



# **Elaborazioni pluviometriche**

**propedeutiche al dimensionamento delle opere  
idrauliche di smaltimento delle acque meteoriche**

Brindisi, 23 maggio 2013

Ing. Luigi Milella

# Presentazione



1998 Laurea in ingegneria civile - Poliba  
sez. idraulica - ind. sanitario ambientale

2000-2003 C.Lotti & associati SpA

2003-2006 MATTM PODIS AdB Puglia – PAI

2007-2012 TRE SpA Tozzi Renewable Energy

Libero professionista settori acque – energia

Socio SIGEA dal 2004



Ing. Luigi Milella

# Indice



- Schema di flusso delle **Attività** necessarie per il dimensionamento delle infrastrutture di smaltimento, con particolare riferimento alle elaborazioni pluviometriche;
- **Approfondimenti** su casistiche comuni;
- **Casi studio** applicativi, con relativa **analisi di sensibilità**.

# Attività



## 1. Analisi morfologica bacino scolante

*Per comprendere i reali dati caratteristici del bacino (principalmente superficie e tempo caratteristico), discriminanti per la conseguente elaborazione pluviometrica ed idrologica*

# Attività



## 2. Analisi critica dati pluviometrici disponibili

***Centro Funzionale Regionale e Struttura di Monitoraggio  
Meteoclimatico***

<http://www.protezionecivile.puglia.it/public/page.php?73>

<http://www.protezionecivile.puglia.it/public/page.php?66>

*Elevatissima disponibilità di dati locali*

*Serie storiche ampie e complete*

*Accessibilità del dato e trasparenza*

# Attività



## 3. Applicazione Test statistici

*Kolgomorof, Pearson: per verificare la rappresentatività delle serie disponibili*

## 4. Curve di possibilità pluviometrica per diverse FDP

*Gumbel, Frechet, GEV, TCEV, Lognormale 2, Lognormale 3*

# Attività



5. Identificazione della CPP più adeguata  
*ossia maggiormente interpretativa della serie di  
dati disponibili*

6. Definizione intensità critica

7. Definizione IUH  
*Idrogramma unitario di piena*

# Attività



## 8. Tempo di Ritorno

*Scelta del livello di rischio d'insufficienza per le opere idrauliche (vasche, reti drenaggio, reti fognatura, opere difesa del suolo) sottoposte agli eventi meteorici.*

## 9. Definizione idrogramma di piena

## 10. Dimensionamento delle opere idrauliche di smaltimento delle acque meteoriche

# Approfondimenti: tc



In aree industriali e/o urbanizzate, i fenomeni su bacini poco estesi, sino a 0,5 kmq (500.000 mq), hanno un **tempo caratteristico** molto contenuto, solitamente inferiore ad 1 ora.

*È una approssimazione molto comune (e molto rilevante), calcolare il tc con formulazioni elaborate per fattispecie differenti (bacini montani, bacini estesi, regimi pluviometrici continentali, ecc)*

# Approfondimenti: tc



GIANDOTTI	bacini con superficie compresa tra 170 e 70.000 kmq
ARONICA PALTRINIERI	modifica della precedente, bacini con superficie minore di 10 kmq
TOURNON	modifica della precedente, sulla base di 9 bacini montani piemontesi, con superficie compresa tra 30 e 170 kmq
PUGLISI ZANFRAMUNDO	relazione sperimentale ricavata per 6 bacini del subappennino con A tra i 43 e i 94 kmq
FATTORELLI MARCHI	modifica della precedente, sulla base di 6 bacini alpini, con superficie compresa tra 7 e 200 kmq
VIPARELLI	corsi d'acqua pedemontani
PEZZOLI	alcuni piccoli bacini piemontesi

# Approfondimenti: CPP



Gli eventi brevi ed intensi (ossia quelli tipici delle zone urbane e/o industriali), seguono differenti dinamiche meteorologiche rispetto a quelli dei bacini extraurbani. Le serie storiche delle precipitazioni di durata compresa tra 1 e 24 e quelle di durata inferiore a 1 ora, appartengono a famiglie statistiche differenti.

*La CPP costruita con riferimento alle piogge aventi durata compresa tra 1 e 24 ore non dovrebbe essere direttamente estrapolata per valori della durata  $t$  inferiore a 1 ora.*

Ing. Luigi Milella

# Approfondimenti: CPP



Esistono talune **formulazioni semplificate**, nel caso di carenza della serie storica per durata  $< 1\text{h}$ .

*rapporto tra l'altezza di pioggia  $h(t,T)$ , con  $t$  minore di 60 minuti, e l'altezza di pioggia  $h(60,T)$ ,*

$$\frac{h(t, T)}{h(60, T)} = \left( \frac{t}{60} \right)^s$$

*specificatamente per la Puglia,  $s=0.227$ .*

Ferro V., Bagarello V. (1996), *Rainfall depth-duration relationship for south Italy*, "Journal of Hydrologic Engineering" ASCE, 1, (4), 178-180

# Approfondimenti



## **Formulazioni rapide** per il calcolo della CPP: **VaPi**

*ai sensi del DPCM 29 settembre 1998, ai fini della perimetrazione e valutazione dei livelli di rischio, “ove possibile, è consigliabile che gli esecutori traggano i valori di riferimento della portata al colmo di piena con assegnato tempo di ritorno... dai rapporti tecnici del progetto VAPI messo a disposizione dal GNDICI-CNR.”*

# Approfondimenti: VaPi

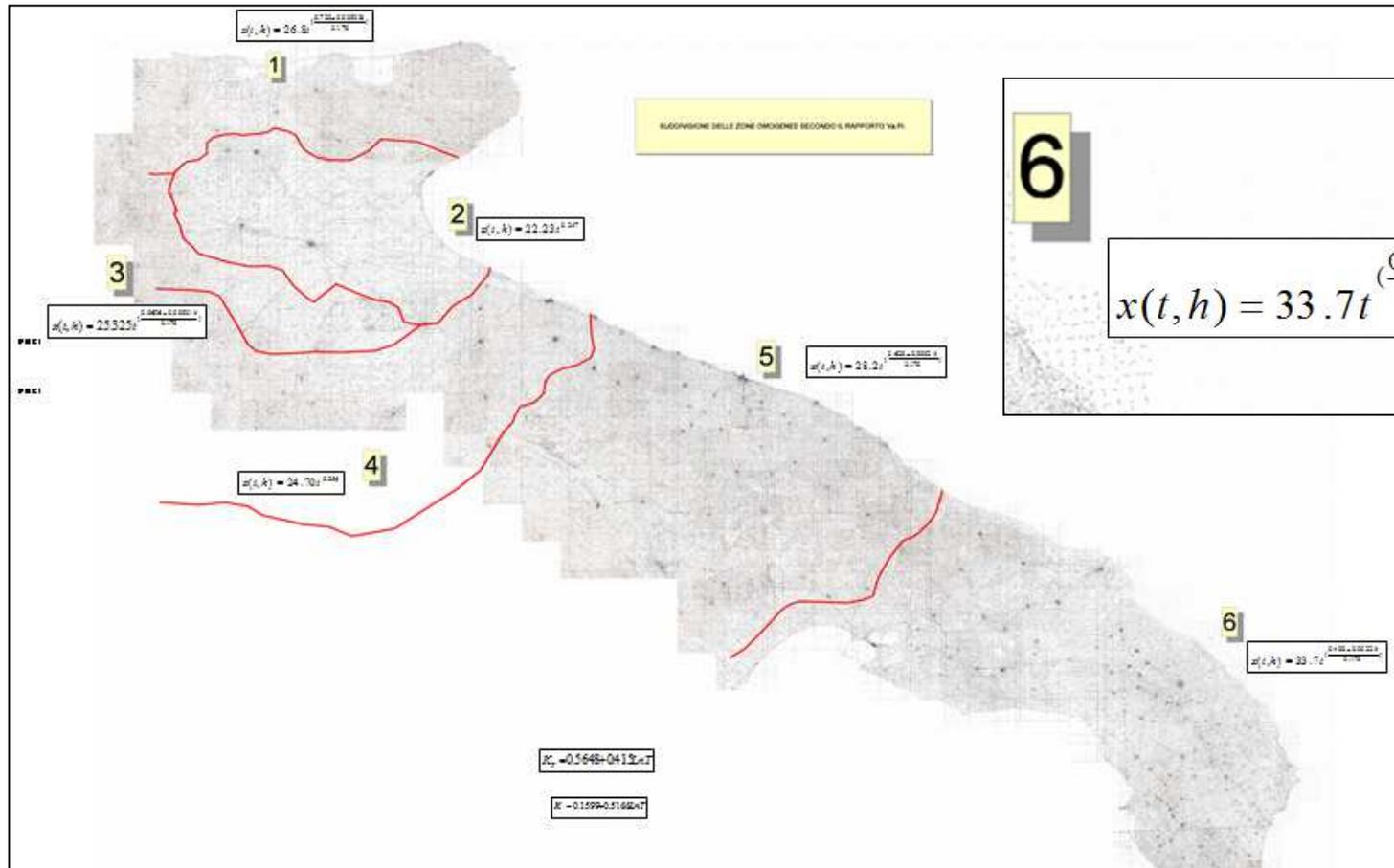


[http://www.gndci.cnr.it/it/vapi/welcome\\_it.htm](http://www.gndci.cnr.it/it/vapi/welcome_it.htm)

«Il Progetto VAPI sulla Valutazione delle Piene in Italia, portato avanti dalla Linea 1 del **Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche**, ha come obiettivo predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle **portate di piena naturali**.

... Il risultato complessivo sembra indicare che l'uso del presente Rapporto permette di ottenere stime delle portate di piena di assegnata frequenza sufficientemente attendibili per scopi di **progettazione e pianificazione del territorio**.»

# Approfondimenti: VaPi



6

$$x(t, h) = 33.7t^{\frac{0.488+0.0022h}{3.178}}$$

# Approfondimenti: Dati pluviometrici





## PROTEZIONE CIVILE DELLA REGIONE PUGLIA

Home L'Assessore Componenti Regionali Leg. Nazionale Leg. Regionale News Volontariato Centro Funzionale AIB

Mercoledì, 22 Maggio 2013, 09:31:17

Cerca nel sito

### CENTRO FUNZIONALE REGIONALE

**MESSAGGIO DI ALLERTA**  
del 21/05/2013 n.1 ore 16:30



**BENVENUTO**

Nome di Login:   
Password:   
  
[ Password Dimenticata? ]

### HAZADR

Progetto IPA-Adriatico: "HAZADR"



CENTRO FUNZIONALE REGIONALE

### Centro Funzionale Regionale e Struttura di Monitoraggio Meteoclimatico

La Struttura di Monitoraggio Meteoclimatico del Centro Funzionale Regionale (già Ufficio Idrografico e Mareografico) svolge le attività "storiche" di rilevamento, validazione, archiviazione e pubblicazione delle grandezze climatiche, idrologiche ed idrografiche interessanti il reticolo idrografico superficiale e sotterraneo tra il bacino del torrente Candelaro e quello del fiume Lato compreso il bacino interregionale del fiume Ofanto. Tali attività sono fonte di dati indispensabili per la conoscenza dei fenomeni naturali di carattere meteoclimatico ed idrologico che sono supporto imprescindibile per la progettazione delle opere idrauliche di utilizzazione delle risorse idriche e di difesa dai rischi indotti dagli eventi estremi.

La Struttura istituita sin dal 1917 come Sezione autonoma del Genio Civile, è stata trasferita alla Regione Puglia a seguito del D.P.C.M. 24.07.2002 ed è incorporato nel Servizio Protezione Civile con le competenze di cui agli artt. 22 e 23 del DPR 24.01.1991, n.85. Le attività si possono sintetizzare nello studio, rilevamento e analisi dei fenomeni fisici e nella conservazione, pubblicazione e divulgazione dei dati e delle informazioni di carattere meteo-climatico, idrologico e idraulico. La Struttura ha provveduto a dare massima diffusione ai dati rilevati dalle stazioni di monitoraggio con la pubblicazione degli Annali Idrologici e tramite il sito del Servizio.

La struttura degli Annali, modificata nel corso degli anni, si presenta articolata su due fascicoli (parte prima e parte seconda).

Nel primo sono pubblicati:

1. **Termometri**
2. **Pluviometri**
3. **Meteorologici**

Nel secondo, sono pubblicati:

1. **Annali Idrologici – parte prima, per gli anni dal 1921 al 1996;**
2. **Annali Idrologici – parte prima, per gli anni dal 1997 al 2009;**
3. **Valori termo-pluviometrici storici medi ed estremi;**
4. **Elaborazioni grafiche rilevate presso alcune stazioni.**

Alcuni Annali Idrologici sono disponibili in formato elettronico sul sito del Servizio. Il sistema di rilevamento e di pubblicazione dei dati meteorologici e pluviometrici è ritenuto utile per la conoscenza del territorio e per la progettazione delle opere idrauliche.

Gli ANNALI IDROLOGICI, pubblicati dall'Ufficio di Bari, dal 1921 al 1996, per il territorio di propria competenza, sono consultabili presso la sede della Struttura, insieme alle principali pubblicazioni edite nel corso della sua storia istituzionale.

**Il Responsabile del C. F. R. e Struttura di Monitoraggio Meteoclimatico:** Ing. Giuseppe Amoruso  
**Collaboratori:** Vincenzo Marzano, Saverio Leone, Palma Schena, Simona Loconsole, Maria Teresa Toritto, Ivana Caputo, Silvia Ciciani.

Ing. Luigi Milella

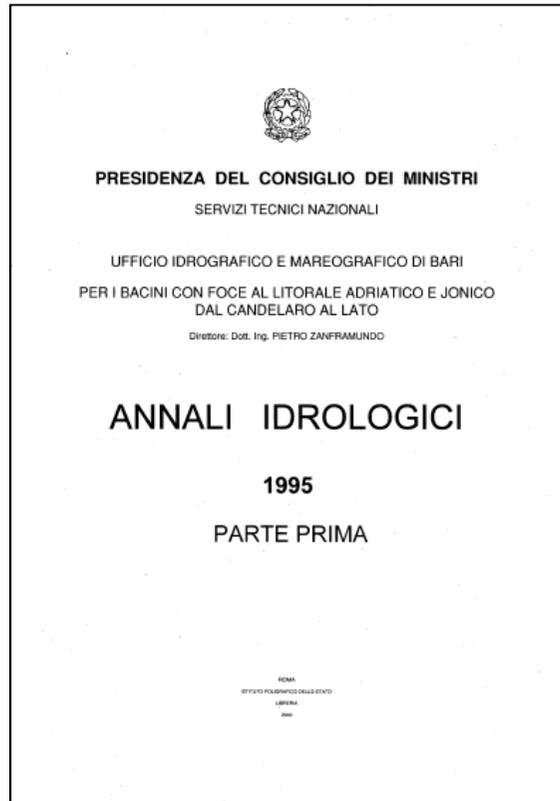
# Approfondimenti: Dati pluviometrici



*Ad esempio nel  
2000 sono  
disponibili dati  
per 123 stazioni!*

Ing. Luigi Milella

# Approfondimenti: Dati pluviometrici



**PROTEZIONE CIVILE DELLA REGIONE PUGLIA**

Home | L'Assessore | Componenti Regionali | Leg. Nazionale | Leg. Regionale | News | Volontariato | Centro Funzionale | AIB

Dimensione Font: A A A

2013, 08-03-54

ANNALI IDROLOGICI - I Parte - Pluviometria

Pluviometria - anni di osservazione

Tabella I	Tabella II	Tabella III	Tabella IV	Tabella V	Tabella VI
1997	1997	1997	1997	1997	1997
1998	1998	1998	1998	1998	1998
1999	1999	1999	1999	1999	1999
2000	2000	2000	2000	2000	2000
2001	2001	2001	2001	2001	
2002*	2002*	2002*	2002*	2002*	
2003	2003	2003	2003	2003	
2004	2004	2004	2004	2004	
2005	2005	2005	2005	2005	
2006	2006	2006	2006	2006	
2007	2007	2007	2007	2007	
2008	2008	2008	2008	2008	
2009	2009	2009	2009	2009	

Tabella I - Osservazioni pluviometriche giornaliere  
 Tabella II - Totali annui e riassunto dei totali mensili delle quantità di precipitazioni  
 Tabella III - Precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi (da 1,3,6,12,24 ore)  
 Tabella IV - Massime precipitazioni dell'anno per periodi di più giorni consecutivi (da 1 a 5 giorni)  
 Tabella V - Precipitazioni di notevole intensità registrate ai pluviografi  
 Tabella VI - Manto nevoso

\* fino al 2002 apparecchi meccanici dal 2003 elettronici.

Elenco Annali Idrologici - I parte

HAZADR

Progetto IPA-Adriatico "HAZADR"

HAZADR

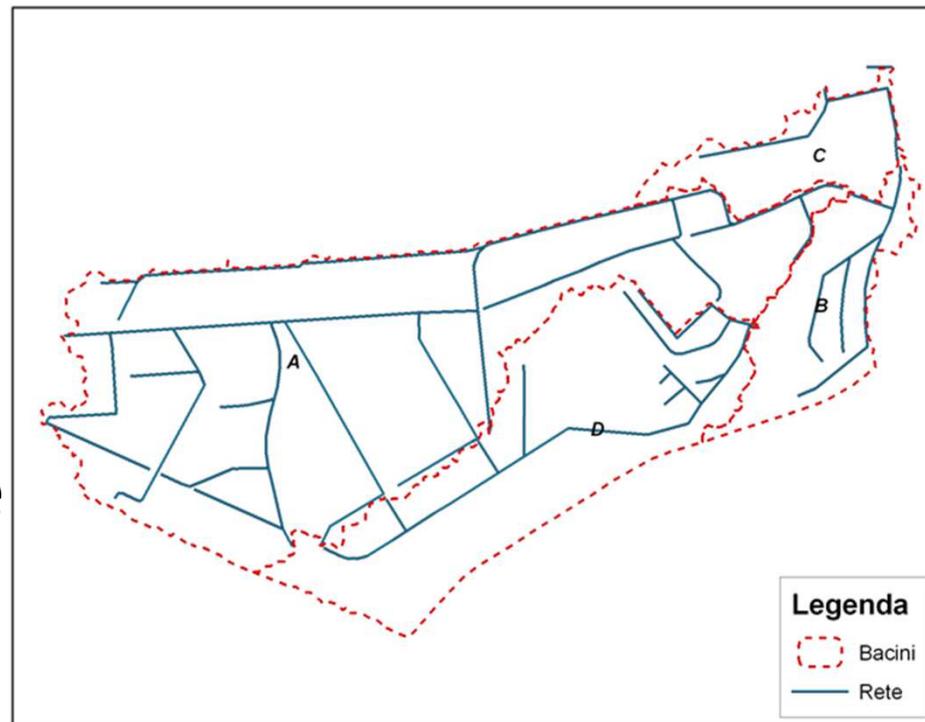
Internet | Modalità prot | Fare doppio clic per modificare le impostazioni di sicurezza

Ing. Luigi Milella

# Caso studio ASI Bari



L'area oggetto dello studio è stata suddivisa in bacini idraulicamente separati secondo la rete di collettamento delle acque meteoriche esistenti, composta da numerosi collettori che scaricano in 4 punti distinti e separati.



# Caso studio ASI Bari



## Caratteristiche morfometriche

Bacino	Area del bacino (km <sup>2</sup> )	Quota massima (m)	Quota media (m)	Quota minima (m)	Pendenza media del bacino (%)	Lunghezza Asta Principale (km)	Pendenza media Asta Principale (m/m)
A	6.183	87.566	58.336	8.896	2.395	6.367	0.012
B	1.032	51.900	26.440	6.017	3.479	2.687	0.017
C	0.772	31.950	15.374	5.957	3.893	2.027	0.013
D	2.880	78.481	56.064	24.086	3.939	4.032	0.014

# Caso studio ASI Bari



Il tempo di corrivazione è stato ricondotto alle due fasi del moto della particella d'acqua (dallo spartiacque alla sezione di chiusura), ciascuna con le proprie caratteristiche fisiche:

- La 1° fase riguarda il tempo di accesso alla rete
- La 2° fase riguarda la percorrenza interna alla rete.

Bacino	Tempo di corrivazione (minuti)
A	110.52
B	55.42
C	49.32
D	75.08

Ing. Luigi Milella

# Caso studio ASI Bari



È pertanto necessario sviluppare FDP e relative CPP, per durate  $> e <$  di 1h!

Attraverso la applicazione del metodo dei topoi di Thiessen, si è valutato il limite areale delle zone di influenza delle stazioni pluviometriche presenti nella zona di indagine.

Bacino	Bari	Bitonto
A	25%	75%
B	100%	
C	100%	
D	74%	26%

Ing. Luigi Milella

# Caso studio ASI Bari



Si è proceduto alla applicazione del test statistico di Pearson per valutare la FDP più adatta tra Gumbel, Frechet, GEV e Lognormale 2-3 par.

*Con integrazione e normalizzazione (5-15-30 min) delle serie storiche disponibili, per le durate < 1h*

*Il numero di dati disponibile per durate:*

- *< 1h, non era sufficiente per le FDP a 3 par.*
- *=15 min, non era sufficiente per le FDP a 2 par.*

# Caso studio ASI Bari



GUMBEL			
5 min	3.841	>>>	1.667
15 min	#N/D	#N/D	1.684
30 min	5.991	>>>	2.074
60 min	16.9	>>>	13.200

FRECHET			
5 min	3.841	<<<	8.524
15 min	#N/D	#N/D	0.105
30 min	5.991	>>>	4.296
60 min	16.9	<<<	18.000

Bari Osservatorio GUMBEL			
16.9	>>>	13.200	
16.9	>>>	14.000	
16.9	>>>	10.000	
16.9	>>>	11.600	
16.9	>>>	7.600	

Bitonto GUMBEL			
7.815	>>>	7.647	
9.488	>>>	9.351	
9.488	<<<	10.718	
9.488	>>>	7.128	
11.07	<<<	14.800	

FRECHET			
16.9	<<<	18.000	
16.9	>>>	9.600	
16.9	>>>	8.400	
16.9	>>>	12.800	
16.9	<<<	20.000	

FRECHET			
7.815	>>>	6.235	
9.488	>>>	4.432	
9.488	>>>	3.538	
9.488	>>>	2.103	
11.07	>>>	6.800	

## CPP ponderate (topoietti di Thiessen)

Tr05	CPP>1	a	n
bacino A		32.44	0.25
bacino B		35.33	0.20
bacino D		34.35	0.22
Tr05	CPP<1	a	n
bacino C		39.59	0.41

Ing. Luigi Milella

# Caso studio ASI Bari



Terminata la analisi pluviometrica, sulla base delle CPP si sono poi sviluppate le seguenti fasi per ognuno dei sottobacini studiati:

- individuazione dello ietogramma di pioggia;
- determinazione della pioggia netta;
- determinazione dello IUH;
- determinazione dell'idrogramma di piena.

*potendosi così dimensionare correttamente le opere oggetto dell'incarico*

# Caso studio Brindisi



Analogamente, è stato sviluppato uno studio pluviometrico per il sito di Costa Morena – Brindisi, con applicazione test statistico di Pearson per valutare la FDP più adatta tra Gumbel, Frechet e GEV.

*Con normalizzazione (5-15-30 min) delle serie storiche disponibili, per le durate < 1h.*

*Il numero di dati disponibile per durate < 1h, non era sufficiente per le FDP a 3 par.*

Ing. Luigi Milella

# Caso studio Brindisi



Dal punto di vista delle FDP, i risultati sono simili a quelli di Bari:

- Per  $t < 1h$ , solo la FDP di Gumbel verifica il test statistico;
- Per  $t > 1h$ , Gumbel e GEV (Gumbel  $>$ GEV) verificano il test statistico, mentre Frechet non risulta verificato

# Caso studio

## Analisi di sensibilità



Poiché sia per il caso di Bari che di Brindisi la FDP utilizzata è stata Gumbel sia per  $t < 1h$  che per  $t > 1h$ , appare utile effettuare una analisi di sensibilità sulla metodologia di calcolo della CPP, rispettivamente:

- CPP calcolata direttamente per  $t < 1h$
- CPP calcolata per  $t > 1h$  e successivamente ridotta con formula del Ferro

# Caso studio

## Analisi di sensibilità



Tr5	Bari		5'	15'	30'	1h	3h	6h	12h	24h
	a	n	0,08	0,25	0,50	1	3	6	12	24
Gum<1	39,59	0,41	<b>14,29</b>	<b>22,43</b>	<b>29,80</b>	<b>39,59</b>				
Gum>1	35,33	0,20				35,33	44,10	50,72	58,33	67,09
Gum>1 red	35,33	0,20	20,10	25,79	30,19	35,33				
			<b>29%</b>	<b>13%</b>	<b>1%</b>					
Tr5	Brindisi		5'	15'	30'	1h	3h	6h	12h	24h
	a	n	0,08	0,25	0,50	1	3	6	12	24
Gum<1	41,00	0,38	<b>16,09</b>	<b>24,33</b>	<b>31,58</b>	<b>41,00</b>				
Gum>1	41,62	0,24				41,62	54,47	64,54	76,47	90,62
Gum>1 red	41,62	0,24	23,68	30,39	35,56	41,62				
			<b>32%</b>	<b>20%</b>	<b>11%</b>					

# Grazie per l'attenzione



**Luigi Milella**  
ingegnere

Corso Alcide De Gasperi 529/C  
70125 Bari – Italy  
+39 340 4529081  
+39 080 9645256

lm@quarantotto.eu  
luigi.milella5739@pec.ordingbari.it  
Skype: milella.quarantotto

Ing. Luigi Milella