatto riferimento:

- al Piano d'Ambito (di seguito indicato come Piano₂₀₀₂) approvato con decreto commissariale n. 294 del 30 settembre 2002;
- al documento di rimodulazione del Piano d'Ambito (di seguito indicato come Piano₂₀₀₉) approvato dall'assemblea dell'ATO Puglia (ora diventato AIP) in data 27 ottobre 2009, che ha aggiornato e sostituito il suddetto Piano₂₀₀₂.

2. PREVISIONI DEMOGRAFICHE

2.1. GENERALITA'

Nel capitolo II, e nella relativa appendice, del Piano₂₀₀₂ sono riportati i dati demografici di tutti i comuni della Puglia relativi all'orizzonte temporale 2032 suddivisi per:

- Popolazione residente;
- Popolazione fluttuante giornaliera o non stanziale;
- Popolazione fluttuante turistica stagionale.

Poiché nel successivo Piano₂₀₀₉ le dotazioni idriche nette assunte, assorbono anche le migrazioni della popolazione fluttuante (giornaliera e stagionale), per la stima dei futuri fabbisogni idropotabili dei popolosi abitati situati lungo la costa occidentale della Puglia centrale, si è fatto riferimento alla sola **popolazione residente** per la cui previsione si è presa in considerazione l'appendice al cap. II del Piano₂₀₀₂.

In merito alla stima della popolazione delle frazioni di Palese e Santo Spirito si è invece fatto riferimento all'allegato 2 del Piano₂₀₀₉: "*Fabbisogno delle marine*".

2.2. METODOLOGIA DI CALCOLO DEL PIANO D'AMBITO 2002

Per la previsione della popolazione residente dei 258 comuni della Puglia all'orizzonte temporale 2032, il Piano₂₀₀₂ ha considerato l'andamento dell'evoluzione demografica relativo al periodo 1991-1998, in quanto "*maggiormente significativo ai fini della determinazione del futuro sviluppo demografico*".

Il metodo di previsione adottato dal Piano₂₀₀₂ prende in esame, relativamente all'arco temporale considerato, l'evoluzione della popolazione derivando analiticamente una stima, a livello comunale, della popolazione.

A tale scopo sono stati calcolati, per ogni comune e per anno, i tassi di crescita ipotizzando valida la legge dell'interesse composto espressa nella forma:

$$P_{A1} = P_{A0} [1 + t]^{\alpha(A1 - A0)}$$

con:

P_{A1} = popolazione calcolata all'anno A_1 ;

P_{A0} = popolazione di riferimento assunta a base del calcolo;

α = tasso di crescita ammesso costante nell'intervallo di tempo ($A_1 - A_0$)

Valutato, per ogni abitato, il valore del tasso annuale, il Piano₂₀₀₂ ha adottato delle procedure differenti a seconda che esso mostri un valore positivo (popolazione in crescita) o negativo (popolazione in contrazione).

Tenendo conto principalmente delle tendenze delle componenti demografiche, e contestualmente delle previsioni di medio termine in tema di sviluppo economico ed occupazione della regione, si è ipotizzato per il futuro un rallentamento del ritmo di incremento di popolazione per i comuni che presentano tasso positivo, ipotizzando una sua riduzione annuale del 5%, mentre per i comuni caratterizzati da tassi negativi si è ipotizzato un contenimento del ritmo di decremento adottando una riduzione del 5% del tasso, sempre su base annua.

In merito agli abitati interessati dall'acquedotto del Locone, il Piano₂₀₀₂ riporta le seguenti previsioni demografiche:

	Barletta	Trani	Bisceglie	Molfetta	Giovinazzo	Bari
Popolazione residente (ab.)	96.593	60.639	58.527	58.620	20.920	311.805

2.3. VERIFICA DEI DATI DEL PIANO D'AMBITO 2002

Come è noto, è prassi comune dimensionare gli acquedotti con riferimento a portate corrispondenti al termine di una vita utile di 30 ÷ 50 anni.

Pertanto l'orizzonte temporale 2032, individuato dal Piano₂₀₀₂, risulterebbe inadeguato per una corretta progettazione.

Come già accennato nel precedente paragrafo, il Piano₂₀₀₂, per la stima della futura popolazione residente, ha fatto riferimento al solo periodo 1991-1998.

In detto periodo, secondo i dati ISTAT, la popolazione pugliese è cresciuta di circa l'1%.

Nella previsione dello sviluppo demografico allo scenario 2032 ne è risultato aumento della popolazione pugliese di circa il 3% (in circa 30 anni).

Con il Piano₂₀₀₉ si è provveduto all'aggiornamento dell'analisi demografica sviluppata nel precedente Piano₂₀₀₂, alla luce dei dati demografici ISTAT 2003-2008.

Da tali dati più recenti, si è potuto evincere una crescita della popolazione pugliese con un tasso medio dello 0,23%.

Dalla previsione dello sviluppo demografico del Piano₂₀₀₉, effettuato nel periodo 2009-2018, è scaturita, a partire dal 2011, una flessione del futuro incremento demografico.

Mettendo a confronto i dati ottenuti dagli studi demografici dei due piani, si è potuto constatare che la popolazione pugliese stimata al 2018, è passata da 4.183.834 abitanti a 4.031.809, con un decremento di circa il 4%.

Sulla scorta di quanto sopra, la popolazione pugliese residente riportata nel Piano₂₀₀₂, con riferimento all'orizzonte temporale 2032, risulta sovrastimata.

Al fine di poter utilizzare ancora ai fini progettuali i dati del Piano₂₀₀₂, si è provveduto a verificarli rispetto ad un più idoneo scenario futuro.

L'orizzonte temporale prescelto è stato il 2050 poiché garantisce una vita utile di esercizio di almeno 35 anni.

Per la verifica si è utilizzata il modello matematico noto come curva di crescita logistica espresso nella seguente forma:

$$P(t) = \frac{C}{1 + Ae^{-bt}}$$

Tale relazione, rispetto alla più nota formula dell'interesse composto, presenta il vantaggio di limitare l'incremento demografico che altrimenti, specialmente per valori alti del tempo t , risulterebbe eccessivo e non realistico.

Infatti tale formula esprime un modello di sviluppo demografico che tiene in considerazione i diversi fattori che normalmente limitano la crescita demografica quali i fattori ambientali, le migrazioni, ecc.

Per la determinazione delle costanti C , A e b della curva logistica si è utilizzato il metodo dell'asintoto inferiore nullo con tre valori dei valori di P (P_0 , P_1 , P_2) opportunamente scelti tra la popolazione censita e corrispondenti ad intervalli di tempo uguali: $(t_1 - t_0) = (t_2 - t_1)$.

Come è noto, detto procedimento è applicabile alle terne di valori delle popolazioni censite che soddisfano la condizione:

$$\sqrt{P_0 P_2} < \sqrt{P_1}$$

Le 3 equazioni risoltrici del problema sono:

$$e^{-b} = \frac{P_0(P_2 - P_1)}{P_2(P_1 - P_0)}$$

$$C = \frac{P_0 P_1 (1 - e^{-b})}{(P_0 - P_1 e^{-b})}$$

$$A = \frac{C}{P_0} - 1$$

E' stato inoltre valutato anche l'andamento demografico degli abitati con riferimento specifico al periodo 1981-2011 il quale risulta il più significativo ai fine della valutazione del trend di crescita della popolazione residente.

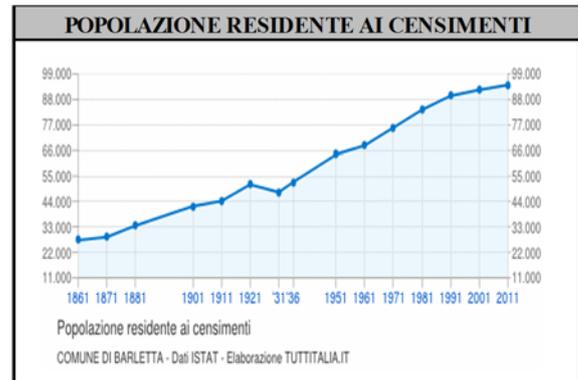
Da questo esame è risultato un trend di crescita positivo per gli abitati di Barletta, Bisceglie, Trani mentre negativo per Bari, Giovinazzo e Molfetta.

Gli esiti delle verifiche sono qui di seguito riportati.

PROVINCIA DI BAT	
COMUNE DI: BARLETTA	
Popolazione residente censimento 2011 (ab.)	94.239

PROIEZIONI DEMOGRAFICHE		
EQUAZIONE DI RIFERIMENTO $P(t) = \frac{C}{1 + Ae^{-bt}}$	C	103.523
	b	0,23
	A	0,16
	t(2050)	5,90

Popolazione residente 2050 (ab.)	99.538
Popolazione residente 2032 (ab.) (PdA 2001)	96.593

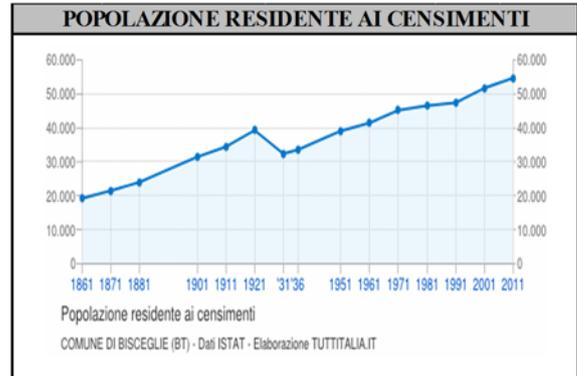


DATI ANAGRAFICI	
ANNO	POPOLAZIONE
1991	89.527
2001	92.094
2011	94.239

PROVINCIA DI BAT	
COMUNE DI: BISCEGLIE	
Popolazione residente censimento 2011 (ab.)	54.678

PROIEZIONI DEMOGRAFICHE		
EQUAZIONE DI RIFERIMENTO $P(t) = \frac{C}{1 + Ae^{-bt}}$	C	59.705
	b	0,52
	A	0,26
	t(2050)	5,90

Popolazione residente 2050 (ab.)	58.987
Popolazione residente 2032 (ab.) (PdA 2001)	58.527

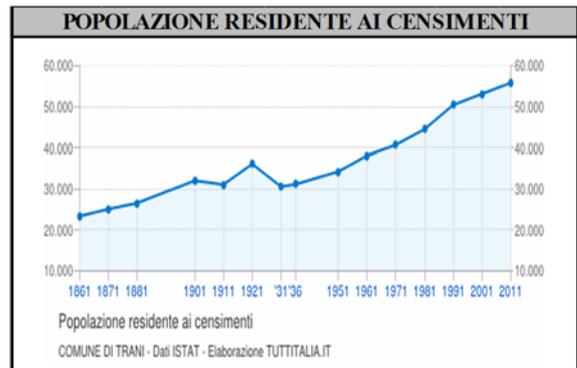


DATI ANAGRAFICI	
ANNO	POPOLAZIONE
1991	47.407
2001	51.718
2011	54.678

PROVINCIA DI BAT	
COMUNE DI: TRANI	
Popolazione residente censimento 2011 (ab.)	55.842

PROIEZIONI DEMOGRAFICHE		
EQUAZIONE DI RIFERIMENTO $P(t) = \frac{C}{1 + Ae^{-bt}}$	C	103.710
	b	0,10
	A	1,06
	t(2050)	5,90

Popolazione residente 2050 (ab.)	66.050
Popolazione residente 2032 (ab.) (PdA 2001)	60.639

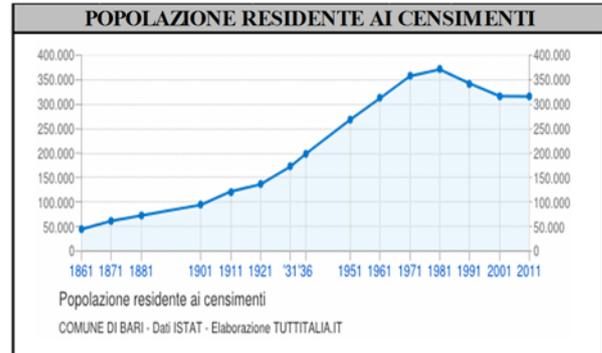


DATI ANAGRAFICI	
ANNO	POPOLAZIONE
1991	50.429
2001	53.139
2011	55.842

PROVINCIA DI BARI	
COMUNE DI: BARI	
Popolazione residente censimento 2011 (ab.)	315.933

PROIEZIONI DEMOGRAFICHE		
EQUAZIONE DI RIFERIMENTO	C	315.918
$P(t) = \frac{C}{1 + Ae^{-bt}}$	b	3,68
	A	-0,08
	t(2050)	5,90

Popolazione residente 2050 (ab.)	315.918
Popolazione residente 2032 (ab.) (PdA 2001)	311.805

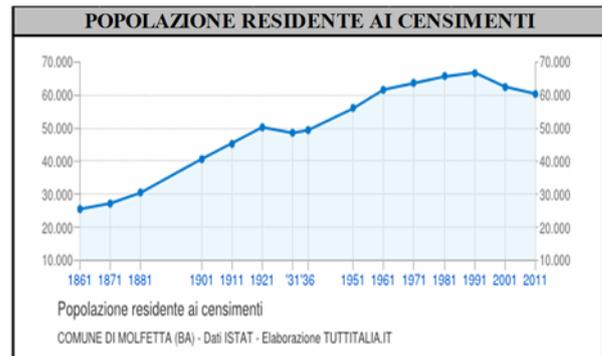


DATI ANAGRAFICI	
ANNO	POPOLAZIONE
1991	342.309
2001	316.532
2011	315.933

PROVINCIA DI BARI	
COMUNE DI: MOLFETTA	
Popolazione residente censimento 2011 (ab.)	60.433

PROIEZIONI DEMOGRAFICHE		
EQUAZIONE DI RIFERIMENTO	C	58.088
$P(t) = \frac{C}{1 + Ae^{-bt}}$	b	0,61
	A	-0,13
	t(2050)	5,90

Popolazione residente 2050 (ab.)	58.299
Popolazione residente 2032 (ab.) (PdA 2001)	58.620

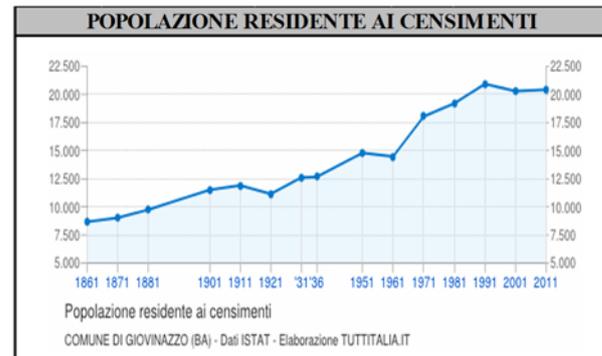


DATI ANAGRAFICI	
ANNO	POPOLAZIONE
1991	66.839
2001	62.546
2011	60.433

PROVINCIA DI BARI	
COMUNE DI: GIOVINAZZO	
Popolazione residente censimento 2011 (ab.)	20.433

PROIEZIONI DEMOGRAFICHE		
EQUAZIONE DI RIFERIMENTO	C	20.533
$P(t) = \frac{C}{1 + Ae^{-bt}}$	b	1,80
	A	0,42
	t(2050)	4,45

Popolazione residente 2050 (ab.)	20.530
Popolazione residente 2032 (ab.) (PdA 2001)	20.920



DATI ANAGRAFICI	
ANNO	POPOLAZIONE
1961	14.478
1981	19.202
2001	20.300

	Barletta	Trani	Bisceglie	Molfetta	Giovinazzo	Bari
P ₂₀₁₁ (ab.)	94.239	55.842	54.678	60.433	20.433	315.933
P ₂₀₃₂ (Piano 2009) (ab.)	96.593	60.639	58.527	58.620	20.920	311.805
P ₂₀₅₀ (ab.)	99.538	66.050	58.987	58.299	20.530	315.918
Scarto	3%	9%	1%	-1%	-2%	1%

Dai dati riportati nella tabella riassuntiva risulta che lo scarto tra il valore stimato dal Piano₂₀₀₂ con riferimento all'orizzonte temporale 2032 differisce di poco rispetto a quello ottenuto con la curva logistica con riferimento allo scenario futuro 2050, pertanto si può ritenere attendibile per il dimensionamento delle opere fare ancora riferimento al dato Piano₂₀₀₂.

2.4. POPOLAZIONE TURISTICA

L'allegato 2 al Piano₂₀₀₉ "fabbisogno delle marine" individua la popolazione per ciascun insediamento turistico della Puglia con riferimento all'orizzonte temporale 2032.

La popolazione turistica totale afferente le diverse marine è stata suddivisa in due categorie.

- *popolazione turistica stanziale* ovvero la quota parte di popolazione residente nel comune di appartenenza della marina che durante il periodo estivo si trasferisce nelle marine;
- *popolazione turistica* ovvero il numero di turisti che si insediano nelle strutture ricettive di ogni singola marina (villaggi turistici, alberghi ostelli, ecc.).

La stima delle caratteristiche demografiche di ciascuna marina è stata condotta partendo dagli studi di fattibilità sui fabbisogni idropotabili e fognari - depurativi delle stesse redatti da AQP, che analizza per ciascuna di esse le seguenti grandezze rappresentative:

- abitazioni presenti sul territorio costiero in oggetto e normalmente destinate ad uso vacanza. Tali unità abitative sono associate alla popolazione turistica stanziale;
- *Popolazione turistica stanziale* ovvero la popolazione associata alle abitazioni e alle strutture non turistiche presenti nell'insediamento costiero;
- *Popolazione turistica nelle strutture ricettive riferita* alle strutture turistiche quali alberghi, villaggi, alloggi agrituristici e campeggi.

I dati associati alle grandezze definite in precedenza sono stati successivamente elaborati a partire da:

- ISTAT “*Abitazione occupate da residenti, altre abitazione, altri tipi di alloggio occupati da residenti per comune, Anno 2001 – 14° censimento della popolazione e delle abitazioni*”;
- Assessorato Turismo e dell'Industria Alberghiera – regione Puglia “*Posti letto strutture ricettive – Anno 2004*”;
- APT Province Puglia – Dati sul movimento clienti 2002-2003;
- Ortofoto Regione Puglia – Fonte APAT – Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio.

Tra gli insediamenti turistici costieri del comune di Bari sono comprese le frazioni di Palese e Santo Spirito.

	Pop. turistica stanziale (ab.)	Pop. turistica strutture ricettive (ab.)	Pop. turistica totale (ab.)
Palese	24.000	63	24.063
Santo Spirito	20.000	53	20.053

Visto le modalità utilizzate per la stima della popolazione turistica delle marine tale dato della popolazione può essere considerato attendibile anche con riferimento all'anno 2050.

Nelle verifiche idrauliche il contributo relativo della popolazione turistica è stata considerato nell'ipotesi cautelativa che nel periodo estivo vi sia il completo utilizzo della potenzialità delle strutture ricettive turistiche delle frazioni di Palese e Santo Spirito.

3. DOTAZIONE IDRICA

3.1. DOTAZIONE IDRICA DELLA POPOLAZIONE RESIDENTE DA PIANO₂₀₀₉

Per gli standard di consumo relativi alla popolazione residente in $l/ab \times d$, come già proposto inizialmente dal Piano₂₀₀₂, il Piano₂₀₀₉ fa riferimento a dotazioni fissate in base alle classi di ampiezza demografica degli abitati da servire.

Qui di seguito sono riportate le dotazioni idriche proposte in ultimo dal Piano₂₀₀₉ al netto delle perdite.

	2008	2018
Classi demografiche	Dotazioni idriche $l/ab \times g$	
pop ≤ 2.000	145	145
2.000 < pop < 20.000	145	150
20.000 < pop < 50.000	150	160
50.000 < pop < 100.000	170	190
100.000 < pop < 250.000	200	200
pop > 250.000	200	220

Sulla scorta di tale tabella risulterebbero le seguenti dotazioni idriche:

	Barletta	Trani	Bisceglie	Molfetta	Giovinazzo	Bari
Popolazione 2.050 (ab.)	96.593	60.639	58.527	58.620	20.920	311.805
Dotazione idrica ($l/ab \times d$)	190	190	190	190	160	220

In merito alla dotazione idrica delle frazioni di Palese e Santo Spirito si considererà una dotazione idrica pari a $160 l/ab \times d$ considerando le ex frazioni di Palese e Santo Spirito come un unico abitato.

3.2. DOTAZIONI ATTUALI

Per la determinazione delle attuali dotazioni idriche degli abitati che verranno serviti dall'acquedotto del Locone sono stati esaminati i dati riportati sui bilanci idrici AQP per gli anni 2013 e 2014.

Per i valori delle popolazioni residenti si è fatto riferimento al dato ISTAT rilevati al 31 dicembre di detti anni.

2014	Volume fatturato (mc/anno)	Popolazione residente (ab.)	Dotazione netta d_n (l/ab*d)
Barletta	4.827.796	94.971	139
Trani	3.340.679	56.221	163
Bisceglie	3.416.691	55.517	169
Molfetta	3.635.604	60.058	166
Giovinazzo	1.154.510	20.575	154
Bari	21.913.407	327.361	183

2013	Volume fatturato (mc/anno)	Popolazione residente (ab.)	Dotazione netta d_n (l/ab*d)
Barletta	5.115.191	94.903	148
Trani	3.617.809	55.680	178
Bisceglie	3.606.079	55.424	178
Molfetta	3.599.413	60.397	163
Giovinazzo	1.182.963	20.573	158
Bari	22.852.180	322.751	194

Tali valori della dotazione idrica risultano compatibili con quelli riportati nel paragrafo precedente.
In merito alla tipologia di consumi risulta quanto segue:

2013 -2014	uso domestico	uso commerciale	uso industriale	uso pubblico	altri usi
Barletta	89%	5%	2%	4%	0%
Trani	84%	5%	1%	9%	1%
Bisceglie	78%	8%	3%	11%	0%
Molfetta	74%	6%	11%	6%	3%
Giovinazzo	85%	8%	3%	4%	0%
Bari	73%	9%	5%	12%	1%

4. STIMA DELLE PERDITE

Per la valutazione delle attuali perdite nelle reti di distribuzione degli abitati che verranno serviti dall'acquedotto del Locone si è fatto riferimento ai dati riportati sui bilanci idrici AQP per gli anni 2013 e 2014 che ha portato ai seguenti coefficienti di perdita:

2014	Volume lordo (mc)	Volume fatturato (mc)	perdite totali	perdite in rete	altre perdite
Barletta	7.978.293	4.827.796	39%	36%	3%
Trani	5.466.450	3.340.679	39%	35%	4%
Bisceglie	5.871.057	3.416.691	42%	39%	3%
Molfetta	8.755.655	3.635.604	58%	56%	2%
Giovinazzo	2.968.799	1.154.510	61%	59%	2%
Bari	45.183.519	21.913.407	52%	49%	3%
2013	Volume lordo (mc)	Volume fatturato (mc)	perdite totali	perdite in rete	altre perdite
Barletta	8.798.243	5.115.191	42%	39%	3%
Trani	5.661.730	3.617.809	36%	32%	4%
Bisceglie	6.000.795	3.606.079	40%	37%	3%
Molfetta	8.596.016	3.599.413	58%	56%	2%
Giovinazzo	2.964.123	1.182.963	60%	58%	2%
Bari	45.695.664	22.852.180	50%	47%	3%

Come si può evincere dalle suddette tabelle le perdite in rete sono molto al di sopra del dato di letteratura.

Infatti in merito alle perdite fisiologiche nelle reti acquedottistiche Il DPCM del 4 marzo 1996 prescriveva che per la valutazione del fabbisogno le *perdite tecnicamente accettabili* nelle reti di adduzione e distribuzione non devono superare complessivamente il 20%.

Successivamente sia il piano il Piano₂₀₀₂, che con il successivo Piano ₂₀₀₉, hanno stimato tali perdite pari al 25% della dotazione netta, suddivise nel seguente modo:

- 5% nelle opere di adduzione;
- 20% nelle opere di distribuzione.

Poiché i suddetti abitati saranno oggetto di futuri interventi finalizzate alla riduzione delle perdite nelle reti di distribuzione, nella verifica idraulica si farà riferimento ad un coefficiente di perdita pari al 25%.

5. COEFFICIENTE DI PUNTA

Per la valutazione del valore della portata media nel giorno di massimo consumo derivato verso gli abitati costieri della Puglia centrale, la portata media annua deve essere moltiplicata per un coefficiente di punta giornaliero k_g .

In letteratura tecnica esistono delle tabelle che correlano k_g con la classe demografica dell'abitato che nel nostro caso assumono valori variabili da 1,2 a 1,5.

Al fine di poter tarare adeguatamente il valore del coefficiente di punta si sono esaminati i dati di consumo reali nel periodo 2012-2014.

Barletta	Q_a	Q_{max}	k_g	periodo
2012	297,00	313,30	1,05	gen-feb
2013	278,25	299,00	1,07	
2014	252,97	269,00	1,06	
Trani	Q_a	Q_{max}	k_g	periodo
2012	183,28	198,39	1,08	lug-ago
2013	179,08	192,60	1,08	
2014	173,33	191,20	1,10	
Bisceglie	Q_a	Q_{max}	k_g	periodo
2012	201,26	214,63	1,07	lug-ago
2013	189,76	204,34	1,08	
2014	186,15	196,25	1,05	
Molfetta	Q_a	Q_{max}	k_g	periodo
2012	339,17	362,28	1,07	dic-feb
2013	314,37	335,07	1,07	
2014	277,62	290,53	1,05	
Giovinazzo	Q_a	Q_{max}	k_g	periodo
2012	93,95	102,63	1,09	ago
2013	94,35	102,69	1,09	
2014	94,12	104,02	1,11	
Palese-S. Spirito	Q_a	Q_{max}	k_g	periodo
2012	103,90	117,19	1,13	lug-ago
2013	100,84	110,90	1,10	
2014	107,19	113,10	1,06	
Bari	Q_a	Q_{max}	k_g	periodo
2013	1.504,07	1.539,56	1,02	
2014	1.442,61	1.508,55	1,05	

Tali coefficienti di punta risultano compatibili con quelli teorici normalmente utilizzati per abitati di analoga densità abitativa.

Per cui a favore di sicurezza si utilizzerà per tutti i suddetti abitati un unico coefficiente di punta giornaliero pari 1,2.

6. PORTATA MEDIA ANNUA AL NETTO DELLE PERDITE

Si riportano nella seguente tabella, i valori di portata media annua al netto delle perdite.

Abitati	P (ab.)	d_n (l/ab*d)	q_n (l/d)
Barletta	96.593	190	212,42
Trani	60.639	190	133,35
Bisceglie	58.527	190	128,71
Molfetta	58.620	190	128,91
Giovinazzo	20.920	160	38,74
Bari	311.805	220	793,95
Palese-Santo Spirito	44.116	160	81,70

7. PORTATA MEDIA ANNUA AL LORDO DELLE PERDITE

Si riportano nella seguente tabella, i valori di portata media annua al lordo delle perdite.

Abitati	q_n (l/ab*d)	a	q_l (l/d)
Barletta	212,42	25%	265,53
Trani	133,35	25%	166,69
Bisceglie	128,71	25%	160,89
Molfetta	128,91	25%	161,14
Giovinazzo	38,74	25%	48,43
Bari	793,95	25%	992,44
Palese-Santo Spirito	81,70	25%	102,13

8. PORTATA MEDIA NEL GIORNO DI MASSIMO CONSUMO

Si riportano nella seguente tabella, i valori di portata media annua nel giorno di massimo consumo.

Abitati	q_l (l/d)	k_g	q_m (l/d)
Barletta	265,53	1,2	318,64
Trani	166,69	1,2	200,03
Bisceglie	160,89	1,2	193,07
Molfetta	161,14	1,2	193,37
Giovinazzo	48,43	1,2	58,12
Bari	992,44	1,2	1.190,93
Palese-Santo Spirito	102,13	1,2	122,56

9. IPOTESI DI FUNZIONAMENTO DELLO SCHEMA IDRAULICO

Per quanto attiene i regimi idraulici considerati, essi riguardano le condizioni di funzionamento previste nel presente progetto, secondo due distinti scenari:

- 1) Nell'ipotesi più gravosa che l'Acquedotto del Locone debba sostituire il vettore idrico denominato *Andria – Bari*, precisando che il suddetto vettore potrà essere risanato solo dopo l'attuazione dei corrispondenti interventi di risanamento delle reti cittadine alimentate sino ad un coefficiente di perdita pari al 25%, tenuto conto che i valori di dispersione attuale, sia fisica che amministrativa, si attestano su valori ben superiori (per l'abitato di Bari sino a circa il 50%).

Inoltre, detta configurazione sarà possibile solo a valle della realizzazione dell'intervento denominato P1064: “*Acquedotto del Fortore, Locone ed Ofanto – Opere di interconnessione – Primo Lotto: collegamento Acquedotti Ofanto – Locone in corrispondenza della vasca di Canosa*”, con il quale si prevede di convogliare da Monte Carafa la portata di 900 l/s, che si aggiunge a quella riveniente dal Serbatoio del Locone attraverso il vettore *Locone I Lotto*, pari a 650 l/s. La portata massima 1.550 l/s in uscita dalla vasca di disconnessione dei Canosa, si riduce lungo il percorso per le derivazioni verso gli abitati di Barletta, Trani, Bisceglie, Molfetta, Giovinazzo, Palese S. Spirito e Bari, secondo i fabbisogni idrico-potabili indicati.

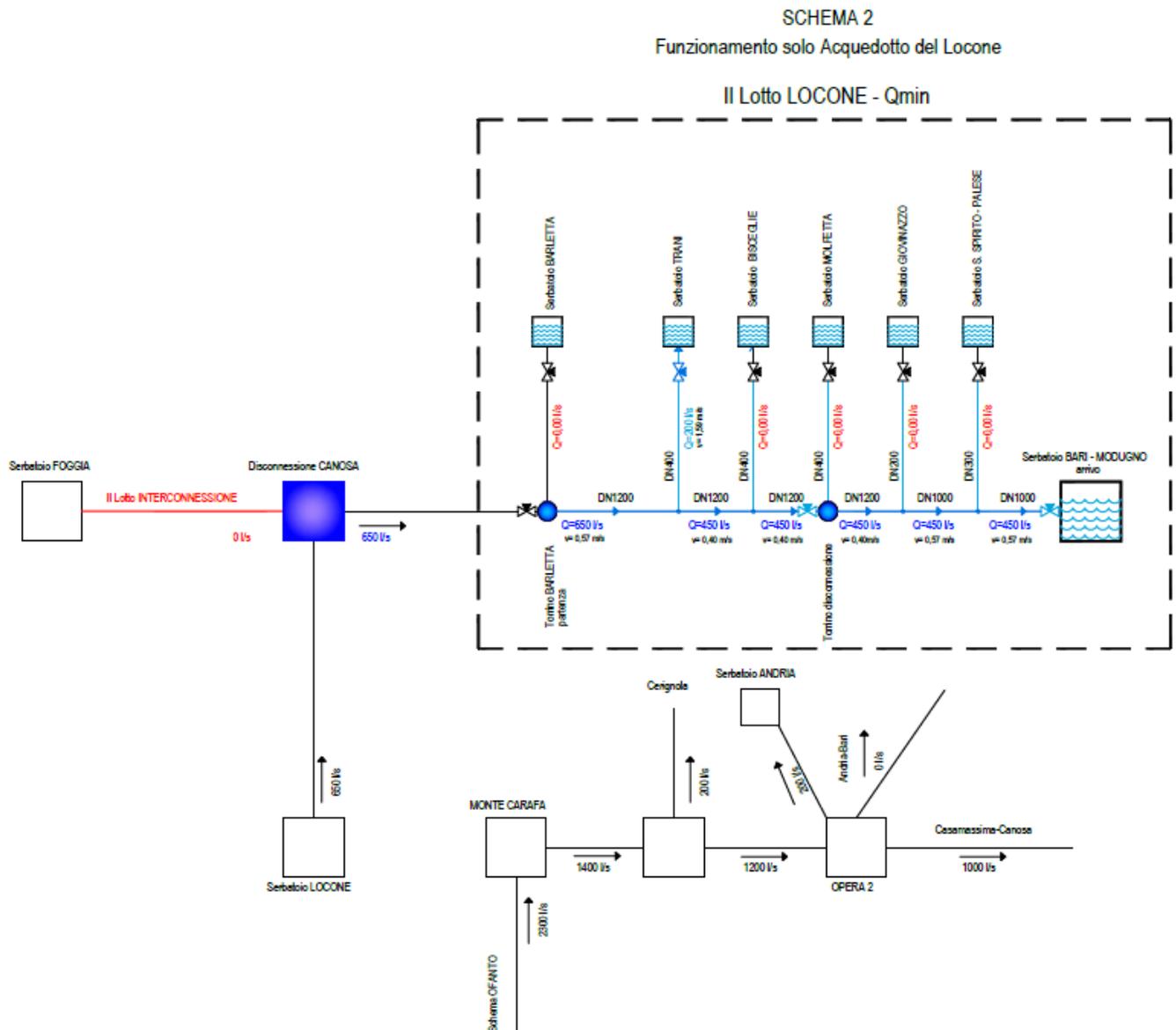


Fig. 2– SCHEMA 2: Funzionamento solo Acquedotto del Locone

Di seguito si riportano le condizioni ipotizzate tenendo ben presente che, conformemente alla prassi seguita nelle altre opere di Acquedotto Pugliese S.p.A., la regolazione del sistema avviene da monte:

- **Funzionamento di lungo periodo** con portata derivata dal serbatoio di Monte Carafa pari a 900 l/s, e dal Serbatoio del Locone, pari a 650 l/s (portata nulla in partenza per lo schema del Fortore, in previsione della realizzazione dell'intervento denominato P1292: “Acquedotto del Fortore, Locone ed Ofanto – Opere di interconnessione – Secondo Lotto: Condotta dalla opera di disconnessione di Canosa al Serbatoio di Foggia”) e con derivazione per i serbatoi di Barletta, Trani, Bisceglie, Molfetta e Palese S. Spirito).

- **Funzionamento di breve-medio periodo** con portata derivata dal serbatoio del Locone pari a 650 l/s e con derivazione per il serbatoio di Trani pari a 200 l/s.

9.1. TORRINO DI DISCONNESSIONE IDRAULICA DI MOLFETTA

Al fine di conseguire un più agevole esercizio del vettore idrico, alla progr. 25.701,09 m del tracciato di progetto, è prevista la realizzazione di un torrino piezometrico localizzato in corrispondenza del serbatoio di alimentazione dell'abitato di Molfetta (vedi schemi idrici di funzionamento, Figg. 1 e 2). Infatti, la posizione baricentrica del manufatto rispetto al tracciato consente di avere, con riferimento allo schema idrico potabile del Locone (I e II lotto funzionale), un acquedotto con n. 3 sconnessioni idrauliche di linea (Vasca di Canosa, Torrino di Barletta, Torrino di Molfetta), che suddividono lo stesso vettore in n. 4 sifoni di lunghezza quasi identica (circa 20 km).

Tale circostanza permette, infatti, in caso d'interruzione del flusso idrico, d'intervenire sul singolo sifone interessato (a causa, per esempio, di nuove derivazioni, rotture, ecc.), mentre gli altri potranno rimanere pieni. Inoltre, le opere di disconnessione di linea, si comportano come dispositivi di attenuazione del fenomeno di colpo di ariete nel caso di accidentale manovra rapida degli organi di regolazione/intercettazione, riducendo la durata della fase di colpo diretto.

La quota di sfioro dello stesso torrino, sarà impostata alla quota corrispondente al carico piezometrico idrodinamico, nell'ipotesi di funzionamento più gravosa di transito della massima portata dello scenario 1).

10. VERIFICA IDRAULICA

10.1. ADDUTTORE PRINCIPALE DA TORRINO DI BARLETTA A SERBATOIO DI BARI-MODUGNO (SCENARIO 1)

Il dimensionamento della nuovo adduttore è stato eseguito nell'ipotesi più gravosa, e cioè nel caso in cui l'acquedotto del Locone dovrà sostituire il vettore idrico denominato Andria-Bari.

Questa configurazione sarà possibile solo a valle della realizzazione dell'intervento denominato P1064: "Acquedotto del Fortore, Locone ed Ofanto – Opere di interconnessione – Primo Lotto: collegamento Acquedotti Ofanto – Locone in corrispondenza della vasca di Canosa".

In questa situazione il vettore dovrà convogliare una portata massima di 1.550 l/s.

Se si considerano, dalla suddetta portata massima pari 1.550 l/s, le portate medie nel giorno di massimo consumo derivate per i fabbisogni idrico-potabili dei diversi abitati lungo il vettore in argomento (Barletta, Trani, Bisceglie, Molfetta, Giovinazzo, Palese S. Spirito e Bari), secondo le tabelle sopra riportate, i dati di progetto sono i seguenti:

Tratte vettore	Q (l/s)	Q (mc/s)
Barletta - Trani	1.231,36	1,231
Trani - Bisceglie	1.031,34	1,031
Bisceglie - Molfetta	838,27	0,838
Molfetta - Giovinazzo	644,91	0,645
Giovinazzo - Palese S. Spirito	586,80	0,587
Palese S. Spirito - Bari	464,24	0,464

Si precisa che, per l'abitato di Bari, è stata considerata una quota parte (pari a circa il 39%) del fabbisogno complessivo (ovvero $Q = 464,24$ l/s, rispetto a $Q_{tot} = 1.190,931$ l/s), quale dato in linea con le attuali erogazioni di portata che si registrano verso il capoluogo nel "Nodo di Bari", fornite dall'Area Gestione Esercizio - Macro Area Territoriale BA/BAT di A.P. S.p.A. (vedi tavola allegata) che, sempre rispetto alla portata complessiva approvvigionata, avvengono secondo la seguente ripartizione:

- 35% dal Serbatoio di Modugno;
- 40% dal Nuovo Serbatoio di Bitritto;
- 15% dal Serbatoio di Ceglie del Campo;
- 10% dal Serbatoio di Valenzano.

Il calcolo della cadente piezometrica, o perdita di carico per unità di sviluppo lineare di ciascun tronco in esame (espressa in m/Km, in riferimento alle perdite di carico distribuite), è stato effettuato con la formula di *Darcy-Weisbach*:

$$J = \frac{\lambda}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

da cui deriva il valore della perdita di carico totale:

$$\Delta H = J \times L \quad (2)$$

con

ΔH = perdita di carico (m)

J = cadente piezometrica

D = diametro della condotta (m)

λ = indice di resistenza o fattore di attrito, in generale funzione del numero di Reynolds (Re), e di ε/D , scabrezza relativa

v = velocità media del fluido (m/s)

g = accelerazione di gravità (m/s^2)

L = lunghezza della condotta (ml - come è prassi operativa, tranne che per condotte con particolari andamenti altimetrici, agli effetti dei calcoli idraulici è possibile sostituire alle lunghezze effettive quelle delle proiezioni sopra un piano orizzontale, che si desumono direttamente dal profilo longitudinale).

Il coefficiente di resistenza o fattore di rugosità λ , in regime turbolento, è stato calcolato con la relazione di *Colebrook* per le tubazioni in acciaio riferite alla condizione a *tubi usati*:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon}{3,71D} \right) \quad (3)$$

con

D = diametro della condotta (m)

λ = coefficiente di resistenza o di attrito

ε = scabrezza della tubazione (m)

Re = numero di *Reynolds*

Il numero di *Reynolds* è pari a:

$$Re = \frac{U \times D}{\nu}$$

con

U = velocità media del fluido (m/s)

D = diametro della condotta (m)

ν = viscosità cinematica del fluido (m²/s)

che, per $T = 20^{\circ}\text{C}$, è pari a $1,006 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Il valore della scabrezza e di *Darcy-Weisbach* dipende dal tipo di tubazione utilizzata e, in particolare, dal tipo di rivestimento interno. Nel caso in esame è stato assunto il valore della scabrezza assoluta omogenea: $\varepsilon = 0.5 \text{ mm}$ per tubazioni in acciaio (*tubi usati*).

Come è noto, la formula di *Colebrook* risponde pienamente alle esigenze di risoluzione dei problemi di progetto e verifica delle condotte nelle diverse condizioni di *moto turbolento* (tubo liscio, moto di transizione e moto assolutamente turbolento). Pur tuttavia ancora oggi sono molto utilizzate formule di struttura più semplice, comunque affidabili, dette **formule pratiche**. Tutte queste ultime formule si riallacciano alla nota formula di *Chézy*, che storicamente fu proposta per le correnti a superficie libera:

$$J = \frac{V^2}{C^2 R_i} \quad (4)$$

dove C è un coefficiente di scabrezza, legato al raggio idraulico. Dal confronto tra la stessa formula di *Chézy* (4) e la formula di *Darcy-Weisbach* (1) si ha che:

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \quad (5)$$

Si osserva che C non è un numero adimensionale come λ , ma ha le dimensioni della radice quadrata di un'accelerazione. Poiché lo stesso C è un coefficiente di scabrezza dipendente anche dal raggio idraulico e, dunque, deve essere assunto come una costante per un assegnato tubo (e cioè, per un assegnato diametro e scabrezza), si può concludere che il coefficiente C di *Chézy* è costante, nelle suddette condizioni, solo quando anche λ è costante. Come è noto quest'ultima condizione si verifica solo quando il moto è assolutamente turbolento. Pertanto, si può generalizzare asserendo che le formule pratiche sono state ricavate per condizioni di moto assolutamente turbolento.

Utilizzando la (4), si ha:

$$J = \frac{V^2}{C^2 R_i} = \frac{Q^2}{(\pi D^2 / 4)^2 C^2 (D/4)} = \left(\frac{64}{\pi^2 C^2 D^5} \right) Q^2 = \beta \frac{Q^2}{D^5} = u Q^2$$

dove:

$$\beta = \frac{64}{\pi^2 C^2} = \frac{6,4846}{C^2}$$

e

$$u = \frac{\beta}{D^5}$$

Pertanto, i calcoli preliminari di pre-dimensionamento della condotta adduttrice, sono stati condotti utilizzando la formula pratica di *Darcy*:

$$J = u Q^2 \quad (6)$$

il cui coefficiente u di scabrezza è ampiamente tabellato.

Si ha inoltre che il coefficiente β è legato a λ dalla relazione:

$$\beta = \frac{8\lambda}{g\pi^2} = 0,0826\lambda$$

Formule pratiche per il calcolo di β , valide in regime di *moto assolutamente turbolento*, sono state proposte da vari ricercatori. Tra queste è di largo uso la formula di Bazin:

$$\beta = 0,00857 \left(1 + \frac{2\gamma}{\sqrt{D}} \right)^2$$

con γ indice di scabrezza in $m^{1/2}$.

Le verifiche hanno dimostrato che il parametro ε pari a 0,5 mm assunto per l'acquedotto in questione, corrisponde ad un coefficiente γ di *Bazin* pari a $0,16 m^{1/2}$, valore usuale per condotte in servizio da molti anni con un grado di manutenzione accettabile, ed il parametro ε pari a 0,05 mm corrisponde ad un γ pari a $0,08 m^{1/2}$ nella verifica a tubi nuovi. Tali assunzioni sono peraltro in linea con quanto già oggetto di verifica nel progetto esecutivo denominato "Acquedotto del Locone I Stralcio – Realizzazione della condotta adduttrice dal serbatoio di testata del potabilizzatore del Locone al Nodo di Barletta".

Per l'applicabilità della formula di *Darcy* è stato necessario verificare, stabiliti i diametri, che il moto in condotta, nei vari tronchi, sia *assolutamente turbolento*. A tal fine è stato calcolato il numero indice di *Reynolds* di attrito, considerando la viscosità cinematica dell'acqua alla temperatura di 20 °C ($\nu = 1,006 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$), verificando che:

$$Re_* = \frac{u_* \varepsilon}{\nu} > 70$$

con:

$$\tau_0 = \rho g \frac{D}{4} J$$

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}$$

dove:

Re_* = numero indice di *Reynolds* di attrito

τ_0 = tensione tangenziale di parete (N/m²)

u_* = velocità di attrito (m/s)

Tronco	τ_0 (N/m ²)	u_* (m/s)	Re_*
Barletta- Trani	1,81	0,043	18,68
Trani - Bisceglie	1,71	0,041	18,13
Bisceglie -Molfetta	1,59	0,040	17,52
Molfetta -Giovinazzo	1,46	0,038	16,77
Giovinazzo -Palese S. Spirito	1,18	0,034	15,07
Palese S. Spirito - Bari	1,09	0,033	14,49

Per il progetto degli stessi tronchi, poiché in ogni tronco si hanno valori di $Re_* < 70$, il regime di moto in condotta risulta *turbolento di transizione*, tale dunque da suggerire l'utilizzo della formula di *Darcy-Weisbach* insieme con quella di *Colebrook-White*.

Pur tuttavia, per confronto dei risultati ottenuti, si è fatto ricorso anche all'utilizzo della formula pratica di *Darcy*, poiché, nella prassi progettuale, è sempre consigliabile applicare almeno due formule diverse per il calcolo della perdita di carico.

Per il problema idraulicamente indeterminato del dimensionamento del sistema di condotte costituito dall'adduttrice principale dal Torrino di Barletta – Serbatoio di Modugno e dalle

diramazioni verso i Serbatoi degli abitati da approvvigionare (Trani, Bisceglie, Molfetta, Giovinazzo e Palese S. Spirito), si è fatto ricorso al ***criterio di economia di Marzolo*** (metodo per progetto di reti aperte) nel quale il rapporto tra le perdite di carico di ogni singolo tronco i -esimo e la perdita di carico complessiva Y_T dissipabile è dato da:

$$\frac{y_i}{Y_T} = \frac{L_i \cdot \sqrt[3]{Q_i}}{\sum_i L_i \cdot \sqrt[3]{Q_i}}$$

Stabilite le portate viaggianti nei singoli tronchi e

- 1) considerate le portate nei tronchi di derivazione verso i vari abitati, quali erogazioni concentrate;
- 2) osservato che le stesse portate derivate sono relativamente piccole rispetto a quelle che transitano nei vari tronchi del vettore di progetto, dal Torrino di Barletta al Serbatoio di Bari-Modugno;

si potranno ottenere i carichi piezometrici economicamente più vantaggiosi nei nodi di derivazione per Trani, Bisceglie, Molfetta, Giovinazzo e Palese S. Spirito, applicando il suddetto criterio, riassunto nella tabella che segue,

dove:

H = quota piezometrica nel nodo (m)

H_g = quota geodetica nel nodo (m)

h = altezza piezometrica (pressione) nel nodo (m)

y_i = perdita di carico nel tronco i -esimo (m)

$Y_T (\Delta H_d)$ = carico idraulico disponibile (m)

u_{teor} = coefficiente di scabrezza dell'equazione di *Darcy*, teorico

u = coefficiente di scabrezza dell'equazione di *Darcy* corrispondente a diametro commercialmente disponibile

Si riporta la tabella di pre-dimensionamento della condotta adduttrice principale con applicazione del criterio di economia di Marzolo:

Pre-dimensionamento condotta adduttrice con criterio di economia di Marzolo					
<i>NODI e TRONCHI</i>	$L_i [m]$	$Q_i [m^3 / s]$	$L_i \cdot \sqrt[3]{Q_i} [m^2 s^{1/3}]$	$y_i = \frac{L_i \cdot \sqrt[3]{Q_i}}{\sum_i L_i \cdot \sqrt[3]{Q_i}} \cdot Y_T [m]$	$H [m]$
Barletta					127,25
Barletta - Trani	12.414,84	1,231	13.306,69	7,65	
Trani					119,60
Trani - Bisceglie	3.602,10	1,031	3.639,34	2,09	
Bisceglie					117,51
Bisceglie - Molfetta	9.684,15	0,838	9.131,11	5,25	
Molfetta					112,26
Molfetta – Giovinazzo	7.832,87	0,645	6.767,38	3,89	
Giovinazzo					108,37
Giovinazzo -Palese S. Spirito	7.708,33	0,587	6.453,42	3,71	
Palese S. Spirito					104,66
Palese S. Spirito - Bari	6.420,03	0,464	4.971,08	2,86	
<u>Serbatoio Bari - Modugno</u>			$\Sigma = 44.269,02$		101,80

Pertanto, i carichi piezometrici indicati nell'ultima colonna della tabella precedente, corrispondenti alle prese per le derivazioni verso i serbatoi di Trani, di Bisceglie, di Molfetta, di Giovinazzo e di Palese S. Spirito, rappresentano i valori che rispettano il criterio di economia applicato.

Per ogni tronco i-esimo si ricava:

$$u_{teor} = \frac{y_i}{Q_i^2 L_i} = \frac{J_i}{Q_i^2}$$

Si fissano quindi i diametri commerciali più opportuni rispetto ai suddetti valori teorici della scabrezza di Darcy caratterizzati dal valore tabellato del coefficiente u (utilizzando un singolo diametro per ogni tronco della dorsale principale), e si calcolano le perdite di carico nei vari tronchi:

$$y_i = uQ_i^2 L_i$$

Dimensionamento/verifica condotta adduttrice con formula di Darcy (moto assolutamente turbolento)							
<i>NODI e TRONCHI</i>	u_{teor}	$D [mm]$	u	$y_i [m]$	$H [m]$	$H_g [m]$	$h [m]$
Barletta					126,64	96,22	30,42
Barletta - Trani	0,00040639	1.200	0,00057483	10,82			
Trani					115,81	101,39	14,42
Trani - Bisceglie	0,00054607	1.200	0,00057483	2,20			
Bisceglie					113,61	103,99	9,62
Bisceglie - Molfetta	0,00077140	1.200	0,00057483	3,91			
Molfetta					109,70	99,58	10,12
Molfetta - Giovinazzo	0,00119424	1.200	0,00057483	1,87			
Giovinazzo					107,83	82,33	25,50
Giovinazzo -Palese S. Spirito	0,00139778	1.000	0,00149276	3,96			
Palese S. Spirito					103,87	73,38	30,49
Palese S. Spirito - Bari	0,00206547	1.000	0,00149276	2,07			
Serbatoio Bari - Modugno					101,80	96,93	4,87
			$\Sigma y_i [m]$	24,84			

In considerazione del regime di moto del vettore principale, verificato essere turbolento di transizione (e della circostanza, ormai riconosciuta, che per diametri superiori a 500 mm, l'impiego della formula di Darcy fornisce cadenti eccessive), lo stesso dimensionamento è stato effettuato applicando e prendendo in considerazione, la formula di Darcy-Weisbach, con λ fattore di resistenza ottenuto con la formula di Colebrook.

Dimensionamento/verifica condotta adduttrice con formula di Darcy-Weisbach e Colebrook-White (moto turbolento di transizione)					
NODI e TRONCHI	D [mm]	y_i [m]	H [m]	H_g [m]	h [m]
Barletta			125,61	96,22	29,39
Barletta - Trani	1.200	10,30			
Trani			115,13	101,39	13,92
Trani - Bisceglie	1.200	2,11			
Bisceglie			113,21	103,99	9,22
Bisceglie - Molfetta	1.200	3,77			
Molfetta (Torrino disc.)			109,44	99,58	9,86
Molfetta - Giovinazzo	1.200	1,82			
Giovinazzo			107,61	82,33	25,28
Giovinazzo -Palese S. Spirito	1.000	3,81			
Palese S. Spirito			103,80	73,38	30,42
Palese S. Spirito - Bari	1.000	2,00			
Bari			101,80	96,93	4,87
	Σy_i [m]	23,81			

Dal tracciamento dalla linea piezometrica a partire da valle, dalla quota 101,80 m s.l.m. corrispondente al livello del Serbatoio esistente di Bari - Modugno, senza appositi organi di regolazione del flusso, si avrebbe un valore del carico piezometrico iniziale pari ad $H = 125,61$ m s.l.m. (inferiore al carico idrostatico disponibile nel Torrino di monte, pari a 127,25 m s.l.m.), tale da determinare nel tratto iniziale di sbocco dal Torrino di Barletta un moto a canaletta, non raccomandabile per motivi igienici.

Si riporta nella seguente tabella il riepilogo dei risultati del dimensionamento della condotta adduttrice applicando la formula di *Darcy-Weisbach*, con λ fattore di resistenza ottenuto con la formula di *Colebrook* nell'ipotesi portata derivata massima: $Q_{\max} = 1.550$ l/s (vedi SCHEMA 1).

NODO O TRONCO	Q (m ³ /s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	ε (mm)	Re	ν (m ² /s)	λ	ΔH (m)	H (m) - Piezometrica da monte
Calice Torrino di Barletta										127,25
Barletta - Trani	1,231	12.414,84	1200	1,09	0,50	1.298.341,52	1,006E-06	0,01647929	10,30	
nodo diramazione per Serbatoio Trani										116,95
Trani - Bisceglie	1,031	3.602,10	1200	0,91	0,50	1.087.400,57	1,006E-06	0,01656165	2,11	
nodo diramazione per Serbatoio Bisceglie										114,84
Bisceglie - Torrino Molfetta	0,838	9.684,15	1200	0,74	0,50	883.842,56	1,006E-06	0,01667573	3,77	
Torrino disconn. Molfetta (a monte della valvola di regolazione)										111,08
Perdita di carico dal Torrino Barletta al Torrino di Molfetta									16,17	
Perdita localizzata valvola a fuso DN 800, in entrata al Torrino di Molfetta (regolazione da valle) - vedi calcolo									0,83	
Torrino disconn. Molfetta										110,25
Torrino Molfetta - Giovinazzo	0,645	7.832,87	1200	0,57	0,50	680.284,55	1,006E-06	0,01685216	1,82	
nodo diramazione per Serbatoio Giovinazz										108,42
Giovinazzo - Palese S. Spirito	0,587	7.708,33	1000	0,75	0,50	742.934,01	1,006E-06	0,01736076	3,81	
nodo diramazione per Serbatoio Palese - S. Spirito										104,61
Palese - S. Spirito - Serbatoio Bari-Modug	0,464	6.420,03	1000	0,59	0,50	587.259,59	1,006E-06	0,01752330	2,00	
Serbatoio Bari-Modugno (a monte della valvola di regolazione)										102,61
Perdita di carico da Torrino di Molfetta a Serbatoio di Bari-Modugno									7,64	
Perdita localizzata valvola a fuso DN 600, in entrata al Serbatoio di Bari-Modugno (regolazione da valle) - vedi calcolo									0,81	
Serbatoio di Bari-Modugno										101,80

Il carico disponibile fra il Torrino di Barletta ed il Serbatoio di Bari - Modugno, è pari a:

$$\Delta H_d = (127,25 - 101,80) \text{ m s.l.m.} = 25,45 \text{ m s.l.m.}$$

La perdita di carico nei due tratti dal Torrino di Barletta al Torrino di Molfetta, e da quest'ultimo al Serbatoio di Bari - Modugno è pari a:

$$\Delta H_t = (16,17 + 7,64) \text{ m} = 23,81 \text{ m}$$

Il carico in eccesso, da dissipare, risulta pertanto:

$$\Delta H_v = (25,45 - 23,81) \text{ m} = 1,64 \text{ m}$$

Allo scopo di regolare e dissipare il carico in eccesso, nel progetto si è prevista l'istallazione, lungo il tracciato principale, di due valvole a fuso: la prima del DN 800 da ubicare all'entrata del torrino di Molfetta e la seconda del DN 600 all'entrata del serbatoio di Bari- Modugno.

Di seguito si riporta il dimensionamento di massima delle suddette apparecchiature.

Dimensionamento di massima delle valvole a fuso

1) Valvola a fuso del DN 800

- portata $Q_{\max} 838,27 \text{ l/s} = 3.018 \text{ m}^3/\text{h}$
- perdita di carico tratta Barletta - Molfetta $Y = 16,17 \text{ m}$ (si veda tabella di calcolo)
- carico piezometrico all'ingresso della valvola $H_m = (127,25 - 16,17) = 111,08 \text{ m s.l.m}$
- carico piezometrico all'uscita della valvola $H_v = 110,25 \text{ m s.l.m}$
- perdita di carico localizzata $\Delta H = (111,08 - 110,25) = \mathbf{0,83 \text{ m}} \rightarrow \Delta p = 0,081 \text{ bar}$

$$K_v = \frac{Q}{\sqrt{\Delta p}} = \frac{3.018}{\sqrt{0,081}} = 10.604 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$K_{vs} (\text{DN}800) = 11.480 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$K_{v\%} = \frac{K_v}{K_{vs}} = \frac{10.604}{11.480} = 0,92$$

Attraverso diagrammi tipo quello di fig. 1 si determina il grado di apertura dell'apparecchiatura di regolazione che nel nostro caso è pari a circa l'85% che ricade all'interno del range ottimale di funzionamento delle valvole a fuso compreso tra il 10% e il 90 %.

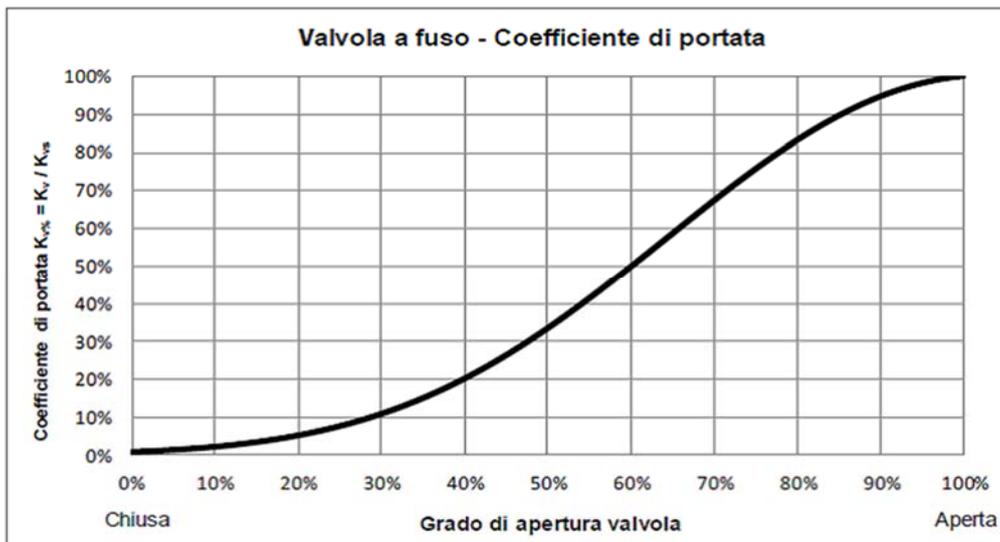


figura 1

Con il suddetto diametro all'interno della valvola si avrà all'interno della valvola una velocità pari a 1,67 m/s compatibile con il valore massimo ammissibile ($V_{\max} = 5 \text{ m/s}$) per queste apparecchiature.

2) Valvola a fuso del DN 600

- portata $Q_{\max} 464 \text{ l/s} = 1.671 \text{ m}^3/\text{h}$
- perdita di carico tratta Molfetta - Bari $Y = 7,64 \text{ m}$ (si veda tabella di calcolo)
- carico piezometrico all'ingresso della valvola $H_m = 110,25 - 7,64 = 102,61 \text{ m s.l.m}$
- carico piezometrico all'uscita della valvola $H_v = 101,80 \text{ m s.l.m}$
- perdita di carico localizzata $\Delta H = (102,61 - 101,61) = \mathbf{0,81 \text{ m}} \rightarrow \Delta p = 0,079 \text{ bar}$

$$K_v = \frac{Q}{\sqrt{\Delta p}} = \frac{1.671}{\sqrt{0,079}} = 5.945 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$K_{vs} (\text{DN}600) = 6.380 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$K_{v\%} = \frac{K_v}{K_{vs}} = \frac{5.945}{6.380} = 0,93$$

Attraverso diagrammi tipo quello di fig 1 si determina il grado di apertura dell'apparecchiatura di regolazione che nel nostro caso è pari a circa l'85% che ricade all'interno del range ottimale di funzionamento delle valvole a fuso compreso tra il 10% e il 90 %.

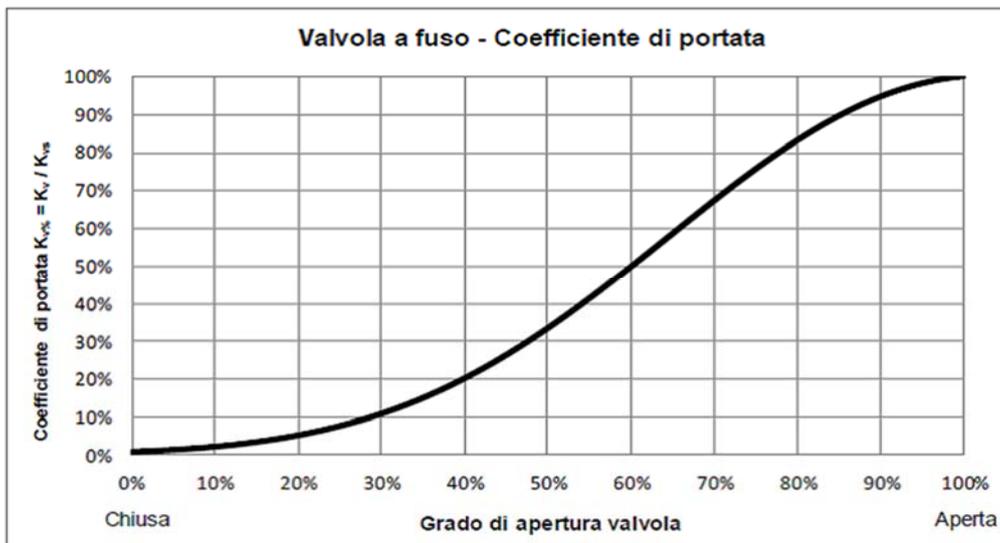


figura 1

Con il suddetto diametro si avrà all'interno della valvola una velocità pari a 1,64 m/s compatibile con il valore massimo ammissibile ($V_{\max} = 5 \text{ m/s}$) per queste apparecchiature.

10.2. DIAMETRO E QUOTA DEL CALICE DI ARRIVO NEL TORRINO DI MOLFETTA (SCENARIO 1)

In questa fase si ritiene di fissare il diametro del calice di arrivo pari a 1600 mm ricavando, conseguentemente, il tirante idrico sul calice.

Per tale calcolo si ricorre alla nota formula:

$$Q = \mu l s h \sqrt{2gh}$$

ricavando h (tirante idrico sul calice di arrivo)

$$h = \left(\frac{Q}{\mu l s \sqrt{2g}} \right)^{2/3}$$

con:

$Q = 0,838 \text{ m}^3/\text{s}$ (portata in arrivo al torrino di Molfetta)

$\mu = 0,415$ (coefficiente di efflusso)

$l s = \pi \times D = 5,0265 \text{ m}$ (lunghezza della soglia del calice)

Pertanto si ricava un battente idrico sul calice pari a $h = 0,20$ metri. Conseguentemente la quota del calice viene stabilita pari a **110,05** metri.

10.3. DIRAMAZIONI DA ADDUTTORE PRINCIPALE (SCENARIO 1)

La verifica delle condotte adduttrici di diramazione ai vari serbatoi, note le portate, le lunghezze delle stesse ed i carichi idraulici disponibili, è stata effettuata utilizzando formula di **Darcy-Weisbach**:

$$J = \frac{\lambda}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

La lunghezza delle condotte di derivazione è tale che non risulta conveniente nel calcolo idraulico trascurare le perdite localizzate rispetto a quelle continue dovute alla resistenza delle pareti (da letteratura si parla di condotte lunghe quando $L \geq 1000 m$, dove m è il numero di perdite localizzate equivalenti).

Per quanto sopra, per la valutazione della perdita totale, si considerano sia le perdite distribuite che quelle localizzate:

$$Y_T = \Delta H' + \Delta H''$$

dove

$\Delta H'$ = perdita di carico distribuita [m]

$\Delta H''$ = perdita di carico concentrata [m]

ΔH = perdita di carico totale [m]

$$\Delta H' = J \times L$$

Le perdite di carico localizzate (dovute a variazioni di sezione, curve a 90°, confluenze mediante raccordi a “T”, valvole di ritegno, saracinesche, ecc.) nelle suddette condotte di derivazione sono state stimate con la formula del tipo:

$$\Delta H'' = K \frac{v^2}{2g}$$

dove:

K = coefficiente dipendente dalla tipologia della singolarità

v = velocità dell'acqua nella tubazione [m/s]

G = accelerazione di gravità [m/s²]

Il coefficiente K risulta variabile caso per caso, in funzione delle condizioni locali (imbocco, sbocco, curve, gomiti, saracinesche, ecc.). A tale fattore di perdita K , sono stati assegnati i valori usualmente utilizzati nella letteratura tecnica.

Per gli sfiori sulle soglie di arrivo si è assunta la formula degli stramazzi:

$$Q = \mu_s L h \sqrt{2gh}$$

Dove.

μ_s = coefficiente di efflusso = 0,4;

L = lunghezza della soglia [m]

h = altezza d'acqua sulla soglia [m]

10.3.1. Diramazione di Trani

Si riportano di seguito i dati di partenza ed il calcolo della perdita di carico lungo la diramazione, dalla presa in carico per Trani al Serbatoio di testata a servizio dello stesso abitato (vedi elaborati grafici di progetto: TAV. 13.1.1 - 13.1.2 - 13.1.3 - 13.1.4).

Quota terreno nodo presa in carico	H_g (m)	101,39
Quota piezometrica nodo presa in carico	H_p (m)	116,95
Q_{wmax} vasca serbatoio	(m)	89,40
Carico disponibile	Y (m)	27,55

Nodo A (presa in carico da DN 1200) – Nodo B (restr. tronco-conico) - (DN 400)

Diametro condotta	DN (mm)	400
Lunghezza	L (m)	865,20
Portata max	Q (mc/s)	0,200
Velocità	v (m/s)	1,59

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 5,91$ m

Perdite di carico localizzate:

- N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"

($d_1 = 0,4$; $d_3 = 1,2$; $d_1/d_3 = 0,33$; $Q_1 = 0,20$; $Q_3 = 1,231$; $Q_1/Q_3 = 0,16$; - $K = 0,95$)

- N. 2 valvole a farfalla DN 400 ($K = 0,7$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,30$ m

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 6,21$ m

Nodo B (restr. tronco-conico) – Nodo C (valvola a fuso) - (DN 200)

Diametro condotta	DN (mm)	200
Lunghezza	L (m)	1,10
Portata max	Q (mc/s)	0,200
Velocità	v (m/s)	6,37

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,28 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 restringimento di sezione con raccordo tronco-conico DN 400 - DN 200*
($d = 200$; $D = 400$; $L = 0,19$; $d/D = 0,50$; $L/D = 0,48$; - $K = 0,60$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 1,24 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 1,52 \text{ m}$

Nodo C (valvola a fuso) – Nodo D (allarg. tronco-conico) - (DN 200)

Diametro condotta	DN (mm)	200
Lunghezza	L (m)	2,50
Portata max	Q (mc/s)	0,200
Velocità	v (m/s)	6,37

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,65 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 allargamento di sezione con raccordo tronco-conico DN 250 – DN 400*
($d = 200$; $D = 400$; $L = 0,19$; $d/D = 0,50$; $L/D = 0,48$; - $K = 0,60$)
- *N. 1 misuratore di portata elettromagnetico DN 200 ($K = 0,10$)*

da cui si ha: $\Delta H'' = 1,45 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 2,09 \text{ m}$

Nodo D (allarg. tronco-conico) – Sbocco nel Serbatoio di Trani - (DN 400)

Diametro condotta	DN (mm)	400
Lunghezza	L (m)	28,05
Portata max	Q (mc/s)	0,200
Velocità	v (m/s)	1,59

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,19 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"
($d_1 = 0,4$; $d_3 = 0,4$; $d_1/d_3 = 1,0$; $Q_1 = 0,20$; $Q_3 = 0,20$; $Q_1/Q_3 = 1,00$; $-K = 1,2$)
- N. 5 curve stampate in regime turbolento con 4 spicchi ogni 90° ($K = 0,32$)
- N. 2 saracinesche completamente aperte ($K = 0,15$)
- allo sbocco ($K = 1,00$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,52$ m

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,71$ m

Tabella di riepilogo:

NODO O TRONCO	Q (m ³ /s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	ε (mm)	Re	ν (m ² /s)	λ	$\Delta H'$ (m)	$\Delta H''$ (m)	ΔH (m)	H (m)	H (m) - Piezometrica da valle	H (m) - Piezometrica da monte
A (Preso in carico)												116,95		116,95
A - B	0,200	865,20	400	1,59	0,5	632.822,84	1,006E-06	0,021143	5,91	0,30	6,21			
B												110,74		110,74
B - C	0,200	1,10	200	6,37	0,5	1.265.645,69	1,006E-06	0,024982	0,28	1,24	1,52			
C (valvola di regolazione a fuso)												109,22	92,21	109,22
C - D	0,200	2,50	200	6,37	0,5	1.265.645,69	1,006E-06	0,024982	0,65	1,45	2,09			
D												107,13	90,11	
D - S	0,200	28,05	400	1,59	0,5	2.531.291,38	1,006E-06	0,024919	0,19	0,52	0,71			
S (Serbatoio)												106,41	89,40	
											10,54		$\Delta H_v =$	17,01

dove:

Nodo A – Presa in carico da DN 1200

Nodo B – Cono di riduzione DN 400/200 tronco misura di portata DN 200

Nodo C – Valvola di regolazione a fuso DN 200

Nodo D – Cono di allargamento DN 200/400 fine tronco misura portata

Nodo S – Serbatoio di Trani

Poichè il carico disponibile fra la presa in carico della diramazione per Trani ed il relativo Serbatoio, è pari a:

$$\Delta H_d = (116,95 - 89,40) \text{ m s.l.m.} = 27,55 \text{ m s.l.m.}$$

e la perdita di carico nello stesso tratto di diramazione è stata calcolata pari a:

$$\Delta H_t = 10,54 \text{ m}$$

il carico in eccesso, da dissipare con idonea valvola di regolazione a fuso, risulta:

$$\Delta H_v = (27,55 - 10,54) \text{ m} = 17,01 \text{ m}$$

Carico disponibile da presa in carico da DN 1200 per Trani	Perdita di carico totale (m)	Carico in eccesso da dissipare (m)
27,55	10,54	17,01

10.3.2. Diramazione di Bisceglie

Si riportano di seguito i dati di partenza ed il calcolo della perdita di carico lungo la diramazione, dalla presa in carico per Bisceglie al Serbatoio di testata a servizio dello stesso abitato (vedi elaborati grafici di progetto: TAV. 13.2.1 - 13.2.2 - 13.2.3).

Quota terreno nodo presa in carico	H_g (m)	103,99
Quota piezometrica nodo presa in carico	H (m)	114,84
Q_{wmax} vasca serbatoio	(m)	103,49
Carico disponibile	Y (m)	11,35

Nodo A (presa in carico da DN 1200) – Nodo B (restr. tronco-conico) - (DN 400)

Diametro condotta	DN (mm)	400
Lunghezza	L (m)	42,60
Portata max	Q (mc/s)	0,193
Velocità	v (m/s)	1,54

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,27$ m

Perdite di carico localizzate:

- $N. 1$ derivazione mediante raccordo a "T"

($d_1 = 0,4$; $d_3 = 1,2$; $d_1/d_3 = 0,33$; $Q_1 = 0,193$; $Q_3 = 1,031$; $Q_1/Q_3 = 0,19$; - $K = 0,95$)

- $N. 1$ valvola a farfalla ($K = 0,7$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,20$ m

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,47$ m

Nodo B (restr. tronco-conico) – Nodo C (valvola a fuso) - (DN 350)

Diametro condotta	DN (mm)	350
Lunghezza	L (m)	0,60
Portata max	Q (mc/s)	0,193
Velocità	v (m/s)	2,01

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,01$ m

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 restringimento di sezione con raccordo tronco-conico*

$(d = 350; D = 400; L = 0,24; d/D = 0,88; L/D = 0,60; - K = 0,10)$

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,02 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,03 \text{ m}$

Nodo C' (restr. tronco-conico) – Nodo D (allarg. tronco-conico) - (DN 250)

Diametro condotta	DN (mm)	250
Lunghezza	L (m)	3,00
Portata max	Q (mc/s)	0,193
Velocità	v (m/s)	3,93

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,22 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 restringimento di sezione con raccordo tronco-conico DN 350 - DN 250*

$(d = 250; D = 350; L = 0,24; d/D = 0,71; L/D = 0,69; - K = 0,10)$

- *N. 1 misuratore di portata elettromagnetico DN 250 ($K = 0,10$)*

- *N. 1 allargamento di sezione con raccordo tronco-conico*

$(d = 250; D = 400; L = 0,19; d/D = 0,63; L/D = 0,48; - K = 0,20)$

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,32 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,54 \text{ m}$

Nodo D (allarg. tronco-conico) – Sbocco in Serbatoio di Bisceglie - (DN 400)

Diametro condotta	DN (mm)	400
Lunghezza	L (m)	31,90
Portata max	Q (mc/s)	0,193
Velocità	v (m/s)	1,54

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,20 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"
($d_1 = 0,4$; $d_3 = 0,4$; $d_1/d_3 = 1,0$; $Q_1 = 0,20$; $Q_3 = 0,20$; $Q_1/Q_3 = 1,00$; $-K = 1,2$)
- N. 5 curve stampate in regime turbolento con 4 spicchi ogni 90° ($K = 0,32$)
- N. 2 saracinesche completamente aperte ($K = 0,15$)
- allo sbocco ($K = 1,00$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,49$ m

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,70$ m

Tabella di riepilogo:

NODO O TRONCO	Q (m ³ /s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	\mathcal{E} (mm)	Re	ν (m ² /s)	λ	$\Delta H'$ (m)	$\Delta H''$ (m)	ΔH (m)	H (m)	H (m) - Piezometrica da valle	H (m) - Piezometrica da monte
A (Presa in carico)												114,84		114,84
A - B	0,193	42,60	400	1,54	0,5	610 674,04	1,006E-06	0,021157	0,27	0,20	0,47			
B												114,38		114,38
B - C	0,193	0,60	350	2,01	0,5	697 913,18	1,006E-06	0,021782	0,01	0,02	0,03			
C (valvola di regolazione a fuso)												114,35	104,72	114,35
C - D	0,193	3,00	250	3,93	0,5	977 078,46	1,006E-06	0,023595	0,22	0,32	0,54			
D												113,81	104,19	
D - S	0,193	31,90	400	1,54	0,5	610 674,04	1,006E-06	0,021143	0,20	0,49	0,70			
S (Serbatoio)												113,11	103,49	
											1,73		$\Delta H_v =$	9,62

dove:

Nodo A – Presa in carico da DN 1200

Nodo B – Cono di riduzione DN 400/350

Nodo C – Valvola di regolazione a fuso DN 350 - Nodo C' – Cono di riduzione DN 350/250

Nodo D – Cono di allargamento DN 250/400 fine tronco misura portata

Nodo S – Serbatoio di Bisceglie

Poichè il carico disponibile fra la presa in carico della diramazione per Bisceglie ed il relativo Serbatoio, è pari a:

$$\Delta H_d = (114,84 - 103,49) \text{ m s.l.m.} = 11,35 \text{ m s.l.m.}$$

e la perdita di carico nello stesso tratto di diramazione è stata calcolata pari a:

$$\Delta H_t = 1,73 \text{ m}$$

il carico in eccesso, da dissipare con idonea valvola di regolazione a fuso, risulta:

$$\Delta H_v = (11,35 - 1,73) \text{ m} = 9,62 \text{ m}$$

Carico disponibile da presa in carico da DN 1200 per Bisceglie	Perdita di carico totale (m)	Carico in eccesso da dissipare (m)
11,35	1,73	9,62

10.3.3. Diramazione di Molfetta

Si riportano di seguito i dati di partenza ed il calcolo della perdita di carico lungo la diramazione, dal Torrino di Molfetta al Serbatoio di testata a servizio dello stesso comune (vedi elaborati grafici di progetto: TAV. 13.3.1 - 13.3.2 - 13.3.3 - 13.3.4).

Quota terreno nodo presa in carico	H_g (m)	99,58
Quota piezometrica nodo presa in carico	H (m)	110,25
Q_{wmax} vasca serbatoio	(m)	104,46
Carico disponibile	Y (m)	5,79

Nodo A (presa da Torrino Molfetta - DN 1200) – Nodo B (restr. tronco-conico DN 1200/500)

Diametro condotta	DN (mm)	1.200
Lunghezza	L (m)	6,44
Portata max	Q (mc/s)	0,838
Velocità	v (m/s)	0,74

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,00$ m

Perdite di carico localizzate:

- all'imbocco ($K = 0,5$)
- $N. 1$ curva stampata in regime turbolento con 4 spicchi ogni 90° ($K = 0,32$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,02$ m

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,03$ m

Nodo B (restr. tronco-conico DN 1200/500 – Nodo C (allarg. tronco-conico DN500/1200)

Diametro condotta	DN (mm)	500
Lunghezza	L (m)	4,19
Portata max	Q (mc/s)	0,838
Velocità	v (m/s)	4,27

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,15 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 2 restringimento/allargamento di sezione con raccordo tronco-conico
($d = 500$; $D = 1200$; $L = 0,96$; $d/D = 0,42$; $L/D = 0,80$; - $K = 0,60$)
- N. 1 misuratore di portata elettromagnetico DN 500 ($K = 0,10$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 1,21 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 1,36 \text{ m}$

Nodo C (allarg. tronco-conico DN500/1200) – Nodo D (presa in carico da DN 1200 per Serbatoio di Bari-Modugno)

Diametro condotta	DN (mm)	1200
Lunghezza	L (m)	3,24
Portata max	Q (mc/s)	0,838
Velocità	v (m/s)	0,74

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,00 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 1 valvola a farfalla DN 1200 ($K = 0,7$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,02 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,02 \text{ m}$

Nodo D (presa in carico da DN 1200 per Serbatoio di Bari-Modugno) – Nodo E (restr. tronco-conico DN400/300)

Diametro condotta	DN (mm)	400
Lunghezza	L (m)	102,92
Portata max	Q (mc/s)	0,193
Velocità	v (m/s)	1,54

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,65 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"*
($d_1 = 0,4$; $d_3 = 1,2$; $d_1/d_3 = 0,33$; $Q_1 = 0,193$; $Q_3 = 0,838$; $Q_1/Q_3 = 0,23$; - $K = 0,95$)
- *N. 4 curve stampate in regime turbolento con 4 spicchi ogni 90°* ($K = 0,32$)
- *N. 3 valvole a farfalla DN 400* ($K = 0,7$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,52 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 1,18 \text{ m}$

Nodo E (restr. tronco-conico DN400/300) - Nodo F (valvola di regolazione a fuso DN 300)

Diametro condotta	DN (mm)	300
Lunghezza	L (m)	0,80
Portata max	Q (mc/s)	0,193
Velocità	v (m/s)	2,74

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,02 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 restringimento di sezione con raccordo tronco-conico*
($d = 300$; $D = 400$; $L = 0,31$; $d/D = 0,75$; $L/D = 0,78$; - $K = 0,10$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,04 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,06 \text{ m}$

Nodo F (valvola di regolazione a fuso DN 300) - Nodo G (restr. tronco-conico DN300/250)

Diametro condotta	DN (mm)	300
Lunghezza	L (m)	0,36
Portata max	Q (mc/s)	0,193
Velocità	v (m/s)	2,74

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,01 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 restringimento di sezione con raccordo tronco-conico*
($d = 250$; $D = 300$; $L = 0,31$; $d/D = 0,83$; $L/D = 1,03$; - $K = 0,10$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,04 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,05 \text{ m}$

Nodo G (restr. tronco-conico DN300/250) - Nodo H (allarg. tronco-conico DN250/400)

Diametro condotta	DN (mm)	250
Lunghezza	L (m)	1,85
Portata max	Q (mc/s)	0,193
Velocità	v (m/s)	3,94

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,14 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 misuratore di portata elettromagnetico DN 250 (K = 0,10)*
- *N. 1 allargamento di sezione con raccordo tronco-conico*
($d = 250$; $D = 400$; $L = 0,41$; $d/D = 0,63$; $L/D = 1,03$; - $K = 0,20$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,24 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,37 \text{ m}$

Nodo H (allarg. tronco-conico DN250/400) - Sbocco in Serbatoio di Bisceglie - (DN 400)

Diametro condotta	DN (mm)	400
Lunghezza	L (m)	32,03
Portata max	Q (mc/s)	0,193
Velocità	v (m/s)	1,54

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,20 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"
($d_1 = 0,4$; $d_3 = 0,4$; $d_1/d_3 = 1,00$; $Q_1 = 0,193$; $Q_3 = 0,193$; $Q_1/Q_3 = 1,00$; - $K = 1,20$)
- N. 5 curve stampate in regime turbolento con 4 spicchi ogni 90° ($K = 0,32$)
- N. 1 saracinesca completamente aperte ($K = 0,15$)
- allo sbocco ($K = 1,00$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,48$ m

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,68$ m

Tabella di riepilogo:

NODO O TRONCO	Q (m ³ /s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	\mathcal{E} (mm)	Re	ν (m ² /s)	λ	$\Delta H'$ (m)	$\Delta H''$ (m)	ΔH (m)	H (m)	H (m) - Piezometrica da valle	H (m) - Piezometrica da monte
A (Presa da nuovo Torrino)												110,25		110,25
A - B	0,838	6,44	1 200	0,74	0,5	883 842,56	1,006E-06	0,016676	0,00	0,02	0,03			
B												110,22		110,22
B - C	0,838	4,19	500	4,27	0,5	2 121 222,15	1,006E-06	0,019770	0,15	1,21	1,36			
C												108,86		108,86
C - D	0,838	3,24	1 200	0,74	0,5	883 842,56	1,006E-06	0,016676	0,00	0,02	0,02			
D												108,84		108,84
D - E	0,193	102,92	400	1,54	0,5	610 674,04	1,006E-06	0,021143	0,65	0,52	1,18			
E												107,66		107,66
E - F	0,193	0,80	300	2,74	0,5	977 078,46	1,006E-06	0,023588	0,02	0,04	0,06			
F (valvola di regolazione a fuso)												107,60	105,56	107,60
F - G	0,193	0,36	300	2,74	0,5	977 078,46	1,006E-06	0,023588	0,01	0,04	0,05			
G												107,55	105,51	
G - H	0,193	1,85	250	3,94	0,5	977 078,46	1,006E-06	0,023595	0,14	0,24	0,37			
H												107,18	105,14	
H - S	0,193	32,03	400	1,54	0,5	610 674,04	1,006E-06	0,021143	0,20	0,48	0,68			
S (Serbatoio)												106,50	104,46	2,04
											3,75			

dove:

Nodo A – Presa dal nuovo Torrino di Molfetta per Serbatoio Bari - Modugno - DN 1200

Nodo B – Cono di riduzione DN1200/500

Nodo C – Cono di allargamento DN500/1200

Nodo D – Presa in carico da DN 1200 per Serbatoio di Bari-Modugno - Diramazione DN 400

Nodo E – Cono di riduzione DN400/300

Nodo F – Valvola di regolazione a fuso DN 300

Nodo G – Cono di riduzione DN300/250

Nodo H – Cono di allargamento DN250/400

Nodo S – Serbatoio di Molfetta

Poichè il carico disponibile fra il Torrino di Molfetta per il relativo Serbatoio a servizio dell'abitato, è pari a:

$$\Delta H_d = (110,25 - 104,46) \text{ m s.l.m.} = 5,79 \text{ m s.l.m.}$$

e la perdita di carico nello stesso tratto di diramazione è stata calcolata pari a:

$$\Delta H_t = 3,75 \text{ m}$$

il carico in eccesso, da dissipare con idonea valvola di regolazione a fuso, risulta:

$$\Delta H_v = (5,79 - 3,75) \text{ m} = 2,04 \text{ m}$$

Carico disponibile da presa in carico da DN 1200 per Molfetta	Perdita di carico totale (m)	Carico in eccesso da dissipare (m)
5,79	3,75	2,04

10.3.4. Diramazione di Giovinazzo

Si riportano di seguito i dati di partenza ed il calcolo della perdita di carico lungo la diramazione, dalla presa in carico per Giovinazzo al Serbatoio di testata a servizio dello stesso abitato (vedi elaborati grafici di progetto: TAV. 13.4.1 - 13.4.2 - 13.4.3).

Quota terreno nodo presa in carico	H _g (m)	82,32
Quota piezometrica nodo presa in carico	H (m)	108,42
Q _{wmax} vasca serbatoio	(m)	84,94
Carico disponibile	Y (m)	23,48

Nodo A (presa in carico da DN 1200) – Nodo B (restr. tronco-conico) - (DN 200)

Diametro condotta	DN (mm)	200
Lunghezza	L (m)	27,52
Portata max	Q (mc/s)	0,058
Velocità	v (m/s)	1,85

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,60 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"

($d_1 = 0,2$; $d_3 = 1,2$; $d_1/d_3 = 0,17$; $Q_1 = 0,058$; $Q_3 = 0,645$; $Q_1/Q_3 = 0,09$; - $K = 0,95$)

- N. 1 valvola a farfalla ($K = 0,7$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,29 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,89 \text{ m}$

Nodo B (restr. tronco-conico) – Nodo C (valvola a fuso) - (DN 150)

Diametro condotta	DN (mm)	150
Lunghezza	L (m)	0,50
Portata max	Q (mc/s)	0,058
Velocità	v (m/s)	3,29

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,05 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 restringimento di sezione con raccordo tronco-conico*

$(d = 150; D = 200; L = 0,10; d/D=0,75; L/D = 0,50; - K = 0,10)$

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,06 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,10 \text{ m}$

Nodo C (valvola a fuso) – Nodo D (allarg. tronco-conico) - (DN 150)

Diametro condotta	DN (mm)	150
Lunghezza	L (m)	1,70
Portata max	Q (mc/s)	0,058
Velocità	v (m/s)	3,29

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,17 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 allargamento di sezione con raccordo tronco-conico*

$(d = 150; D = 200; L = 0,10; d/D=0,75; L/D = 0,50; - K = 0,10)$

N. 1 misuratore di portata elettromagnetico (K = 0,10)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,11 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,28 \text{ m}$

Nodo D (allarg. tronco-conico) – Sbocco in Serbatoio di Giovinazzo - (DN 200)

Diametro condotta	DN (mm)	200
Lunghezza	L (m)	4,30
Portata max	Q (mc/s)	0,193
Velocità	v (m/s)	1,85

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,09 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"*

$(d_1 = 0,2; d_3 = 0,2; d_1/d_3 = 1,0; Q_1 = 0,058; Q_3 = 0,058; Q_1/Q_3 = 1,00; - K = 1,2)$

- *N. 3 curve stampate in regime turbolento con 4 spicchi ogni 90° (K = 0,32)*

- *N. 2 saracinesche completamente aperte ($K = 0,15$)*
- *allo sbocco ($K = 1,00$)*

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,60 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,70 \text{ m}$

Tabella di riepilogo:

NODO O TRONCO	Q (m ³ /s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	\mathcal{E} (mm)	Re	ν (m ² /s)	λ	$\Delta H'$ (m)	$\Delta H''$ (m)	ΔH (m)	H (m)	H (m) - Piezometrica da valle	H (m) - Piezometrica da monte
A (Presa in carico)												108,42		108,42
A - B	0,058	27,52	200	1,85	0,5	367.037,25	1,006E-06	0,025282	0,60	0,29	0,89			
B												107,53		107,53
B - C	0,058	0,50	150	3,29	0,5	489.383,01	1,006E-06	0,027200	0,05	0,06	0,10			
C (valvola di regolazione a fuso)												107,43	85,92	107,43
C - D	0,058	1,70	150	3,29	0,5	489.383,01	1,006E-06	0,027200	0,17	0,11	0,28			
D												107,15	85,64	
D - S	0,058	4,30	200	1,85	0,5	367.037,25	1,006E-06	0,025282	0,09	0,60	0,70			
S (Serbatoio)											1,97		84,94	
													$\Delta H_v =$	21,51

dove:

Nodo A – Presa in carico da DN 1200

Nodo B – Cono di riduzione DN 200/150 tronco misura di portata DN 150

Nodo C – Valvola di regolazione a fuso DN 150

Nodo D – Cono di allargamento DN 150/200 fine tronco misura portata

Nodo S – Serbatoio di Giovinazzo

Poichè il carico disponibile fra la presa in carico della diramazione per Giovinazzo ed il relativo Serbatoio, è pari a:

$$\Delta H_d = (108,42 - 84,94) \text{ m s.l.m.} = 23,48 \text{ m s.l.m.}$$

e la perdita di carico nello stesso tratto di diramazione è stata calcolata pari a:

$$\Delta H_t = 1,97 \text{ m}$$

il carico in eccesso, da dissipare con idonea valvola di regolazione a fuso, risulta:

$$\Delta H_v = (23,48 - 1,97) \text{ m} = 21,51 \text{ m}$$

Carico disponibile da presa in carico da DN 1200 per Giovinazzo	Perdita di carico totale (m)	Carico in eccesso da dissipare (m)
23,48	1,97	21,51

10.3.5. Diramazione di Palese S. Spirito

Si riportano di seguito i dati di partenza ed il calcolo della perdita di carico lungo la diramazione, dalla presa in carico per Palese – S. Spirito al Serbatoio di testata a servizio degli stessi abitati (vedi elaborati grafici di progetto: TAV. 13.5.1 - 13.5.2 - 13.5.3).

Quota terreno nodo presa in carico	H _g (m)	76,52
Quota piezometrica nodo presa in carico	H (m)	104,61
Q _{wmax} vasca serbatoio	(m)	77,16
Carico disponibile	Y (m)	27,45

Nodo A (presa in carico da DN 1000) – Nodo B (restr. tronco-conico) - (DN 300)

Diametro condotta	DN (mm)	300
Lunghezza	L (m)	320,62
Portata max	Q (mc/s)	0,123
Velocità	v (m/s)	1,73

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 3,75 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"

($d_1 = 0,3$; $d_3 = 1,0$; $d_1/d_3 = 0,30$; $Q_1 = 0,123$; $Q_3 = 0,587$; $Q_1/Q_3 = 0,21$; - $K = 0,95$)

- N. 1 valvola a farfalla ($K = 0,7$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,25 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 4,00 \text{ m}$

Nodo B (restr. tronco-conico) – Nodo C (valvola a fuso) - (DN 150)

Diametro condotta	DN (mm)	150
Lunghezza	L (m)	0,55
Portata max	Q (mc/s)	0,123
Velocità	v (m/s)	6,94

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,05 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 restringimento di sezione con raccordo tronco-conico*

$(d = 150; D = 300; L = 0,12; d/D = 0,50; L/D = 0,40; - K = 0,60)$

da cui si ha: $\Delta H'' = 1,47 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 1,52 \text{ m}$

Nodo C (valvola a fuso) – Nodo D (allarg. tronco-conico) - (DN 150)

Diametro condotta	DN (mm)	150
Lunghezza	L (m)	2,60
Portata max	Q (mc/s)	0,123
Velocità	v (m/s)	6,94

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,25 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 allargamento di sezione con raccordo tronco-conico*

$(d = 150; D = 300; L = 0,12; d/D = 0,50; L/D = 0,40; - K = 0,60)$

N. 1 misuratore di portata elettromagnetico (K = 0,10)

da cui si ha: $\Delta H'' = 1,72 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 1,97 \text{ m}$

Nodo D (allarg. tronco-conico) – Sbocco in Serbatoio di Palese – S. Spirito - (DN 300)

Diametro condotta	DN (mm)	300
Lunghezza	L (m)	15,84
Portata max	Q (mc/s)	0,123
Velocità	v (m/s)	1,73

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,19 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"*

$$(d_1 = 0,3; d_3 = 0,3; d_1/d_3 = 1,0; Q_1 = 0,123; Q_3 = 0,123; Q_1/Q_3 = 1,00; - K = 1,2)$$

- N. 3 curve stampate in regime turbolento con 4 spicchi ogni 90° ($K = 0,32$)
- N. 2 saracinesche completamente aperte ($K = 0,15$)
- allo sbocco ($K = 1,00$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,53 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,72 \text{ m}$

Tabella di riepilogo:

NODO O TRONCO	Q (m ³ /s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	\mathcal{E} (mm)	Re	ν (m ² /s)	λ	$\Delta H'$ (m)	$\Delta H''$ (m)	ΔH (m)	H (m)	H (m) - Piezometrica da valle	H (m) - Piezometrica da monte
A (Presa in carico)												104,61		104,61
A - B	0,123	320,62	300	1,73	0,5	518 914,73	1,006E-06	0,022714	3,75	0,25	4,00			
B												100,61		100,61
B - C	0,123	0,55	150	6,94	0,5	1 037 829,49	1,006E-06	0,027061	0,25	1,47	1,72			
C (valvola di regolazione a fuso)												98,89	80,75	98,89
C - D	0,123	2,60	150	6,94	0,5	1 037 829,49	1,006E-06	0,027061	1,16	1,72	2,87			
D												96,02	77,88	
D - S	0,123	15,84	300	1,73	0,5	518 914,73	1,006E-06	0,022714	0,19	0,53	0,72			
S (Serbatoio)												95,30	77,16	
											9,31		$\Delta H_v =$	18,14

dove:

Nodo A – Presa in carico da DN 1000

Nodo B – Cono di riduzione DN 300/200 tronco misura di portata DN 150

Nodo C – Valvola di regolazione a fuso DN 150

Nodo D – Cono di allargamento DN 200/300 fine tronco misura portata

Nodo S – Serbatoio di Palese – S. Spirito

Poichè il carico disponibile fra la presa in carico della diramazione per Giovinazzo ed il relativo Serbatoio, è pari a:

$$\Delta H_d = (104,61 - 77,16) \text{ m s.l.m.} = 27,45 \text{ m s.l.m.}$$

e la perdita di carico nello stesso tratto di diramazione è stata calcolata pari a:

$$\Delta H_t = 9,31 \text{ m}$$

il carico in eccesso, da dissipare con idonea valvola di regolazione a fuso, risulta:

$$\Delta H_v = (27,45 - 9,31) \text{ m} = 18,14 \text{ m}$$

Carico disponibile da presa in carico da DN 1000 per Palese - S. Spirito	Perdita di carico totale (m)	Carico in eccesso da dissipare (m)
27,45	9,31	18,14

10.4. ADDUTTORE PRINCIPALE DA TORRINO DI BARLETTA A SERBATOIO DI BARI-MODUGNO
(SCENARIO 2)

Nella verifica con bassa portata occorre considerare la configurazione che prevede l'alimentazione dal Serbatoio del Locone della portata $Q = 650$ l/s, con la sola derivazione di 200 l/s verso l'abitato di Trani e la restante portata di 450 l/s, convogliata sino al Serbatoio di Bari-Modugno, senza ulteriori spillamenti.

I dati della verifica sono i seguenti:

Tratte vettore	Q (l/s)	Q (mc/s)
Barletta - Trani	650,0	0,650
Trani - Bisceglie	450,0	0,450
Bisceglie - Molfetta	450,0	0,450
Molfetta - Giovinazzo	450,0	0,450
Giovinazzo - Palese S. Spirito	450,0	0,450
Palese S. Spirito - Bari	450,0	0,450

Si riporta nella seguente tabella il riepilogo dei risultati di verifica della condotta adduttrice nell'ipotesi che prevede l'alimentazione dal Serbatoio del Locone della portata $Q=650$ l/s, con la sola derivazione di 200 l/s verso l'abitato di Trani e la restante portata di 450 l/s, convogliata sino al Serbatoio di Bari-Modugno, senza ulteriori spillamenti.

Dimensionamento di massima delle valvole a fuso

1) Valvola a fuso del DN 800

- portata $Q_{\max} 450 \text{ l/s} = 1.620 \text{ m}^3/\text{h}$
- perdita di carico tratta Barletta - Molfetta $Y = 4,47 \text{ m}$ (si veda tabella precedente)
- carico piezometrico all'ingresso della valvola $H_m = (127,25 - 4,47) = 122,78 \text{ m s.l.m.}$
- carico piezometrico all'uscita della valvola $H_v = 110,25 \text{ m s.l.m}$
- perdita di carico localizzata $\Delta H = 122,78 - 110,25 = 12,53 \text{ m} \rightarrow \Delta p = 1,23 \text{ bar}$
-

$$K_v = \frac{Q}{\sqrt{\Delta p}} = \frac{1.620}{\sqrt{1,23}} = 1.460 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$K_{vs} (\text{DN}800) = 11.480 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$K_{v\%} = \frac{K_v}{K_{vs}} = \frac{1.460}{11.480} = 0,13$$

Attraverso diagrammi tipo quello di fig 1 si determina il grado di apertura dell'apparecchiatura di regolazione che nel nostro caso è pari a circa il 30%. Tale valore che ricade all'interno del range ottimale di funzionamento delle valvole a fuso compreso tra il 10% e il 90 %.

Scelta la taglia della valvola è necessario verificare che nella sezione contratta la pressione non scenda al di sotto della tensione di vapore che determinerebbe l'insorgere la formazione di vapore.

La velocità all'interno della valvola è pari a 0,90 m/s.

Per verificare se la valvola prescelta opera in condizioni di cavitazione si fa riferimento al cosiddetto indice di cavitazione σ

Esistono varie formule che esprimono l'indice di cavitazione, la più comune è la seguente:

$$\sigma = \frac{H_v + p_a - p_v}{H_m - H_{v+} + v^2/2g}$$

Le pressioni sono espresse mca.

- p_a rappresenta la pressione atmosferica pari a 10 mca
- v è la velocità all'interno della valvola
- p_v è la pressione di vapore pari a 0,1 mca a 5 °C.

con riferimento allo scenario 2 l'indice di cavitazione è pari a $\sigma = 9,12$

Tale valore deve essere superiore all'indice di cavitazione critico il σ_L che può essere determinato utilizzando diagrammi come quello riportato in fig. 2

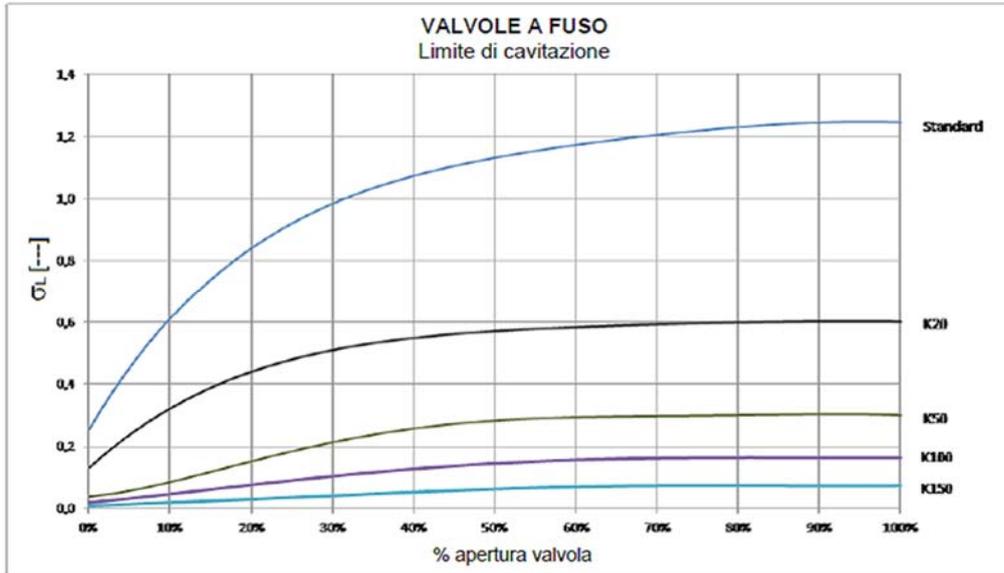


figura 2

essendo $\sigma = 9,12 \geq \sigma_L 0,92$ (grado di apertura 30%) la verifica è positiva

2) Valvola a fusso del DN 600

portata $Q_{\max} 450 \text{ l/s} = 1.620 \text{ m}^3/\text{h}$

perdita di carico distribuite tratta Molfetta - Bari $Y = 5,05 \text{ m}$ (si veda tabella precedente)

carico piezometrico all'ingresso della valvola $H_m = 110,25 - 5,05 = 105,20 \text{ m s.l.m}$

carico piezometrico all'uscita della valvola $H_v = 101,80 \text{ m s.l.m}$

perdita di carico localizzata $\Delta H = 105,20 - 101,80 = 3,40 \text{ m} \rightarrow \Delta p = 0,33 \text{ bar}$

$$K_v = \frac{Q}{\sqrt{\Delta p}} = \frac{1.620}{\sqrt{0,33}} = 2.820 \text{ m}^3/\text{h}$$

$K_{vs} (\text{DN}600) = 6.380 \text{ m}^3/\text{h}$

$$K_{v\%} = \frac{K_v}{K_{vs}} = \frac{2.820}{6.380} = 0,44$$

Attraverso diagrammi tipo quello di fig 1 si determina il grado di apertura dell'apparecchiatura di regolazione che nel nostro caso è pari a circa il 55%. Tale valore che ricade all'interno del range ottimale di funzionamento delle valvole a fusso compreso tra il 10% e il 90 %.

Scelta la taglia della valvola è necessario verificare che nella sezione contratta la pressione non scenda al di sotto della tensione di vapore che determinerebbe l'insorgere la formazione di vapore.

La velocità all'interno della valvola è pari a 1,59 m/s.

Per verificare se la valvola prescelta opera in condizioni di cavitazione si fa riferimento al cosiddetto indice di cavitazione σ .

Esistono varie formule che esprimono l'indice di cavitazione, la più comune è la seguente:

$$\sigma = \frac{H_v + p_a - p_v}{H_m - H_{v+} + v^2/2g}$$

Le pressioni sono espresse mca.

- p_a rappresenta la pressione atmosferica pari a 10 mca
- v è la velocità all'interno della valvola
- p_v è la pressione di vapore pari a 0,1 mca a 5 °C.

con riferimento allo scenario 2 l'indice di cavitazione è pari a $\sigma = 20,72$

Tale valore deve essere superiore all'indice di cavitazione critico il σ_L che può essere determinato utilizzando diagrammi come quello riportato in fig. 2

essendo $\sigma = 20,72 \geq \sigma_L 1,15$ (grado di apertura 55%) la verifica è positiva

10.4.1. Diramazione di Trani

Con riferimento al presente “Scenario 2”, si ripropone il calcolo relativo al carico da dissipare dalla valvola di regolazione a fuso per effetto della variazione della quota piezometrica nel nodo A della presa in carico per Trani, da 116,95 m s.l.m. a 124,31 m s.l.m, ferma restando la perdita di carico complessiva.

Tale diramazione è la sola presa in considerazione in quanto riferita al funzionamento di breve-medio periodo con portata derivata dal serbatoio del Locone pari a 650 l/s e con derivazione per il serbatoio di Trani pari a 200 l/s.

Quota terreno nodo presa in carico	H _g (m)	101,39
Quota piezometrica nodo presa in carico	H _p (m)	124,31
Q _{wmax} vasca serbatoio	(m)	89,40
Carico disponibile	Y (m)	34,91

NODO O TRONCO	Q (m ³ /s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	ε (mm)	Re	ν (m ² /s)	λ	ΔH' (m)	ΔH'' (m)	ΔH (m)	H (m)	H (m) - Piezometrica da valle	H (m) - Piezometrica da monte
A (Presa in carico)												124,31		124,31
A - B	0,200	865,20	400	1,59	0,5	632.822,84	1,006E-06	0,021143	5,91	0,21	6,11			
B												118,20		118,20
B - C	0,200	1,10	200	6,37	0,5	1.012.516,54	1,006E-06	0,023588	0,28	0,30	0,58			
C (valvola di regolazione a fuso)												117,62	91,27	117,62
C - D	0,200	2,50	200	6,37	0,5	1.012.516,54	1,006E-06	0,023588	0,65	0,51	1,15			
D												116,46	90,11	
D - S	0,200	28,05	400	1,59	0,5	2.531.291,38	1,006E-06	0,024919	0,19	0,52	0,71			
S (Serbatoio)													89,40	
											8,57		ΔH _v =	26,35

Poichè il carico disponibile fra la presa in carico della diramazione per Trani ed il relativo Serbatoio, è pari a:

$$\Delta H_d = (124,31 - 89,40) \text{ m s.l.m.} = 34,91 \text{ m s.l.m.}$$

e la perdita di carico nello stesso tratto di diramazione è stata calcolata pari a:

$$\Delta H_t = 8,57 \text{ m}$$

il carico in eccesso, da dissipare con la valvola di regolazione a fuso, risulta:

$$\Delta H_v = (34,91 - 8,57) \text{ m} = 26,35 \text{ m}$$

Carico disponibile da presa in carico da DN 1200 per Trani	Perdita di carico totale (m)	Carico in eccesso da dissipare (m)
34,91	8,57	26,35

Per le valvole a fuso minori si riportano i dati di calcolo nella seguente tabella nel caso della portata minima si è ipotizzato che questa non risulta inferiore al 50% di quella massima di progetto.

Trani						
DN 200 standard						
Q_{max} (l/s)	ΔH (m)	K (mc/h)	V (m/s)	G.A.%	σ_L	σ
200	17,01	8,23	6,37	70	1,6	5,35
Q_{min} (l/s)	ΔH (m)	K (mc/h)	V (m/s)	G.A.%	σ_L	σ
100	26,35	51,01	3,18	30	1,31	3,77
Bisceglie						
DN 350 K20						
Q_{max} (l/s)	ΔH (m)	K (mc/h)	V (m/s)	G.A.%	σ_L	σ
193	9,12	44,47	2,01	80	0,8	12,35
Q_{min} (l/s)	ΔH (m)	K (mc/h)	V (m/s)	G.A.%	σ_L	σ
96,5	9,97	194,44	3,07	42	0,74	11,44
Molfetta						
DN 300 standard						
Q_{max} (l/s)	ΔH (m)	K (mc/h)	V (m/s)	G.A.%	σ_L	σ
193	2,93	7,71	2,73	72	1,61	35,01
Q_{min} (l/s)	ΔH (m)	K (mc/h)	V (m/s)	G.A.%	σ_L	σ
96,5	5,07	53,37	1,37	27	1,3	22,21
Giovinazzo						
DN 150 K20						
Q_{max} (l/s)	ΔH (m)	K (mc/h)	V (m/s)	G.A.%	σ_L	σ
58	21,52	39,19	3,28	84	0,8	4,34
Q_{min} (l/s)	ΔH (m)	K (mc/h)	V (m/s)	G.A.%	σ_L	σ
29	22,99	169,49	1,64	45	0,75	4,11
S. Spirito - Palese						
DN 150 standard						
Q_{max} (l/s)	ΔH (m)	K (mc/h)	V (m/s)	G.A.%	σ_L	σ
123	22,49	9,11	6,96	67	1,59	3,52
Q_{min} (l/s)	ΔH (m)	K (mc/h)	V (m/s)	G.A.%	σ_L	σ
61,5	26,21	42,46	3,48	32	1,34	3,27

11. VERIFICA IDRAULICA A TUBI NUOVI

11.1. ADDUTTORE PRINCIPALE DA TORRINO DI BARLETTA A SERBATOIO DI BARI-MODUGNO (SCENARIO 1)

Si procede ad effettuare le verifiche idrauliche per gli schemi idrici 1 e 2 nella condizione a tubi nuovi, importante per verificare a breve termine lo stato tensionale delle tubazioni e delle valvole.

Si assume il parametro ε pari a 0,05 mm corrispondente ad un coefficiente γ pari a 0,08 m^{1/2}.

Dimensionamento/verifica condotta adduttrice con formula di Darcy (moto assolutamente turbolento)							
<i>NODI e TRONCHI</i>	u_{teor}	$D [mm]$	u	$y_i [m]$	$H [m]$	$H_g [m]$	$h [m]$
Barletta					121,25	96,22	25,03
Barletta - Trani	0,00040639	1.200	0,00045222	8,51			
Trani					112,74	101,39	11,35
Trani - Bisceglie	0,00054607	1.200	0,00045222	1,73			
Bisceglie					111,01	103,99	7,02
Bisceglie - Molfetta	0,00077140	1.200	0,00045222	3,08			
Molfetta					107,93	99,58	8,35
Molfetta - Giovinazzo	0,00119424	1.200	0,00045222	1,47			
Giovinazzo					106,45	82,33	24,13
Giovinazzo - Palese S. Spirito	0,00139778	1.000	0,00115281	3,06			
Palese S. Spirito					103,40	73,38	26,88
Palese S. Spirito - Bari	0,00206547	1.000	0,00115281	1,60			
Serbatoio Bari - Modugno					101,80	96,93	4,83
			$\Sigma y_i [m]$	19,45			

In considerazione del regime di moto del vettore principale, verificato essere turbolento di transizione (e della circostanza, ormai riconosciuta, che per diametri superiori a 500 mm, l'impiego della formula di Darcy fornisce cadenti eccessive), lo stesso dimensionamento è stato effettuato applicando e prendendo in considerazione, la formula di Darcy-Weisbach, con λ fattore di resistenza ottenuto con la formula di Colebrook.

Dimensionamento/verifica condotta adduttrice con formula di Darcy-Weisbach e Colebrook-White (moto turbolento di transizione)					
NODI e TRONCHI	D [mm]	y_i [m]	H [m]	H_g [m]	h [m]
Barletta			119,66	96,22	23,44
Barletta - Trani	1.200	7,58			
Trani			112,09	101,39	10,70
Trani - Bisceglie	1.200	1,57			
Bisceglie			110,51	103,99	6,52
Bisceglie - Molfetta	1.200	2,87			
Molfetta (Torrino disc.)			107,65	99,58	8,07
Molfetta - Giovinazzo	1.200	1,42			
Giovinazzo			106,22	82,33	23,90
Giovinazzo -Palese S. Spirito	1.000	2,88			
Palese S. Spirito			103,35	73,38	26,83
Palese S. Spirito - Bari	1.000	1,55			
Bari			101,80	96,93	4,83
	Σy_i [m]	17,86			

Dal tracciamento dalla linea piezometrica a partire da valle, dalla quota 101,80 m s.l.m. corrispondente al livello del Serbatoio esistente di Bari - Modugno, senza appositi organi di regolazione del flusso, si avrebbe un valore del carico piezometrico iniziale pari ad $H = 119,66$ m s.l.m. (inferiore al carico idrostatico disponibile nel Torrino di monte, pari a 127,25 m s.l.m.), tale da determinare nel tratto iniziale di sbocco dal Torrino di Barletta un moto a canaletta, non raccomandabile per motivi igienici.

Si riporta nella seguente tabella il riepilogo dei risultati del dimensionamento della condotta adduttrice applicando la formula di *Darcy-Weisbach*, con λ fattore di resistenza ottenuto con la formula di *Colebrook* nell'ipotesi portata derivata massima: $Q_{\max} = 1.550$ l/s e **tubi nuovi** (vedi SCHEMA 1).

NODO O TRONCO	Q (m ³ /s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	ε (mm)	Re	ν (m ² /s)	λ	ΔH (m)	H (m) - Piezometrica da monte
Calice Torrino di Barletta										127,25
Barletta - Trani	1,231	12 414,84	1200	1,09	0,05	1 298 341,52	1,006E-06	0,01212501	7,58	
nodo diramazione per Serbatoio Trani										119,67
Trani - Bisceglie	1,031	3 602,10	1200	0,91	0,05	1 087 400,57	1,006E-06	0,01237267	1,57	
nodo diramazione per Serbatoio Bisceglie										118,10
Bisceglie - Torrino Molfetta	0,838	9 684,15	1200	0,74	0,05	883 842,56	1,006E-06	0,01269060	2,87	
Torrino disconn. Molfetta (a monte della valvola di regolazione)										115,23
Perdita di carico dal Torrino Barletta al Torrino di Molfetta									12,02	
Perdita localizzata valvola a fuso DN 800, in entrata al Torrino di Molfetta (regolazione da valle) - vedi calcolo									4,98	
Torrino disconn. Molfetta										110,25
Torrino Molfetta - Giovinazzo	0,645	7 832,87	1200	0,57	0,05	680 284,55	1,006E-06	0,01313738	1,42	
nodo diramazione per Serbatoio Giovinazzo										108,83
Giovinazzo - Palese S. Spirito	0,587	7 708,33	1000	0,75	0,05	742 934,01	1,006E-06	0,01311088	2,88	
nodo diramazione per Serbatoio Palese - S. Spirito										105,95
Palese - S. Spirito - Serbatoio Bari-Modugno	0,464	6 420,03	1000	0,59	0,05	587 259,59	1,006E-06	0,01352665	1,55	
Serbatoio Bari-Modugno (a monte della valvola di regolazione)										104,40
Perdita di carico da Torrino di Molfetta a Serbatoio di Bari-Modugno									5,85	
Perdita localizzata valvola a fuso DN 600, in entrata al Serbatoio di Bari-Modugno (regolazione da valle) - vedi calcolo									2,60	
Serbatoio di Bari-Modugno										101,80

Il carico disponibile fra il Torrino di Barletta ed il Serbatoio di Bari - Modugno, è pari a:

$$\Delta H_a = (127,25 - 101,80) \text{ m s.l.m.} = 25,45 \text{ m s.l.m.}$$

La perdita di carico nei due tratti dal Torrino di Barletta al Torrino di Molfetta, e da quest'ultimo al Serbatoio di Bari - Modugno è pari a:

$$\Delta H_t = (12,02 + 5,85) \text{ m} = 17,86 \text{ m}$$

Il carico in eccesso, da dissipare, risulta pertanto:

$$\Delta H_v = (25,45 - 17,86) \text{ m} = 7,58 \text{ m}$$

Allo scopo di regolare e dissipare il carico in eccesso, nel progetto si è prevista l'istallazione, lungo il tracciato principale, di due valvole a fuso: la prima del DN 800 da ubicare all'entrata del torrino di Molfetta e la seconda del DN 600 all'entrata del serbatoio di Bari- Modugno.

11.1.1. Diramazione di Trani

Si riportano di seguito i dati di partenza ed il calcolo della perdita di carico lungo la diramazione, dalla presa in carico per Trani al Serbatoio di testata a servizio dello stesso abitato (vedi elaborati grafici di progetto: TAV. 13.1.1 - 13.1.2 - 13.1.3 - 13.1.4).

Quota terreno nodo presa in carico	H_g (m)	101,39
Quota piezometrica nodo presa in carico	H_p (m)	119,67
Q_{wmax} vasca serbatoio	(m)	89,40
Carico disponibile	Y (m)	30,27

Nodo A (presa in carico da DN 1200) – Nodo B (restr. tronco-conico) - (DN 400)

Diametro condotta	DN (mm)	400
Lunghezza	L (m)	865,20
Portata max	Q (mc/s)	0,200
Velocità	v (m/s)	1,59

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 4,01$ m

Perdite di carico localizzate:

- N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"

($d_1 = 0,4$; $d_3 = 1,2$; $d_1/d_3 = 0,33$; $Q_1 = 0,20$; $Q_3 = 1,231$; $Q_1/Q_3 = 0,16$; - $K = 0,95$)

- N. 2 valvole a farfalla DN 400 ($K = 0,7$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,30$ m

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 4,31$ m

Nodo B (restr. tronco-conico) – Nodo C (valvola a fuso) - (DN 200)

Diametro condotta	DN (mm)	200
Lunghezza	L (m)	1,10

Portata max	Q (mc/s)	0,200
Velocità	v (m/s)	6,37

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,17 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 restringimento di sezione con raccordo tronco-conico DN 400 - DN 200*

(d = 200; D = 400; L = 0,19; d/D = 0,50; L/D = 0,48; - K = 0,60)

da cui si ha: $\Delta H'' = 1,24 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 1,41 \text{ m}$

Nodo C (valvola a fuso) – Nodo D (allarg. tronco-conico) - (DN 200)

Diametro condotta	DN (mm)	200
Lunghezza	L (m)	2,50
Portata max	Q (mc/s)	0,200
Velocità	v (m/s)	6,37

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,39 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 allargamento di sezione con raccordo tronco-conico DN 250 – DN 400*

(d = 200; D = 400; L = 0,19; d/D = 0,50; L/D = 0,48; - K = 0,60)

- *N. 1 misuratore di portata elettromagnetico DN 200 (K = 0,10)*

da cui si ha: $\Delta H'' = 1,45 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 1,83 \text{ m}$

Nodo D (allarg. tronco-conico) – Sbocco nel Serbatoio di Trani - (DN 400)

Diametro condotta	DN (mm)	400
Lunghezza	L (m)	28,05
Portata max	Q (mc/s)	0,200
Velocità	v (m/s)	1,59

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,13 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"
($d_1 = 0,4$; $d_3 = 0,4$; $d_1/d_3 = 1,0$; $Q_1 = 0,20$; $Q_3 = 0,20$; $Q_1/Q_3 = 1,00$; $-K = 1,2$)
- N. 5 curve stampate in regime turbolento con 4 spicchi ogni 90° ($K = 0,32$)
- N. 2 saracinesche completamente aperte ($K = 0,15$)
- allo sbocco ($K = 1,00$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,52 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,65 \text{ m}$

Tabella di riepilogo:

NODO O TRONCO	Q (m ³ /s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	ϵ (mm)	Re	ν (m ² /s)	λ	$\Delta H'$ (m)	$\Delta H''$ (m)	ΔH (m)	H (m)	H (m) - Piezometrica da valle	H (m) - Piezometrica da monte
A (Presa in carico)												119,67		119,67
A - B	0,200	865,20	400	1,59	0,05	632 822,84	1,006E-06	0,014342	4,01	0,30	4,31			
B												115,36		115,36
B - C	0,200	1,10	200	6,37	0,05	1 265 645,69	1,006E-06	0,015033	0,17	1,24	1,41			
C (valvola di regolazione a fuso)												113,95	91,89	113,95
C - D	0,200	2,50	200	6,37	0,05	1 265 645,69	1,006E-06	0,015033	0,39	1,45	1,83			
D												112,12	90,05	
D - S	0,200	28,05	400	1,59	0,05	2 531 291,38	1,006E-06	0,014342	0,13	0,52	0,65			
S (Serbatoio)												111,46	89,40	
											8,21		$\Delta H_v =$	22,06

dove:

Nodo A – Presa in carico da DN 1200

Nodo B – Cono di riduzione DN 400/200 tronco misura di portata DN 200

Nodo C – Valvola di regolazione a fuso DN 200

Nodo D – Cono di allargamento DN 200/400 fine tronco misura portata

Nodo S – Serbatoio di Trani

Poichè il carico disponibile fra la presa in carico della diramazione per Trani ed il relativo Serbatoio, è pari a:

$$\Delta H_d = (119,67 - 89,40) \text{ m s.l.m.} = 30,27 \text{ m s.l.m.}$$

e la perdita di carico nello stesso tratto di diramazione è stata calcolata pari a:

$$\Delta H_t = 8,21 \text{ m}$$

il carico in eccesso, da dissipare con idonea valvola di regolazione a fuso, risulta:

$$\Delta H_v = (30,27 - 8,21) \text{ m} = 22,06 \text{ m}$$

Carico disponibile da presa in carico da DN 1200 per Trani	Perdita di carico totale (m)	Carico in eccesso da dissipare (m)
30,27	8,21	22,06

11.1.2. Diramazione di Bisceglie

Si riportano di seguito i dati di partenza ed il calcolo della perdita di carico lungo la diramazione, dalla presa in carico per Bisceglie al Serbatoio di testata a servizio dello stesso abitato (vedi elaborati grafici di progetto: TAV. 13.2.1 - 13.2.2 - 13.2.3).

Quota terreno nodo presa in carico	H_g (m)	103,99
Quota piezometrica nodo presa in carico	H (m)	118,10
Q_{wmax} vasca serbatoio	(m)	103,49
Carico disponibile	Y (m)	14,61

Nodo A (presa in carico da DN 1200) – Nodo B (restr. tronco-conico) - (DN 400)

Diametro condotta	DN (mm)	400
Lunghezza	L (m)	42,60
Portata max	Q (mc/s)	0,193
Velocità	v (m/s)	1,54

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,18$ m

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"*

$(d_1 = 0,4; d_3 = 1,2; d_1/d_3 = 0,33; Q_1 = 0,193; Q_3 = 1,031; Q_1/Q_3 = 0,19; - K = 0,95)$

- *N. 1 valvola a farfalla ($K = 0,7$)*

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,20$ m

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,38$ m

Nodo B (restr. tronco-conico) – Nodo C (valvola a fuso) - (DN 350)

Diametro condotta	DN (mm)	350
Lunghezza	L (m)	0,60
Portata max	Q (mc/s)	0,193
Velocità	v (m/s)	2,01

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,01$ m

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 restringimento di sezione con raccordo tronco-conico*

$(d = 350; D = 400; L = 0,24; d/D = 0,88; L/D = 0,60; - K = 0,10)$

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,02 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,03 \text{ m}$

Nodo C' (restr. tronco-conico) – Nodo D (allarg. tronco-conico) - (DN 250)

Diametro condotta	DN (mm)	250
Lunghezza	L (m)	3,00
Portata max	Q (mc/s)	0,193
Velocità	v (m/s)	3,93

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,14 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 restringimento di sezione con raccordo tronco-conico DN 350 - DN 250*

$(d = 250; D = 350; L = 0,24; d/D = 0,71; L/D = 0,69; - K = 0,10)$

- *N. 1 misuratore di portata elettromagnetico DN 250 (K = 0,10)*

- *N. 1 allargamento di sezione con raccordo tronco-conico*

$(d = 250; D = 400; L = 0,19; d/D = 0,63; L/D = 0,48; - K = 0,20)$

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,32 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,45 \text{ m}$

Nodo D (allarg. tronco-conico) – Sbocco in Serbatoio di Bisceglie - (DN 400)

Diametro condotta	DN (mm)	400
Lunghezza	L (m)	31,90
Portata max	Q (mc/s)	0,193
Velocità	v (m/s)	1,54

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,14 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"
($d_1 = 0,4$; $d_3 = 0,4$; $d_1/d_3 = 1,0$; $Q_1 = 0,20$; $Q_3 = 0,20$; $Q_1/Q_3 = 1,00$; $-K = 1,2$)
- N. 5 curve stampate in regime turbolento con 4 spicchi ogni 90° ($K = 0,32$)
- N. 2 saracinesche completamente aperte ($K = 0,15$)
- allo sbocco ($K = 1,00$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,49$ m

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,63$ m

Tabella di riepilogo:

NODO O TRONCO	Q (m ³ /s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	ε (mm)	Re	ν (m ² /s)	λ	$\Delta H'$ (m)	$\Delta H''$ (m)	ΔH (m)	H (m)	H (m) - Piezometrica da valle	H (m) - Piezometrica da monte
A (Presa in carico)												118,10		118,10
A - B	0,193	42,60	400	1,54	0,005	610 674,04	1,006E-06	0,014392	0,18	0,20	0,38			
B												117,72		117,72
B - C	0,193	0,60	350	2,01	0,005	697 913,18	1,006E-06	0,014415	0,01	0,02	0,03			
C (valvola di regolazione a fuso)												117,69	104,58	117,69
C - D	0,193	3,00	250	3,93	0,005	1 221 348,09	1,006E-06	0,014697	0,14	0,32	0,45			
D												117,24	104,12	
D - S	0,193	31,90	400	1,54	0,005	610 674,04	1,006E-06	0,014392	0,14	0,49	0,63			
S (Serbatoio)												116,60	103,49	
											1,49		$\Delta H_v =$	13,11

dove:

Nodo A – Presa in carico da DN 1200

Nodo B – Cono di riduzione DN 400/350

Nodo C – Valvola di regolazione a fuso DN 350 - Nodo C' – Cono di riduzione DN 350/250

Nodo D – Cono di allargamento DN 250/400 fine tronco misura portata

Nodo S – Serbatoio di Bisceglie

Poichè il carico disponibile fra la presa in carico della diramazione per Bisceglie ed il relativo Serbatoio, è pari a:

$$\Delta H_d = (118,10 - 103,49) \text{ m s.l.m.} = 14,61 \text{ m s.l.m.}$$

e la perdita di carico nello stesso tratto di diramazione è stata calcolata pari a:

$$\Delta H_t = 1,49 \text{ m}$$

il carico in eccesso, da dissipare con idonea valvola di regolazione a fuso, risulta:

$$\Delta H_v = (14,61 - 1,49) \text{ m} = 13,11 \text{ m}$$

Carico disponibile da presa in carico da DN 1200 per Bisceglie	Perdita di carico totale (m)	Carico in eccesso da dissipare (m)
14,61	1,49	13,11

11.1.3. Diramazione di Molfetta

Si riportano di seguito i dati di partenza ed il calcolo della perdita di carico lungo la diramazione, dal Torrino di Molfetta al Serbatoio di testata a servizio dello stesso comune (vedi elaborati grafici di progetto: TAV. 13.3.1 - 13.3.2 - 13.3.3 - 13.3.4).

Quota terreno nodo presa in carico	H_g (m)	99,58
Quota piezometrica nodo presa in carico	H (m)	110,25
Q_{wmax} vasca serbatoio	(m)	104,46
Carico disponibile	Y (m)	5,79

Nodo A (presa da Torrino Molfetta - DN 1200) – Nodo B (restr. tronco-conico DN 1200/500)

Diametro condotta	DN (mm)	1.200
Lunghezza	L (m)	6,44
Portata max	Q (mc/s)	0,838
Velocità	v (m/s)	0,74

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,00$ m

Perdite di carico localizzate:

- all'imbocco ($K = 0,5$)
- $N. 1$ curva stampata in regime turbolento con 4 spicchi ogni 90° ($K = 0,32$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,02$ m

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,02$ m

Nodo B (restr. tronco-conico DN 1200/500 – Nodo C (allarg. tronco-conico DN500/1200)

Diametro condotta	DN (mm)	500
Lunghezza	L (m)	4,19
Portata max	Q (mc/s)	0,838
Velocità	v (m/s)	4,27

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,10 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 2 restringimento/allargamento di sezione con raccordo tronco-conico
($d = 500$; $D = 1200$; $L = 0,96$; $d/D = 0,42$; $L/D = 0,80$; - $K = 0,60$)
- N. 1 misuratore di portata elettromagnetico DN 500 ($K = 0,10$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 1,21 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 1,31 \text{ m}$

Nodo C (allarg. tronco-conico DN500/1200) – Nodo D (presa in carico da DN 1200 per Serbatoio di Bari-Modugno)

Diametro condotta	DN (mm)	1200
Lunghezza	L (m)	3,24
Portata max	Q (mc/s)	0,838
Velocità	v (m/s)	0,74

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,00 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 1 valvola a farfalla DN 1200 ($K = 0,7$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,02 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,02 \text{ m}$

Nodo D (presa in carico da DN 1200 per Serbatoio di Bari-Modugno) – Nodo E (restr. tronco-conico DN400/300)

Diametro condotta	DN (mm)	400
Lunghezza	L (m)	102,92
Portata max	Q (mc/s)	0,193
Velocità	v (m/s)	1,54

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,45 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"*
($d_1 = 0,4$; $d_3 = 1,2$; $d_1/d_3 = 0,33$; $Q_1 = 0,193$; $Q_3 = 0,838$; $Q_1/Q_3 = 0,23$; - $K = 0,95$)
- *N. 4 curve stampate in regime turbolento con 4 spicchi ogni 90° (K = 0,32)*
- *N. 3 valvole a farfalla DN 400 (K = 0,7)*

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,52 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,97 \text{ m}$

Nodo E (restr. tronco-conico DN400/300) - Nodo F (valvola di regolazione a fuso DN 300)

Diametro condotta	DN (mm)	300
Lunghezza	L (m)	0,80
Portata max	Q (mc/s)	0,193
Velocità	v (m/s)	2,74

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,01 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 restringimento di sezione con raccordo tronco-conico*
($d = 300$; $D = 400$; $L = 0,31$; $d/D = 0,75$; $L/D = 0,78$; - $K = 0,10$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,04 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,05 \text{ m}$

Nodo F (valvola di regolazione a fuso DN 300) - Nodo G (restr. tronco-conico DN300/250)

Diametro condotta	DN (mm)	300
Lunghezza	L (m)	0,36
Portata max	Q (mc/s)	0,193
Velocità	v (m/s)	2,74

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,01 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 restringimento di sezione con raccordo tronco-conico*
($d = 250$; $D = 300$; $L = 0,31$; $d/D = 0,83$; $L/D = 1,03$; - $K = 0,10$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,04$ m

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,05$ m

Nodo G (restr. tronco-conico DN300/250) - Nodo H (allarg. tronco-conico DN250/400)

Diametro condotta	DN (mm)	250
Lunghezza	L (m)	1,85
Portata max	Q (mc/s)	0,193
Velocità	v (m/s)	3,94

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,09$ m

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 misuratore di portata elettromagnetico DN 250 (K = 0,10)*
- *N. 1 allargamento di sezione con raccordo tronco-conico*
($d = 250$; $D = 400$; $L = 0,41$; $d/D = 0,63$; $L/D = 1,03$; - $K = 0,20$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,24$ m

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,32$ m

Nodo H (allarg. tronco-conico DN250/400) - Sbocco in Serbatoio di Bisceglie - (DN 400)

Diametro condotta	DN (mm)	400
Lunghezza	L (m)	32,03
Portata max	Q (mc/s)	0,193
Velocità	v (m/s)	1,54

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,14$ m

Perdite di carico localizzate:

- N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"
($d_1 = 0,4$; $d_3 = 0,4$; $d_1/d_3 = 1,00$; $Q_1 = 0,193$; $Q_3 = 0,193$; $Q_1/Q_3 = 1,00$; - $K = 1,20$)
- N. 5 curve stampate in regime turbolento con 4 spicchi ogni 90° ($K = 0,32$)
- N. 1 saracinesca completamente aperte ($K = 0,15$)
- allo sbocco ($K = 1,00$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,48$ m

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,61$ m

Tabella di riepilogo:

NODO O TRONCO	Q (m ³ /s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	ε (mm)	Re	ν (m ² /s)	λ	$\Delta H'$ (m)	$\Delta H''$ (m)	ΔH (m)	H (m)	H (m) - Piezometrica da valle	H (m) - Piezometrica da monte
A (Preso da nuovo Torrino)												110,25		110,25
A - B	0,838	6,44	1 200	0,74	0,05	883 842,56	1,006E-06	0,012691	0,00	0,02	0,02			
B												110,23		110,23
B - C	0,838	4,19	500	4,27	0,05	2 121 222,15	1,006E-06	0,012757	0,10	1,21	1,31			
C												108,92		108,92
C - D	0,838	3,24	1 200	0,74	0,05	883 842,56	1,006E-06	0,012691	0,00	0,02	0,02			
D												108,90		108,90
D - E	0,193	102,92	400	1,54	0,05	610 674,04	1,006E-06	0,014392	0,45	0,52	0,97			
E												107,93		107,93
E - F	0,193	0,80	300	2,74	0,05	977 078,46	1,006E-06	0,014504	0,01	0,04	0,05			
F (valvola di regolazione a fuso)												107,88	105,44	107,88
F - G	0,193	0,36	300	2,74	0,05	977 078,46	1,006E-06	0,014504	0,01	0,04	0,04			
G												107,83	105,40	
G - H	0,193	1,85	250	3,94	0,05	977 078,46	1,006E-06	0,014697	0,09	0,24	0,32			
H												107,51	105,07	
H - S	0,193	32,03	400	1,54	0,05	610 674,04	1,006E-06	0,014392	0,14	0,48	0,61			
S (Serbatoio)												106,90	104,46	
											3,35			2,44

dove:

Nodo A – Presa dal nuovo Torrino di Molfetta per Serbatoio Bari - Modugno - DN 1200

Nodo B – Cono di riduzione DN1200/500

Nodo C – Cono di allargamento DN500/1200

Nodo D – Presa in carico da DN 1200 per Serbatoio di Bari-Modugno - Diramazione DN 400

Nodo E – Cono di riduzione DN400/300

Nodo F – Valvola di regolazione a fuso DN 300

Nodo G – Cono di riduzione DN300/250

Nodo H – Cono di allargamento DN250/400

Nodo S – Serbatoio di Molfetta

Poichè il carico disponibile fra il Torrino di Molfetta per il relativo Serbatoio a servizio dell'abitato, è pari a:

$$\Delta H_d = (110,25 - 104,46) \text{ m s.l.m.} = 5,79 \text{ m s.l.m.}$$

e la perdita di carico nello stesso tratto di diramazione è stata calcolata pari a:

$$\Delta H_t = 3,35 \text{ m}$$

il carico in eccesso, da dissipare con idonea valvola di regolazione a fuso, risulta:

$$\Delta H_v = (5,79 - 3,35) \text{ m} = 2,44 \text{ m}$$

Carico disponibile da presa in carico da DN 1200 per Molfetta	Perdita di carico totale (m)	Carico in eccesso da dissipare (m)
5,79	3,35	2,44

11.1.4. Diramazione di Giovinazzo

Si riportano di seguito i dati di partenza ed il calcolo della perdita di carico lungo la diramazione, dalla presa in carico per Giovinazzo al Serbatoio di testata a servizio dello stesso abitato (vedi elaborati grafici di progetto: TAV. 13.4.1 - 13.4.2 - 13.4.3).

Quota terreno nodo presa in carico	H_g (m)	82,32
Quota piezometrica nodo presa in carico	H (m)	108,83
Q_{wmax} vasca serbatoio	(m)	84,94
Carico disponibile	Y (m)	23,89

Nodo A (presa in carico da DN 1200) – Nodo B (restr. tronco-conico) - (DN 200)

Diametro condotta	DN (mm)	200
Lunghezza	L (m)	27,52
Portata max	Q (mc/s)	0,058
Velocità	v (m/s)	1,85

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,39$ m

Perdite di carico localizzate:

- N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"

($d_1 = 0,2$; $d_3 = 1,2$; $d_1/d_3 = 0,17$; $Q_1 = 0,058$; $Q_3 = 0,645$; $Q_1/Q_3 = 0,09$; - $K = 0,95$)

- N. 1 valvola a farfalla ($K = 0,7$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,29$ m

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,68$ m

Nodo B (restr. tronco-conico) – Nodo C (valvola a fuso) - (DN 150)

Diametro condotta	DN (mm)	150
Lunghezza	L (m)	0,50
Portata max	Q (mc/s)	0,058
Velocità	v (m/s)	3,29

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,03$ m

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 restringimento di sezione con raccordo tronco-conico*

$(d = 150; D = 200; L = 0,10; d/D = 0,75; L/D = 0,50; - K = 0,10)$

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,06 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,09 \text{ m}$

Nodo C (valvola a fuso) – Nodo D (allarg. tronco-conico) - (DN 150)

Diametro condotta	DN (mm)	150
Lunghezza	L (m)	1,70
Portata max	Q (mc/s)	0,058
Velocità	v (m/s)	3,29

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,10 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 allargamento di sezione con raccordo tronco-conico*

$(d = 150; D = 200; L = 0,10; d/D = 0,75; L/D = 0,50; - K = 0,10)$

N. 1 misuratore di portata elettromagnetico (K = 0,10)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,11 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,21 \text{ m}$

Nodo D (allarg. tronco-conico) – Sbocco in Serbatoio di Giovinazzo - (DN 200)

Diametro condotta	DN (mm)	200
Lunghezza	L (m)	4,30
Portata max	Q (mc/s)	0,193
Velocità	v (m/s)	1,85

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,06 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"*

$(d_1 = 0,2; d_3 = 0,2; d_1/d_3 = 1,0; Q_1 = 0,058; Q_3 = 0,058; Q_1/Q_3 = 1,00; - K = 1,2)$

- *N. 3 curve stampate in regime turbolento con 4 spicchi ogni 90° (K = 0,32)*

- *N. 2 saracinesche completamente aperte ($K = 0,15$)*
- *allo sbocco ($K = 1,00$)*

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,60 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,66 \text{ m}$

Tabella di riepilogo:

NODO O TRONCO	Q (m ³ /s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	\mathcal{E} (mm)	Re	ν (m ² /s)	λ	$\Delta H'$ (m)	$\Delta H''$ (m)	ΔH (m)	H (m)	H (m) - Piezometrica da valle	H (m) - Piezometrica da monte
A (Presa in carico)												108,83		108,83
A - B	0,058	27,52	200	1,85	0,05	367 037,25	1,006E-06	0,016291	0,39	0,29	0,68			
B												108,15		108,15
B - C	0,058	0,50	150	3,29	0,05	489 383,01	1,006E-06	0,016547	0,03	0,06	0,09			
C (valvola di regolazione a fuso)												108,07	85,82	108,07
C - D	0,058	1,70	150	3,29	0,05	489 383,01	1,006E-06	0,016547	0,10	0,11	0,21			
D												107,85	85,60	
D - S	0,058	4,30	200	1,85	0,05	367 037,25	1,006E-06	0,016291	0,06	0,60	0,66			
S (Serbatoio)													84,94	
											1,64		$\Delta H_v =$	22,25

dove:

Nodo A – Presa in carico da DN 1200

Nodo B – Cono di riduzione DN 200/150 tronco misura di portata DN 150

Nodo C – Valvola di regolazione a fuso DN 150

Nodo D – Cono di allargamento DN 150/200 fine tronco misura portata

Nodo S – Serbatoio di Giovinazzo

Poichè il carico disponibile fra la presa in carico della diramazione per Giovinazzo ed il relativo Serbatoio, è pari a:

$$\Delta H_d = (108,83 - 84,94) \text{ m s.l.m.} = 23,89 \text{ m s.l.m.}$$

e la perdita di carico nello stesso tratto di diramazione è stata calcolata pari a:

$$\Delta H_t = 1,64 \text{ m}$$

il carico in eccesso, da dissipare con idonea valvola di regolazione a fuso, risulta:

$$\Delta H_v = (23,89 - 1,64) \text{ m} = 22,25 \text{ m}$$

Carico disponibile da presa in carico da DN 1200 per Giovinazzo	Perdita di carico totale (m)	Carico in eccesso da dissipare (m)
23,89	1,64	22,25

11.1.5. Diramazione di Palese S. Spirito

Si riportano di seguito i dati di partenza ed il calcolo della perdita di carico lungo la diramazione, dalla presa in carico per Palese – S. Spirito al Serbatoio di testata a servizio degli stessi abitati (vedi elaborati grafici di progetto: TAV. 13.5.1 - 13.5.2 - 13.5.3).

Quota terreno nodo presa in carico	H_g (m)	76,52
Quota piezometrica nodo presa in carico	H (m)	105,95
Q_{wmax} vasca serbatoio	(m)	77,16
Carico disponibile	Y (m)	28,79

Nodo A (presa in carico da DN 1000) – Nodo B (restr. tronco-conico) - (DN 300)

Diametro condotta	DN (mm)	300
Lunghezza	L (m)	320,62
Portata max	Q (mc/s)	0,123
Velocità	v (m/s)	1,73

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 2,49 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"

($d_1 = 0,3$; $d_3 = 1,0$; $d_1/d_3 = 0,30$; $Q_1 = 0,123$; $Q_3 = 0,587$; $Q_1/Q_3 = 0,21$; - $K = 0,95$)

- N. 1 valvola a farfalla ($K = 0,7$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,25 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 2,74 \text{ m}$

Nodo B (restr. tronco-conico) – Nodo C (valvola a fuso) - (DN 150)

Diametro condotta	DN (mm)	150
Lunghezza	L (m)	0,55
Portata max	Q (mc/s)	0,123
Velocità	v (m/s)	6,94

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,05 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 restringimento di sezione con raccordo tronco-conico*

$(d = 150; D = 300; L = 0,12; d/D = 0,50; L/D = 0,40; - K = 0,60)$

da cui si ha: $\Delta H'' = 1,47 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 1,52 \text{ m}$

Nodo C (valvola a fuso) – Nodo D (allarg. tronco-conico) - (DN 150)

Diametro condotta	DN (mm)	150
Lunghezza	L (m)	2,60
Portata max	Q (mc/s)	0,123
Velocità	v (m/s)	6,94

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,25 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 allargamento di sezione con raccordo tronco-conico*

$(d = 150; D = 300; L = 0,12; d/D = 0,50; L/D = 0,40; - K = 0,60)$

N. 1 misuratore di portata elettromagnetico (K = 0,10)

da cui si ha: $\Delta H'' = 1,72 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 1,97 \text{ m}$

Nodo D (allarg. tronco-conico) – Sbocco in Serbatoio di Palese – S. Spirito - (DN 300)

Diametro condotta	DN (mm)	300
Lunghezza	L (m)	15,84
Portata max	Q (mc/s)	0,123
Velocità	v (m/s)	1,73

Perdite di carico continue calcolate $\Delta H' = 0,19 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"*

$$(d_1 = 0,3; d_3 = 0,3; d_1/d_3 = 1,0; Q_1 = 0,123; Q_3 = 0,123; Q_1/Q_3 = 1,00; - K = 1,2)$$

- N. 3 curve stampate in regime turbolento con 4 spicchi ogni 90° ($K = 0,32$)
- N. 2 saracinesche completamente aperte ($K = 0,15$)
- allo sbocco ($K = 1,00$)

da cui si ha: $\Delta H'' = 0,53 \text{ m}$

Perdita di carico totale $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,72 \text{ m}$

Tabella di riepilogo:

NODO O TRONCO	Q (m³/s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	ε (mm)	Re	v (m²/s)	λ	ΔH' (m)	ΔH'' (m)	ΔH (m)	H (m)	H (m) - Piezometrica da valle	H (m) - Piezometrica da monte
A (Presa in carico)												105,95		105,95
A - B	0,123	320,62	300	1,73	0,05	518 914,73	1,006E-06	0,015063	2,49	0,25	2,74			
B												103,21		103,21
B - C	0,123	0,55	150	6,94	0,05	778 372,10	1,006E-06	0,015922	0,14	1,47	1,62			
C (valvola di regolazione a fuso)												101,60	80,27	101,60
C - D	0,123	2,60	150	6,94	0,05	778 372,10	1,006E-06	0,015922	0,68	1,72	2,40			
D												99,20	77,88	
D - S	0,123	15,84	300	1,73	0,05	518 914,73	1,006E-06	0,016291	0,19	0,53	0,72			
S (Serbatoio)												98,48	77,16	
											7,47		ΔH _v =	21,32

dove:

Nodo A – Presa in carico da DN 1000

Nodo B – Cono di riduzione DN 300/200 tronco misura di portata DN 150

Nodo C – Valvola di regolazione a fuso DN 150

Nodo D – Cono di allargamento DN 200/300 fine tronco misura portata

Nodo S – Serbatoio di Palese – S. Spirito

Poichè il carico disponibile fra la presa in carico della diramazione per Giovinazzo ed il relativo Serbatoio, è pari a:

$$\Delta H_d = (105,95 - 77,16) \text{ m s.l.m.} = 28,79 \text{ m s.l.m.}$$

e la perdita di carico nello stesso tratto di diramazione è stata calcolata pari a:

$$\Delta H_t = 7,47 \text{ m}$$

il carico in eccesso, da dissipare con idonea valvola di regolazione a fuso, risulta:

$$\Delta H_v = (28,79 - 7,47) \text{ m} = 21,32 \text{ m}$$

Carico disponibile da presa in carico da DN 1000 per Palese - S. Spirito	Perdita di carico totale (m)	Carico in eccesso da dissipare (m)
28,79	7,47	21,32

12. DIMENSIONAMENTO MISURATORI DI PORTATA

Per la corretta gestione delle opere di acquedotto in generale è necessario misurare i volumi che in un prefissato intervallo di tempo transitano in sezioni significative. Le sezioni da controllare nello schema idraulico di cui al presente progetto, sono quelle in entrata e/o in uscita dalle opere di sconnessione idraulica (torrini e serbatoi), riepilogate nel seguente prospetto:

MISURATORI DI PORTATA	DN condotta	$Q_{\min}(\text{m}^3/\text{s})$	$Q_{\max}(\text{m}^3/\text{s})$
TORRINO BARLETTA - partenza	1200	0,650	1,231
TORRINO MOLFETTA - arrivo	1200	0,450	0,838
TORRINO MOLFETTA - partenza	1200	0,450	0,645
SERBATOIO TRANI - arrivo	400	0,100	0,200
SERBATOIO BISCEGLIE - arrivo	400	0,097	0,193
SERBATOIO MOLFETTA - arrivo	400	0,097	0,193
SERBATOIO GIOVINAZZO - arrivo	200	0,029	0,058
SERBATOIO PALESE - S. SPIRITO - arrivo	300	0,062	0,123
SERBATOIO MODUGNO - arrivo	1000	0,450	0,464

Per la misura dei suddetti volumi si utilizzeranno misuratori di portata elettromagnetici, conformi alle Direttive 2006/95 CE, 2004/108 CE e 2004/22/EC sugli Strumenti di Misura (nota come Direttiva MID *Measuring Instruments Directive*).

Il misuratore di portata magnetico-induttivo (flussimetro elettromagnetico) si basa sulla legge dell'induzione di *Faraday*: un corpo conduttore che si muove entro un campo magnetico vede indotta una tensione V_e pari a:

$$V_e = B \times L \times v$$

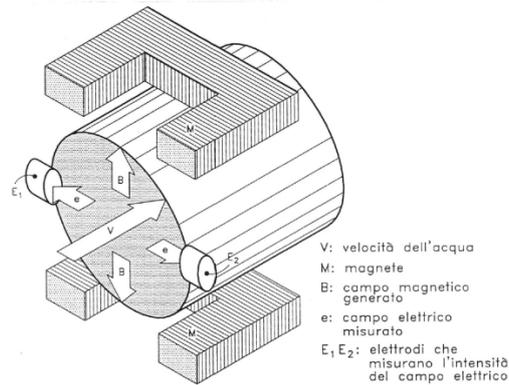
dove:

B = forza del campo magnetico (induzione)

L = lunghezza del conduttore (distanza elettrodi)

v = velocità del conduttore (velocità media del fluido)

Nel misuratore di portata magnetico-induttivo il corpo conduttore è rappresentato dal liquido elettricamente conduttore fluente nel misuratore. La tensione indotta è praticamente indipendente dalla distribuzione di velocità del liquido, per cui la relazione precedente resta valida ritenendo v la velocità media.



Il campo magnetico è generato da due bobine che funzionano a corrente alternata o impulsi di corrente continua. Il rilevamento della tensione V_e indotta avviene a mezzo di due elettrodi isolati. L'asse degli elettrodi, il campo magnetico e la direzione del flusso sono mutuamente ortogonali. In linea di principio, la tensione V_e indotta agli elettrodi è proporzionale all'induzione B , alla velocità del flusso v e alla distanza L tra i due elettrodi. Poiché l'induzione B e la distanza L sono costanti, e poiché:

$$v = \text{portata}/\text{sezione}$$

segue

$$V_e = \frac{B \times v \times 4}{D^2 / \pi}$$

dove:

D = diametro interno del misuratore

Perciò la portata è proporzionale alla tensione indotta.

I misuratori devono essere dotati di collegamenti flangiati per la connessione alle tubazioni. Devono pertanto essere previste le opportune giunzioni di tenuta in elastomero atossico e idoneo per uso con acqua potabile.

Lo strumento può essere montato ovunque sulla tubazione, trovando ideale il montaggio verticale: questo evita depositi sugli elettrodi o il loro isolamento a causa di sacche d'aria. Inoltre è necessario tenere una distanza di 3÷5 diametri a valle di elementi generanti grosse turbolenze (valvole, saracinesche, gomiti, ecc.). Il diametro dello strumento coincide spesso con quello della tubazione, ma grazie all'ampiezza del campo di misura di tali strumenti è molto spesso possibile installare misuratori di portata magnetico-induttivi con un diametro nominale sensibilmente minore rispetto a

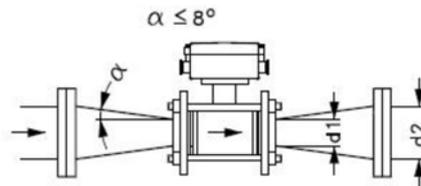
quello della condotta. In questo caso si generano, però, delle perdite di carico localizzate, funzione della portata e del rapporto di strozzatura tra i due diametri e che possono essere desunte da apposite tabelle o calcolate tramite programmi del produttore.

Nel caso di installazione di un sensore avente DN diverso da quello della condotta, per garantire una idonea misurazione della portata, è necessario verificare il rapporto D_1/D_2 dove:

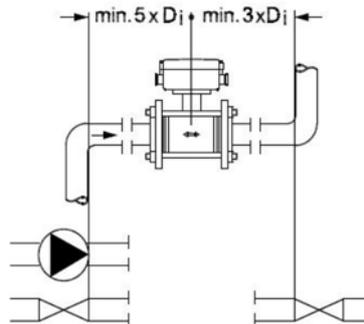
- D_2 è il diametro della condotta;
- D_1 è il diametro del tubo di misura;

Tale rapporto deve essere tale che la portata di fondo scala sia tale da garantire una velocità del liquido all'interno della sezione di misura non superiori a 2 m/s.

Se il rapporto ottimale $D_1/D_2 < 1$, per l'installazione del misuratore devono essere utilizzati dei coni di riduzione (secondo DIN EN 545).



Come detto, è necessario evitare il montaggio del misuratore nelle immediate vicinanze di organi che creino turbolenze (valvole, curve, ecc.). Si deve in questo caso prevedere in ingresso ed in uscita un tratto rettilineo di almeno 5 diametri nominali (DN dello strumento) a monte 3 x DN a valle a partire dall'asse elettrodi, come riportato in figura.



Nella tabellache segue, si riassumono i risultati del dimensionamento.

DIMENSIONAMENTO MISURATORI DI PORTATA	DN condotta	DN flussometro	Portata richiesta		Campo di misura	
			Q _{min} (m ³ /s)	Q _{max} (m ³ /s)	Q _{min} (l/s)	Q _{max} (l/s)
TORRINO BARLETTA - partenza	1200	600	0,650	1,231	113,33	2833,33
TORRINO MOLFETTA - arrivo	1200	500	0,450	0,838	78,89	1972,22
TORRINO MOLFETTA - partenza	1200	500	0,450	0,645	78,89	1972,22
SERBATOIO TRANI - arrivo	400	200	0,100	0,200	12,56	313,89
SERBATOIO BISCEGLIE - arrivo	400	250	0,097	0,193	19,67	325,00
SERBATOIO MOLFETTA - arrivo	400	250	0,097	0,193	19,67	325,00
SERBATOIO GIOVINAZZO - arrivo	200	150	0,029	0,058	7,11	177,78
SERBATOIO PALESE - S. SPIRITO - arrivo	300	150	0,062	0,123	7,11	177,78
SERBATOIO MODUGNO - arrivo	1000	500	0,450	0,464	78,89	1972,22

13. DIMENSIONAMENTO SFIATI

La sicurezza di funzionamento di una condotta in pressione è legata al controllo:

- dell'evacuazione d'aria accumulata nei vertici altimetrici della condotta durante l'esercizio della stessa;
- dell'evacuazione dell'aria in fase di riempimento della condotta;
- del rientro di grossi volumi di aria in fase di svuotamento della condotta, sia in caso di manutenzione, che provocato da cause accidentali (rottture).

L'aria accumulata riduce la sezione di passaggio dell'acqua, provocando perdite di carico anormali e in certi casi realizza effettive ostruzioni che, comportandosi come cuscinetti *elastici*, provocano oscillazioni di portate e pressioni nocive.

Per tale motivo nelle cuspidi altimetriche delle condotte è prevista l'installazione di valvole di sfiato automatico a tre funzioni (degasaggio, svuotamento e riempimento delle condotte).

Gli sfiati, dunque, sono uno strumento indispensabile per evacuare o immettere aria in condotta e mantenere la stessa libera dagli ostacoli creati dalla presenza d'aria.

Riempimento della condotta. Il deflusso dell'aria nella fase di riempimento della condotta deve sempre verificarsi con la giusta uniformità per scongiurare l'instaurarsi di situazioni transitorie di una certa entità.

La portata volumetrica d'aria evacuata dipende dalla sezione di sfiato (d) e dalla velocità di riempimento della condotta (V), correlati dalla seguente relazione:

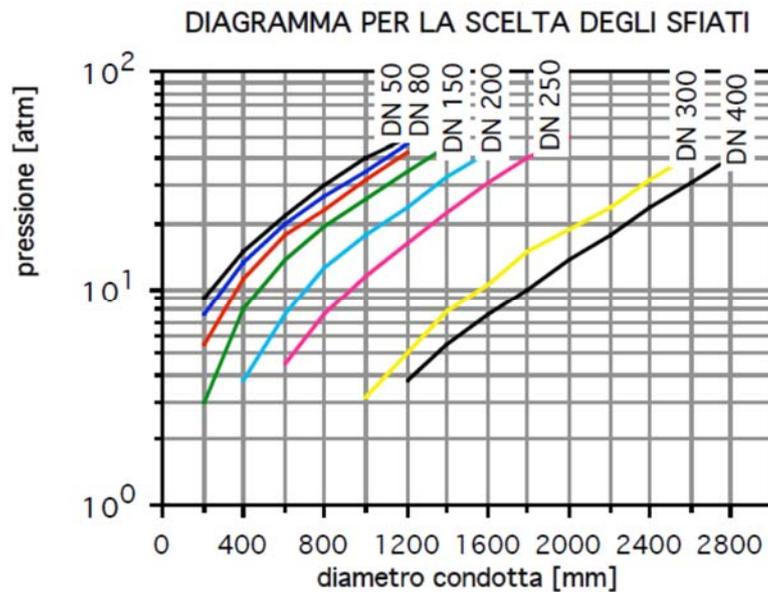
$$\frac{d}{D} = \sqrt{\frac{V}{195}}$$

Queste grandezze devono essere tarate in modo tale da creare, durante la fase il riempimento, pressioni differenziali in corrispondenza del foro di uscita mai superiori a circa 0,1 bar, oltre il quale il deflusso dell'aria può provocare accelerazioni non trascurabili della colonna idrica, causa della formazione di rilevanti sovrappressioni dinamiche.

Degasaggio. Il fenomeno sopra descritto non si riscontra durante l'esercizio della condotta, poiché il degasaggio continuo richiede piccole fuoriuscite d'aria e non porta a grossi problemi di sovrappressioni dinamiche.

Svuotamento della condotta. Parimenti importante è evitare, in caso di svuotamento, il verificarsi di depressioni all'interno delle tubazioni (mai superiori a -0,3 bar) che potrebbero compromettere sia la statica del tubo, sia il regolare deflusso dell'acqua; pertanto è necessario in entrata un volume d'aria tale da compensare quello liquido che fuoriesce dagli scarichi.

Per una rapida scelta degli sfiati si è fatto riferimento al diagramma sotto riportato, che pone in relazione la pressione di esercizio dell'acquedotto espressa in atm con il diametro della tubazione da servire



Per le condotte DN 1200 e DN 1000 dell'acquedotto principale (adduttore) si sono adottati sfiati del diametro DN 300, poiché la pressione di esercizio risulta sempre inferiore a 6 atm.

Per le diramazioni verso i serbatoi, invece, si sono adottati sfiati DN 150 per le condotte DN 400 (diramazioni per Trani, Bisceglie e Molfetta) e DN 300 (diramazione per Palese-S. Spirito), e mentre per la condotta DN 200 (diramazione per Giovinazzo) si è adottato sfiato DN 100.

Lungo l'adduttore, le valvole di sfiato saranno montate all'interno di camerette in calcestruzzo armato, sufficientemente ampie e facilmente accessibile per consentire le operazioni di manutenzione e ispezione. Esse avranno dimensioni interne 2,20 m x 2,40 m, con pareti dello spessore di 30 cm e soletta di fondazione di 40 cm.

Lungo le diramazioni, invece, le valvole di sfiato saranno montate:

- all'interno dei pozzetti di presa in carico da cui hanno origine le diramazioni stesse, per le diramazioni che hanno un profilo altimetrico discendente verso i serbatoi (diramazione per Trani);
- all'interno delle camere di manovra dei serbatoi per le diramazioni che hanno un profilo altimetrico ascendente verso i serbatoi (diramazioni per Bisceglie, Molfetta, Giovinazzo e Palese-S. Spirito).

Le apparecchiature saranno installate in posizione rigorosamente verticale e su di una tubazione di derivazione, provvista di saracinesca di intercettazione.