

**Università degli Studi di Napoli Federico II**

**Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale**



**CORSO DI LAUREA IN  
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

**TESI DI LAUREA IN  
Infrastrutture Idrauliche**

**Sensoristica innovativa per la misura della portata  
nei sistemi di distribuzione e di drenaggio urbano**

**RELATORE:**

**CH.mo Prof. Ing. Maurizio Giugni**

**CO-RELATORE:**

**CH.mo Prof. Ing. Francesco De Paola**

**CANDIDATA:**

**Laura Treviso**

**Matr. N49/657**

Anno Accademico 2017/2018

# Sommario

- **Gestione delle risorse idriche**      ⇒
  - Quadro normativo sul Servizio Idrico:
    - Legge 36/94
  
- **Sensoristica per rilevamento perdite in condotte in pressione**      ⇒
  - ~~Deliberazione ARERA 2017~~  
➤ Ground Penetrating Radar (GPR)
  - Force Sensitive Resistor (FSR)
  - Fibra ottica
  
- **Sensoristica per misura della portata in condotte a pelo libero**      ⇒
  - Misuratore a Ultrasuoni
  - Misuratore Radar

# L'acqua come bene collettivo

## **RISORSA**

### **INSUFFICIENTE E UNIVERSALE**

- 30% della popolazione mondiale non ha accesso all'acqua potabile
- Aumento del fabbisogno

## **GESTIONE CONSAPEVOLE**

- Adeguamento dei sistemi idrici
- Idonea politica tariffaria



# Quadro Normativo

## **LEGGE 36/94 (GALLI)**

### **➤ Servizio Idrico Integrato (SII)**

- Captazione, potabilizzazione, adduzione, stoccaggio e distribuzione
- Fognatura
- Depurazione

### **➤ Istituzione Ambiti Territoriali Ottimali (ATO)**

## **DELIBERAZIONE ARERA 2017**

*(ARERA: Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente)*

### **➤ Meccanismo di premialità e penalità**

### **➤ Standard di prestazione**

### **➔ Miglioramento dei Servizi con sistemi tecnologici evoluti e monitoraggio continuo**

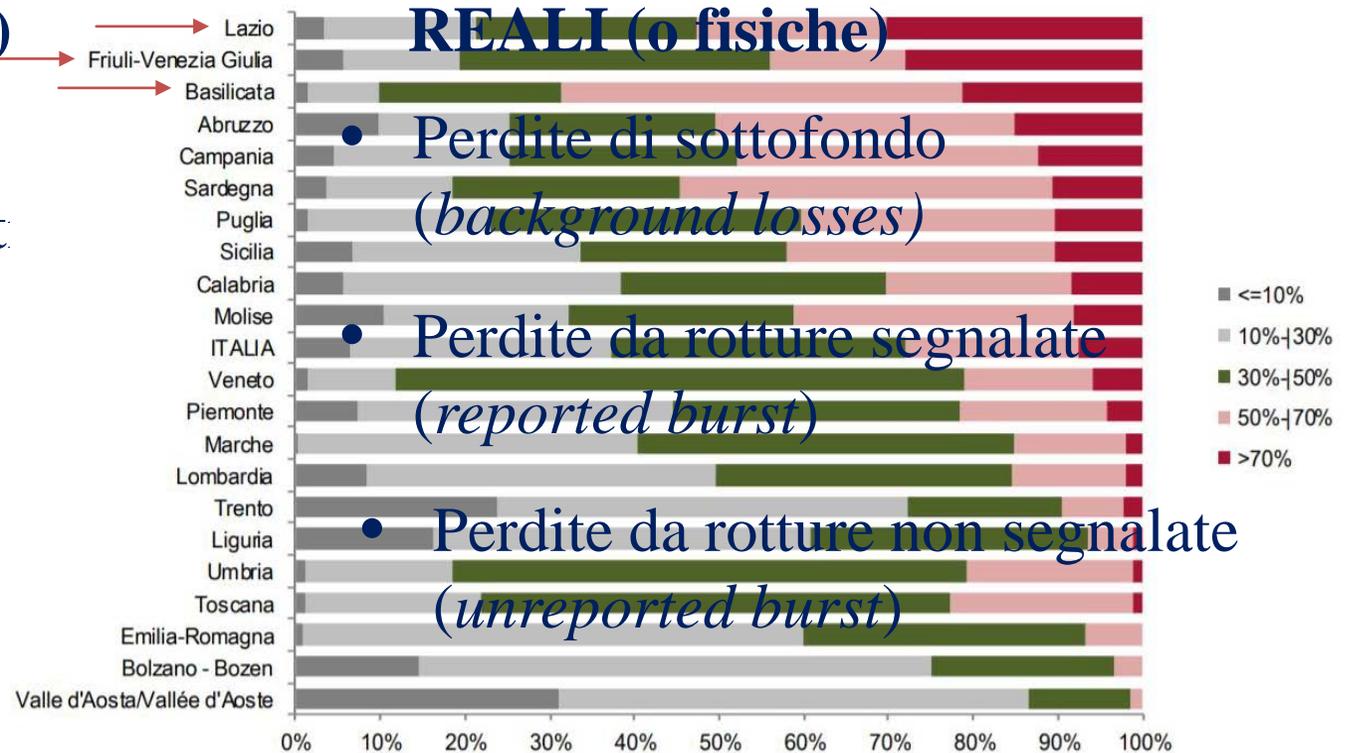
# Perdite idriche nei sistemi acquedottistici

## APPARENTI (o amministrative)

*Censimento delle acque*

## Perdite idriche non contabilizzate

- Volumi autorizzati ma non misurati
- Perdite Idriche Totali sul territorio di Nazionale e del 41,4% per il funzionamento del sistema idrico
- Volumi persi per sfiori di serbatoi
- Volumi prelevati illegalmente.



Istat, Censimento delle acque per uso civile, anno 2015

# Ground Penetrating Radar (GPR)

Tecnica di riflessione che utilizza onde elettromagnetiche ad alta frequenza

(H. Mahdi et al.)

- Vuoti creati dall'acqua fuoriuscita dalla tubazione

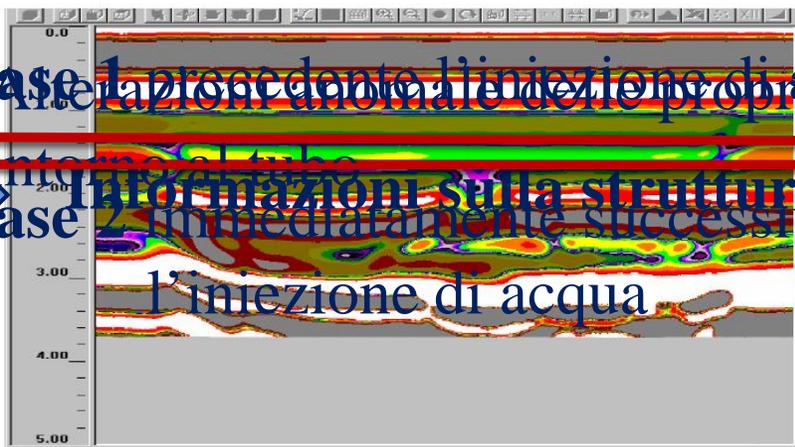
Il tempo di viaggio delle onde è funzione della profondità del punto di riflessione e

del ~~Fase 1~~ precedente l'iniezione di acqua

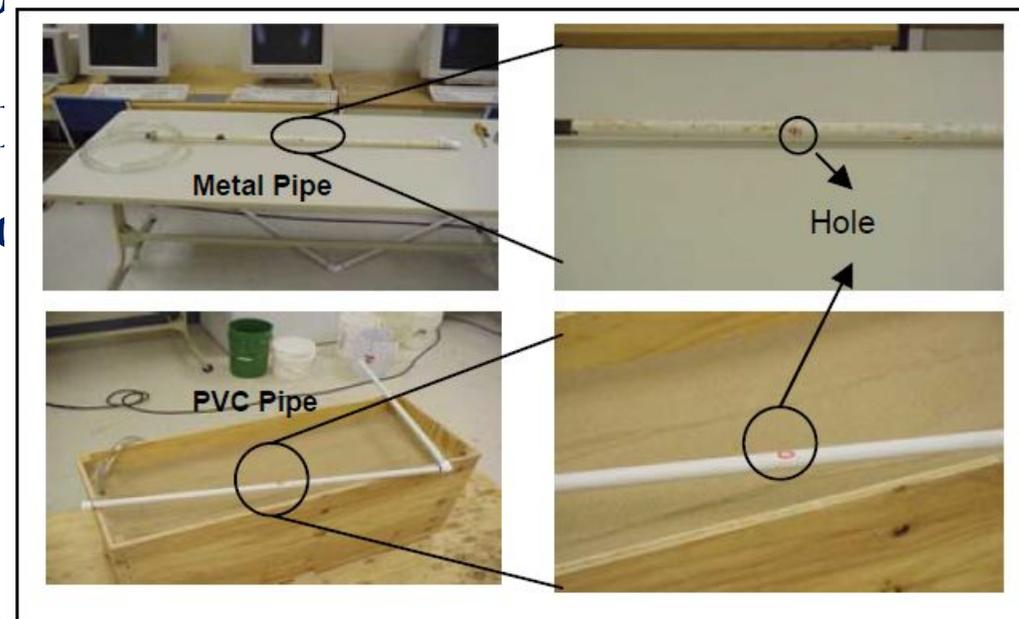
~~Alterazioni anomale delle proprietà del materia-~~  
~~l'interno del tubo~~  
 Fase 2 immediatamente successiva

Informazioni sulla struttura del sottosuolo

l'iniezione di acqua



PVC



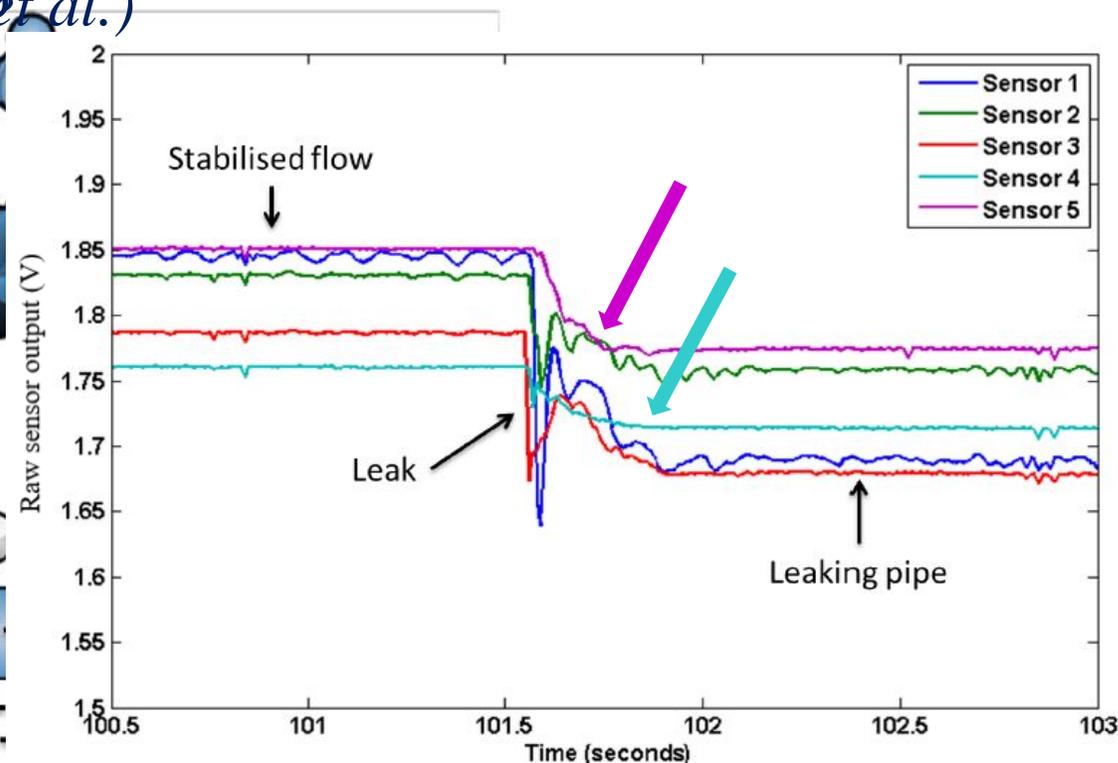
# Force Sensitive Resistor (FSR)

## ESPERIENZA DI LABORATORIO (UWSN)

Sensore di pressione fissato all'esterno del tubo con una clip

Variatione di pressione interna

il tubo si espande generando una forza di contatto tra il tubo e la clip



# Fibra Ottica

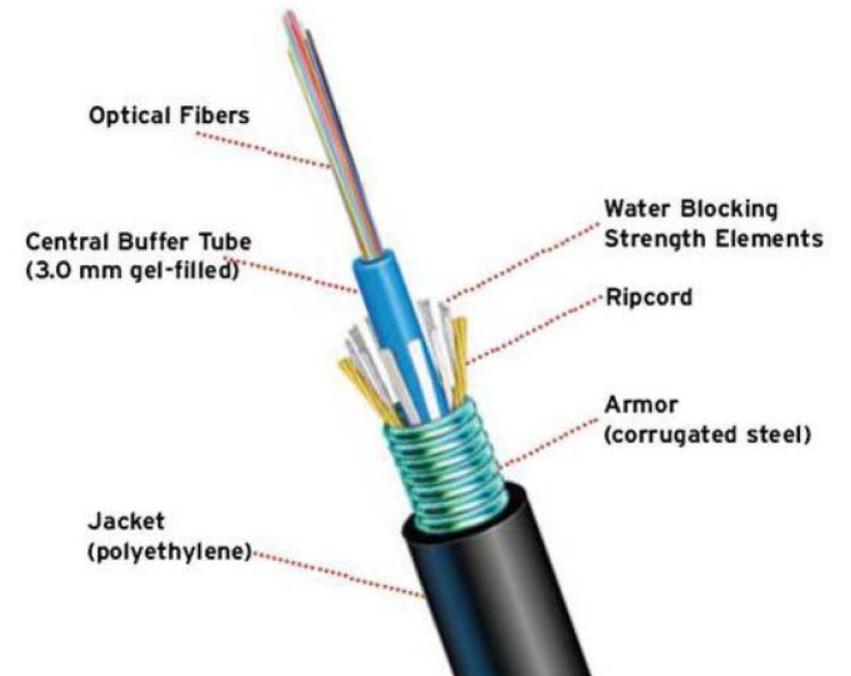
Temperature Monitoring Cables:  
 Filamenti di materiali vetrosi o polimerici  
 fibra ottica monomodale standard

Vantaggio sensore:

**Rilevamento perdite** → aumento localizzato  
 di temperatura

➤ oleodotti e gasdotti

➤ condotte di acqua



# «Acque parassite» nei sistemi fognari

## Acque non convenzionali distinte dal fognario

- meteoriche
- superficiali
- di falda
- antropiche

- Problemi di funzionamento agli impianti di depurazione
- Maggiore quantità e frequenza di acqua scalmata a monte degli impianti di trattamento



**Attività di misurazione della portata**

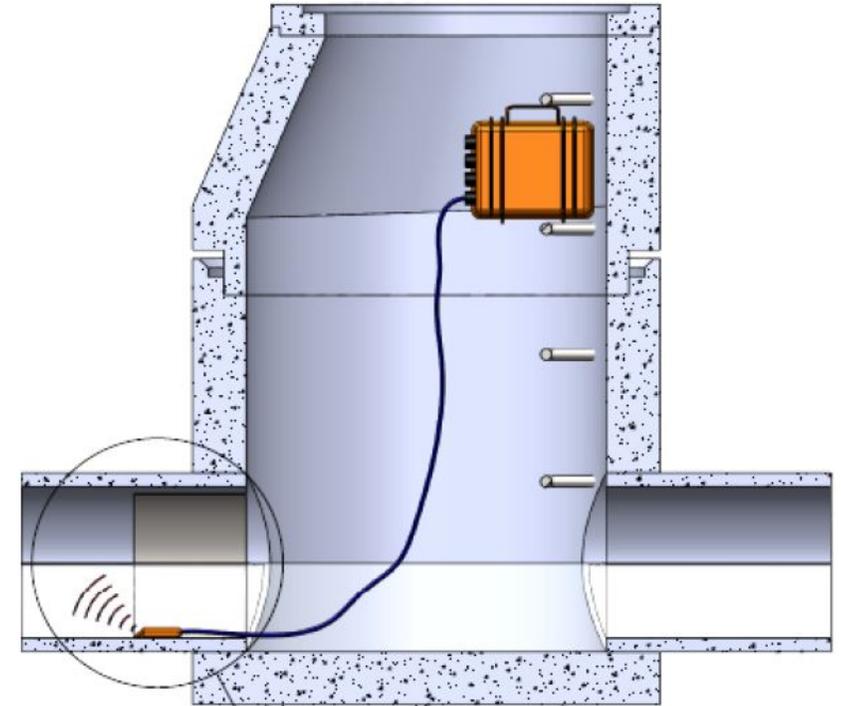
# Sensore a Ultrasuoni

Tabella di proporzionalità: battente idrico – area bagnata  
**Rilevamento velocità media del flusso**  
 tramite *Effetto Doppler*

→ **Calcolo della portata**  
 velocità proporzionale alla variazione di frequenza  

$$Q = v_m \cdot A(h)$$
 tra gli ultrasuoni emessi e ricevuti

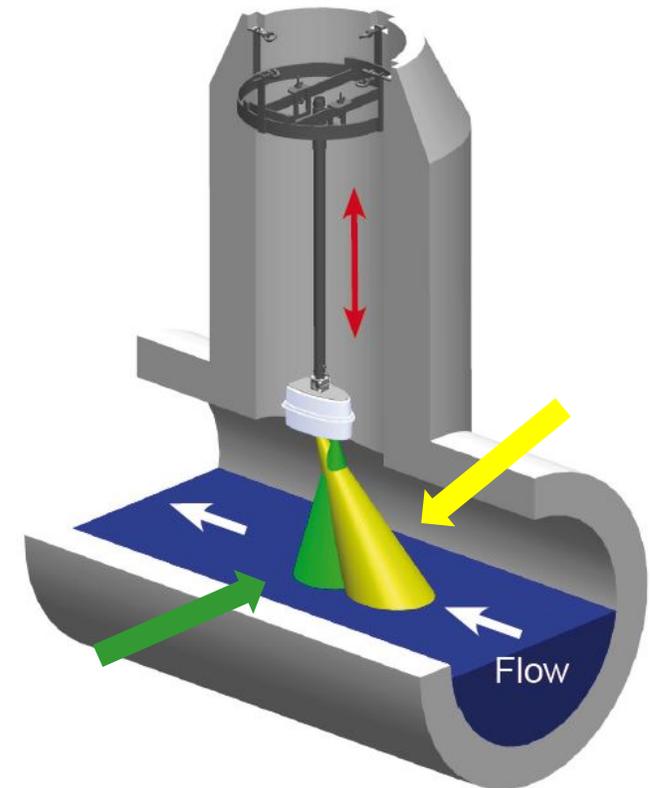
-  $v_m$  velocità media del flusso  
**Misurazione del livello con trasduttore di**  
 -  $A(h)$  area bagnata in funzione del battente idrico  
 pressione



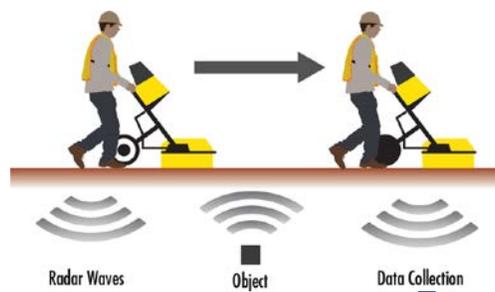
# Sensore Radar

**Misura della portata senza contatto**  $\longrightarrow Q = v_m \cdot A(h)$

- Rilevamento velocità media tramite *Effetto Doppler*
  - Misurazione livello tramite impulsi perpendicolari alla superficie d'acqua
- $\longrightarrow$  Intervallo di tempo tra emissione e ricezione degli impulsi proporzionale al livello



# Conclusioni



## MONITORAGGIO RETI

**GRAZIE PER LA PAZIENZA**  
 Miglioramento condizioni tecniche e strutturali di  
 condotte di distribuzione e di drenaggio urbano

