



# SAN BENEDETTO DEL TRONTO

## CENTRO FORUM – SALA CONVEGNI CONFINDUSTRIA

**ACQUE REFLUE E BIANCHE:  
LEGAMI E PROBLEMATICHE TECNICHE E NORMATIVE**

**VENERDÌ 11 SETTEMBRE 2015**

# LAMINAZIONE DELLE ACQUE PIOVANE E PRIMA PIOGGIA



**Ing. Gian Lorenzo Bernini**



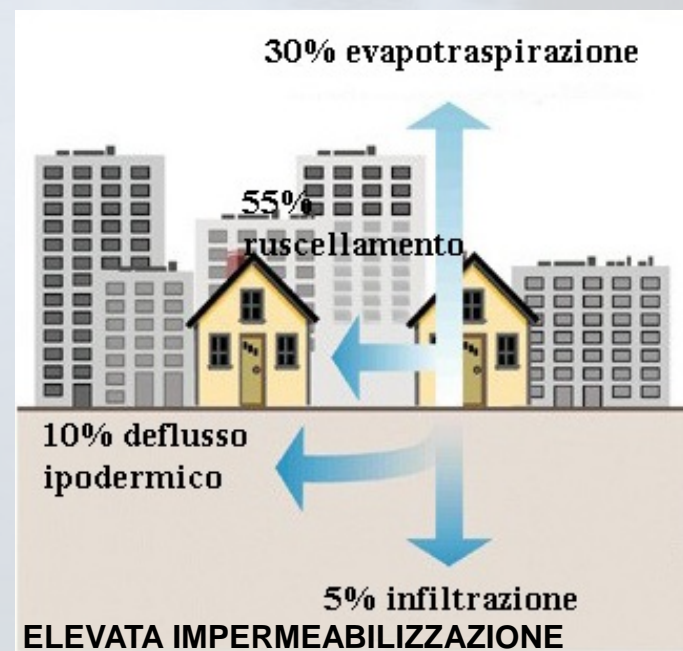
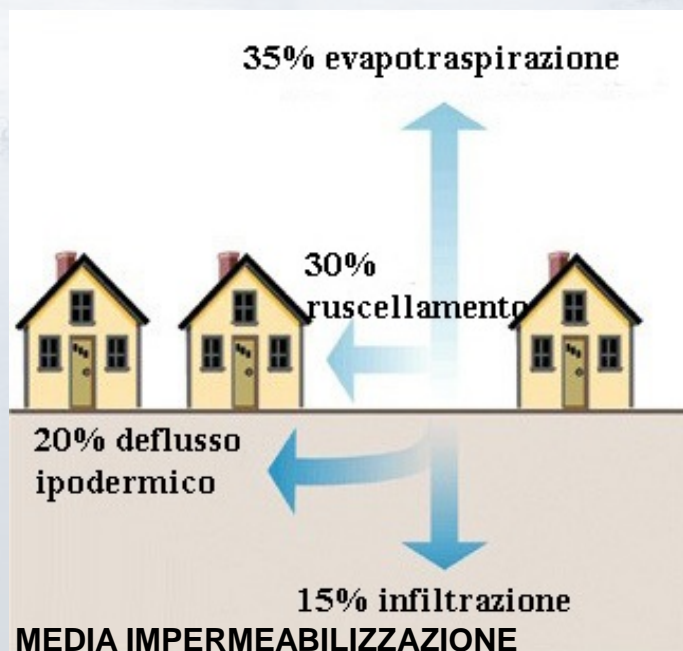
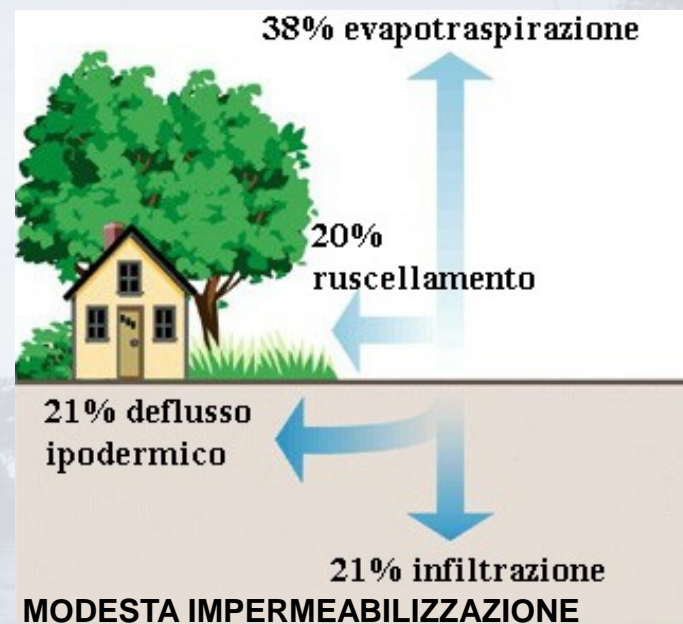
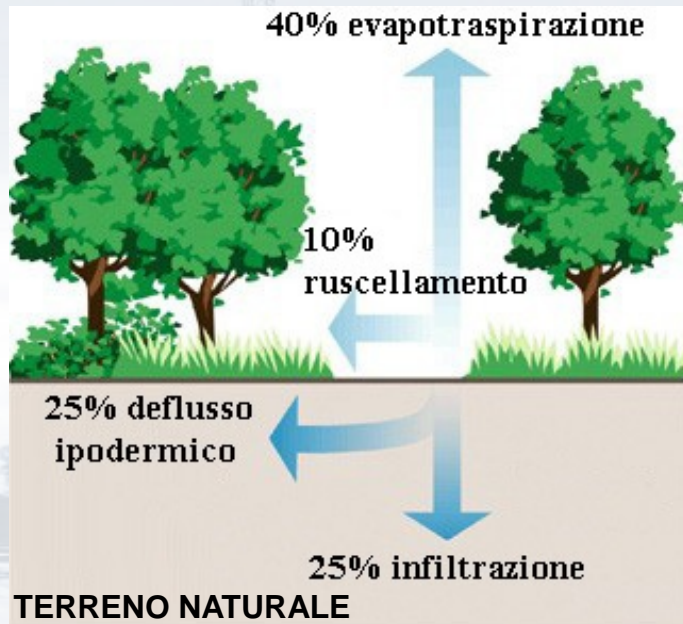
# PROBLEMATICA IDRAULICA LEGATA ALL'ESPANSIONE URBANISTICA

La progressiva urbanizzazione e lo sviluppo edilizio avvenuti negli ultimi decenni stanno causando un aumento degli eventi rovinosi di piena con allagamenti sempre più gravi e frequenti.



Questo è dovuto principalmente a due fattori:

1. Riduzione della capacità filtrante del terreno, da cui un aumento della portata che giunge nei recapiti finali
2. Riduzione dei tempi di formazione dei colmi di piena (tempi di corrivazione)



# **CONSEGUENZE**

- 1. Aumento della portata idrica sulle reti di drenaggio urbano e sulla rete idrografica sia secondaria che principale**
- 2. Aumento dei volumi d'acqua afferenti alle reti di drenaggio e agli impianti di sollevamento**
- 3. Aumento dell'attività e degli oneri di manutenzione, esercizio e adeguamento dei reticoli idrografici minori e delle opere connesse**
- 4. Aumento del rischio idraulico dei territori**
- 5. Aumento del numero delle casse di laminazione e del volume di invaso dei dispositivi di attenuazione e controllo delle piene**

# CONSEGUENZE

Gli allagamenti nelle aree urbane si formano a causa di:

1. **Sovraccarico e/o insufficienza della rete di drenaggio fognaria e superficiale minore (corsi d'acqua minori, canali, fossi etc...)**



S. Prospero - Giugno 2013

# CONSEGUENZE

Gli allagamenti nelle aree urbane si formano a causa di:

1. Sovraccarico e/o insufficienza della rete di drenaggio fognaria e superficiale minore (corsi d'acqua minori, canali, fossi etc...)
2. **Esondazioni e/o reflussi fluviali**

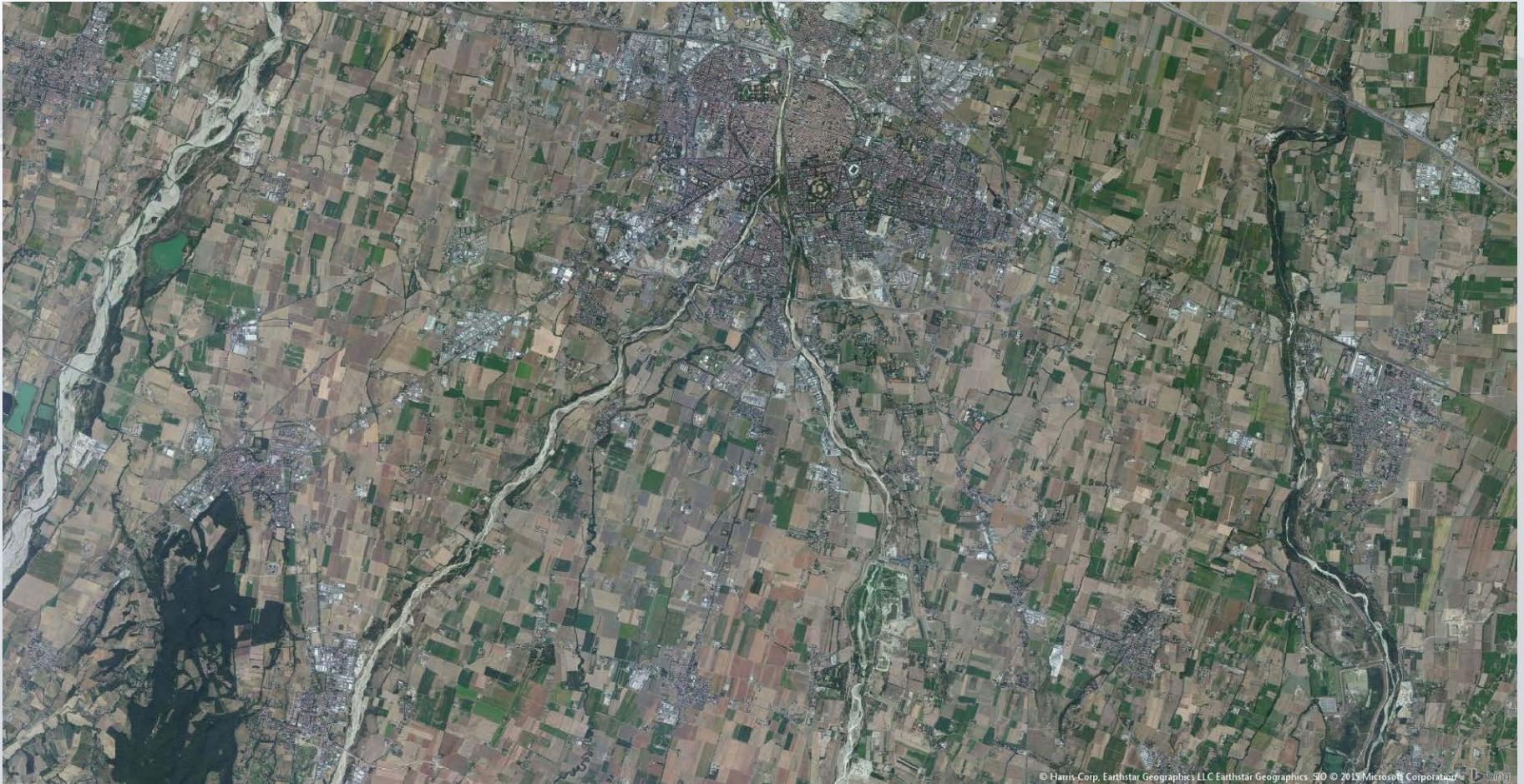


Parma - 13 Ottobre 2014

San Prospero - Giugno 2013

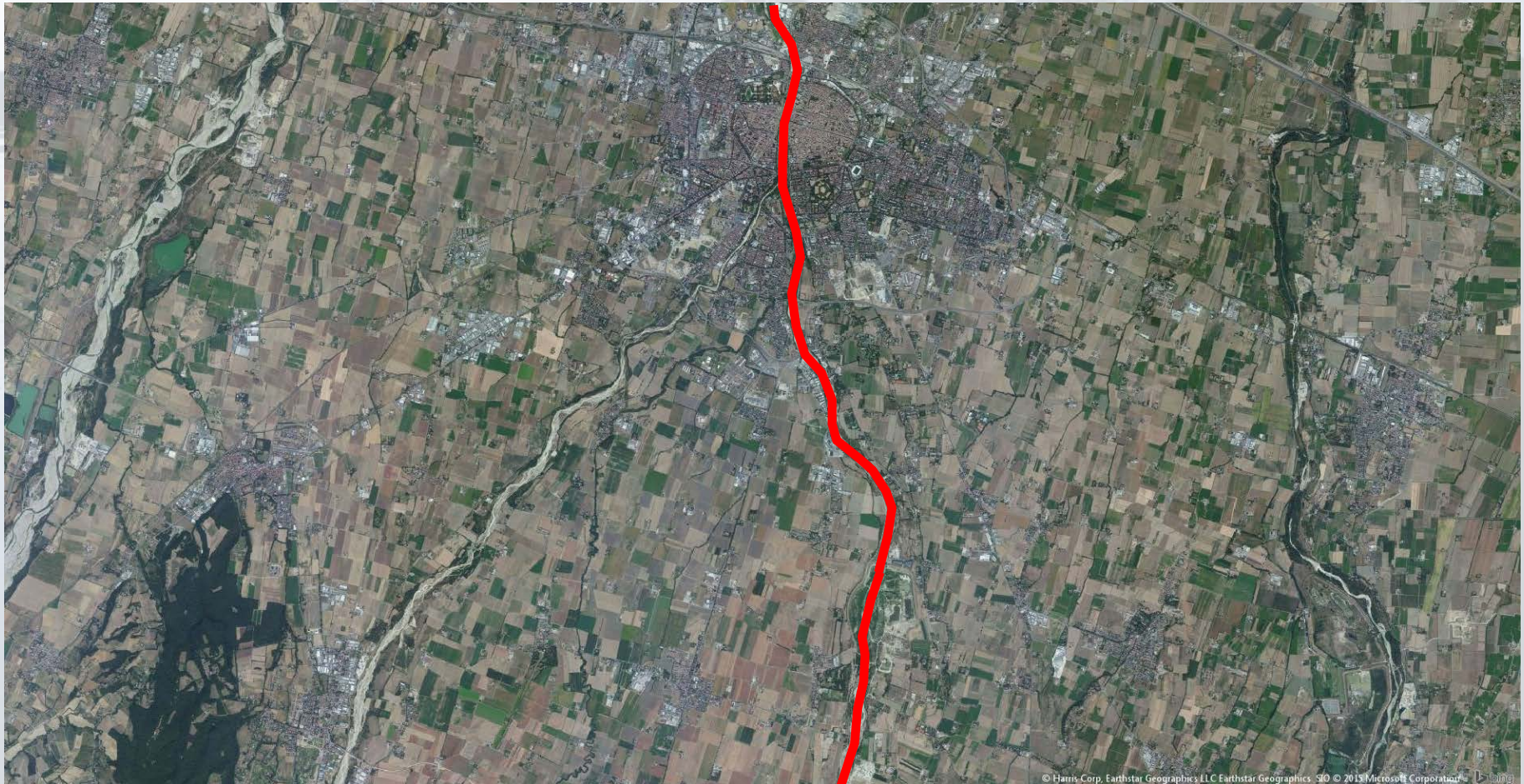
# LE AZIONI PER RIDURRE LE CONSEGUENZE

Lungo i corsi d'acqua principali: casse espansione (in linea o derivazione) e adeguamento rilevati arginali. Tempo di ritorno di riferimento per la progettazione 100-200 anni



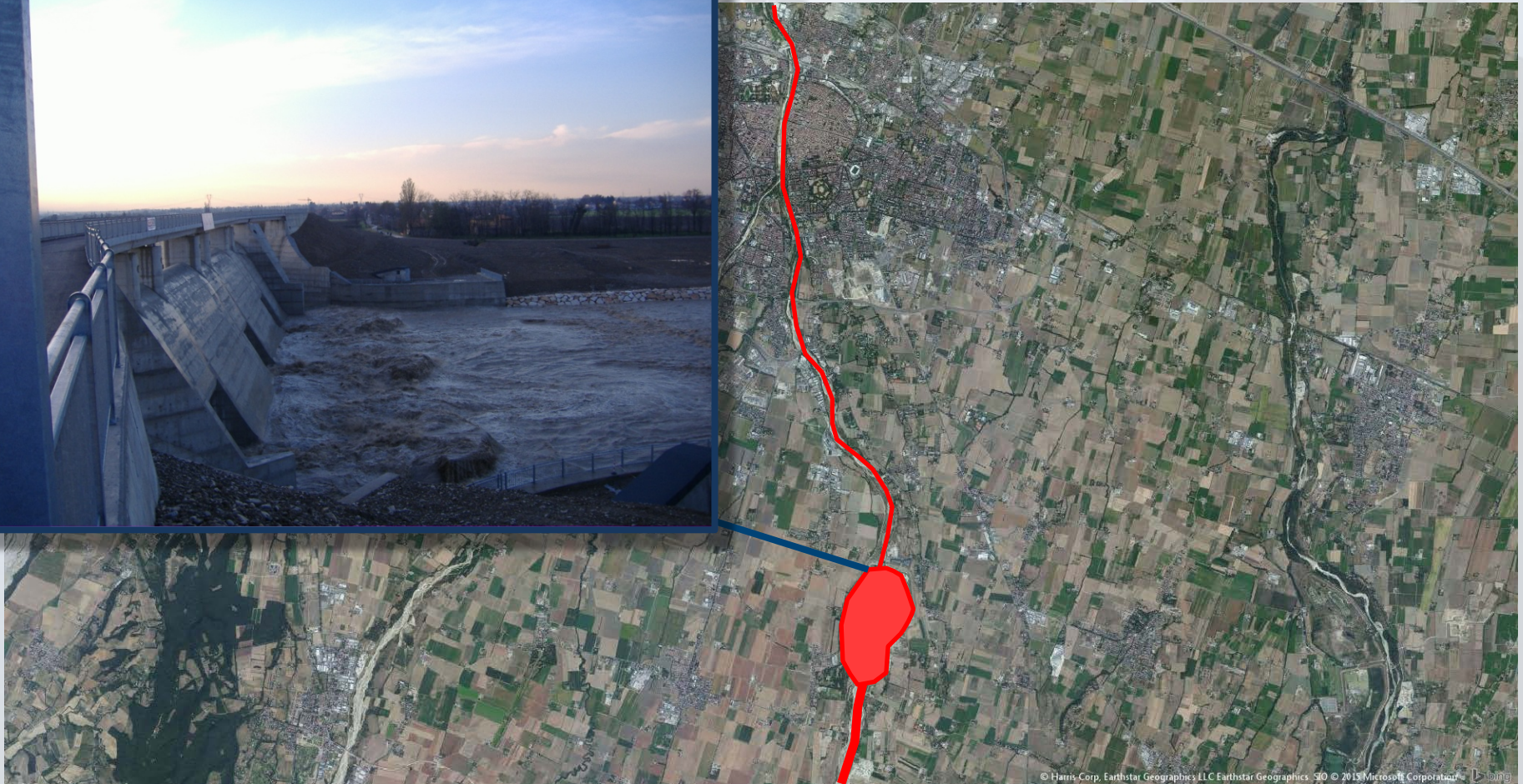
# LE AZIONI PER RIDURRE LE CONSEGUENZE

Lungo i corsi d'acqua principali: casse espansione (in linea o derivazione) e adeguamento rilevati arginali. Tempo di ritorno di riferimento per la progettazione 100-200 anni



# LE AZIONI PER RIDURRE LE CONSEGUENZE

Lungo i corsi d'acqua principali: casse espansione (in linea o derivazione) e adeguamento rilevati arginali. Tempo di ritorno di riferimento per la progettazione 100-200 anni



# LE AZIONI PER RIDURRE LE CONSEGUENZE

**Nelle aree urbanizzate: pianificazione idraulica “INVARIANZA” per ridurre i volumi scaricati e contribuire a ridurre/eliminare il rischio di allagamento. Tempo di ritorno di riferimento per la progettazione 20- 50 anni**



# **LE AZIONI PER RIDURRE IL RISCHIO IDRAULICO**

- 1. Controllo e regimazione degli apporti provenienti dalle aree agricole e dai bacini montani**
- 2. Riduzione e limitazione dell'impermeabilizzazione**
- 3. Controllo degli apporti idrici provenienti dalle aree urbanizzate:**

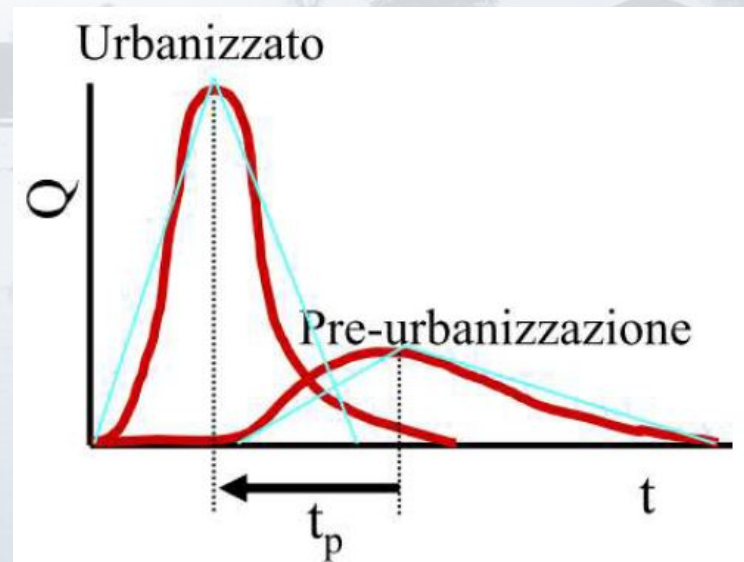
## **INVARIANZA IDRAULICA**

- 4. Norme e Direttive Tecniche**

# LE AZIONI PER RIDURRE IL RISCHIO IDRAULICO

**COS'È IL CONCETTO DI “INVARIANZA” IDRAULICA?**

**PER TRASFORMAZIONE DEL TERRITORIO AD INVARIANZA IDRAULICA SI INTENDE ....**



**...UNA TRASFORMAZIONE URBANISTICA (AREA RESIDENZIALE, ARTIGIANALE, INDUSTRIALE O DI INFRASTRUTTURE ) CHE NON PRODUCA UN AUMENTO DELLA PORTATA DI PIENA NEL CORPO IDRICO, RICEVENTE I DEFLUSSI SUPERFICIALI O GLI SCARICHI ORIGINATI DALL'AREA STESSA.**

# **LE AZIONI PER RIDURRE IL RISCHIO IDRAULICO**

## **QUANDO SI REALIZZANO PROGETTI CHE PREVEDONO OPERE DI COMPENSO IDRAULICO**

- 1. NEL CASO DI MODIFICA DELLE CONDIZIONI PREESISTENTI DI PERMEABILITÀ DELLE SUPERFICI AGRICOLE (CASO CHIUSURA FOSSI, COSTRUZIONI DI DRENAGGI, ETC...);**
- 2. NEL CASO DI NUOVE TRASFORMAZIONI URBANISTICHE CHE GENERANO UN AUMENTO DELL'IMPERMEABILIZZAZIONE DEI SUOLI (COMPARTI RESIDENZIALI, ARTIGIANALI-PRODUTTIVI, INFRASTRUTTURE VIARIE, ETC...);**
- 3. NEL CASO DI AUMENTI DI IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE AREE ESISTENTI (ES. SUPERFICI COPERTE DA PAVIMENTAZIONI O DA VOLUMI EDILIZI);**
- 4. NEL CASO, DOVE POSSIBILE, DI INSEDIAMENTI ESISTENTI.**

# **LE AZIONI PER RIDURRE IL RISCHIO IDRAULICO**

## **ACCENNI ALLE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE DELL'INVARIANZA IDRAULICA:**

- 1. Invasi in aree verdi ribassate;**
- 2. Invasi in vasche c.a. prefabbricate o in opera chiuse o aperte;**
- 3. Invasi con sovradimensionamenti delle fognature;**
- 4. Invasi mediante modesti allagamenti dei piazzali adibiti a parcheggio o di alcune aree cortilizie.**

## **NON SONO OPERE DI COMPENSO IDRAULICO:**

- 1. Vasche di prima pioggia;**
- 2. Vasche di accumulo irriguo;**
- 3. Vasche di accumulo per riutilizzo.**

# **LE AZIONI PER RIDURRE IL RISCHIO IDRAULICO**

## **COME SI DIMENSIONANO LE OPERE DI LAMINAZIONE PER RISPETTARE L'INVARIANZA IDRAULICA?**

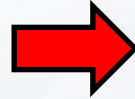
**Sono ancora pochi gli esempi italiani di Norme di riferimento, direttive e linee guida applicative**

- 1. Emilia Romagna: Piano stralcio per il rischio idrogeologico DIRETTIVA INERENTE LE VERIFICHE IDRAULICHE adottata dal Comitato Istituzionale con delibera N. 3/2 del 20 Ottobre 2003;**
- 2. Marche: L.R. N.22 del 23 Novembre 2011 (Art.10, c.4) – Delibera di Giunta Regionale N.53/27-1-2014 CRITERI, MODALITÀ E INDICAZIONI TECNICO-OPERATIVE PER LA REDAZIONE DELLA VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E PER L'INVARIANZA IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI**
- 3. Veneto: delibere della Giunta Regionale del Veneto N. 1322 del 10 Maggio 2006 e N. 1841 del 19 Giugno 2007 (INVARIANZA IDRAULICA).**

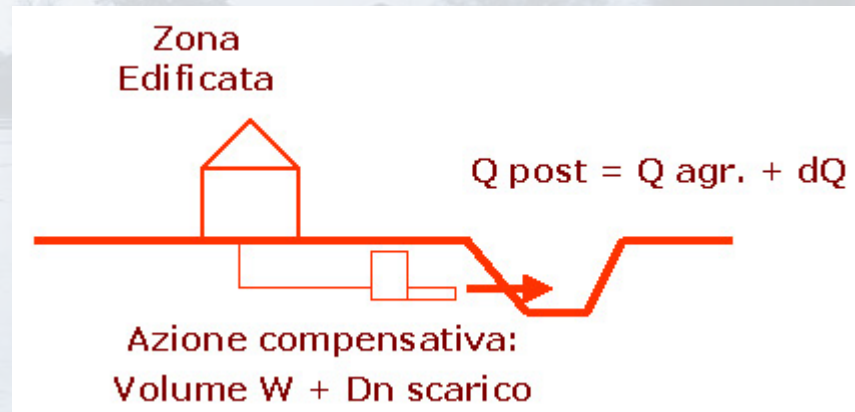
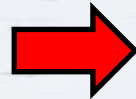
# INVARIANZA IDRAULICA

MARCHE: L.R. n.22 del 2011 appr. con D.G.R. n.53 del 2014

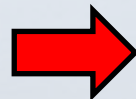
ANTE OPERAM



POST OPERAM

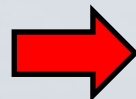


VOLUME DI  
INVASO



$$W = w_0 \left( \frac{\phi}{\phi_0} \right)^{\left( \frac{1}{1-n} \right)} - 15l - w_0 P$$

STROZZATURA

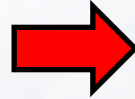


$$Q = 0.6A(2gh)^{0.5}$$

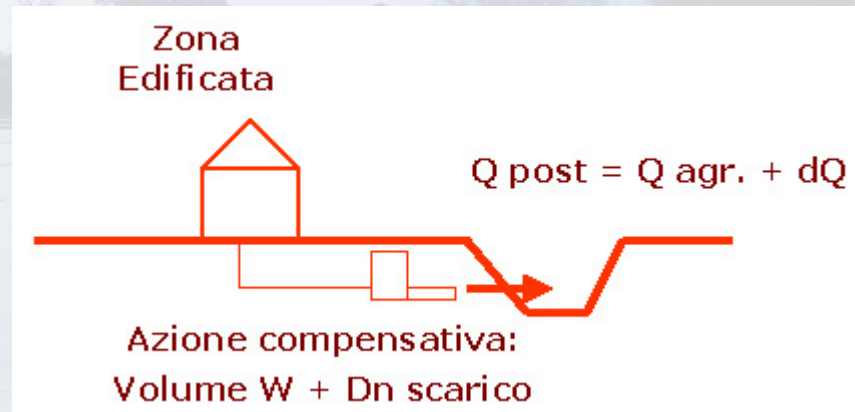
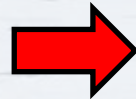
# INVARIANZA IDRAULICA

MARCHE: L.R. n.22 del 2011 appr. con D.G.R. n.53 del 2014

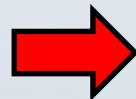
ANTE OPERAM



POST OPERAM

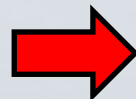


VOLUME DI  
INVASO



$$W = w_0 \left( \frac{\phi}{\phi_0} \right)^{\left( \frac{1}{1-n} \right)} - 15l - w_0 P$$

STROZZATURA

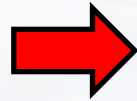


$$Q = 0.6A(2gh)^{0.5}$$

# INVARIANZA IDRAULICA

MARCHE: L.R. n.22 del 2011 appr. con D.G.R. n.53 del 2014

**VOLUME DI  
INVASO**



$$W = w_0 \left( \frac{\phi}{\phi_0} \right)^{\left( \frac{1}{1-n} \right)} - 15I - w_0P$$

**STROZZATURA**



$$Q = 0.6A(2gh)^{0.5}$$

$W_0 = 50 \text{ m}^3/\text{ha}$  volume disponibile naturalmente per la laminazione

$\phi$  = coefficiente di deflusso dopo la trasformazione

$\phi_0$  = coefficiente di deflusso prima della trasformazione

$n = 0.48$ , coefficiente curva (h,d) per piogge di durata inferiori all'ora

15 = volume, in  $\text{m}^3/\text{ha}$ , disponibile per la laminazione in superfici diverse dall'agricola (convenzione)

I = % di superficie impermeabile e permeabile trasformata rispetto all'area agricola

P = percentuale di superficie agricola inalterata

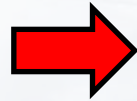
Q = Q agricola = 15 – 20 l/(s•ha) portata scaricata

h = battente idrico di massima riempimento

# INVARIANZA IDRAULICA

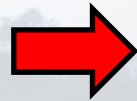
MARCHE: L.R. n.22 del 2011 appr. con D.G.R. n.53 del 2014

**VOLUME DI  
INVASO**



$$W = w_0 \left( \frac{\phi}{\phi_0} \right)^{\left( \frac{1}{1-n} \right)} - 15I - w_0 P$$

**STROZZATURA**



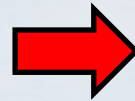
$$Q = 0.6A(2gh)^{0.5}$$

## **QUATTRO CLASSI DI INTERVENTO**

**(in funzione dell'impermeabilizzazione potenziale)**

### TRASCURABILE

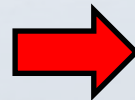
per  $S < 0.1 \text{ ha}$



Formula  $w_0$

### MODESTA

$0.1 < S < 1 \text{ ha}$

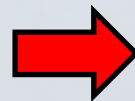


$D_n$  scarico  $< 200 \text{ mm}$

Tirante idrico (battente)  $< 1 \text{ m}$

### SIGNIFICATIVA

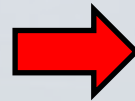
per  $1 < S < 10 \text{ ha}$  e  $S > 10 \text{ ha}$  e  $\text{IMP} < 30\%$



$D_n$  scarico e battente in funzione di pioggia TR30 anni e  $T_p$  2 ore

### MARCATA

per  $S > 10 \text{ ha}$  e  $\text{IMP} > 30\%$



Studio di maggior dettaglio

# INVARIANZA IDRAULICA

REGIONE VENETO:

DGRV 1322/2006 – 1841/2007 e successivo Dgr n. 2948 del 6-10-2009

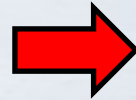
1. VALUTAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA
2. SUDDIVISIONI IN CLASSI DI INTERVENTO (COME E.R.)
3. VERIFICHE PER TR = 50 ANNI

$S < 0.1$  ha



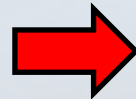
Buoni criteri costruttivi

$0.1$  ha  $< S < 1$  ha



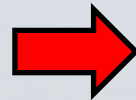
Scarico  $< DN200$ mm  
Battente  $< 1$  m

$1$  ha  $< S < 10$  ha o  
 $S > 10$ ha con Imp  $< 30\%$



INVARIANZA IDRAULICA:  
 $Q_{ante} = Q_{post}$  (TR = 50 anni)

$S > 10$ ha con Imp  $> 30\%$



Studio di maggior dettaglio

# INVARIANZA IDRAULICA

**Come si procede per le nuove aree di urbanizzazione da realizzare all'interno del territorio?**

**Gli strumenti di pianificazione (P.A.I., P.T.C.P., P.S.C., P.O.C. etc...) prevedono l'applicazione della "Invarianza Idraulica" per tutti gli interventi che determinano una modifica della impermeabilizzazione del suolo.**

- 1. Limiti imposti al diametro della condotta di scarico (esempio DN160 - DN200);**
- 2. Rispetto del coefficiente udometrico pre-urbanizzazione per la portata scaricata (2 l/sec·ha - 20 l/sec·ha);**
- 3. Valore del volume di laminazione (300 m<sup>3</sup>/ha - 350 m<sup>3</sup>/ha);**
- 4. Calcolo della portata nello stato attuale e rispetto della stessa nello stato di progetto.**

# **INVARIANZA IDRAULICA**

**E' inoltre importante sottolineare che l'invarianza idraulica non dovrebbe essere solo riferita alla portata scaricata, ma anche ad altri aspetti che sono necessari a garantirla.**

**In particolare:**

- 1. L'INVARIANZA DEL PUNTO DI RECAPITO;**
- 2. LE QUOTE ALTIMETRICHE;**
- 3. LA CAPACITÀ DI SCOLO DELLE AREE LIMITROFE.**

# INVARIANZA IDRAULICA

PRINCIPALI SCHEMI UTILIZZABILI PER LA RETE DI DRENAGGIO  
DOTATA DI DISPOSITIVI DI ACCUMULO DELLE PORTATE.

LOTTO IN TRASFORMAZIONE

SUPERFICIE  
PERMEABILE

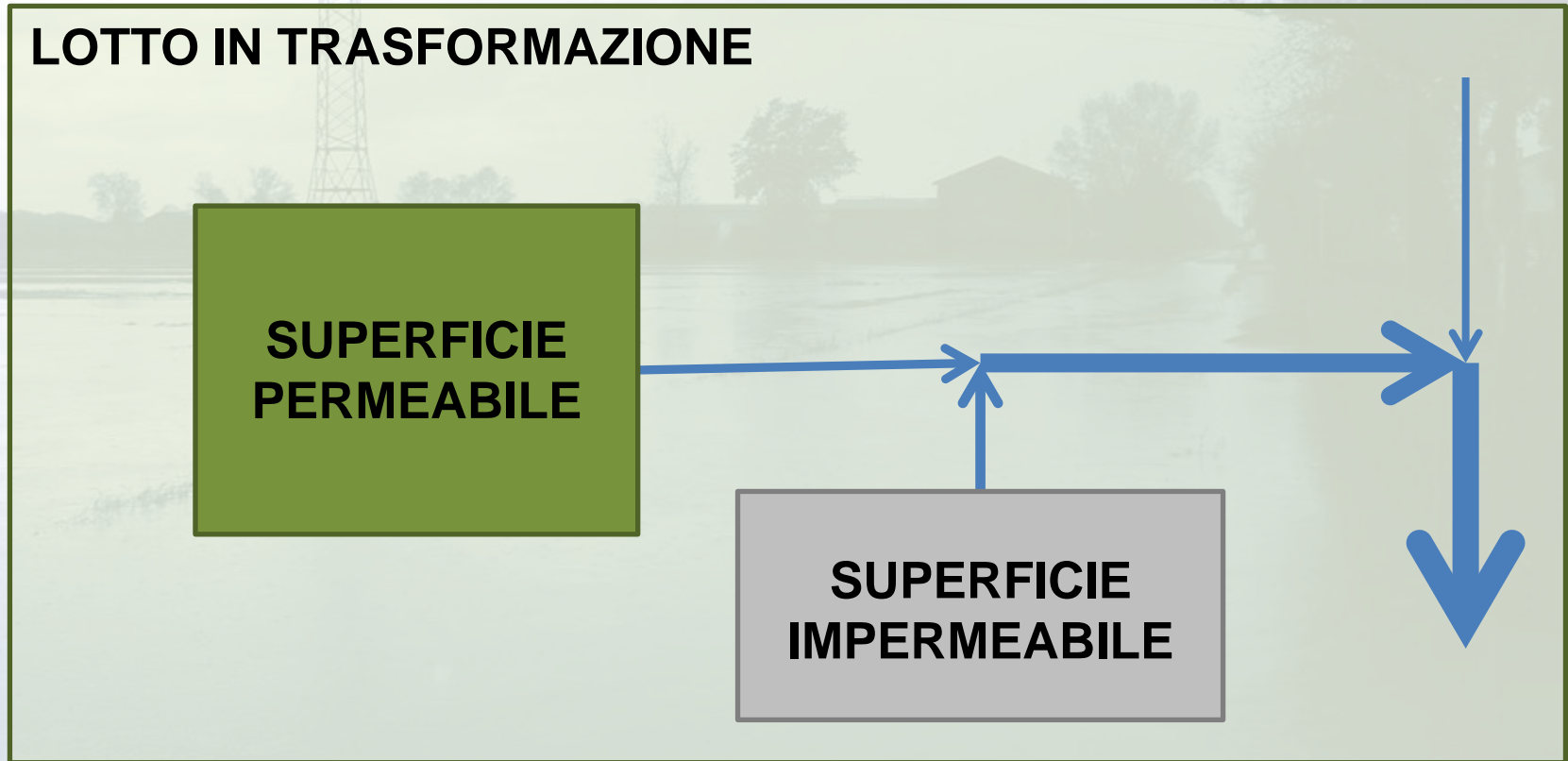


The diagram shows a green rectangular box with the text 'SUPERFICIE PERMEABILE' inside. A blue arrow points from the right side of this box to a vertical blue arrow pointing downwards. The background is a faded image of a landscape with a house and trees.

# INVARIANZA IDRAULICA

PRINCIPALI SCHEMI UTILIZZABILI PER LA RETE DI DRENAGGIO DOTATA DI DISPOSITIVI DI ACCUMULO DELLE PORTATE.

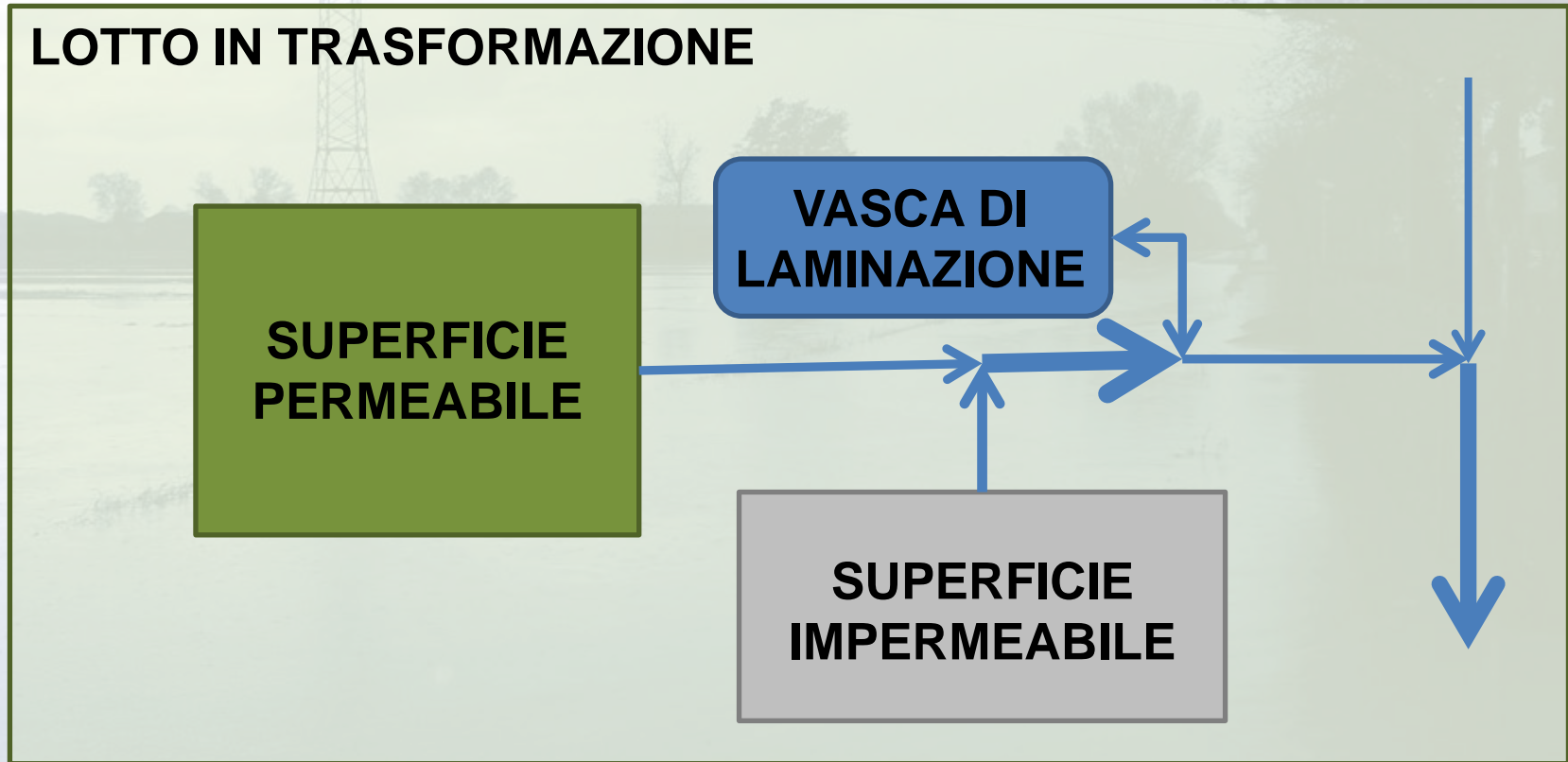
LOTTO IN TRASFORMAZIONE



A) schema di drenaggio “tradizionale”; le superfici impermeabili vengono drenate con sistemi di fognatura che recapitano al corpo idrico ricevente

# INVARIANZA IDRAULICA

PRINCIPALI SCHEMI UTILIZZABILI PER LA RETE DI DRENAGGIO DOTATA DI DISPOSITIVI DI ACCUMULO DELLE PORTATE.

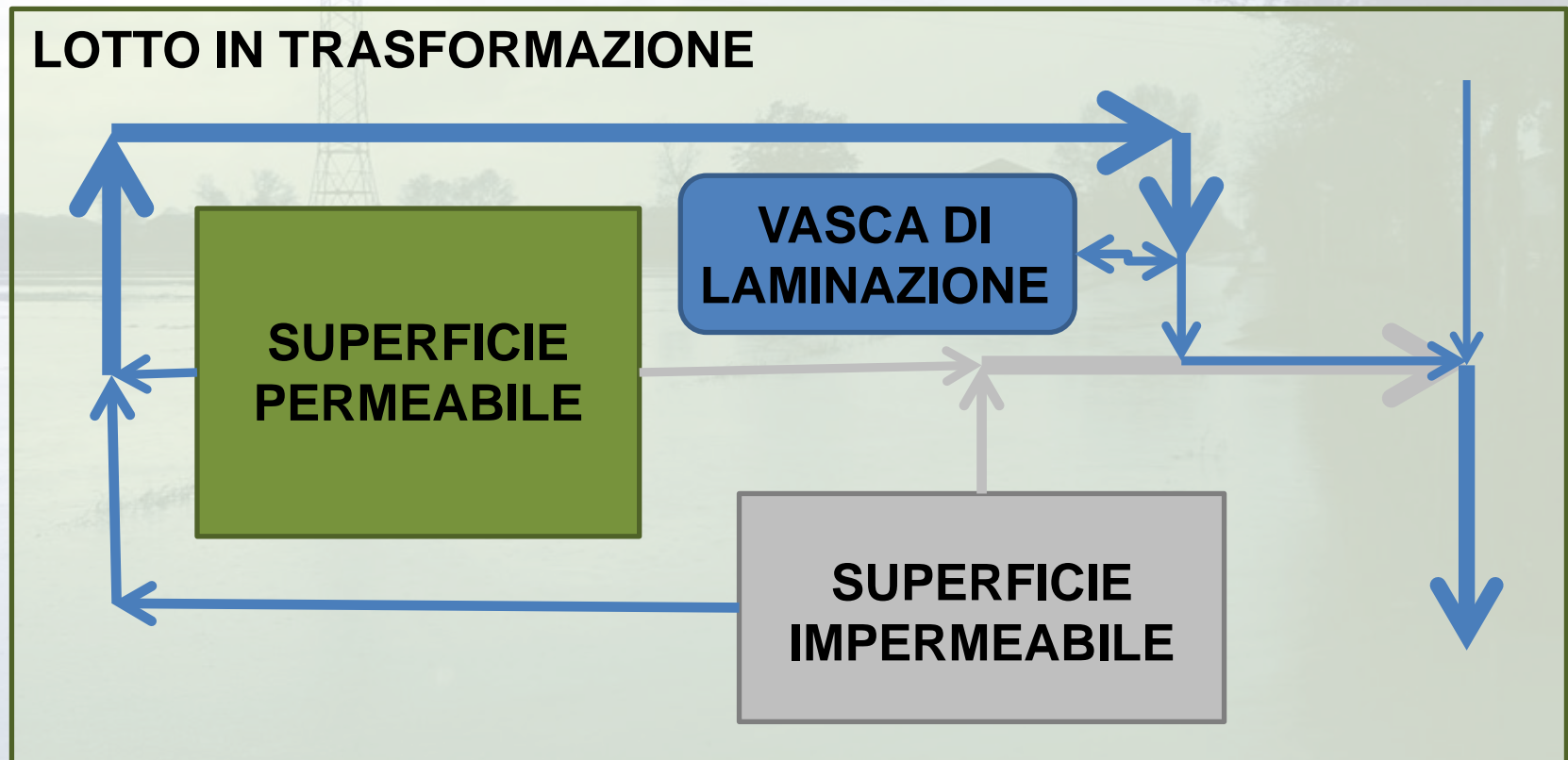


B) schema di drenaggio con dispositivo di invarianza costituito da vasca di laminazione posta a monte del punto di recapito; il volume di invaso viene calcolato in relazione al tasso di impermeabilizzazione indotto



# INVARIANZA IDRAULICA

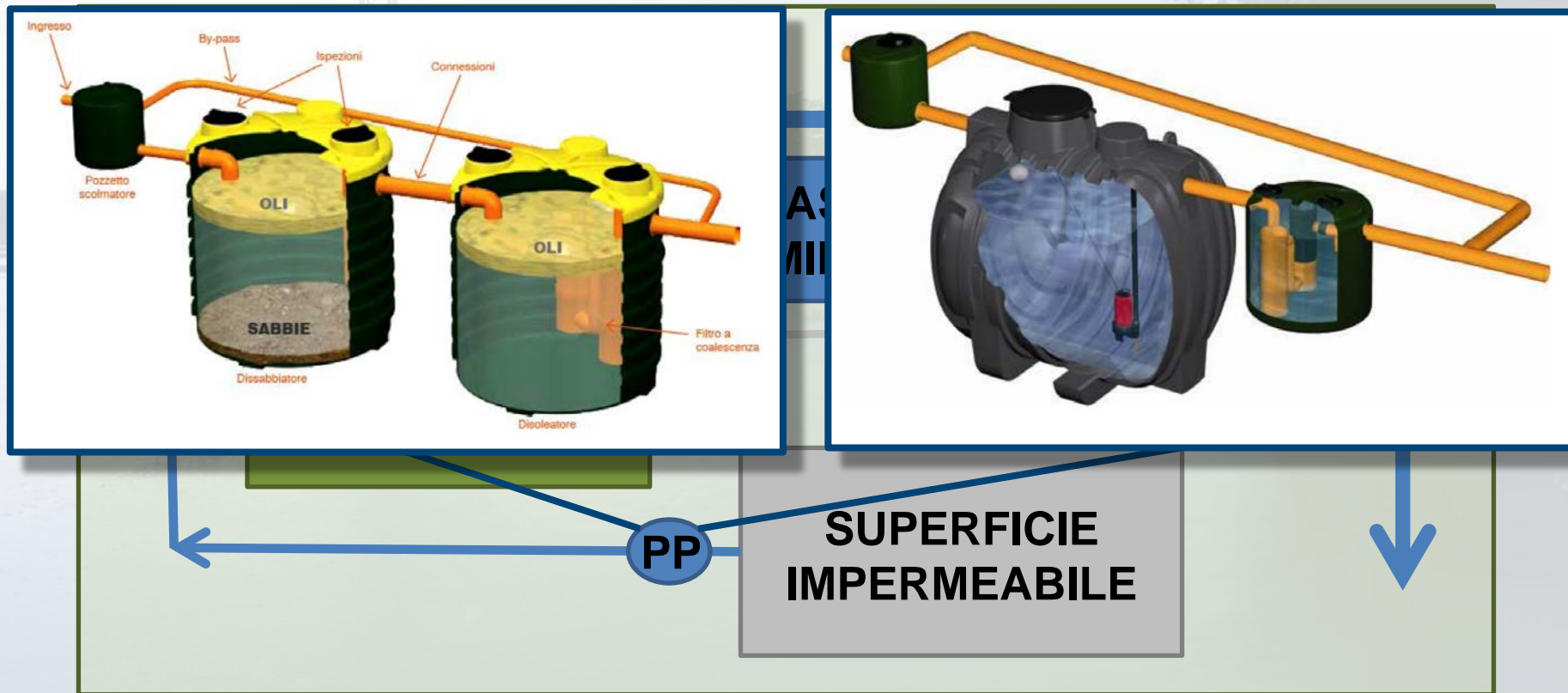
PRINCIPALI SCHEMI UTILIZZABILI PER LA RETE DI DRENAGGIO DOTATA DI DISPOSITIVI DI ACCUMULO DELLE PORTATE.



D) schema di drenaggio con dispositivo di invarianza ibrido (sovradimensionamento della rete di fognatura + vasca di laminazione)

# INVARIANZA IDRAULICA

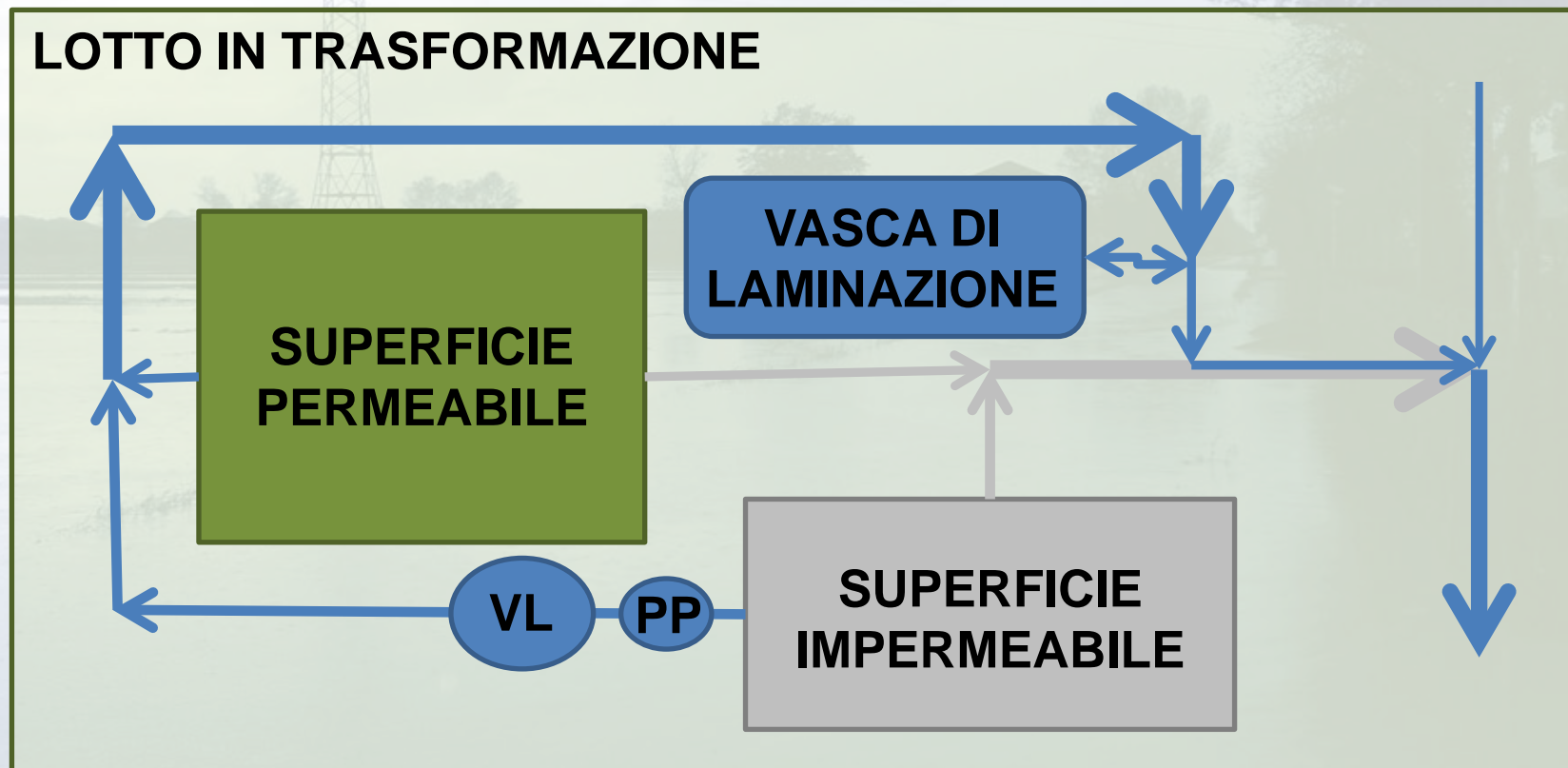
PRINCIPALI SCHEMI UTILIZZABILI PER LA RETE DI DRENAGGIO DOTATA DI DISPOSITIVI DI ACCUMULO DELLE PORTATE.



D) schema di drenaggio con dispositivo di invarianza ibrido (sovradimensionamento della rete di fognatura + vasca di laminazione)

# INVARIANZA IDRAULICA

PRINCIPALI SCHEMI UTILIZZABILI PER LA RETE DI DRENAGGIO DOTATA DI DISPOSITIVI DI ACCUMULO DELLE PORTATE.

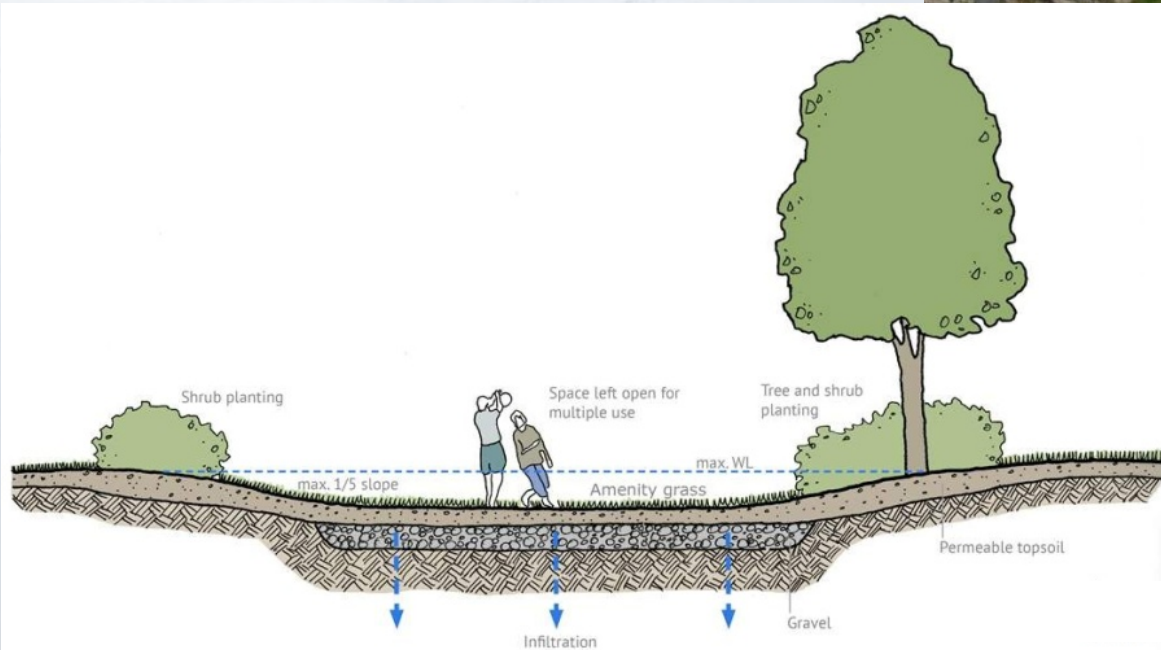


D) schema di drenaggio con dispositivo di invarianza ibrido (sovradimensionamento della rete di fognatura + vasca di laminazione)

# INTERVENTI STRUTTURALI TIPICI

## STRUTTURE DI INVASO

- **Bacini di laminazione superficiale**



# INTERVENTI STRUTTURALI TIPICI

## STRUTTURE DI INVASO

- Bacini di laminazione superficiale
- Vasche interrato di laminazione



# INTERVENTI STRUTTURALI TIPICI

## STRUTTURE DI INVASO

- Bacini di laminazione superficiale
- Vasche interrato di laminazione
- **Sovradimensionamento condotte**



# INTERVENTI STRUTTURALI TIPICI

## STRUTTURE DI INFILTRAZIONE

- **Trincee di infiltrazione**



# INTERVENTI STRUTTURALI TIPICI

## STRUTTURE DI INFILTRAZIONE

- Trincee di infiltrazione
- **Pozzi drenanti**



# INTERVENTI STRUTTURALI TIPICI

## STRUTTURE DI INFILTRAZIONE

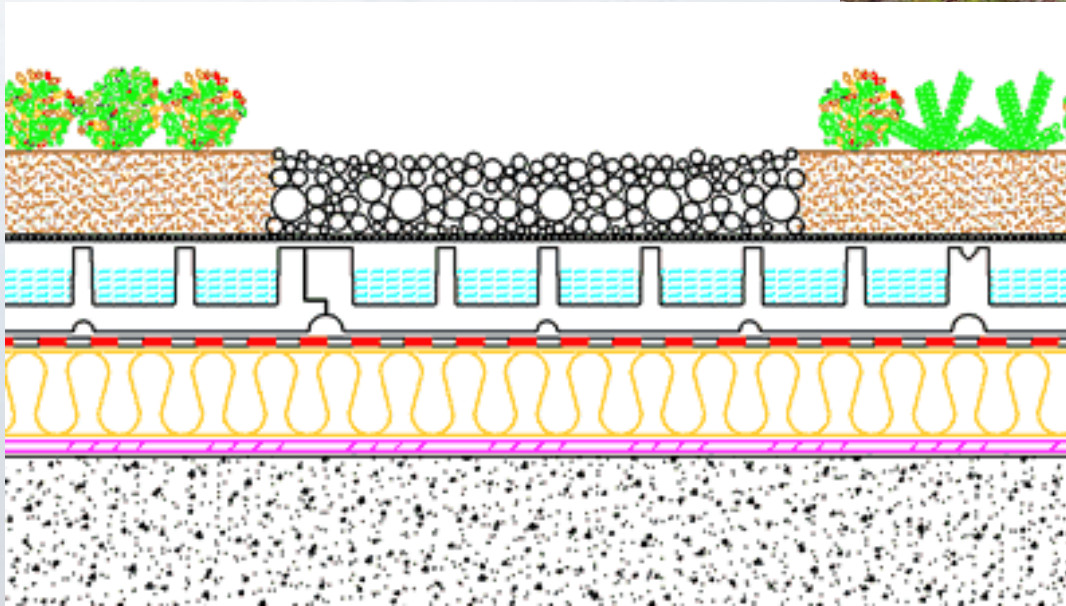
- Trincee di infiltrazione
- Pozzi drenanti
- **Pavimentazioni permeabili**



# INTERVENTI STRUTTURALI TIPICI

## STRUTTURE DI INFILTRAZIONE

- Trincee di infiltrazione
- Pozzi drenanti
- Pavimentazioni permeabili
- **Tetti verdi**



# INTERVENTI STRUTTURALI TIPICI

## SISTEMI VEGETATI

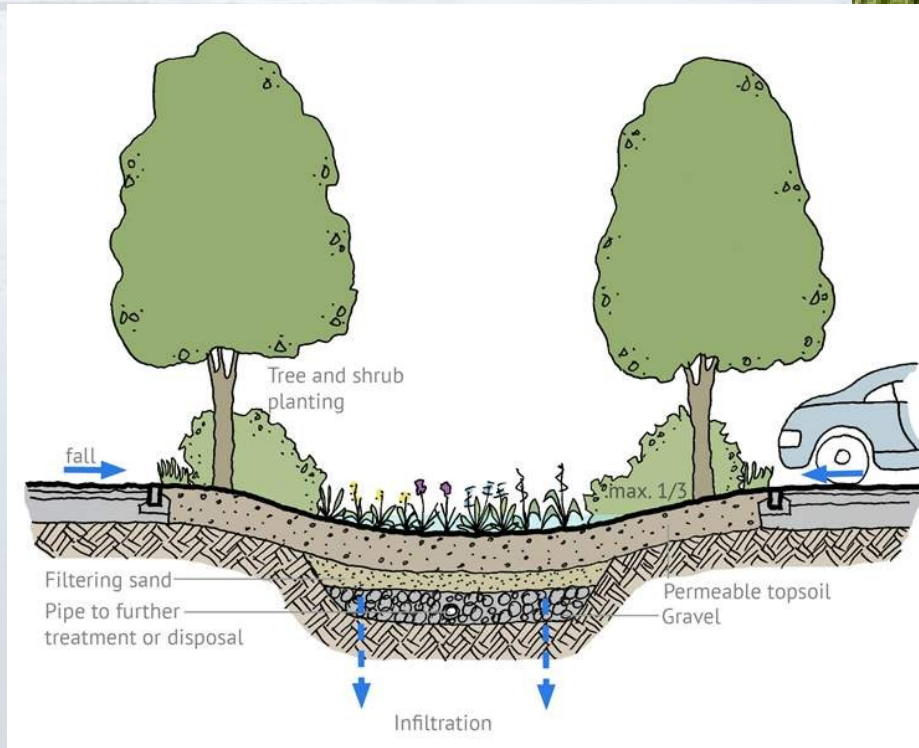
- **Wetlands**



# INTERVENTI STRUTTURALI TIPICI

## SISTEMI VEGETATI

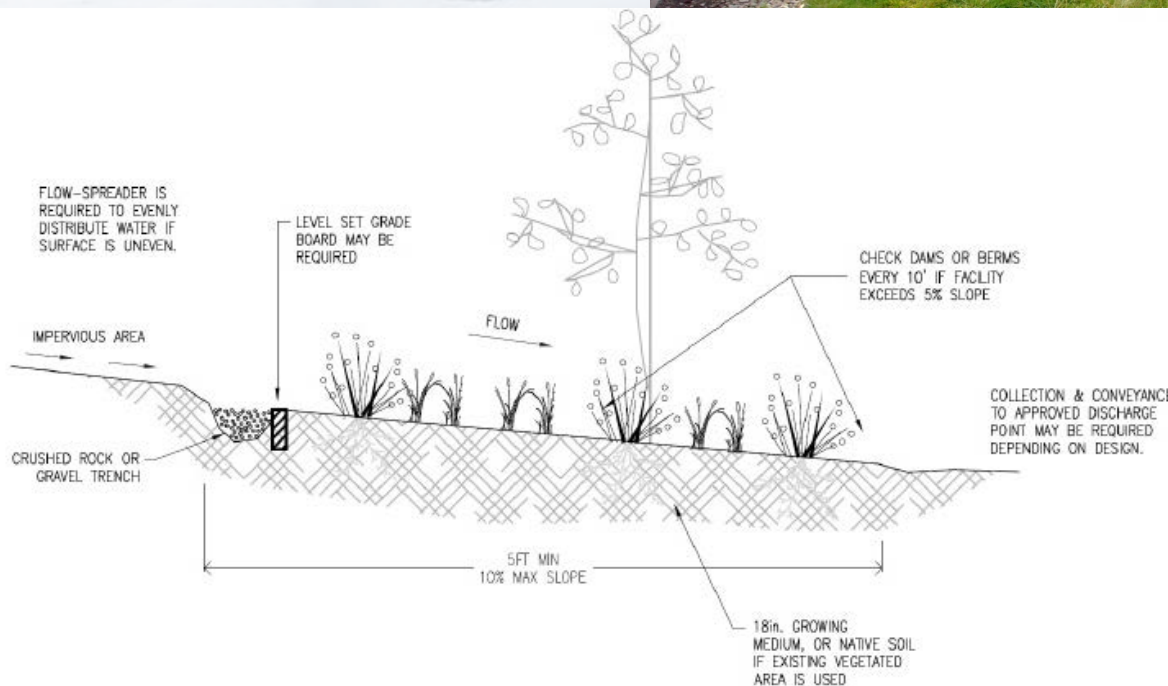
- Wetlands
- **Cunette vegetate**



# INTERVENTI STRUTTURALI TIPICI

## SISTEMI VEGETATI

- Wetlands
- Cunette vegetate
- **Filter strips**



# ESEMPIO APPLICATIVO

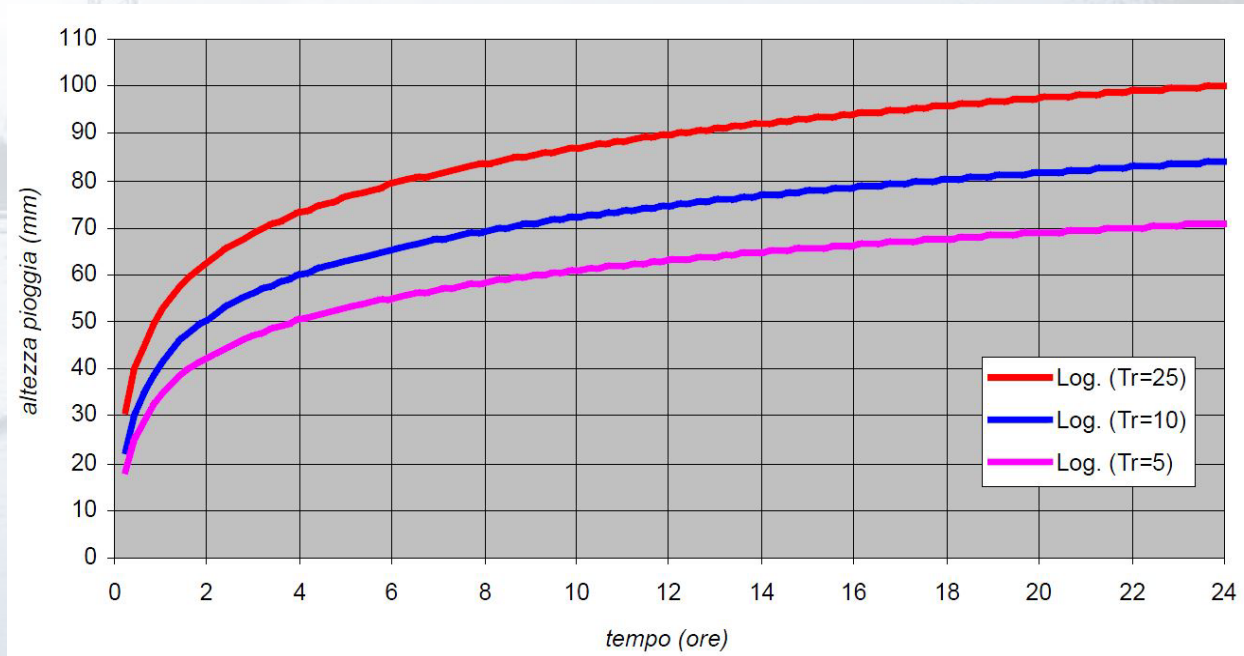
Superficie fondiaria: 287.700 m<sup>2</sup>

Superficie impermeabile: 108.700 m<sup>2</sup>

Superficie a verde: 88.100 m<sup>2</sup>

Superficie autobloccanti: 90.900 m<sup>2</sup>

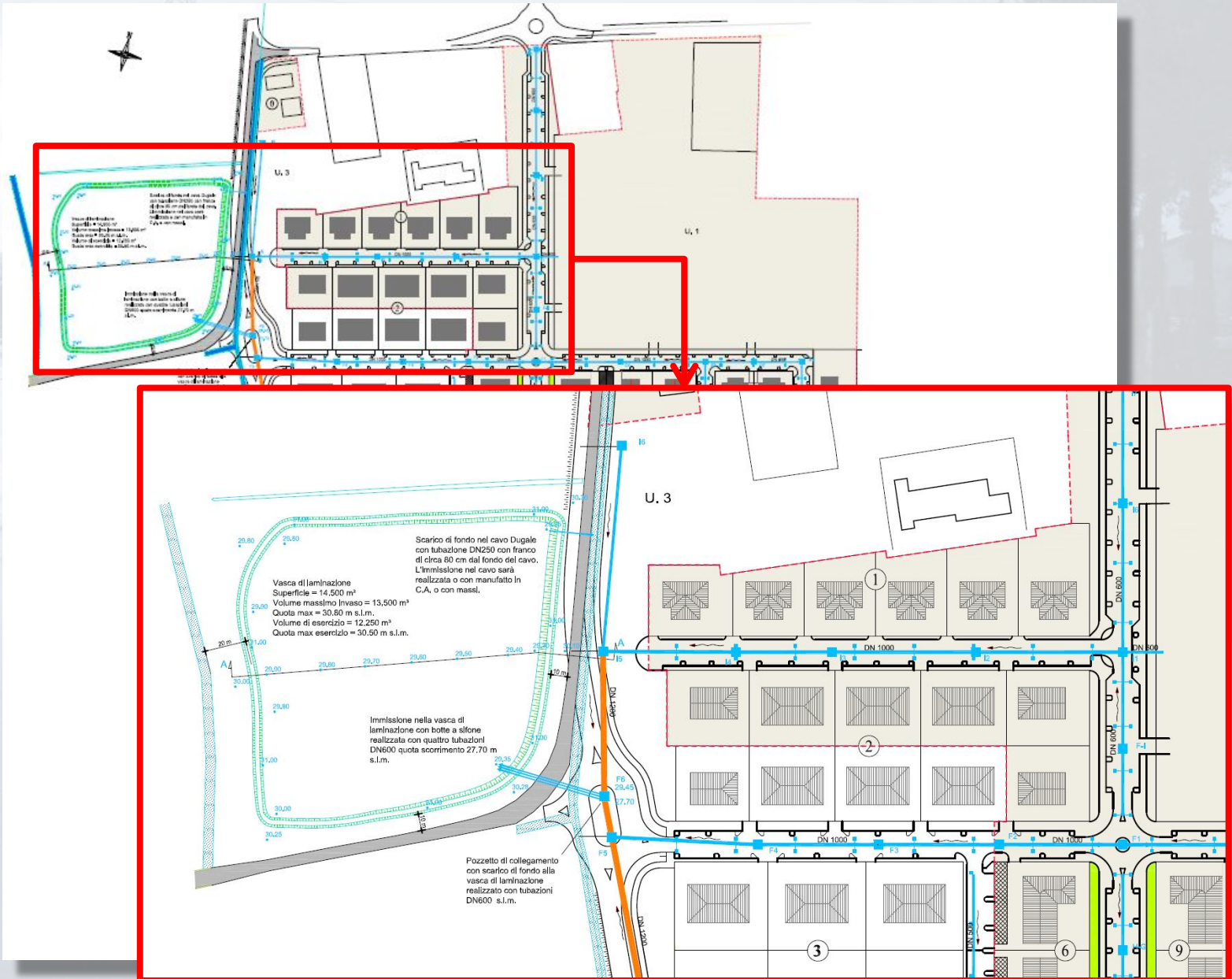
C.P.P. alla stazione di Parma Università



Tempo di pioggia	Tp	15'	30'	60'	120'	180'	360'	720'	1440'	minuti
Portata max. generata comparto	Q <sub>max</sub>	8.280	7.020	5.750	3.480	2.600	1.400	880	516	l/sec
Volume complessivo generato	V <sub>max</sub>	5.800	7.850	11.774	13.400	14.204	16.390	18.426	21.160	m <sup>3</sup>
Volume di invaso	V <sub>id</sub>	4.965	6.420	9.600	10.920	11.275	12.035	11.930	10.680	m <sup>3</sup>
Portata massima al canale	Q <sub>umax</sub>	119,85	130,50	156,72	170,42	177,20	195,60	193,12	184,70	l/sec



# ESEMPIO APPLICATIVO



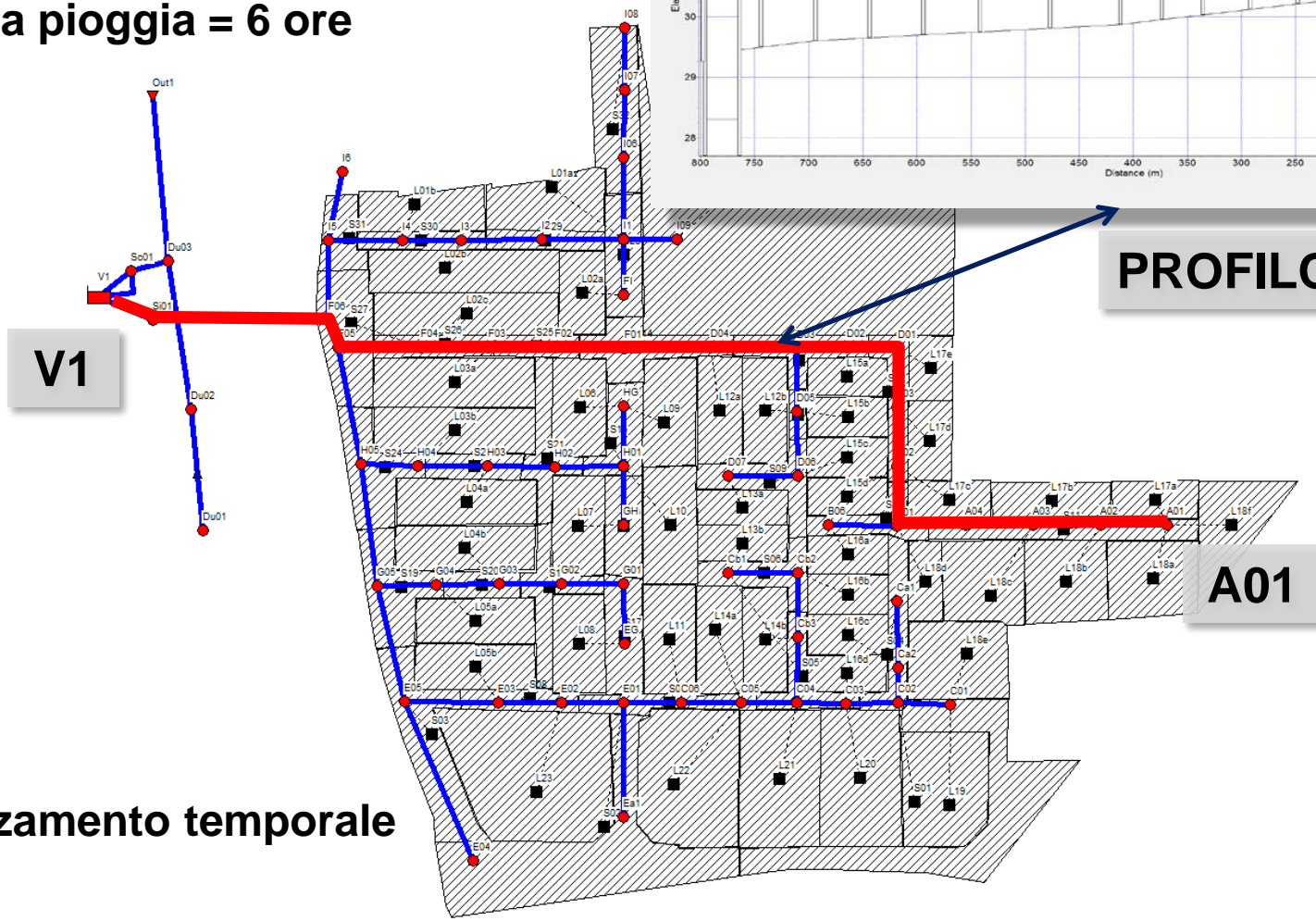
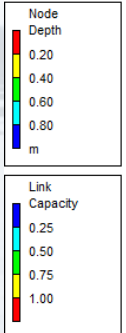
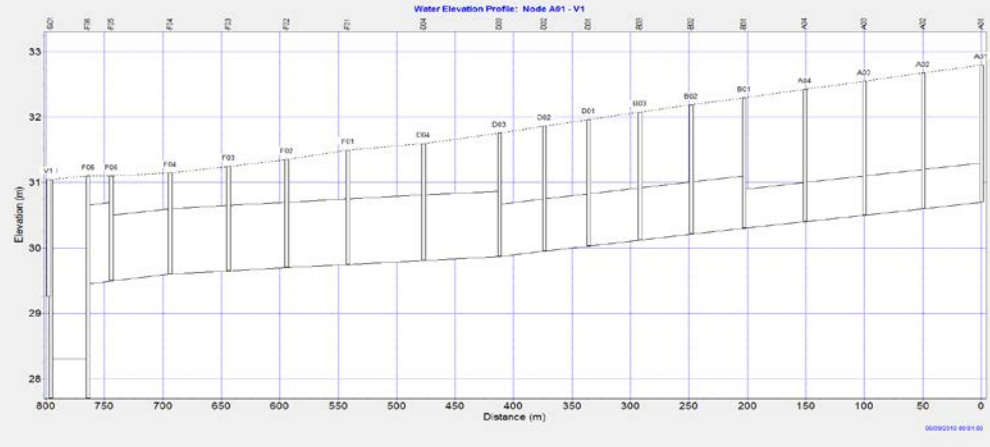


# ESEMPIO APPLICATIVO

Modello idrologico-idraulico SWMM  
(Storm Water Management Model)

Tempo di ritorno = 25 anni

Durata pioggia = 6 ore



PROFILO A01 - V1

A01

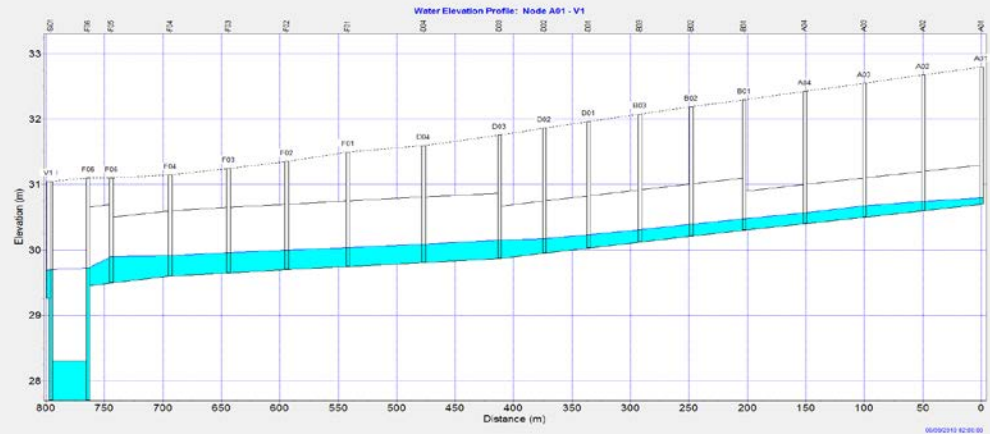
Avanzamento temporale  
T = 0

# ESEMPIO APPLICATIVO

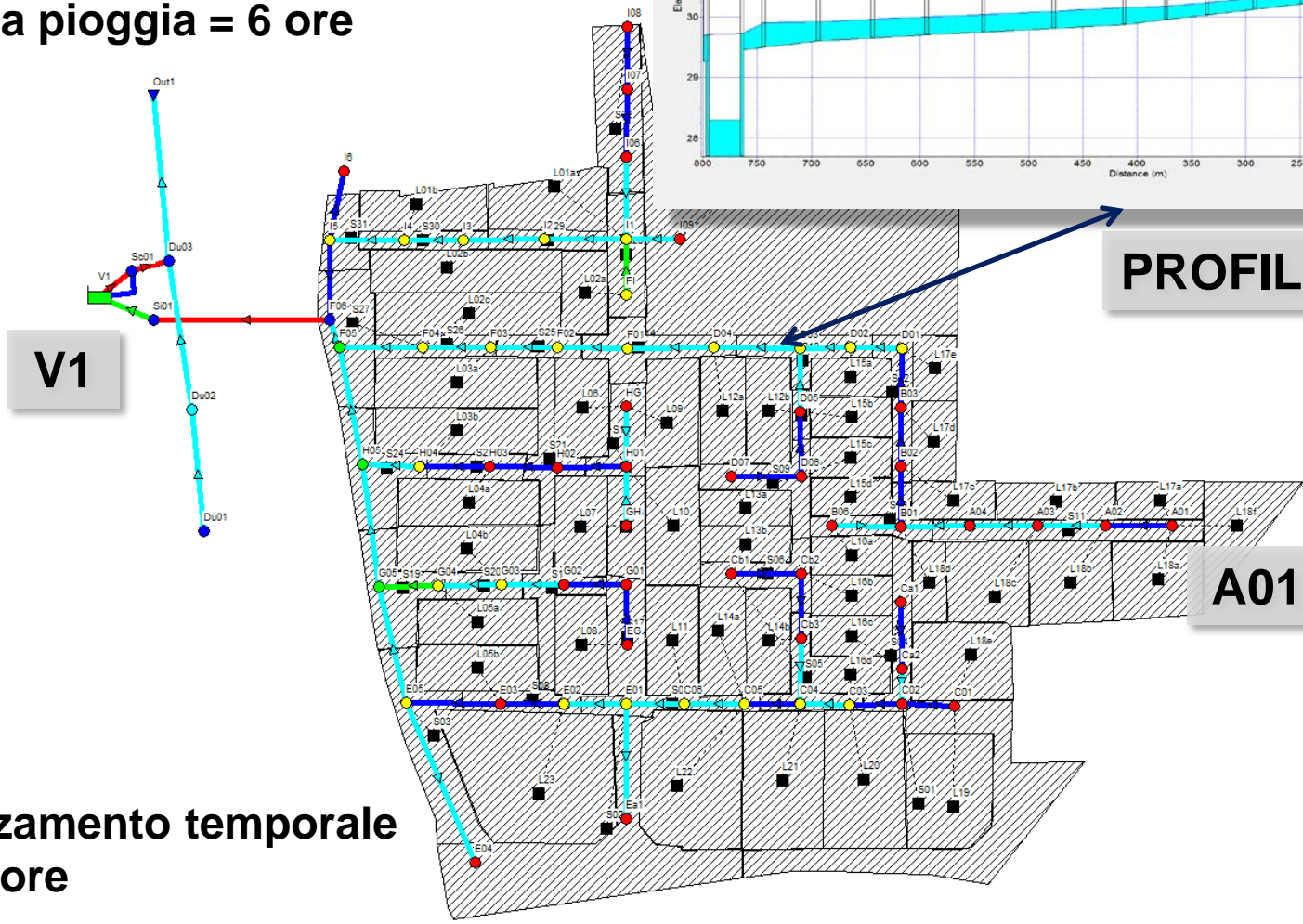
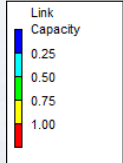
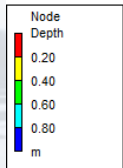
Modello idrologico-idraulico SWMM  
(Storm Water Management Model)

Tempo di ritorno = 25 anni

Durata pioggia = 6 ore



PROFILO A01 - V1



V1

A01

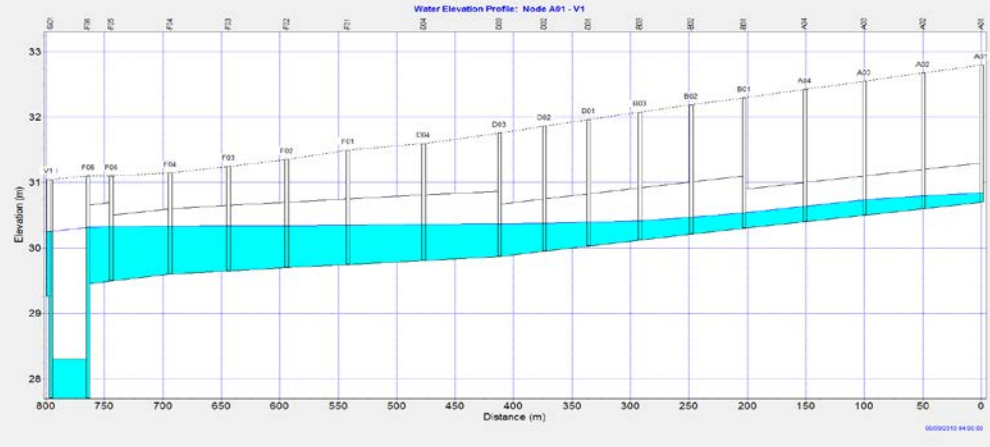
Avanzamento temporale  
T = 2 ore

# ESEMPIO APPLICATIVO

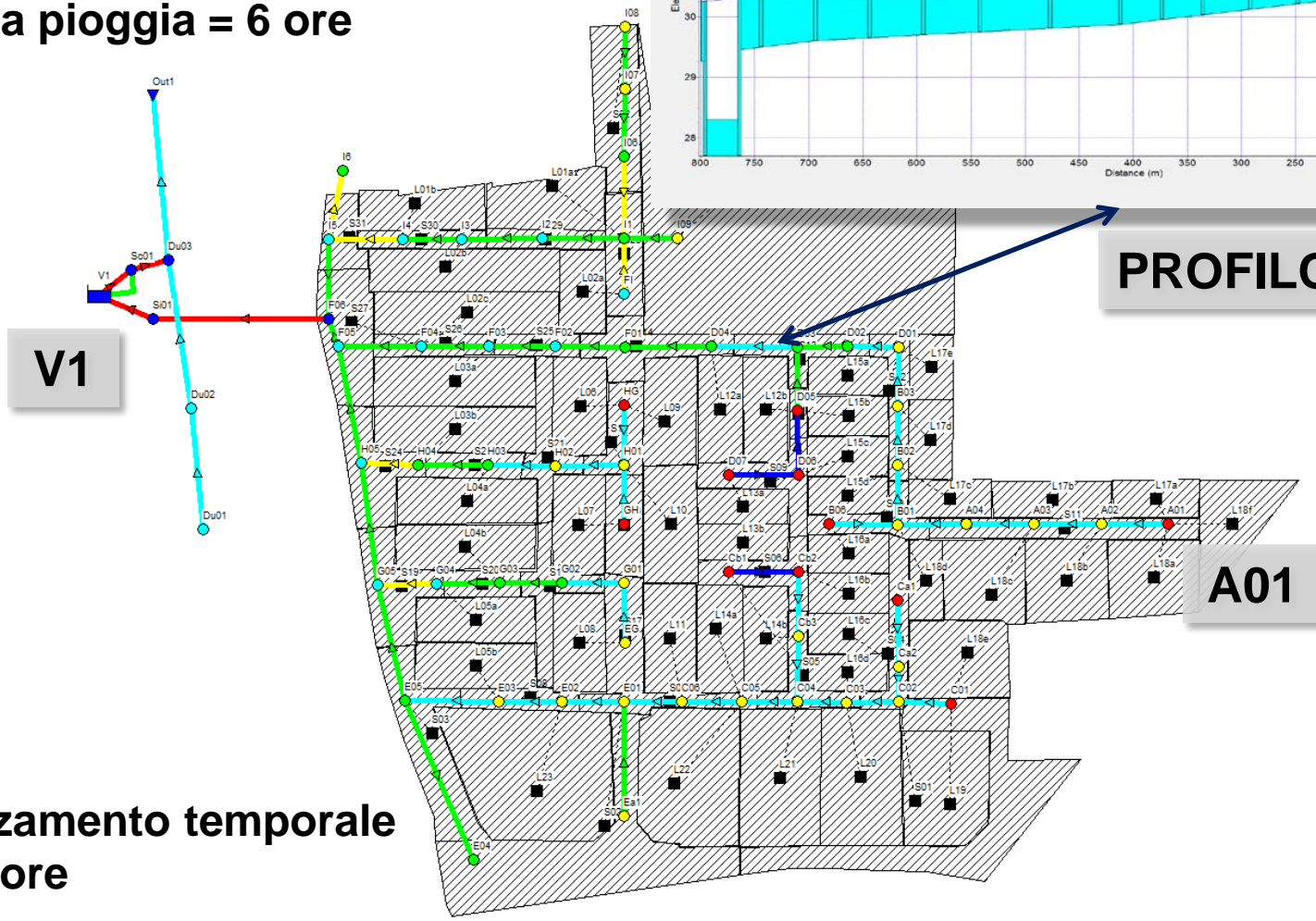
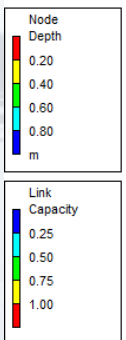
Modello idrologico-idraulico SWMM  
(Storm Water Management Model)

Tempo di ritorno = 25 anni

Durata pioggia = 6 ore



PROFILO A01 - V1



V1

A01

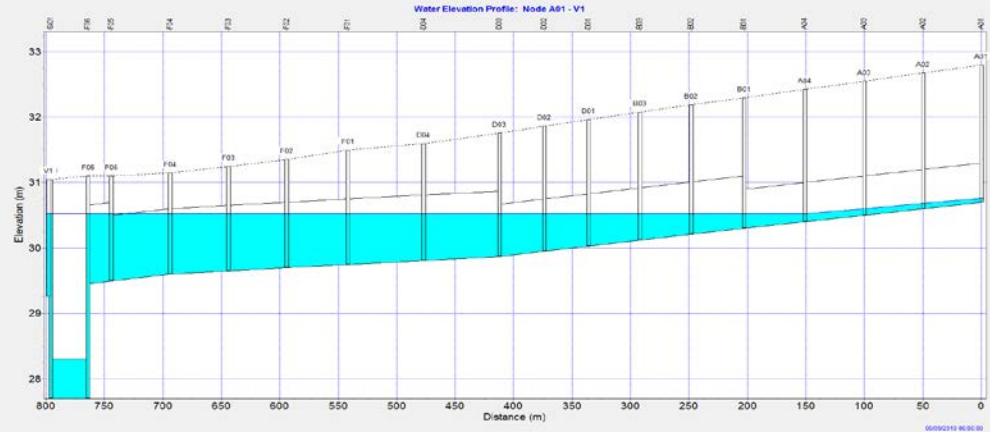
Avanzamento temporale  
T = 4 ore

# ESEMPIO APPLICATIVO

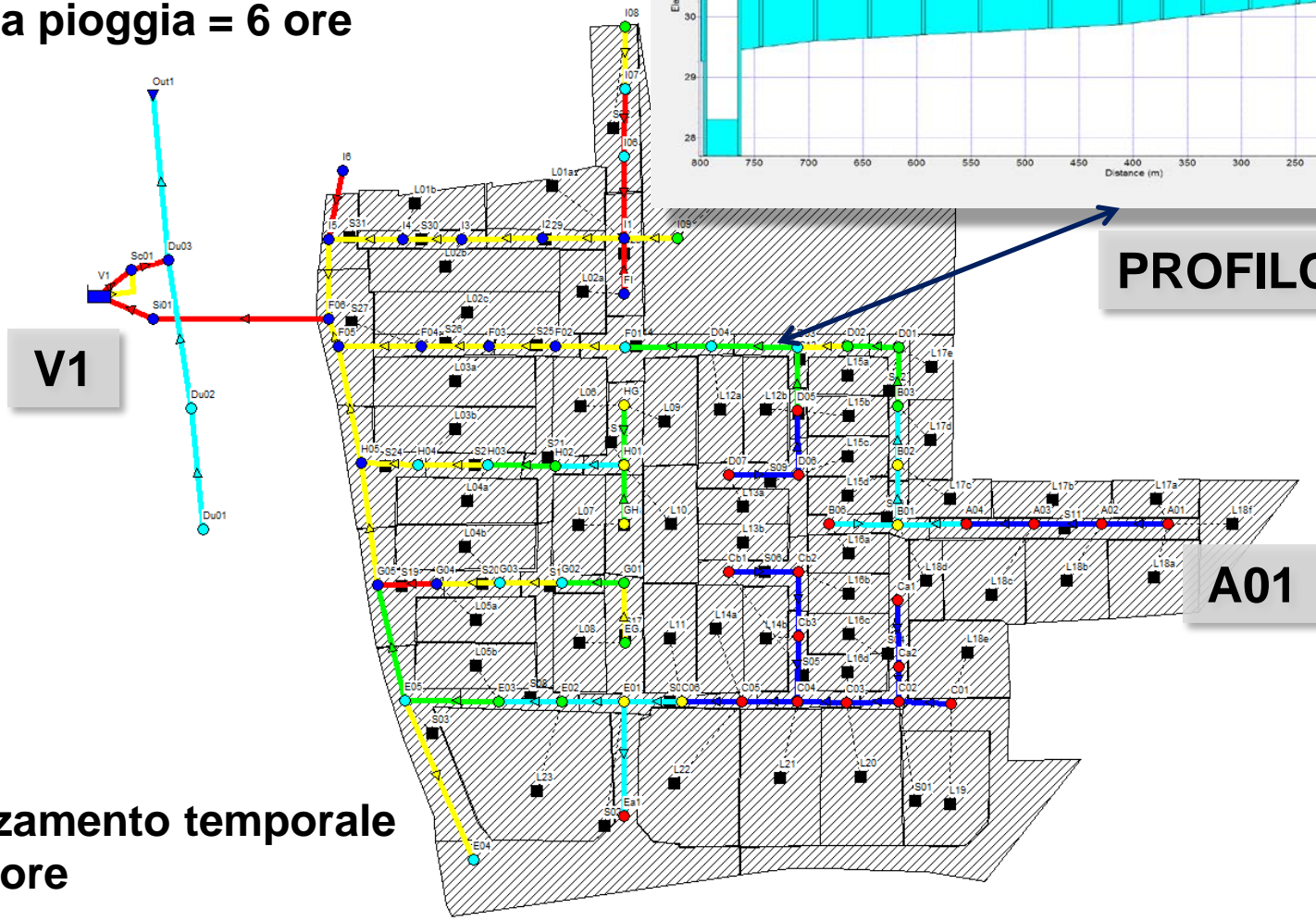
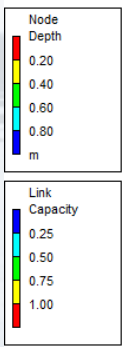
Modello idrologico-idraulico SWMM  
(Storm Water Management Model)

Tempo di ritorno = 25 anni

Durata pioggia = 6 ore



PROFILO A01 - V1



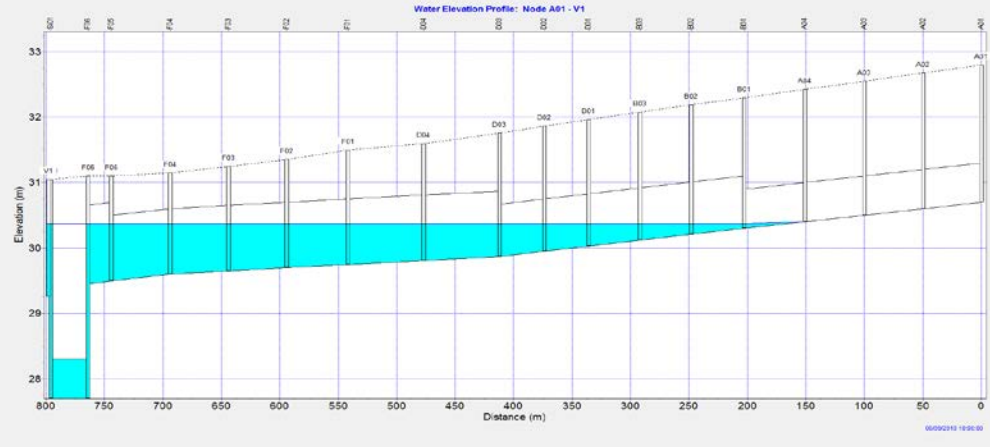
Avanzamento temporale  
T = 6 ore

# ESEMPIO APPLICATIVO

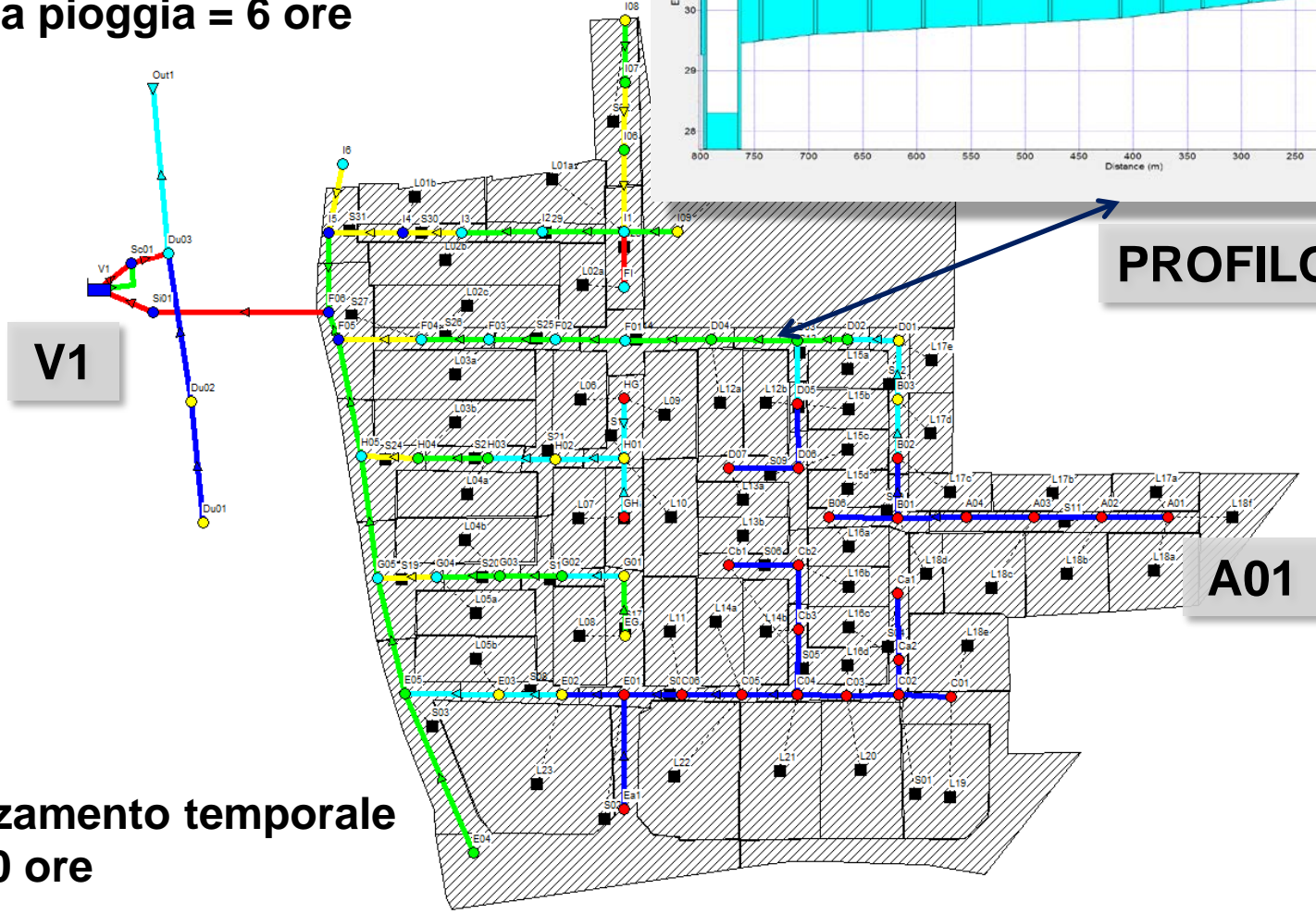
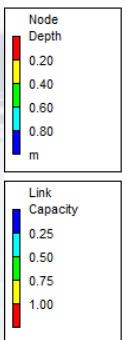
Modello idrologico-idraulico SWMM  
(Storm Water Management Model)

Tempo di ritorno = 25 anni

Durata pioggia = 6 ore



PROFILO A01 - V1



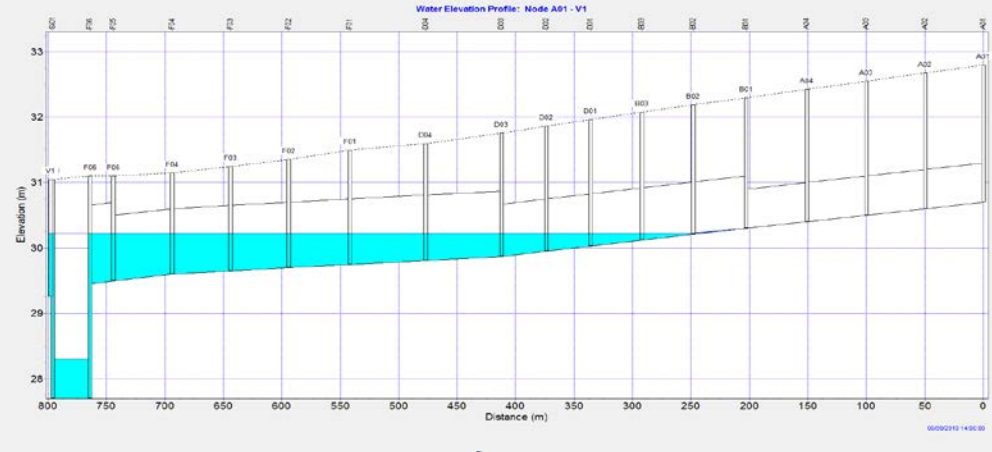
Avanzamento temporale  
T = 10 ore

# ESEMPIO APPLICATIVO

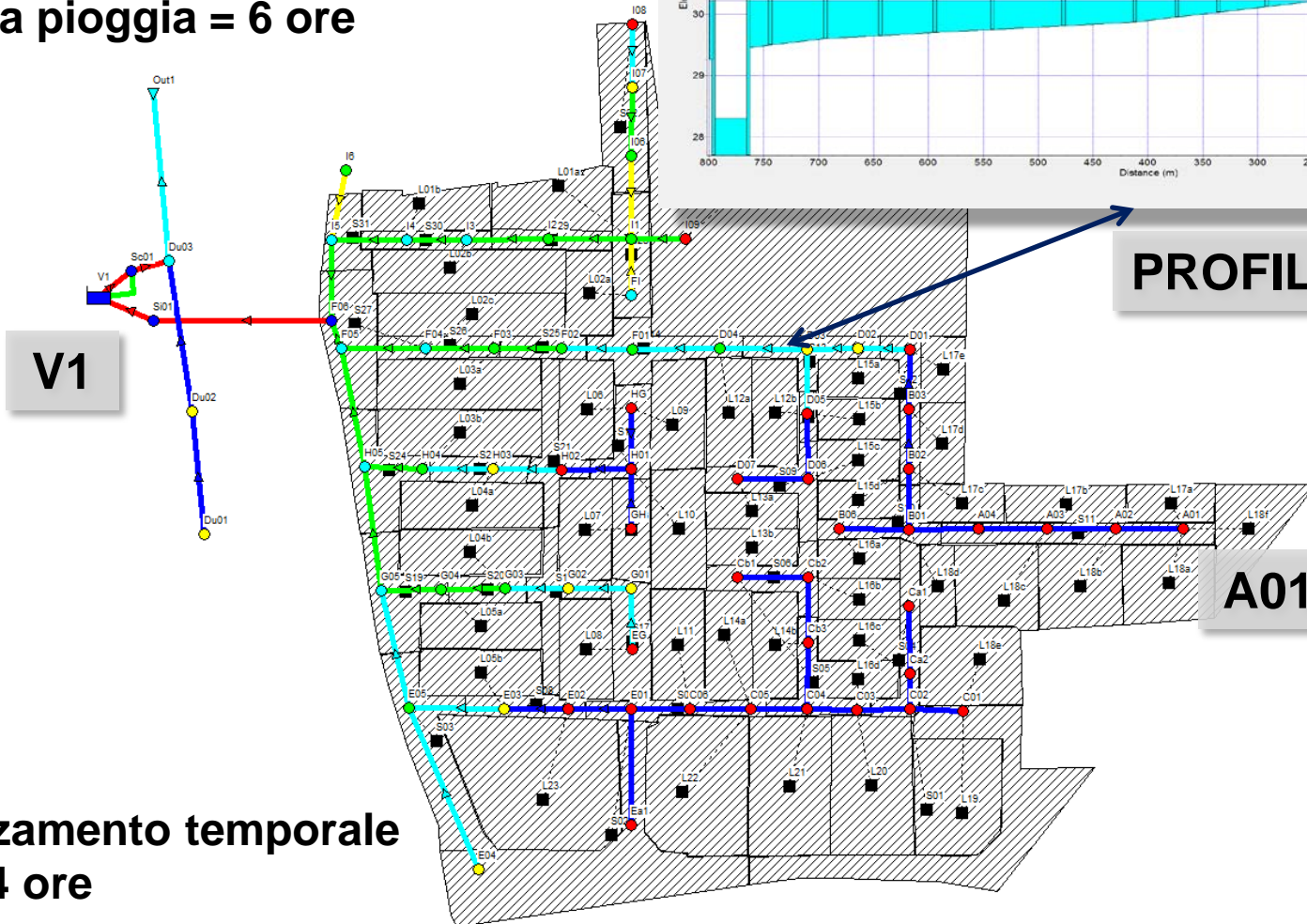
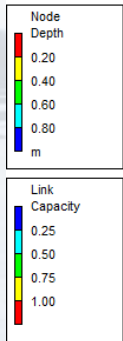
Modello idrologico-idraulico SWMM  
(Storm Water Management Model)

Tempo di ritorno = 25 anni

Durata pioggia = 6 ore



PROFILO A01 - V1



Avanzamento temporale  
T = 14 ore

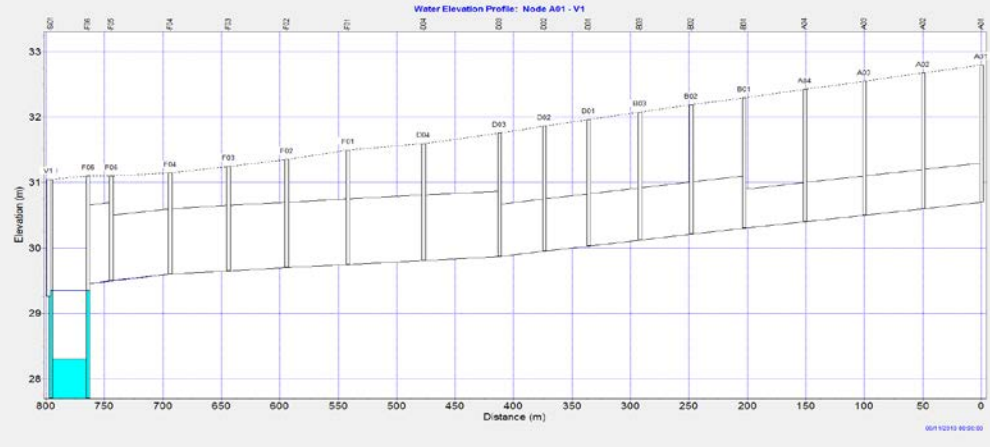


# ESEMPIO APPLICATIVO

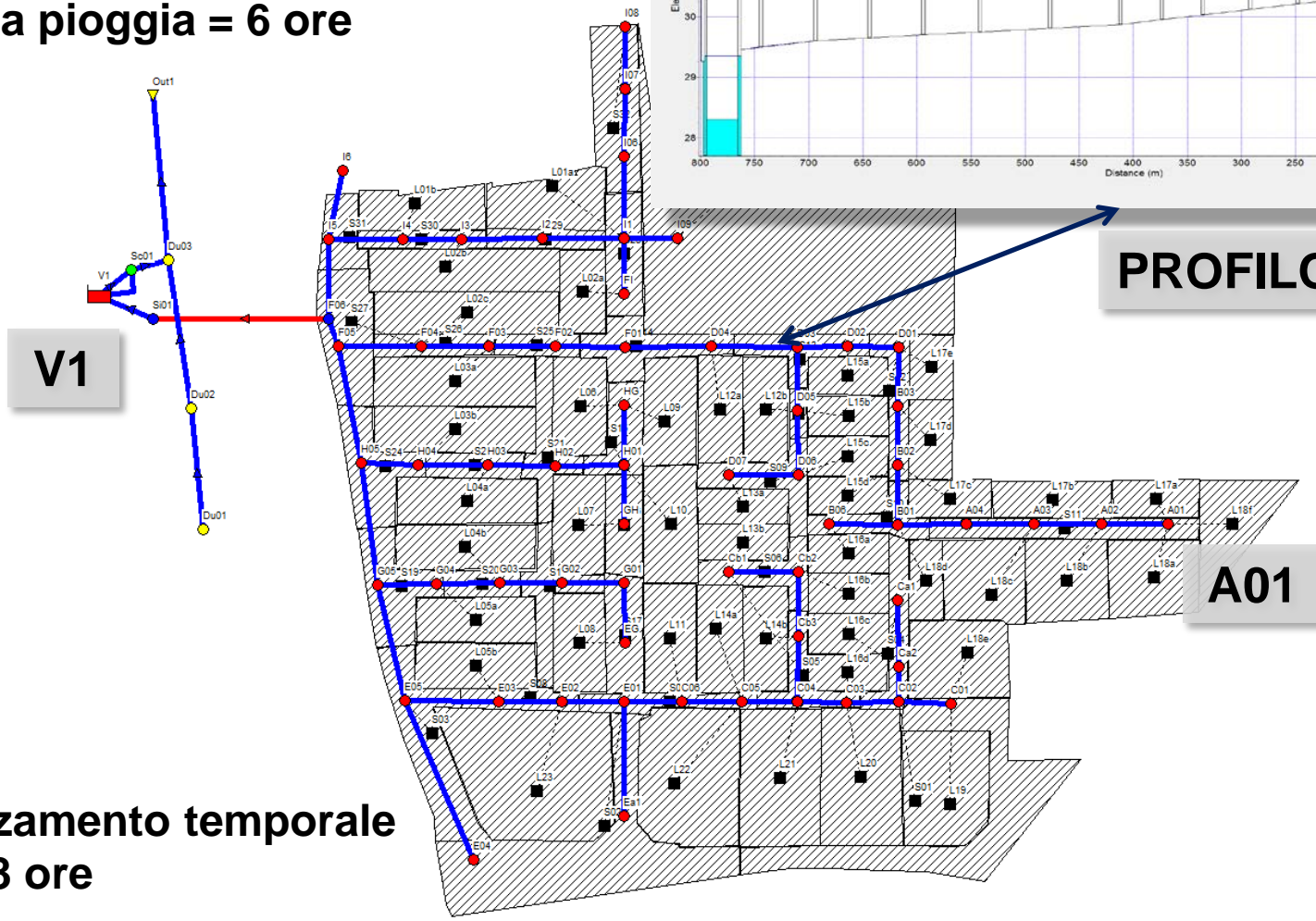
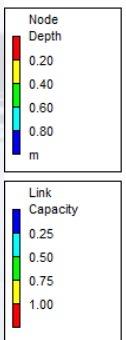
Modello idrologico-idraulico SWMM  
(Storm Water Management Model)

Tempo di ritorno = 25 anni

Durata pioggia = 6 ore



PROFILO A01 - V1



V1

A01

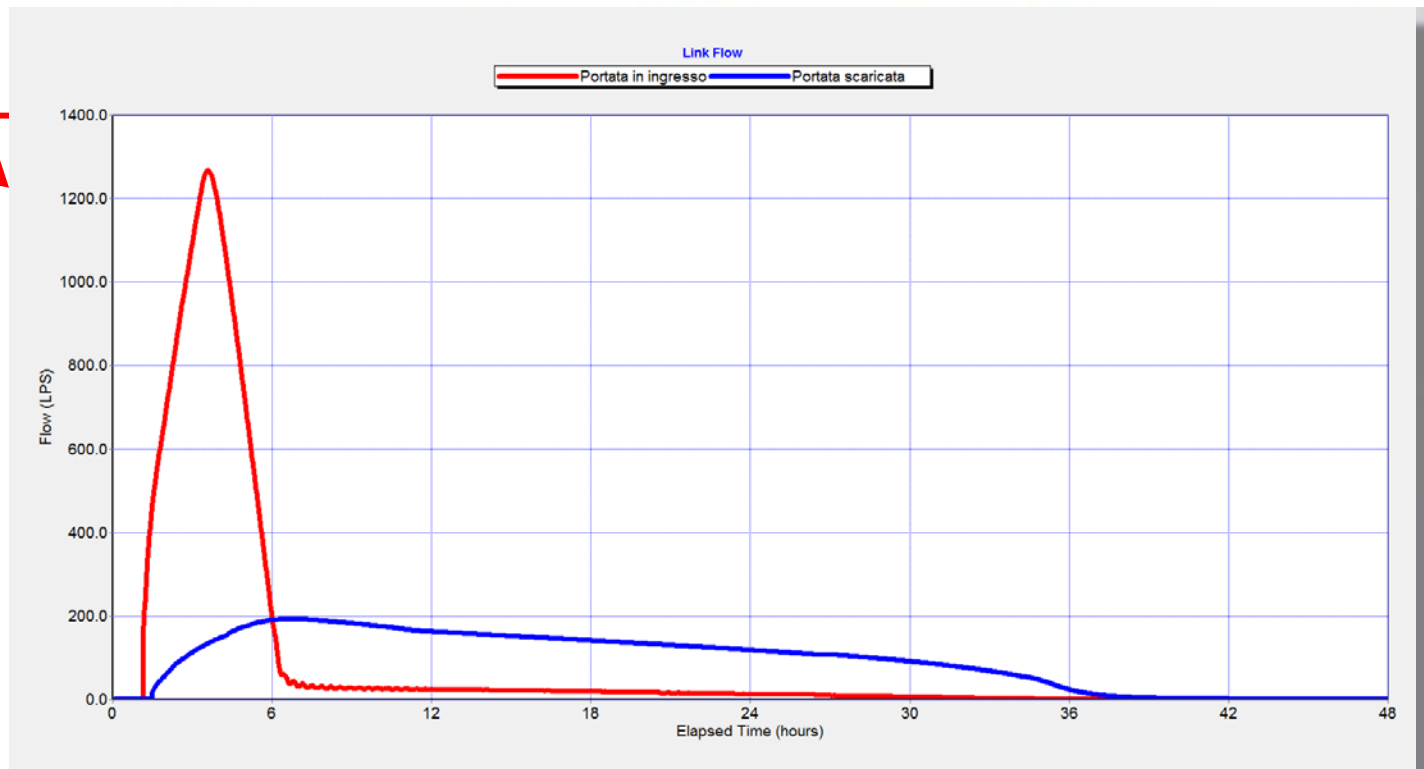
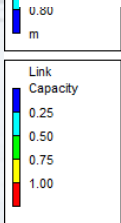
Avanzamento temporale  
T = 48 ore



# ESEMPIO APPLICATIVO

## Modello idrologico-idraulico SWMM (Storm Water Management Model)

Tempo di pioggia	Tp	15'	30'	60'	120'	180'	360'	720'	1440'	minuti
Portata max. generata comparto	$Q_{max}$	8.280	7.020	5.750	3.480	2.600	1.400	880	516	l/sec
Volume complessivo generato	$V_{max}$	5.800	7.850	11.774	13.400	14.204	16.390	18.426	21.160	m <sup>3</sup>
Volume di invaso	$V_{id}$	4.965	6.420	9.600	10.920	11.275	12.035	11.930	10.680	m <sup>3</sup>
Portata massima al canale	$Q_{umax}$	119,85	130,50	156,72	170,42	177,20	195,60	193,12	184,70	l/sec



GRAZIE PER LA  
CORTESE ATTENZIONE



Ing. Gian Lorenzo Bernini