

**Studio Ingegneria Guidetti-Serri**

Via Pier Carlo Cadoppi, 14 - 42124 Reggio Emilia

Tel. +39 0522 439734 - Fax +39 0522 580006

Mail: info@studiocgs.it

Web: www.guidettiserri.it

C.F. e P.I. 01934740356

Progetto generale
Progetto opere idrauliche
Progetto strutturale
Coordinamento generale**GUIDETTISERRI**

STUDIO INGEGNERIA

AZIENDA CON SISTEMA
DI GESTIONE QUALITÀ
CERTIFICATO DA DNV GL
= ISO 9001 =**Valutazioni ambientali****Studio ALFA S.p.A.**Viale B. Ramazzini, 39/D
42124 Reggio Emilia
Tel. +39 0522 550905
Mail: info@studioalfa.it
Web: www.studioalfa.it
C.F. 01425830351 - P.I. 02863660359**Valutazioni archeologiche****AR/S ARCHEOSISTEMI SOCIETÀ COOPERATIVA**Via Nove Martiri, 11/A
42124 Reggio Emilia
Tel. +39 0522 532094
Mail: info@archeosistemi.it
Web: www.archeosistemi.it
C.F. e P.I. 01249610351**Progetto impianti elettrici****Cavazzoni S.r.l.**Via Alfred Bernard Nobel, 88/C
42124 Reggio Emilia
Tel. +39 0522 334141
Mail: info@cavazzoniassociati.it
Web: www.cavazzoniassociati.it
C.F. e P.I. 01718630351**Valutazioni Geologiche****GEOLOG**Via Emilia all'Angelo, 14
42124 Reggio Emilia
Tel. +39 0522 934730
Mail: geolog@geolog-sc.it
Web: www.geolog-sc.it
C.F. e P.I. 02790320358

COMMITTENTE



Terminal One S.p.A.

via Gutenberg, 3 - 42124 Reggio Emilia (RE)



PROGETTAZIONE

ing. Lorenzo SERRI

FASE DI PROGETTO

PROCEDIMENTO UNICO

PROGETTO

PROCEDIMENTO UNICO AI SENSI DELL'ART. 53, COMMA 1,
LETTERA b) DELLA L.R. 24/2017
PER LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO POLO INTERMODALE
PRESSO LA STAZIONE DELL'ALTA VELOCITÀ MEDIOPADANA
REGGIO EMILIA 42124 - VIA CITTÀ DEL TRICOLORE

SCALA

-

DATA EMISSIONE

20/07/2020

ELABORATO

RELAZIONE IDRAULICA PARCHEGGI P4-P5-P6 E VIABILITA' EST

PRATICA

P48/2019

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO
G				
F				
E				
D				
C	06/11/20	AGG.2 IRETI	GUIDETTI D.	SERRI L.
B	30/10/20	AGG.1 IRETI	GUIDETTI D.	SERRI L.
A	20/07/20	EMISSIONE	GUIDETTI D.	SERRI L.

TAVOLA

T1 - REL - IDR

1

FILE W:\DROPOBOX\P48-TERMINAL ONE - Parcheggio stazione AV Reggio Emilia\18-PROCEDIMENTO UNICO\18.17
INTEGRAZIONE 2 IRETI\prog - T1\T1-REL_Cartigli.dwgA TERMINI DI LEGGE CI RISERVIAMO LA PROPRIETÀ DI QUESTO ELABORATO CON DIVIETO
DI RIPRODURLO E DI RENDERLO NOTO A TERZI SENZA LA NOSTRA AUTORIZZAZIONE SCRITTA

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	2
2	RETE DI SMALTIMENTO ACQUE BIANCHE.....	6
2.1	INQUADRAMENTO GENERALE.....	6
2.2	MODELLAZIONE DELLA RETE.....	9
2.2.1	<i>Parametri generali di calcolo</i>	9
2.2.2	<i>Modello EPA SWMM</i>	13
2.2.3	<i>Modello di infiltrazione</i>	19
2.2.4	<i>Risultati di calcolo $T_r=20$ anni</i>	20
2.2.5	<i>Risultati di calcolo $T_r=50$ anni</i>	31
2.2.6	<i>Verifica del volume di invaso della rete con il metodo cinematico</i>	41
2.2.7	<i>Verifica del volume di invaso della rete con il metodo delle sole piogge</i>	43
2.2.8	<i>Verifica manuale sezione tubazione di scarico</i>	44
3	GESTIONE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA.....	45
4	RETE DI SMALTIMENTO ACQUE NERE.....	48
5	REGIMAZIONE DELLE RETI DI FOSSI ESISTENTI.....	50
6	VERIFICHE STATICHE TUBAZIONI.....	51
6.1	VERIFICHE TUBAZIONI FLESSIBILI.....	51
6.1.1	<i>Ipotesi relative alle condizioni al contorno e alle caratteristiche meccaniche dei tubi</i>	51
6.1.2	<i>Carichi agenti sulle tubazioni in fase di esercizio</i>	51
6.1.3	<i>Calcolo della deformazione del tubo</i>	52
6.1.4	<i>Verifica della massima sollecitazione di flessione</i>	53
6.1.5	<i>Verifica dell'instabilità all'equilibrio elastico (buckling)</i>	53
6.1.6	<i>Verifiche</i>	54
6.2	VERIFICHE TUBAZIONI RIGIDE.....	63
6.2.1	<i>Carico statico del terreno</i>	63
6.2.2	<i>Carico dinamico da traffico stradale</i>	64
6.2.3	<i>Azione sismica</i>	64
6.2.4	<i>Carico totale sull'estradosso della tubazione:</i>	64
6.2.5	<i>Fogli di calcolo utilizzati per le verifiche di resistenza</i>	65

1 PREMESSA

La presente relazione ha come oggetto il progetto delle reti di smaltimento delle acque bianche, di prima pioggia e nere che saranno realizzate a servizio della nuova area destinata a parcheggi e relativa viabilità che sorgerà a nord della Stazione Mediopadana AV nell'area ad est della linea ferroviaria FER Reggio Emilia – Guastalla.

L'area di intervento è delimitata:

- A nord da un fosso di scolo delle acque irrigue provenienti dalle zone agricole.
- A est da un'area agricola.
- A nord dalla stazione dell'alta velocità Mediopadana e dal rilevato ferroviario.
- Ad ovest della linea ferroviaria FER

Attualmente l'accesso carraio all'area è possibile mediante via Petrella, mentre l'accesso pedonale è possibile utilizzando il sottopasso della stazione FER oppure i sistemi di collegamento verticale (scale e ascensori) della stazione Mediopadana.



Figura 1 – Ortofoto con individuazione dell'area oggetto di intervento

Le opere in progetto sono:

- Parcheggi destinati alla sosta a rotazione, i quale amplieranno il numero di stalli presenti nel polo intermodale. Tali parcheggi saranno così denominati: P4, P5 e P6 nella zona ad est nell'area di proprietà di Terminal Ona Spa. Tali parcheggi saranno un'opera che rimarrà privata.
- Viabilità principale e rotoatorie ad est della linea FER Reggio Emilia –Guastalla. Tali opere saranno realizzate su un'area proprietà di Terminal Ona Spa e saranno poi cedute al Comune di Reggio Emilia.

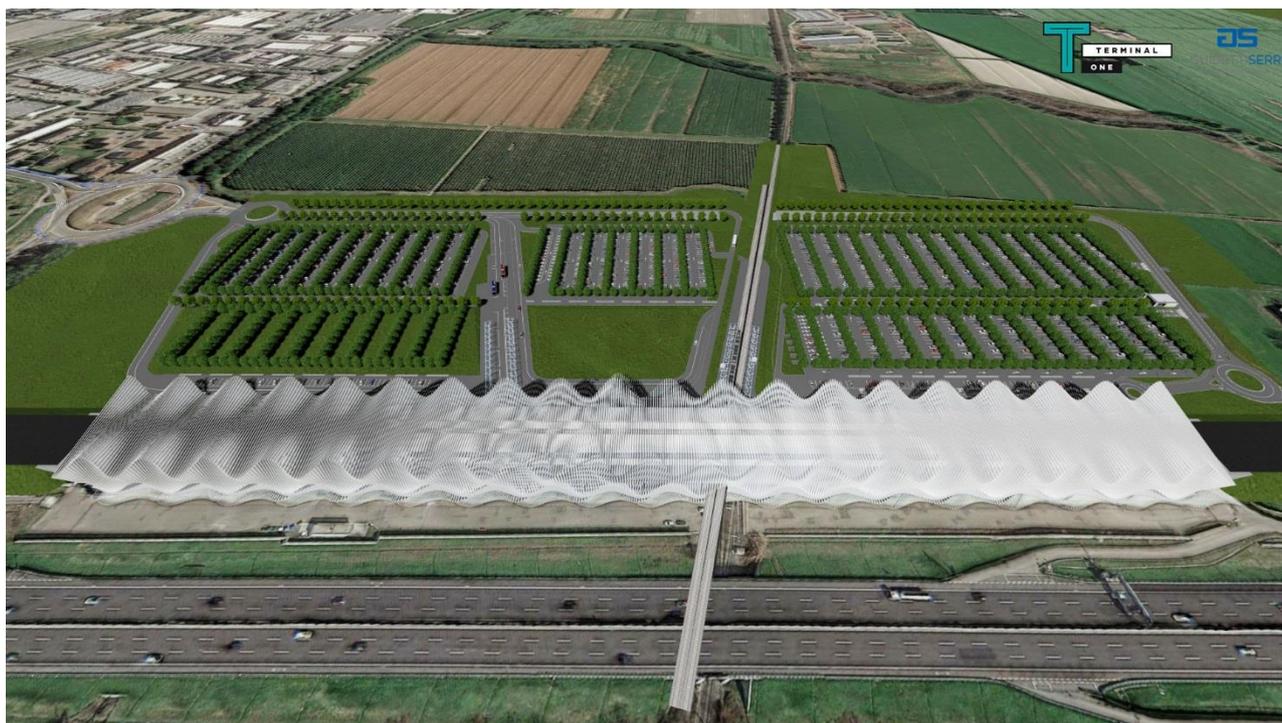


Figura 2 – Render della nuova configurazione di parcheggi nell'area della Stazione Mediopadana

I parcheggi P4 e P5 saranno tra loro collegati, mediante due varchi, per poter ottimizzare i punti di accesso e di uscita. L'ingresso avverrà dal parcheggio P4, mediante una strada di accesso che si staccherà dalla viabilità principale regolamentata da un sistema di sbarre mobili automatizzate necessarie per la gestione della sosta. Mentre l'uscita avverrà dal P5 anche essa regolamentata dallo stesso sistema di sbarre mobili automatizzate. Ogni parcheggio internamente sarà organizzato con una coppia di strade a senso unico con direzione est-ovest, poste una a nord ed una a sud, che permetteranno un flusso veicolare circolare. Ogni corsello avrà una strada a senso unico di larghezza 5,80 m posta perpendicolare alla copia di strade principale; la direzione (nord-sud) di percorrenza dei corselli sarà alternata, in modo tale da poter permettere ad ogni veicolo di percorrere tutti i corselli in modo continuativo.

Da un punto di vista architettonico i corselli saranno delimitati da cordoli in calcestruzzo e caratterizzato dalla messa a dimora di alberature in apposite aiuole che fungeranno anche da elementi di suddivisione dei corselli. I due parcheggi saranno separati da un asse pedonale con direzione est-ovest che servirà per raccogliere i viaggiatori e convogliarli verso la stazione AV.

Tutti i viali pedonali saranno realizzati in asfalto e saranno complanari con le strade limitrofe.

Il parcheggio P6 sarà posizionato nell'area est delle Mediopadana, in parte all'interno della proprietà di Terminal One Spa e in parte all'interno dell'area di proprietà di RFI.

L'accesso e l'uscita al parcheggio P6 avverranno dal ramo ovest della seconda rotatoria posta sulla viabilità di progetto. Il parcheggio avrà una strada di distribuzione con direzione est-ovest, ai cui lati trovano sono posizionati gli stalli a pettine. Alla fine della strada di distribuzione troverà posto una rotatoria con funzione di cul de sac per permettere l'inversione di marcia in sicurezza e senza intralciare le manovre degli altri utenti.

Il progetto prevede inoltre la realizzazione di una portineria di accesso al parcheggio P4 e P5 nella quale troveranno posto la guardiola, degli spazi per il noleggio auto, i servizi igienici per gli operatori e dei vani tecnici.

La distribuzione interna della zona est avverrà mediante la viabilità principale e le rotatorie di progetto. In particolare la rotatoria a nord (con diametro di 30 m) avrà lo scopo di gestire i flussi provenienti dall'uscita del parcheggio P5, da via Petrella e dei mezzi dei clienti che dovranno raggiungere il parcheggio P6.

La seconda rotatoria, con diametro di 19 m, organizzerà i flussi veicolari in entrata ed uscita dal P6 e quelli provenienti da via Petrella. Inoltre tale rotatoria avrà anche lo scopo di garantire in piena sicurezza un cambio di direzione per i veicoli che dovessero trovarsi per errore su tali strade e permettere loro di ritornare verso via Città del Tricolore.



Figura 3 – Planimetria generale di progetto area est



Figura 4 – Planimetria generale di progetto area est con evidenziate le aree di cessione

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati del progetto esecutivo allegati alla presente relazione.

2 RETE DI SMALTIMENTO ACQUE BIANCHE

2.1 INQUADRAMENTO GENERALE

La rete di smaltimento delle acque bianche in progetto recapiterà nel fosso esistente sul confine nord-ovest dell'area di intervento in prossimità del manufatto esistente che sottopassa la linea FER e che si collega, sul lato ovest della linea ferroviaria, con il cavo Fossone di competenza della Bonifica Emilia Centrale.

Lo scarico si configura quindi come scarico indiretto in un canale di bonifica e la portata in uscita sarà pertanto limitata a **10 l/s/ha** di superficie territoriale come richiesto dal Consorzio di Bonifica Emilia Centrale al fine di rispettare l'invarianza idraulica.

La rete idraulica in progetto sarà in parte realizzata su aree private (parcheggi P4-P5-P6) e rimarrà pertanto a gestione privata e in parte su aree che saranno cedute al Comune di Reggio Emilia (viabilità principale est e sottopasso) e sarà pertanto a gestione pubblica.

Saranno oggetto di cessione anche le aree su cui sarà realizzata la vasca di laminazione.

La rete privata si allaccerà alla rete pubblica nel pozzetto N74 subito a valle delle vasche di prima pioggia.

Si riporta di seguito una descrizione delle varie parti della rete e si rimanda agli elaborati del progetto esecutivo per ulteriori dettagli.

Rete viabilità est

La rete pubblica di drenaggio della viabilità est sarà realizzata mediante una tubazione principale in PVC SN8 con pendenza variabile dal 2‰ al 4‰ e diametri variabili dal DN315 al DN630. Nella parte nord della strada, terminati i parcheggi per gli autobus sarà inoltre realizzato un fosso di guardia sul lato nord della carreggiata che si immetterà nella rete nel pozzetto N72.

La rete proseguirà poi verso l'invaso di laminazione con tubazioni in c.a. di maggiore diametro, variabile tra il $\Phi 800$ e il $\Phi 1200$ e pendenza pari al 2‰.

Rete parcheggi P4-P5-P6

La rete di drenaggio dei parcheggi P4-P5-P6 rimarrà su area privata e confluirà nella rete pubblica in corrispondenza del pozzetto N74.

La rete prevede un collettore principale in direzione sud-nord realizzato con tubazioni in cls di diametro $\Phi 800/\Phi 1000$ e pendenza variabile tra il 2-3‰ all'interno del quale confluiscono le acque delle reti dei tre parcheggi in esame.

Ogni area avrà a sua volta un collettore secondario in direzione est-ovest dove confluiranno le tubazioni di ogni corsello di parcheggi. Per i parcheggi P6-P5-P4 sia i collettori secondari che le tubazioni nei corselli saranno realizzati con tubi in PVC di diametro variabile da $\Phi 315$ a $\Phi 630$ e pendenza variabile tra il 2-5‰.

Per il parcheggio P4, vista la maggiore estensione i tratti più a valle del collettore secondario saranno realizzati con tubazioni in cls $\Phi 800$.

Subito a monte del recapito nel pozzetto N74 è previsto il posizionamento di una vasca prefabbricata in c.a. di prima pioggia con idoneo pozzetto di by-pass.

Per la descrizione dell'impianto di prima pioggia si rimanda al §3.

Sul limite ovest della nuova area di parcheggi è presente il fosso di guardia del rilevato ferroviario che sarà opportunamente risagomato, non potendo proseguire verso nord per la presenza del sottopasso, sarà recapitato all'interno della rete in progetto nel pozzetto N45.

Rete sottopasso

Per la descrizione e verifica di dettaglio della rete del sottopasso si rimanda alla relazione "SP-REL-I-1-A Relazione idraulica sottopasso".

Le portate di tali aree saranno recapitate tramite impianto di sollevamento all'interno del pozzetto N80, subito a monte del by-pass verso l'invaso di laminazione.

Invaso di laminazione e recapito finale

L'invaso di laminazione sarà realizzato mediante una vasca in terra del tipo "fuori linea" e sarà collegato alla rete principale mediante n°3 ingressi con tubazioni $\Phi 1200$ in corrispondenza dei pozzetti N80-N81-N81a.

L'ingresso delle tubazioni nella vasca sarà posizionato ad una quota di +15 cm rispetto alla quota di scorrimento della rete principale; in questo modo le piccole portate di pioggia potranno transitare verso il recapito finale con la tubazione $\Phi 1200$ senza interessare la vasca di laminazione che entrerà in funzione solamente per eventi di pioggia di elevata intensità.

L'imbocco della vasca sarà protetto con rivestimento in massi da scogliera.

L'invaso di laminazione avrà una conformazione come tavola T1-PT1-IDR-3 con pendenze delle direttrici di scolo principali pari al 2% e pendenza dei piani inclinati pari all'3%. La quota arginale sarà pari a +36.10. Le sponde saranno realizzate con pendenza 3/2 e gli argini avranno larghezza in sommità pari a 4 m su tutto il perimetro della vasca per permettere la manutenzione della stessa.

Vista la conformazione della vasca e le pendenze trasversali e longitudinali utilizzate si ritiene di poter evitare la realizzazione di canalette in cls nella zona centrale che risulterebbero di difficile manutenzione.

Il volume massimo dell'invaso rispetto alla quota arginale è pari a circa 3.834 mc.

La limitazione della portata in uscita al recapito finale sarà ottenuta mediante una bocca tarata $\Phi 140$ mm posizionata nel pozzetto N83 con quota di fondo pari a +34.00. Sarà poi posizionato un secondo pozzetto subito a valle (N83a) con all'interno una valvola di non ritorno tipo clapet al fine evitare eventuali rigurgiti del canale di recapito nella rete in progetto.

Indicazioni comuni per tutte le parti della rete in progetto

Tutte le tubazioni in PVC saranno di classe SN8 conformi alla norma UNI EN 1401-1 posate su letto e con rinfianco di pietrischetto 4/8 costipato adeguatamente.

Le tubazioni in cls saranno del tipo armato con classe di resistenza minima pari a 135 KN/mq per i diametri $\Phi 800$ e $\Phi 1000$ e 120KN/mq per il diametro $\Phi 1200$, conformi alla norma UNI EN 1916 e con guarnizioni elastomeriche conformi alla norma UNI EN 681. Il fornitore della tubazione dovrà inoltre garantire la portata richiesta con coefficiente pari a 1.2 nella verifica con carico di prima fessurazione. Saranno posati su letto di cls magro armato con rete $\Phi 6/20 \times 20$ e rinfiancati con cls magro secondo le indicazioni presenti negli elaborati esecutivi.

Tutti i pozzetti dovranno essere di tipo prefabbricato in c.a. con diametro interno variabile da $\emptyset 1000$ a $\Phi 2000$ rispondenti alla norma UNI EN 1917 dotati del marchio CE con guarnizioni e giunti con garanzia di tenuta all'acqua, fondo pozzetto sagomato con canalette semicircolari e innesti a tenuta per le varie tipologie di tubazioni, realizzati con guarnizioni inserite all'interno del getto del manufatto. Tutti i chiusini saranno in ghisa sferoidale classe D400.

Tutte le caditoie e/o ocche di lupo saranno realizzate con pozzetti prefabbricati in c.a. e griglie in ghisa sferoidale classe D400. Le tubazioni di raccordo tra caditoie/bocche di lupo e rete principale saranno in PVC-U SN8 $\Phi 160$ mm conformi alla norma UNI EN 1401-1 posate su letto di sabbia con rinfianco e bauletto in cls magro.

La superficie complessiva del comparto idraulico può essere così suddivisa:

RIEPILOGO SUPERIFICI				
	Stot (ha)	Simp (ha)	Sperm (ha)	%IMP_{media}
INVASO LAMINAZIONE	0.4591	0.0000	0.4591	0.00%
PARCHEGGI P4-P5-P6	4.2168	3.4942	0.7226	82.86%
VIABILITÀ PRINCIPALE	0.6698	0.5113	0.1585	76.34%
SOTTOPASSO	0.2324	0.2324	0.0000	100.00%
TOTALE	5.5781	4.2379	1.3402	75.97%

Nel conteggio delle superfici sono state considerate unicamente le aree che realmente partecipano al deflusso superficiale. Non sono state pertanto considerate le aree verdi a nord e ad est della viabilità principale la cui situazione rimane inalterata ante e post operam; il deflusso di tali aree continua ad avvenire verso le reti di fossi perimetrali esistenti senza apportare contributi alla nuova rete in progetto.

La portata massima ammessa in ingresso al recapito finale è pertanto pari a:

$$Q_{ulim} = 5.5781 \cdot 10 = 55.78 \text{ l/s}$$

Si descrive di seguito la verifica della rete.

2.2 MODELLAZIONE DELLA RETE

2.2.1 Parametri generali di calcolo

La verifica della rete è stata effettuata con due tempi di ritorno differenti:

1. $T_r=20$ anni come richiesto dal gestore della rete IRETI. Sono stati pertanto utilizzati i seguenti parametri per la curva di possibilità pluviometrica:

$T_p < 1$ ora	$a = 57.9$ (mm/h ⁿ)	$n = 0.534$
$T_p > 1$ ora	$a = 48$ (mm/h ⁿ)	$n = 0.25$

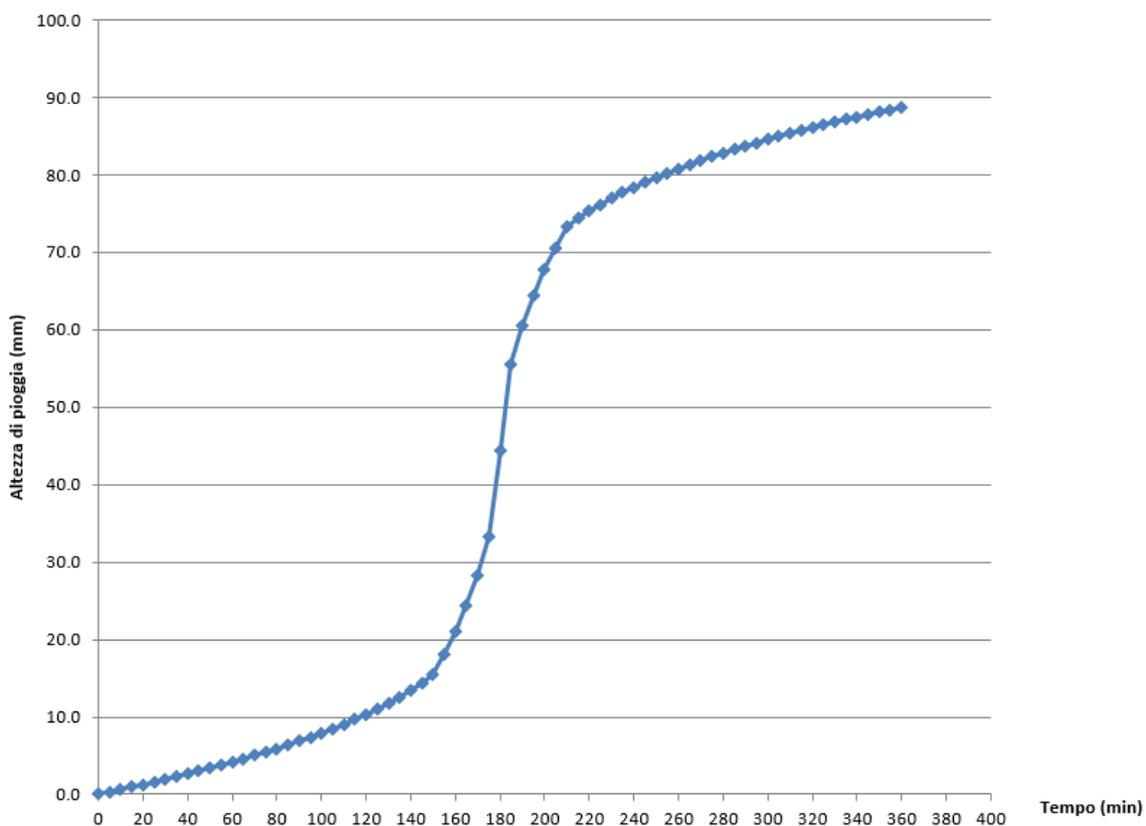
È stato pertanto costruito, con le equazioni sotto riportate, uno ietogramma Chicago che comprende i campi di validità di entrambe le c.p.p. sopra riportate con durata dell'evento meteorico pari a 6 ore e tempo di picco pari a 3 ore. È stato quindi verificato che per tale durata la linea piezometrica massima mantenga un franco di sicurezza di almeno 10 cm dal piano stradale.

Si riportano di seguito le equazioni di costruzione dello ietogramma Chicago e l'andamento dello stesso.

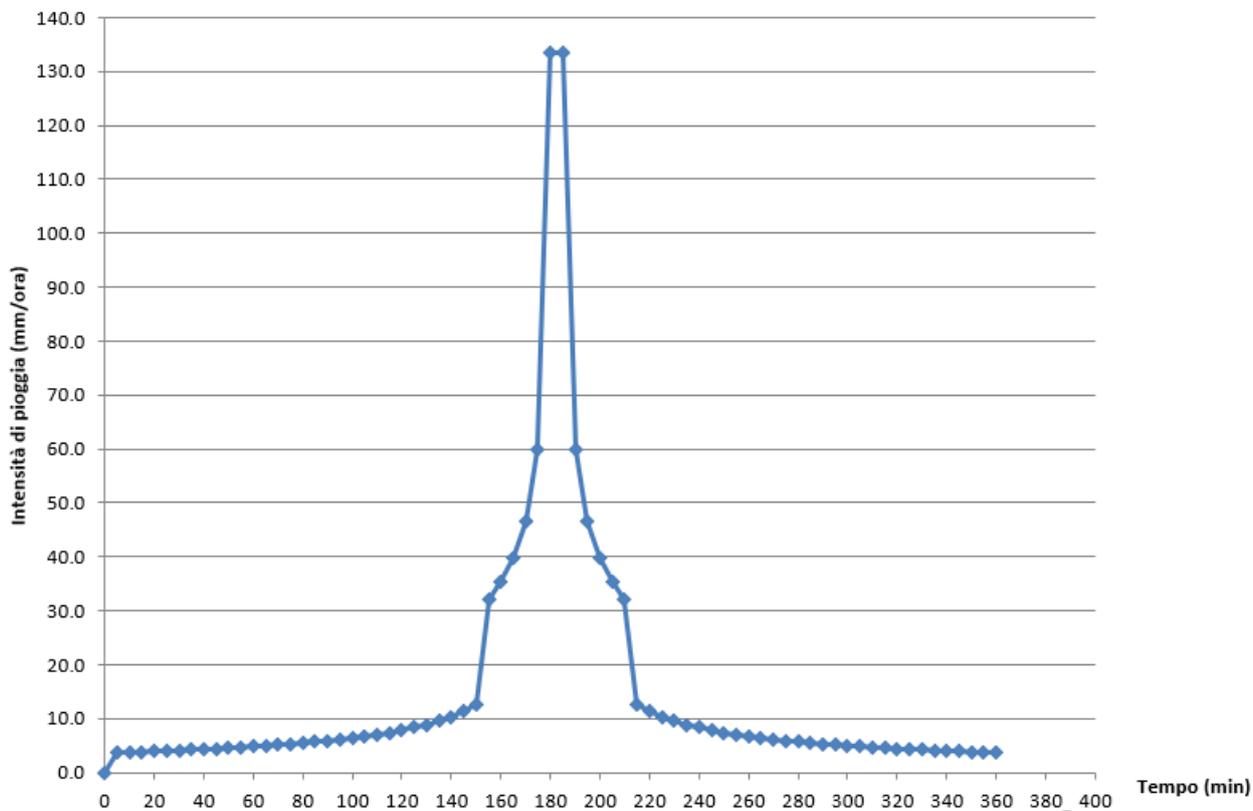
$$\left\{ \begin{array}{l} 0 \leq t < k(\theta - \theta_0): \quad h(t) = a_2 k \left(\theta^{n_2} - \left(\theta - \frac{t}{k} \right)^{n_2} \right) \\ k(\theta - \theta_0) \leq t < k\theta: \quad h(t) = a_2 k (\theta^{n_2} - \theta_0^{n_2}) + a_1 k \left[\theta_0^{n_1} - \left(\theta - \frac{t}{k} \right)^{n_1} \right] \\ k\theta \leq t < k(\theta - \theta_0) + \theta_0: \quad h(t) = a_2 k (\theta^{n_2} - \theta_0^{n_2}) + a_1 k \theta_0^{n_1} + a_1 (1-k) \left(\frac{t - k\theta}{1-k} \right)^{n_1} \\ k(\theta - \theta_0) + \theta_0 \leq t \leq \theta: \quad h(t) = a_2 k (\theta^{n_2} - \theta_0^{n_2}) + a_1 \theta_0^{n_1} + a_2 (1-k) \left[\left(\frac{t - k\theta}{1-k} \right)^{n_2} - \theta_0^{n_2} \right] \end{array} \right.$$

PARAMETRI CPP				Tr 20				
				tempo (min)	tempo (min)	tempo (ore)	h(t)	i(t)
Tempo di soglia	θ_0	1	ore	0	00:00	0	0	0
durata evento	T_p	6	ore	5	00:05	0.0833	0.306	3.668
picco	K	0.5		10	00:10	0.1667	0.618	3.745
tempo di picco	Tr	3	ore	15	00:15	0.2500	0.937	3.826
	t01	2.5	ore	20	00:20	0.3333	1.262	3.911
	t02	3.5	ore	25	00:25	0.4167	1.596	4.000
	Δt	5	min	30	00:30	0.5000	1.937	4.095
				35	00:35	0.5833	2.287	4.195
				40	00:40	0.6667	2.645	4.301
				45	00:45	0.7500	3.013	4.414
				50	00:50	0.8333	3.391	4.534
				55	00:55	0.9167	3.779	4.663
				60	01:00	1.0000	4.179	4.800
				65	01:05	1.0833	4.592	4.947
				70	01:10	1.1667	5.017	5.106
				75	01:15	1.2500	5.457	5.277
				80	01:20	1.3333	5.912	5.462
				85	01:25	1.4167	6.384	5.664
				90	01:30	1.5000	6.874	5.884
				95	01:35	1.5833	7.385	6.126
				100	01:40	1.6667	7.918	6.394
				105	01:45	1.7500	8.475	6.690
				110	01:50	1.8333	9.060	7.022
				115	01:55	1.9167	9.677	7.396
				120	02:00	2.0000	10.328	7.820
				125	02:05	2.0833	11.021	8.308
				130	02:10	2.1667	11.760	8.875
				135	02:15	2.2500	12.556	9.544
				140	02:20	2.3333	13.418	10.347
				145	02:25	2.4167	14.362	11.332
				150	02:30	2.5000	15.410	12.575
				155	02:35	2.5833	18.096	32.228
				160	02:40	2.6667	21.046	35.404
				165	02:45	2.7500	24.366	39.840
				170	02:50	2.8333	28.259	46.710
				175	02:55	2.9167	33.240	59.774
				180	03:00	3.0000	44.360	133.443
				185	03:05	3.0833	55.480	133.443
				190	03:10	3.1667	60.462	59.774
				195	03:15	3.2500	64.354	46.710
				200	03:20	3.3333	67.674	39.840
				205	03:25	3.4167	70.624	35.404
				210	03:30	3.5000	73.310	32.228
				215	03:35	3.5833	74.358	12.575
				220	03:40	3.6667	75.302	11.332
				225	03:45	3.7500	76.165	10.347
				230	03:50	3.8333	76.960	9.544
				235	03:55	3.9167	77.700	8.875
				240	04:00	4.0000	78.392	8.308
				245	04:05	4.0833	79.044	7.820
				250	04:10	4.1667	79.660	7.396
				255	04:15	4.2500	80.245	7.022
				260	04:20	4.3333	80.803	6.690
				265	04:25	4.4167	81.336	6.394
				270	04:30	4.5000	81.846	6.126
				275	04:35	4.5833	82.336	5.884
				280	04:40	4.6667	82.808	5.664
				285	04:45	4.7500	83.264	5.462
				290	04:50	4.8333	83.703	5.277
				295	04:55	4.9167	84.129	5.106
				300	05:00	5.0000	84.541	4.947
				305	05:05	5.0833	84.941	4.800
				310	05:10	5.1667	85.330	4.663
				315	05:15	5.2500	85.707	4.534
				320	05:20	5.3333	86.075	4.414
				325	05:25	5.4167	86.434	4.301
				330	05:30	5.5000	86.783	4.195
				335	05:35	5.5833	87.125	4.095
				340	05:40	5.6667	87.458	4.000
				345	05:45	5.7500	87.784	3.911
				350	05:50	5.8333	88.103	3.826
				355	05:55	5.9167	88.415	3.745
				360	06:00	6.0000	88.720	3.668

Ietogramma Chicago



Ietogramma Chicago



2. $T_r=50$ anni come richiesto dal Consorzio di Bonifica Emilia Centrale. Sono stati pertanto utilizzati i seguenti parametri per la curva di possibilità pluviometrica:

$T_p > 1$ ora	$a = 57$ (mm/h ⁿ)	$n = 0.272$
---------------	-------------------------------	-------------

Sono stati pertanto costruiti, una serie di ietogrammi rettangolari con durata crescente da 1 a 6 ore al fine di individuare la durata critica per l'invaso di laminazione. È stato quindi verificato che per tale durata la linea piezometrica massima mantenga un franco di sicurezza di almeno 10 cm dal piano stradale.

Si riportano di seguito i valori di altezze ed intensità di pioggia per gli ietogrammi sopra descritti:

T_p (ore)	h (mm)	i (mm/h)
1	57	57
2	68.83	34.41
3	76.85	25.62
4	83.11	20.78
5	88.31	17.66
6	92.80	15.47

In entrambe le simulazioni è stata applicata la seguente condizione al contorno:

- È stata inserita una condizione di livello fisso all'interno del pozzetto di recapito (outfall) per tutta la durata dell'evento meteorico. Tale livello, come richiesto dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale è pari a 2/3 dell'altezza arginale del Cavo Fossone.

Sulla base del rilievo eseguito, il Cavo Fossone, nella parte immediatamente a valle del manufatto di attraversamento della linea FER presenta una quota di fondo media pari a circa +33.60 ed una quota arginale (dell'argine più basso), pari a circa +34.50. Si ottiene pertanto un livello d'acqua vincolato al recapito pari a +34.20.

Con le condizioni sopra descritte è stata eseguita una simulazione di durata pari a 30 ore.

2.2.2 Modello EPA SWMM

È stato eseguito un unico modello idraulico comprendente sia la parte di reti pubbliche che le parti private che risultano strettamente interconnesse, al fine di cogliere al meglio il funzionamento globale della rete.

La simulazione idraulica è stata eseguita con il software EPA SWMM ver.5.1 sviluppato dall'EPA statunitense in grado di simulare il movimento della precipitazione meteorica dalla superficie del bacino alla rete di canali e condotte che costituiscono il sistema di drenaggio. Tale modello permette di configurare in termini qualitativi e quantitativi tutti i processi che si innescano nel ciclo idrologico basandosi su una struttura modulare in grado di rispondere alle diverse esigenze progettuali che emergono dall'analisi delle diverse realtà in cui si interviene.

La sezione Runoff di SWMM opera con un insieme di sottobacini che ricevono la precipitazione e genera il deflusso superficiale. La sezione Routing trasporta il deflusso attraverso un sistema di condotti, canali, organi di accumulo e trattamento, pompe e regolatori. SWMM calcola gli aspetti quantitativi e qualitativi del deflusso generato attraverso ogni sottobacino, e i valori di portate, livelli e concentrazioni in ogni condotto e canale durante la simulazione, comprensiva di passi-temporali successivi.

Si riporta di seguito una immagine del modello di calcolo con indicati gli ID dei vari elementi.

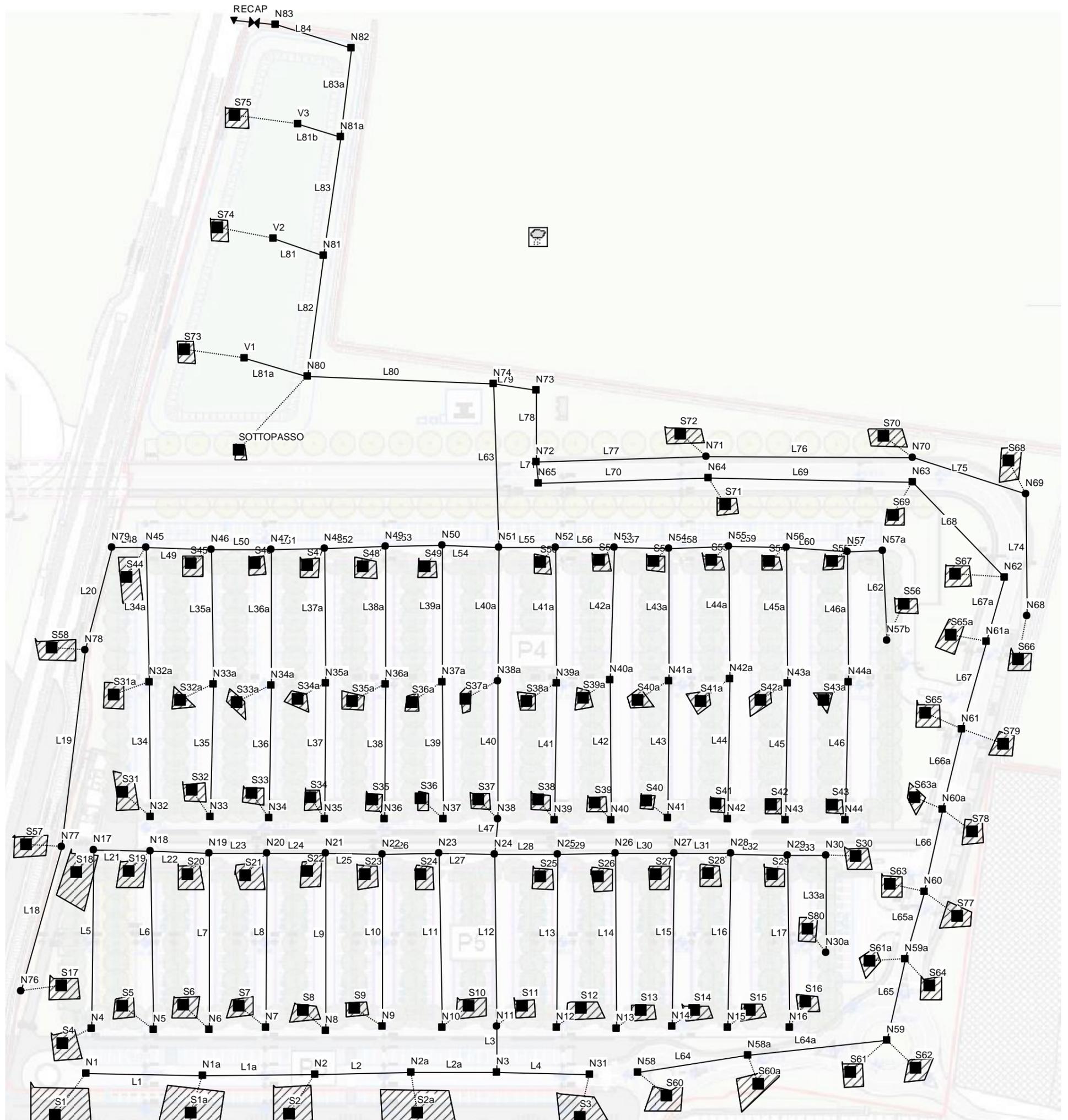


Figura 5 - Modello di calcolo

Si riportano di seguito le caratteristiche dei vari elementi della rete.

[SUBCATCHMENTS]							[JUNCTIONS]					
Name	Rain Gage	Outlet	Area	%Imperv	Width	%Slope	Name	Elevation	MaxDepth	InitDepth	SurDepth	Aponded
S1	PIOGGIA	N1	0.0795	100	69.5	2.5	N1	35.32	1.23	0	0	0
S2	PIOGGIA	N2	0.0587	100	51.5	2.5	N10	34.98	1.62	0	0	0
S3	PIOGGIA	N31	0.057	100	50	2.5	N11	34.68	1.92	0	0	0
S4	PIOGGIA	N4	0.093	67.7	109	2.5	N12	34.98	1.62	0	0	0
S5	PIOGGIA	N5	0.0845	96.1	99	2.5	N13	35.03	1.57	0	0	0
S6	PIOGGIA	N6	0.0845	96.1	99	2.5	N14	35.08	1.52	0	0	0
S7	PIOGGIA	N7	0.0845	96.1	99	2.5	N15	35.13	1.47	0	0	0
S8	PIOGGIA	N8	0.0845	96.1	99	2.5	N16	35.17	1.43	0	0	0
S9	PIOGGIA	N9	0.0845	96.1	99	2.5	N17	34.87	1.48	0	0	0
S10	PIOGGIA	N10	0.0845	96.1	99	2.5	N18	34.82	1.53	0	0	0
S12	PIOGGIA	N12	0.0845	96.1	99	2.5	N19	34.77	1.58	0	0	0
S13	PIOGGIA	N13	0.0845	96.1	99	2.5	N1a	35.17	1.38	0	0	0
S14	PIOGGIA	N14	0.0845	96.1	99	2.5	N2	35.02	1.53	0	0	0
S15	PIOGGIA	N15	0.0845	96.1	99	2.5	N20	34.72	1.63	0	0	0
S16	PIOGGIA	N16	0.0785	94.9	92	2.5	N21	34.67	1.73	0	0	0
S11	PIOGGIA	N11	0.0845	96.1	99	2.5	N22	34.63	1.77	0	0	0
S18	PIOGGIA	N17	0.015	70	30	2.5	N23	34.58	1.92	0	0	0
S19	PIOGGIA	N18	0.013	76.9	26	2.5	N24	34.53	1.97	0	0	0
S20	PIOGGIA	N19	0.013	76.9	26	2.5	N25	34.58	1.97	0	0	0
S21	PIOGGIA	N20	0.013	76.9	26	2.5	N26	34.63	1.92	0	0	0
S22	PIOGGIA	N21	0.013	76.9	26	2.5	N27	34.67	1.88	0	0	0
S23	PIOGGIA	N22	0.013	76.9	26	2.5	N28	34.72	1.83	0	0	0
S24	PIOGGIA	N23	0.013	76.9	26	2.5	N29	34.77	1.78	0	0	0
S25	PIOGGIA	N25	0.013	76.9	26	2.5	N2a	34.87	1.68	0	0	0
S26	PIOGGIA	N26	0.013	76.9	26	2.5	N3	34.72	1.83	0	0	0
S27	PIOGGIA	N27	0.013	76.9	26	2.5	N30	34.82	1.73	0	0	0
S28	PIOGGIA	N28	0.013	76.9	26	2.5	N30a	34.91	1.64	0	0	0
S29	PIOGGIA	N29	0.013	76.9	26	2.5	N31	34.87	1.68	0	0	0
S30	PIOGGIA	N30	0.026	71.2	52	2.5	N32	35	1.2	0	0	0
S31	PIOGGIA	N32	0.0653	95.1	77	2.5	N32a	34.84	1.33	0	0	0
S44	PIOGGIA	N45	0.0363	59.2	45	2.5	N33	34.97	1.23	0	0	0
S32	PIOGGIA	N33	0.0702	91.2	82	2.5	N33a	34.81	1.36	0	0	0
S33	PIOGGIA	N34	0.0702	91.2	82	2.5	N34	34.93	1.27	0	0	0
S34	PIOGGIA	N35	0.0702	91.2	82	2.5	N34a	34.77	1.4	0	0	0
S35	PIOGGIA	N36	0.0702	91.2	82	2.5	N35	34.9	1.3	0	0	0
S36	PIOGGIA	N37	0.0702	91.2	82	2.5	N35a	34.74	1.43	0	0	0
S37	PIOGGIA	N38	0.0702	91.2	82	2.5	N36	34.87	1.43	0	0	0
S38	PIOGGIA	N39	0.0702	91.2	82	2.5	N36a	34.71	1.56	0	0	0
S39	PIOGGIA	N40	0.0702	91.2	82	2.5	N37	34.84	1.46	0	0	0
S40	PIOGGIA	N41	0.0702	91.2	82	2.5	N37a	34.68	1.59	0	0	0
S41	PIOGGIA	N42	0.0702	91.2	82	2.5	N38	34.5	1.85	0	0	0
S42	PIOGGIA	N43	0.0702	91.2	82	2.5	N38a	34.42	1.85	0	0	0
S43	PIOGGIA	N44	0.074	91.4	87	2.5	N39	34.84	1.56	0	0	0
S45	PIOGGIA	N46	0.0315	59.4	39	2.5	N39a	34.68	1.56	0	0	0
S46	PIOGGIA	N47	0.0315	59.4	39	2.5	N4	35.27	1.33	0	0	0
S47	PIOGGIA	N48	0.0315	59.4	39	2.5	N40	34.87	1.53	0	0	0
S48	PIOGGIA	N49	0.0315	59.4	39	2.5	N40a	34.71	1.61	0	0	0
S49	PIOGGIA	N50	0.0315	59.4	39	2.5	N41	34.9	1.5	0	0	0
S50	PIOGGIA	N52	0.0315	59.4	39	2.5	N41a	34.74	1.58	0	0	0
S51	PIOGGIA	N53	0.0315	59.4	39	2.5	N42	34.93	1.47	0	0	0
S52	PIOGGIA	N54	0.0315	59.4	39	2.5	N42a	34.77	1.55	0	0	0
S53	PIOGGIA	N55	0.0315	59.4	39	2.5	N43	34.97	1.43	0	0	0
S54	PIOGGIA	N56	0.0315	59.4	39	2.5	N43a	34.81	1.51	0	0	0
S55	PIOGGIA	N57	0.0315	59.4	39	2.5	N44	35	1.4	0	0	0
S56	PIOGGIA	N57b	0.051	64.5	64	2.5	N44a	34.84	1.48	0	0	0
S61	PIOGGIA	N59	0.0163	100	20	2.5	N45	34.53	1.37	0	0	0
S63	PIOGGIA	N60	0.0303	48.8	30	2.5	N46	34.5	1.4	0	0	0
S65	PIOGGIA	N61	0.0703	37.4	35	2.5	N47	34.47	1.43	0	0	0
S67	PIOGGIA	N62	0.043	41.9	72	2.5	N48	34.44	1.56	0	0	0
S69	PIOGGIA	N63	0.031	100	52	2.5	N49	34.4	1.6	0	0	0
S71	PIOGGIA	N64	0.034	100	57	2.5	N5	35.22	1.38	0	0	0

S62	PIOGGIA	N59	0.0273	100	27	2.5	N50	34.37	1.63	0	0	0
S64	PIOGGIA	N59a	0.0273	100	27	2.5	N51	34.34	1.66	0	0	0
S66	PIOGGIA	N68	0.0125	100	31	2.5	N52	34.37	1.63	0	0	0
S68	PIOGGIA	N69	0.0162	100	41	2.5	N53	34.4	1.6	0	0	0
S70	PIOGGIA	N70	0.0215	100	54	2.5	N54	34.44	1.56	0	0	0
S72	PIOGGIA	N71	0.024	100	60	2.5	N55	34.47	1.53	0	0	0
SOTTOPASSO	PIOGGIA	N80	0.2324	100	15	2.5	N56	34.5	1.5	0	0	0
S73	PIOGGIA	V2	0.187	0	41	2	N57	34.53	1.47	0	0	0
S74	PIOGGIA	V5	0.1238	0	34	2	N57a	34.57	1.43	0	0	0
S75	PIOGGIA	V8	0.1483	0	37	2	N57b	34.64	1.36	0	0	0
S17	PIOGGIA	N76	0.0665	22.56	111	2.5	N58	35.48	1.12	0	0	0
S57	PIOGGIA	N77	0.103	8.3	172	2.5	N58a	35.36	1.24	0	0	0
S58	PIOGGIA	N78	0.101	0	168	2.5	N59	35.24	1.36	0	0	0
S60	PIOGGIA	N58	0.0615	88.2	34	2.5	N59a	35.15	1.45	0	0	0
S31a	PIOGGIA	N32a	0.0653	95.1	77	2.5	N6	35.17	1.43	0	0	0
S32a	PIOGGIA	N33a	0.0702	91.2	82	2.5	N60	35.06	1.42	0	0	0
S33a	PIOGGIA	N34a	0.0702	91.2	82	2.5	N60a	34.96	1.52	0	0	0
S34a	PIOGGIA	N35a	0.0702	91.2	82	2.5	N61	34.87	1.37	0	0	0
S35a	PIOGGIA	N36a	0.0702	91.2	82	2.5	N61a	34.75	1.37	0	0	0
S36a	PIOGGIA	N37a	0.0702	91.2	82	2.5	N62	34.63	1.37	0	0	0
S37a	PIOGGIA	N38a	0.0702	91.2	82	2.5	N63	34.55	1.45	0	0	0
S38a	PIOGGIA	N39a	0.0702	91.2	82	2.5	N64	34.43	1.57	0	0	0
S39a	PIOGGIA	N40a	0.0702	91.2	82	2.5	N65	34.33	1.67	0	0	0
S40a	PIOGGIA	N41a	0.0702	91.2	82	2.5	N68	35.6	0.4	0	0	0
S41a	PIOGGIA	N42a	0.0702	91.2	82	2.5	N69	35.55	0.45	0	0	0
S42a	PIOGGIA	N43a	0.0702	91.2	82	2.5	N7	35.13	1.47	0	0	0
S43a	PIOGGIA	N44a	0.074	91.4	87	2.5	N70	35.48	0.52	0	0	0
S1a	PIOGGIA	N1a	0.0795	100	69.5	2.5	N71	35.35	0.65	0	0	0
S2a	PIOGGIA	N2a	0.0587	100	51.5	2.5	N72	34.31	1.69	0	0	0
S60a	PIOGGIA	N58a	0.0615	88.2	34	2.5	N73	34.26	1.74	0	0	0
S61a	PIOGGIA	N59a	0.0163	100	20	2.5	N74	34.24	1.76	0	0	0
S63a	PIOGGIA	N60a	0.0303	48.8	30	2.5	N76	35.3	0.7	0	0	0
S65a	PIOGGIA	N61a	0.0703	37.4	35	2.5	N77	35.14	0.86	0	0	0
S77	PIOGGIA	N60	0.0218	100	22	2.5	N78	34.97	1.03	0	0	0
S78	PIOGGIA	N60a	0.0218	100	22	2.5	N79	34.86	1.14	0	0	0
S79	PIOGGIA	N61	0.033	100	33	2.5	N8	35.08	1.52	0	0	0
S80	PIOGGIA	N30a	0.071	56.3	71	2.5	N80	34.13	1.97	0	0	0
							N81	34.1	2	0	0	0
							N81a	34.07	2.03	0	0	0
							N82	34.04	2.08	0	0	0
							N83	34	2.1	0	0	0
							N9	35.03	1.57	0	0	0
							V1	34.28	1.82	0	0	0
							V2	34.25	1.85	0	0	0
							V3	34.22	1.88	0	0	0

I nodi V1-V2-V3 sono elementi STORAGE che simulano l'invaso di laminazione. Ogni elemento ha un volume disponibile che è dato dal prodotto della quota piezometrica nel nodo moltiplicato per un valore di area attribuito ad ogni elemento storage. Nel caso specifico al fine di simulare con maggiore precisione il comportamento dell'invaso si è proceduto nel seguente modo:

1. Determinazione del volume complessivo dell'invaso mediante modellazione 3d dello stesso e successiva suddivisione in 3 parti da attribuire ai 3 elementi storage nel modello di calcolo. Sono così stati determinati i seguenti volumi:

Volume totale=3834 mc

Volume V1=1400 mc

Volume V2=1248 mc

Volume V3=1186 mc

2. È stata determinata l'area da attribuire a ciascun elemento storage per ottenere i volumi definiti al punto precedente con quota della piezometrica nei nodi pari al livello massimo, ovvero la quota arginale. L'area dell'elemento è inoltre variabile in funzione della quota della piezometrica per meglio cogliere la pendenza del fondo della vasca che è stata ipotizzata in favore di sicurezza pari a 3%.

[OUTFALLS]				
Name	Elevation	Type	Stage Data	Gated
RECAP	34	FIXED	34.2	NO

[ORIFICES]									
Name	From Node	To Node	Type	Offset	Qcoeff	Gated	CloseTime	Shape	Geom1
O2	N83	RECAP	SIDE	0	0.65	YES	0	CIRCULAR	0.14

[CONDUITS]												
Name	From Node	To Node	Length	Roughness	InOffset	OutOffset	Shape	Geom1	Geom2	Geom3	Geom4	Barrels Culvert
L1	N1	N1a	30	0.011	0	0	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L10	N9	N22	50.9	0.011	0	0.15	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L11	N10	N23	50.9	0.011	0	0.15	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L12	N11	N24	50.9	0.013	0	0	CIRCULAR	0.8	0	0	0	1
L13	N12	N25	50.9	0.011	0	0.15	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L14	N13	N26	50.9	0.011	0	0.15	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L15	N14	N27	50.9	0.011	0	0.15	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L16	N15	N28	50.9	0.011	0	0.15	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L17	N16	N29	50.9	0.011	0	0.15	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L18	N76	N77	54	0.07	0	0	TRAPEZOIDAL	0.7	0.5	1	1	1
L19	N77	N78	56	0.07	0	0	TRAPEZOIDAL	0.7	0.5	1	1	1
L1a	N1a	N2	30	0.011	0	0	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L2	N2	N2a	30	0.011	0	0	CIRCULAR	0.38	0	0	0	1
L20	N78	N79	36	0.07	0	0	TRAPEZOIDAL	0.7	0.5	1	1	1
L21	N17	N18	16.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.475	0	0	0	1
L22	N18	N19	16.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.475	0	0	0	1
L23	N19	N20	16.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.475	0	0	0	1
L24	N20	N21	16.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.475	0	0	0	1
L25	N21	N22	16.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.6	0	0	0	1
L26	N22	N23	16.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.6	0	0	0	1
L27	N23	N24	16.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.6	0	0	0	1
L28	N25	N24	16.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.6	0	0	0	1
L29	N26	N25	16.5	0.013	0	0	CIRCULAR	0.6	0	0	0	1
L2a	N2a	N3	30	0.011	0	0	CIRCULAR	0.38	0	0	0	1
L3	N3	N11	13	0.013	0	0	CIRCULAR	0.8	0	0	0	1
L30	N27	N26	16.5	0.013	0	0	CIRCULAR	0.6	0	0	0	1
L31	N28	N27	16.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.475	0	0	0	1
L32	N29	N28	16.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.475	0	0	0	1
L33	N30	N29	16.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.475	0	0	0	1
L33a	N30a	N30	30	0.011	0	0.15	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L34	N32	N32a	40	0.011	0	0	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L34a	N32a	N45	40	0.011	0	0.15	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L35	N33	N33a	40	0.011	0	0	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L35a	N33a	N46	40	0.011	0	0.15	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1

L45a	N43a	N56	40	0.011	0	0.15	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L46	N44	N44a	40	0.011	0	0	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L46a	N44a	N57	40	0.011	0	0.15	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L47	N24	N38	10	0.013	0	0	CIRCULAR	1	0	0	0	1
L48	N79	N45	9	0.011	0	0.32	CIRCULAR	0.475	0	0	0	1
L49	N45	N46	16.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.475	0	0	0	1
L5	N4	N17	50.9	0.011	0	0.15	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L50	N46	N47	16.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.475	0	0	0	1
L51	N47	N48	16.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.475	0	0	0	1
L52	N48	N49	16.5	0.013	0	0	CIRCULAR	0.8	0	0	0	1
L53	N49	N50	16.5	0.013	0	0	CIRCULAR	0.8	0	0	0	1
L54	N50	N51	16.5	0.013	0	0	CIRCULAR	0.8	0	0	0	1
L55	N52	N51	16.5	0.013	0	0	CIRCULAR	0.8	0	0	0	1
L56	N53	N52	16.5	0.013	0	0	CIRCULAR	0.8	0	0	0	1
L57	N54	N53	16.5	0.013	0	0	CIRCULAR	0.8	0	0	0	1
L58	N55	N54	16.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.6	0	0	0	1
L59	N56	N55	16.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.475	0	0	0	1
L6	N5	N18	50.9	0.011	0	0.15	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L60	N57	N56	16.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.475	0	0	0	1
L61	N57a	N57	16.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.475	0	0	0	1
L62	N57b	N57a	38.55	0.013	0	0	CIRCULAR	0.475	0	0	0	1
L63	N51	N74	48.5	0.013	0	0	CIRCULAR	1	0	0	0	1
L64	N58	N58a	30	0.011	0	0	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L64a	N58a	N59	30	0.011	0	0	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L65	N59	N59a	22.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L65a	N59a	N60	22.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.38	0	0	0	1
L66	N60	N60a	24	0.011	0	0	CIRCULAR	0.38	0	0	0	1
L66a	N60a	N61	24	0.011	0	0	CIRCULAR	0.38	0	0	0	1
L67	N61	N61a	29	0.011	0	0	CIRCULAR	0.475	0	0	0	1
L67a	N61a	N62	29	0.011	0	0	CIRCULAR	0.475	0	0	0	1
L68	N62	N63	21.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.475	0	0	0	1
L69	N63	N64	60.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.475	0	0	0	1
L7	N6	N19	50.9	0.011	0	0.15	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L70	N64	N65	50.25	0.011	0	0	CIRCULAR	0.6	0	0	0	1
L71	N65	N72	10.5	0.011	0	0	CIRCULAR	0.6	0	0	0	1
L74	N68	N69	60.85	0.07	0	0	TRAPEZOIDAL	0.4	0.4	1	1	1
L75	N69	N70	38.8	0.07	0	0	TRAPEZOIDAL	0.4	0.4	1	1	1
L76	N70	N71	63.4	0.07	0	0	TRAPEZOIDAL	0.4	0.4	1	1	1
L77	N71	N72	51.6	0.07	0	0.94	TRAPEZOIDAL	0.4	0.4	1	1	1
L78	N72	N73	21	0.013	0	0	CIRCULAR	1	0	0	0	1
L79	N73	N74	12.5	0.013	0	0	CIRCULAR	1	0	0	0	1
L8	N7	N20	50.9	0.011	0	0.15	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1
L80	N74	N80	54.85	0.013	0	0	CIRCULAR	1.2	0	0	0	1
L81	V2	N81	5	0.013	0	0.15	CIRCULAR	1.2	0	0	0	1
L81a	V1	N80	5	0.013	0	0.15	CIRCULAR	1.2	0	0	0	1
L81b	V3	N81a	5	0.013	0	0.15	CIRCULAR	1.2	0	0	0	1
L82	N80	N81	33	0.013	0	0	CIRCULAR	1.2	0	0	0	1
L83	N81	N81a	30	0.013	0	0	CIRCULAR	1.2	0	0	0	1
L83a	N81a	N82	27	0.013	0	0	CIRCULAR	1.2	0	0	0	1
L84	N82	N83	25.1	0.013	0	0	CIRCULAR	1.2	0	0	0	1
L9	N8	N21	50.9	0.011	0	0.15	CIRCULAR	0.3	0	0	0	1

2.2.3 Modello di infiltrazione

Si definisce capacità d'infiltrazione la velocità con cui l'acqua viene sottratta dalla superficie del suolo; se l'intensità di pioggia è inferiore alla capacità d'infiltrazione, l'infiltrazione coinciderà con la pioggia stessa; nel caso contrario l'infiltrazione coinciderà con la capacità di infiltrazione e l'eccesso di pioggia rispetto a questa darà luogo al deflusso superficiale. La capacità di infiltrazione dipende da: tipologia del terreno, stato dello strato superficiale del terreno, spessore del suolo saturo.

Nella modellazione in esame è stata utilizzata l'equazione di Horton.

Si assume pertanto che la capacità di infiltrazione del terreno si riduca in modo esponenziale da un valore iniziale e massimo (f_0) ad un valore finale costante (f_∞). L'equazione di Horton definisce quindi:

$$f_p = f_\infty + (f_0 - f_\infty) \times e^{-\alpha t}$$

dove:

- f_p , capacità di infiltrazione nel suolo (m/s);
- f_∞ , minima capacità di infiltrazione (per $t = \infty$) (m/s);
- f_0 , massima capacità di infiltrazione (per $t = 0$) (m/s);
- t , tempo trascorso dall'inizio della precipitazione (h);
- α , coefficiente di decadimento (h^{-1}).

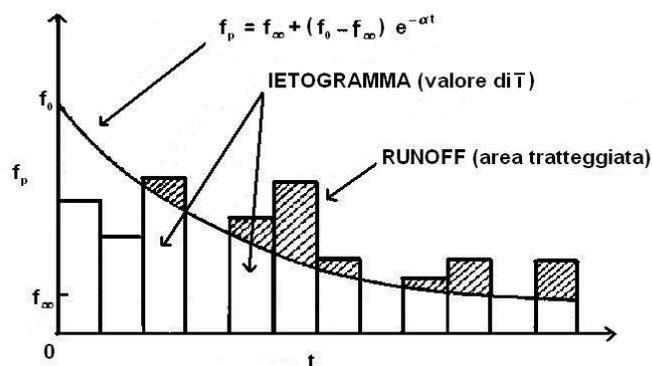


Figura 6 – Capacità di infiltrazione

Il terreno delle aree oggetto d'intervento presenta degli strati superficiali caratterizzati da una estesa bancata argilloso limosa (vedi relazione geologica redatta dal Dott. Geol. Massimo Casali in data Maggio 2020).

Si precisa che diverse aree verdi sono state considerate, in favore di sicurezza, all'interno della modellazione pur partecipando in modo minimo al deflusso superficiale vista la presenza di cordolature in cls che perimetrano tutte le aree impermeabili di strade e parcheggi.

Pertanto il terreno è stato valutato cautelativamente appartenente alla categoria C secondo la classificazione proposta dal Soil Conservation Service. La suddetta classificazione presenta i seguenti valori da utilizzare per la legge di Horton pari a:

- $f_\infty = 6,3 \text{ mm/h}$;
- $f_0 = 125 \text{ mm/h}$;
- $\alpha = 2 \text{ h}^{-1}$.

2.2.4 Risultati di calcolo Tr=20 anni

Si riportano di seguito i risultati relativi agli elementi della rete desunti dalla simulazione eseguita con Tr=20 anni e ietogramma di pioggia Chicago con durata dell'evento meteorico di 6 ore.

Dati generali della simulazione

***** Runoff Quantity Continuity *****	Volume hectare-mm -----	Depth mm -----
Total Precipitation	0.495	88.720
Evaporation Loss	0.000	0.000
Infiltration Loss	0.102	18.231
Surface Runoff	0.389	69.780
Final Storage	0.004	0.760
Continuity Error (%)	-0.057	

Subcatchment

Subcatchment	Total Precip mm	Total Runon mm	Total Evap mm	Total Infil mm	Imperv Runoff mm	Perv Runoff mm	Total Runoff mm	Total Runoff 10 ⁶ ltr	Peak Runoff LPS	Runoff Coeff
S1	88.72	0.00	0.00	0.00	87.77	0.00	87.77	0.07	29.47	0.989
S2	88.72	0.00	0.00	0.00	87.77	0.00	87.77	0.05	21.76	0.989
S3	88.72	0.00	0.00	0.00	87.77	0.00	87.77	0.05	21.13	0.989
S4	88.72	0.00	0.00	24.37	59.42	4.31	63.73	0.06	30.34	0.718
S5	88.72	0.00	0.00	2.93	84.35	0.54	84.89	0.07	30.88	0.957
S6	88.72	0.00	0.00	2.93	84.35	0.54	84.89	0.07	30.88	0.957
S7	88.72	0.00	0.00	2.93	84.35	0.54	84.89	0.07	30.88	0.957
S8	88.72	0.00	0.00	2.93	84.35	0.54	84.89	0.07	30.88	0.957
S9	88.72	0.00	0.00	2.93	84.35	0.54	84.89	0.07	30.88	0.957
S10	88.72	0.00	0.00	2.93	84.35	0.54	84.89	0.07	30.88	0.957
S12	88.72	0.00	0.00	2.93	84.35	0.54	84.89	0.07	30.88	0.957
S13	88.72	0.00	0.00	2.93	84.35	0.54	84.89	0.07	30.88	0.957
S14	88.72	0.00	0.00	2.93	84.35	0.54	84.89	0.07	30.88	0.957
S15	88.72	0.00	0.00	2.93	84.35	0.54	84.89	0.07	30.88	0.957
S16	88.72	0.00	0.00	3.83	83.29	0.71	84.00	0.07	28.57	0.947
S11	88.72	0.00	0.00	2.93	84.35	0.54	84.89	0.07	30.88	0.957
S18	88.72	0.00	0.00	22.59	61.43	4.07	65.49	0.01	4.95	0.738
S19	88.72	0.00	0.00	17.38	67.48	3.15	70.63	0.01	4.41	0.796
S20	88.72	0.00	0.00	17.38	67.48	3.15	70.63	0.01	4.41	0.796
S21	88.72	0.00	0.00	17.38	67.48	3.15	70.63	0.01	4.41	0.796
S22	88.72	0.00	0.00	17.38	67.48	3.15	70.63	0.01	4.41	0.796
S23	88.72	0.00	0.00	17.38	67.48	3.15	70.63	0.01	4.41	0.796
S24	88.72	0.00	0.00	17.38	67.48	3.15	70.63	0.01	4.41	0.796
S25	88.72	0.00	0.00	17.38	67.48	3.15	70.63	0.01	4.41	0.796
S26	88.72	0.00	0.00	17.38	67.48	3.15	70.63	0.01	4.41	0.796
S27	88.72	0.00	0.00	17.38	67.48	3.15	70.63	0.01	4.41	0.796
S28	88.72	0.00	0.00	17.38	67.48	3.15	70.63	0.01	4.41	0.796
S29	88.72	0.00	0.00	17.38	67.48	3.15	70.63	0.01	4.41	0.796
S30	88.72	0.00	0.00	21.68	62.48	3.91	66.39	0.02	8.63	0.748
S31	88.72	0.00	0.00	3.68	84.15	0.68	84.15	0.05	23.77	0.948
S44	88.72	0.00	0.00	30.81	57.37	5.42	57.37	0.02	11.28	0.647
S32	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S33	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S34	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S35	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S36	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S37	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S38	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S39	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S40	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S41	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S42	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S43	88.72	0.00	0.00	6.46	81.40	1.18	81.40	0.06	26.55	0.917

Subcatchment	Total Precip mm	Total Runon mm	Total Evap mm	Total Infil mm	Imperv Runoff mm	Perv Runoff mm	Total Runoff mm	Total Runoff 10 ⁶ ltr	Peak Runoff LPS	Runoff Coeff
S45	88.72	0.00	0.00	30.66	57.52	5.39	57.52	0.02	9.80	0.648
S46	88.72	0.00	0.00	30.66	57.52	5.39	57.52	0.02	9.80	0.648
S47	88.72	0.00	0.00	30.66	57.52	5.39	57.52	0.02	9.80	0.648
S48	88.72	0.00	0.00	30.66	57.52	5.39	57.52	0.02	9.80	0.648
S49	88.72	0.00	0.00	30.66	57.52	5.39	57.52	0.02	9.80	0.648
S50	88.72	0.00	0.00	30.66	57.52	5.39	57.52	0.02	9.80	0.648
S51	88.72	0.00	0.00	30.66	57.52	5.39	57.52	0.02	9.80	0.648
S52	88.72	0.00	0.00	30.66	57.52	5.39	57.52	0.02	9.80	0.648
S53	88.72	0.00	0.00	30.66	57.52	5.39	57.52	0.02	9.80	0.648
S54	88.72	0.00	0.00	30.66	57.52	5.39	57.52	0.02	9.80	0.648
S55	88.72	0.00	0.00	30.66	57.52	5.39	57.52	0.02	9.80	0.648
S56	88.72	0.00	0.00	26.79	56.61	4.74	61.34	0.03	16.41	0.691
S61	88.72	0.00	0.00	0.00	87.77	0.00	87.77	0.01	6.04	0.989
S63	88.72	0.00	0.00	38.76	49.52	6.69	49.52	0.02	8.75	0.558
S65	88.72	0.00	0.00	47.79	40.60	7.77	40.60	0.03	16.67	0.458
S67	88.72	0.00	0.00	43.88	44.47	7.70	44.47	0.02	12.25	0.501
S69	88.72	0.00	0.00	0.00	87.77	0.00	87.77	0.03	11.49	0.989
S71	88.72	0.00	0.00	0.00	87.77	0.00	87.77	0.03	12.60	0.989
S62	88.72	0.00	0.00	0.00	87.77	0.00	87.77	0.02	10.12	0.989
S64	88.72	0.00	0.00	0.00	87.77	0.00	87.77	0.02	10.12	0.989
S66	88.72	0.00	0.00	0.00	87.76	0.00	87.76	0.01	4.63	0.989
S68	88.72	0.00	0.00	0.00	87.76	0.00	87.76	0.01	6.00	0.989
S70	88.72	0.00	0.00	0.00	87.76	0.00	87.76	0.02	7.97	0.989
S72	88.72	0.00	0.00	0.00	87.76	0.00	87.76	0.02	8.89	0.989
SOTTOPASSO	88.72	0.00	0.00	0.00	87.73	0.00	87.73	0.20	84.98	0.989
S73	88.72	0.00	0.00	78.56	0.00	10.17	10.17	0.02	14.40	0.115
S74	88.72	0.00	0.00	78.09	0.00	10.64	10.64	0.01	11.29	0.120
S75	88.72	0.00	0.00	78.28	0.00	10.45	10.45	0.02	12.60	0.118
S17	88.72	0.00	0.00	58.58	19.79	10.17	29.96	0.02	17.14	0.338
S57	88.72	0.00	0.00	69.45	7.28	11.96	19.24	0.02	23.96	0.217
S58	88.72	0.00	0.00	75.78	0.00	12.99	12.99	0.01	21.92	0.146
S60	88.72	0.00	0.00	8.89	78.99	1.59	78.99	0.05	21.76	0.890
S31a	88.72	0.00	0.00	3.68	84.15	0.68	84.15	0.05	23.77	0.948
S32a	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S33a	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S34a	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S35a	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S36a	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S37a	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S38a	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S39a	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S40a	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S41a	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S42a	88.72	0.00	0.00	6.61	81.25	1.21	81.25	0.06	25.17	0.916
S43a	88.72	0.00	0.00	6.46	81.40	1.18	81.40	0.06	26.55	0.917
S1a	88.72	0.00	0.00	0.00	87.77	0.00	87.77	0.07	29.47	0.989
S2a	88.72	0.00	0.00	0.00	87.77	0.00	87.77	0.05	21.76	0.989
S60a	88.72	0.00	0.00	8.89	78.99	1.59	78.99	0.05	21.76	0.890
S61a	88.72	0.00	0.00	0.00	87.77	0.00	87.77	0.01	6.04	0.989
S63a	88.72	0.00	0.00	38.76	49.52	6.69	49.52	0.02	8.75	0.558
S65a	88.72	0.00	0.00	47.79	40.60	7.77	40.60	0.03	16.67	0.458
S77	88.72	0.00	0.00	0.00	87.77	0.00	87.77	0.02	8.08	0.989
S78	88.72	0.00	0.00	0.00	87.77	0.00	87.77	0.02	8.08	0.989
S79	88.72	0.00	0.00	0.00	87.77	0.00	87.77	0.03	12.23	0.989
S80	88.72	0.00	0.00	33.05	49.41	5.75	55.16	0.04	21.84	0.622

Node Depth

Node	Average Depth (Meters)	Maximum depth (Meters)	Maximum HGL (Meters)	Hour of maximum Depth	Elevation	MaxDepth	Min Depth Below Rim (Meters)
N1	0.04	0.22	35.54	05:20	35.32	1.23	1.01
N10	0.15	0.56	35.54	05:20	34.98	1.62	1.06
N11	0.33	0.86	35.54	05:20	34.68	1.92	1.06
N12	0.15	0.56	35.54	05:21	34.98	1.62	1.06
N13	0.13	0.51	35.54	05:21	35.03	1.57	1.06
N14	0.11	0.46	35.54	05:21	35.08	1.52	1.06
N15	0.09	0.41	35.54	05:20	35.13	1.47	1.06
N16	0.08	0.37	35.54	05:20	35.17	1.43	1.06
N17	0.21	0.67	35.54	05:20	34.87	1.48	0.81
N18	0.24	0.72	35.54	05:20	34.82	1.53	0.81
N19	0.27	0.77	35.54	05:20	34.77	1.58	0.81
N1a	0.08	0.37	35.54	05:20	35.17	1.38	1.01
N2	0.14	0.52	35.54	05:20	35.02	1.53	1.01
N20	0.31	0.82	35.54	05:20	34.72	1.63	0.81
N21	0.34	0.87	35.54	05:20	34.67	1.73	0.86
N22	0.37	0.91	35.54	05:20	34.63	1.77	0.86
N23	0.41	0.96	35.54	05:20	34.58	1.92	0.96
N24	0.46	1.01	35.54	05:21	34.53	1.97	0.96
N25	0.41	0.96	35.54	05:21	34.58	1.97	1.01
N26	0.37	0.91	35.54	05:21	34.63	1.92	1.01
N27	0.34	0.87	35.54	05:21	34.67	1.88	1.01
N28	0.31	0.82	35.54	05:20	34.72	1.83	1.01
N29	0.27	0.77	35.54	05:20	34.77	1.78	1.01
N2a	0.21	0.67	35.54	05:20	34.87	1.68	1.01
N3	0.31	0.82	35.54	05:20	34.72	1.83	1.01
N30	0.24	0.72	35.54	05:20	34.82	1.73	1.01
N30a	0.22	0.63	35.54	05:21	34.91	1.64	1.01
N31	0.21	0.67	35.54	05:21	34.87	1.68	1.01
N32	0.14	0.54	35.54	05:32	35	1.2	0.66
N32a	0.23	0.7	35.54	05:32	34.84	1.33	0.63
N33	0.16	0.57	35.54	05:22	34.97	1.23	0.66
N33a	0.25	0.73	35.54	05:22	34.81	1.36	0.63
N34	0.18	0.61	35.54	05:21	34.93	1.27	0.66
N34a	0.27	0.77	35.54	05:21	34.77	1.4	0.63
N35	0.19	0.64	35.54	05:21	34.9	1.3	0.66
N35a	0.29	0.8	35.54	05:21	34.74	1.43	0.63
N36	0.21	0.67	35.54	05:21	34.87	1.43	0.76
N36a	0.31	0.83	35.54	05:21	34.71	1.56	0.73
N37	0.23	0.7	35.54	05:21	34.84	1.46	0.76
N37a	0.33	0.86	35.54	05:21	34.68	1.59	0.73
N38	0.48	1.04	35.54	05:21	34.5	1.85	0.81
N38a	0.55	1.12	35.54	05:30	34.42	1.85	0.73
N39	0.23	0.7	35.54	05:21	34.84	1.56	0.86
N39a	0.33	0.86	35.54	05:21	34.68	1.56	0.7
N4	0.05	0.27	35.54	05:21	35.27	1.33	1.06
N40	0.21	0.67	35.54	05:21	34.87	1.53	0.86
N40a	0.31	0.83	35.54	05:21	34.71	1.61	0.78
N41	0.19	0.64	35.54	05:21	34.9	1.5	0.86
N41a	0.29	0.8	35.54	05:21	34.74	1.58	0.78
N42	0.18	0.61	35.54	05:21	34.93	1.47	0.86
N42a	0.27	0.77	35.54	05:21	34.77	1.55	0.78
N43	0.16	0.57	35.54	05:21	34.97	1.43	0.86
N43a	0.25	0.73	35.54	05:21	34.81	1.51	0.78
N44	0.14	0.54	35.54	05:21	35	1.4	0.86
N44a	0.23	0.7	35.54	05:21	34.84	1.48	0.78
N45	0.45	1.01	35.54	05:21	34.53	1.37	0.36
N46	0.48	1.04	35.54	05:21	34.5	1.4	0.36
N47	0.5	1.07	35.54	05:21	34.47	1.43	0.36

Node	Average Depth (Meters)	Maximum depth (Meters)	Maximum HGL (Meters)	Hour of maximum Depth	Elevation	MaxDepth	Min Depth Below Rim (Meters)
N48	0.53	1.1	35.54	05:21	34.44	1.56	0.46
N49	0.57	1.14	35.54	05:21	34.4	1.6	0.46
N5	0.06	0.32	35.54	05:20	35.22	1.38	1.06
N50	0.59	1.17	35.54	05:21	34.37	1.63	0.46
N51	0.62	1.2	35.54	05:30	34.34	1.66	0.46
N52	0.59	1.17	35.54	05:30	34.37	1.63	0.46
N53	0.57	1.14	35.54	05:30	34.4	1.6	0.46
N54	0.53	1.1	35.54	05:30	34.44	1.56	0.46
N55	0.5	1.07	35.54	05:30	34.47	1.53	0.46
N56	0.48	1.04	35.54	05:30	34.5	1.5	0.46
N57	0.45	1.01	35.54	05:30	34.53	1.47	0.46
N57a	0.42	0.97	35.54	05:30	34.57	1.43	0.46
N57b	0.36	0.9	35.54	05:21	34.64	1.36	0.46
N58	0.01	0.11	35.59	03:10	35.48	1.12	1.01
N58a	0.03	0.2	35.56	03:10	35.36	1.24	1.04
N59	0.06	0.3	35.54	05:31	35.24	1.36	1.06
N59a	0.09	0.39	35.54	05:31	35.15	1.45	1.06
N6	0.08	0.37	35.54	05:20	35.17	1.43	1.06
N60	0.12	0.48	35.54	05:31	35.06	1.42	0.94
N60a	0.16	0.58	35.54	05:31	34.96	1.52	0.94
N61	0.21	0.67	35.54	05:31	34.87	1.37	0.7
N61a	0.29	0.79	35.54	05:31	34.75	1.37	0.58
N62	0.37	0.91	35.54	05:22	34.63	1.37	0.46
N63	0.44	0.99	35.54	05:23	34.55	1.45	0.46
N64	0.54	1.11	35.54	05:22	34.43	1.57	0.46
N65	0.63	1.21	35.54	05:28	34.33	1.67	0.46
N68	0.01	0.11	35.71	03:10	35.6	0.4	0.29
N69	0.01	0.14	35.69	03:10	35.55	0.45	0.31
N7	0.09	0.41	35.54	05:20	35.13	1.47	1.06
N70	0.01	0.17	35.65	03:10	35.48	0.52	0.35
N71	0.04	0.23	35.58	03:13	35.35	0.65	0.42
N72	0.65	1.23	35.54	05:28	34.31	1.69	0.46
N73	0.69	1.28	35.54	05:28	34.26	1.74	0.46
N74	0.71	1.3	35.54	05:28	34.24	1.76	0.46
N76	0.04	0.24	35.54	05:32	35.3	0.7	0.46
N77	0.09	0.4	35.54	05:32	35.14	0.86	0.46
N78	0.16	0.57	35.54	05:21	34.97	1.03	0.46
N79	0.21	0.68	35.54	05:21	34.86	1.14	0.46
N8	0.11	0.46	35.54	05:20	35.08	1.52	1.06
N80	0.82	1.41	35.54	05:27	34.13	1.97	0.56
N81	0.85	1.44	35.54	05:26	34.1	2	0.56
N81a	0.88	1.47	35.54	05:25	34.07	2.03	0.56
N82	0.9	1.5	35.54	05:25	34.04	2.08	0.58
N83	0.94	1.54	35.54	05:25	34	2.1	0.56
N9	0.13	0.51	35.54	05:20	35.03	1.57	1.06
V1	0.67	1.26	35.54	05:27	34.28	1.82	0.56
V2	0.7	1.29	35.54	05:26	34.25	1.85	0.56
V3	0.73	1.32	35.54	05:25	34.22	1.88	0.56

Link Flow

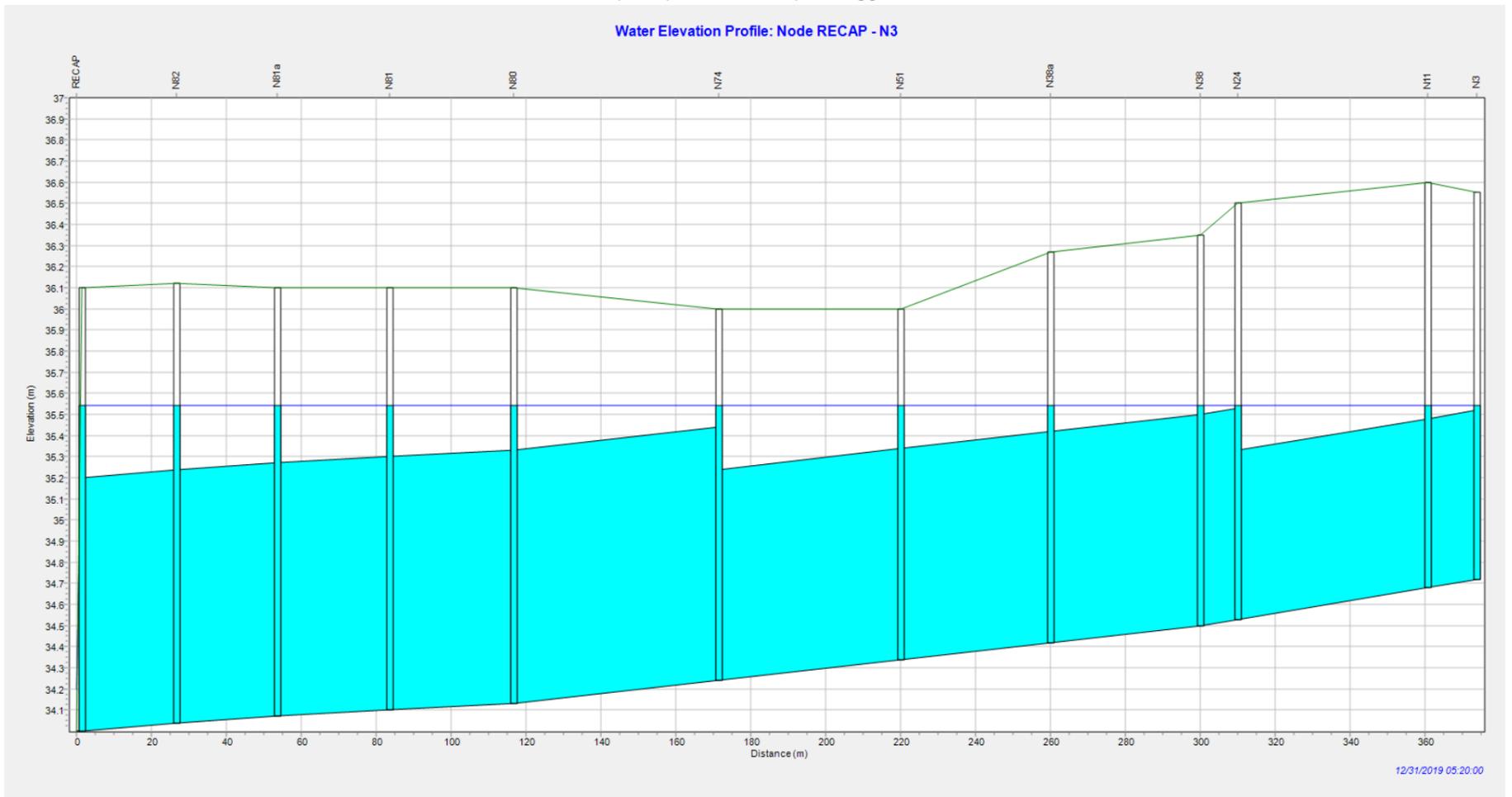
Link	Type	Maximum Flow LPS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum Velocity m/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
L1	CONDUIT	29.47	0	03:08	0.78	0.36	0.87
L10	CONDUIT	30.43	0	03:03	0.75	0.38	1.00
L11	CONDUIT	29.92	0	03:02	0.69	0.37	1.00
L12	CONDUIT	138.70	0	03:11	0.40	0.19	1.00
L13	CONDUIT	29.98	0	03:02	0.69	0.37	1.00
L14	CONDUIT	30.50	0	03:03	0.74	0.38	1.00
L15	CONDUIT	30.74	0	03:04	0.78	0.38	1.00
L16	CONDUIT	31.12	0	03:02	0.91	0.38	1.00
L17	CONDUIT	29.40	0	03:03	0.94	0.37	1.00
L18	CONDUIT	15.30	0	03:10	0.14	0.05	0.46
L19	CONDUIT	31.73	0	03:13	0.13	0.10	0.69
L1a	CONDUIT	59.12	0	03:05	1.11	0.73	1.00
L2	CONDUIT	81.40	0	03:03	1.08	0.54	1.00
L20	CONDUIT	61.77	0	03:13	0.15	0.19	0.89
L21	CONDUIT	35.82	0	03:07	0.45	0.17	1.00
L22	CONDUIT	66.59	0	03:07	0.62	0.31	1.00
L23	CONDUIT	95.79	0	03:07	0.70	0.45	1.00
L24	CONDUIT	126.75	0	03:08	0.76	0.59	1.00
L25	CONDUIT	158.25	0	03:08	0.71	0.44	1.00
L26	CONDUIT	191.18	0	03:08	0.68	0.48	1.00
L27	CONDUIT	223.98	0	03:08	0.79	0.56	1.00
L28	CONDUIT	190.29	0	03:09	0.67	0.48	1.00
L29	CONDUIT	157.48	0	03:10	0.56	0.47	1.00
L2a	CONDUIT	97.33	0	03:02	1.04	0.64	1.00
L3	CONDUIT	110.13	0	03:04	0.66	0.15	1.00
L30	CONDUIT	124.71	0	03:10	0.57	0.41	1.00
L31	CONDUIT	91.83	0	03:10	0.61	0.43	1.00
L32	CONDUIT	59.68	0	03:09	0.54	0.28	1.00
L33	CONDUIT	31.63	0	03:07	0.38	0.15	1.00
L33a	CONDUIT	21.83	0	03:10	0.41	0.43	1.00
L34	CONDUIT	22.80	0	03:02	0.63	0.32	1.00
L34a	CONDUIT	42.51	0	03:10	0.71	0.59	1.00
L35	CONDUIT	23.27	0	03:10	0.56	0.32	1.00
L35a	CONDUIT	45.30	0	03:10	0.67	0.63	1.00
L36	CONDUIT	23.24	0	03:10	0.51	0.32	1.00
L36a	CONDUIT	45.29	0	03:10	0.64	0.65	1.00
L37	CONDUIT	23.27	0	03:09	0.50	0.32	1.00
L37a	CONDUIT	45.27	0	03:10	0.64	0.65	1.00

Link	Type	Maximum [Flow] LPS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum [Velocity] m/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
L38	CONDUIT	23.26	0	03:09	0.49	0.32	1.00
L38a	CONDUIT	45.19	0	03:10	0.64	0.63	1.00
L39	CONDUIT	23.25	0	03:09	0.48	0.32	1.00
L39a	CONDUIT	45.17	0	03:09	0.64	0.62	1.00
L4	CONDUIT	21.24	0	03:04	0.37	0.26	1.00
L40	CONDUIT	541.47	0	03:09	0.79	0.50	1.00
L40a	CONDUIT	553.12	0	03:10	0.74	0.52	1.00
L41	CONDUIT	23.26	0	03:09	0.48	0.32	1.00
L41a	CONDUIT	45.16	0	03:09	0.64	0.62	1.00
L42	CONDUIT	23.28	0	03:08	0.49	0.32	1.00
L42a	CONDUIT	45.29	0	03:10	0.64	0.63	1.00
L43	CONDUIT	23.32	0	03:08	0.50	0.32	1.00
L43a	CONDUIT	45.42	0	03:10	0.64	0.65	1.00
L44	CONDUIT	23.30	0	03:08	0.51	0.32	1.00
L44a	CONDUIT	45.59	0	03:10	0.65	0.65	1.00
L45	CONDUIT	23.30	0	03:07	0.56	0.32	1.00
L45a	CONDUIT	45.96	0	03:10	0.67	0.64	1.00
L46	CONDUIT	24.90	0	03:06	0.67	0.34	1.00
L46a	CONDUIT	48.94	0	03:10	0.73	0.68	1.00
L47	CONDUIT	528.50	0	03:09	0.82	0.40	1.00
L48	CONDUIT	73.80	0	03:12	0.42	0.57	1.00
L49	CONDUIT	105.45	0	03:12	0.60	0.64	1.00
L5	CONDUIT	29.90	0	03:08	0.95	0.37	0.95
L50	CONDUIT	136.11	0	03:12	0.77	0.82	1.00
L51	CONDUIT	166.91	0	03:12	0.94	1.01	1.00
L52	CONDUIT	200.42	0	03:10	0.40	0.31	1.00
L53	CONDUIT	255.04	0	03:10	0.51	0.45	1.00
L54	CONDUIT	309.63	0	03:10	0.62	0.55	1.00
L55	CONDUIT	347.29	0	03:10	0.69	0.62	1.00
L56	CONDUIT	292.70	0	03:10	0.58	0.52	1.00
L57	CONDUIT	238.09	0	03:10	0.47	0.37	1.00
L58	CONDUIT	183.59	0	03:10	0.65	0.59	1.00
L59	CONDUIT	128.78	0	03:10	0.73	0.78	1.00
L6	CONDUIT	32.51	0	03:03	1.00	0.41	1.00
L60	CONDUIT	73.95	0	03:10	0.42	0.45	1.00
L61	CONDUIT	18.91	0	03:02	0.11	0.10	1.00
L62	CONDUIT	18.50	0	03:02	0.20	0.13	1.00
L63	CONDUIT	1196.23	0	03:10	1.54	1.10	1.00
L63	CONDUIT	1196.23	0	03:10	1.54	1.10	1.00
L64	CONDUIT	21.75	0	03:10	0.67	0.30	0.51
L64a	CONDUIT	43.39	0	03:08	0.92	0.60	0.83
L65	CONDUIT	58.50	0	03:07	1.12	0.81	1.00
L65a	CONDUIT	73.64	0	03:06	1.10	0.54	1.00
L66	CONDUIT	85.94	0	03:05	1.16	0.62	1.00
L66a	CONDUIT	97.08	0	03:03	1.26	0.74	1.00
L67	CONDUIT	116.52	0	03:10	1.08	0.47	1.00
L67a	CONDUIT	129.77	0	03:10	0.90	0.52	1.00

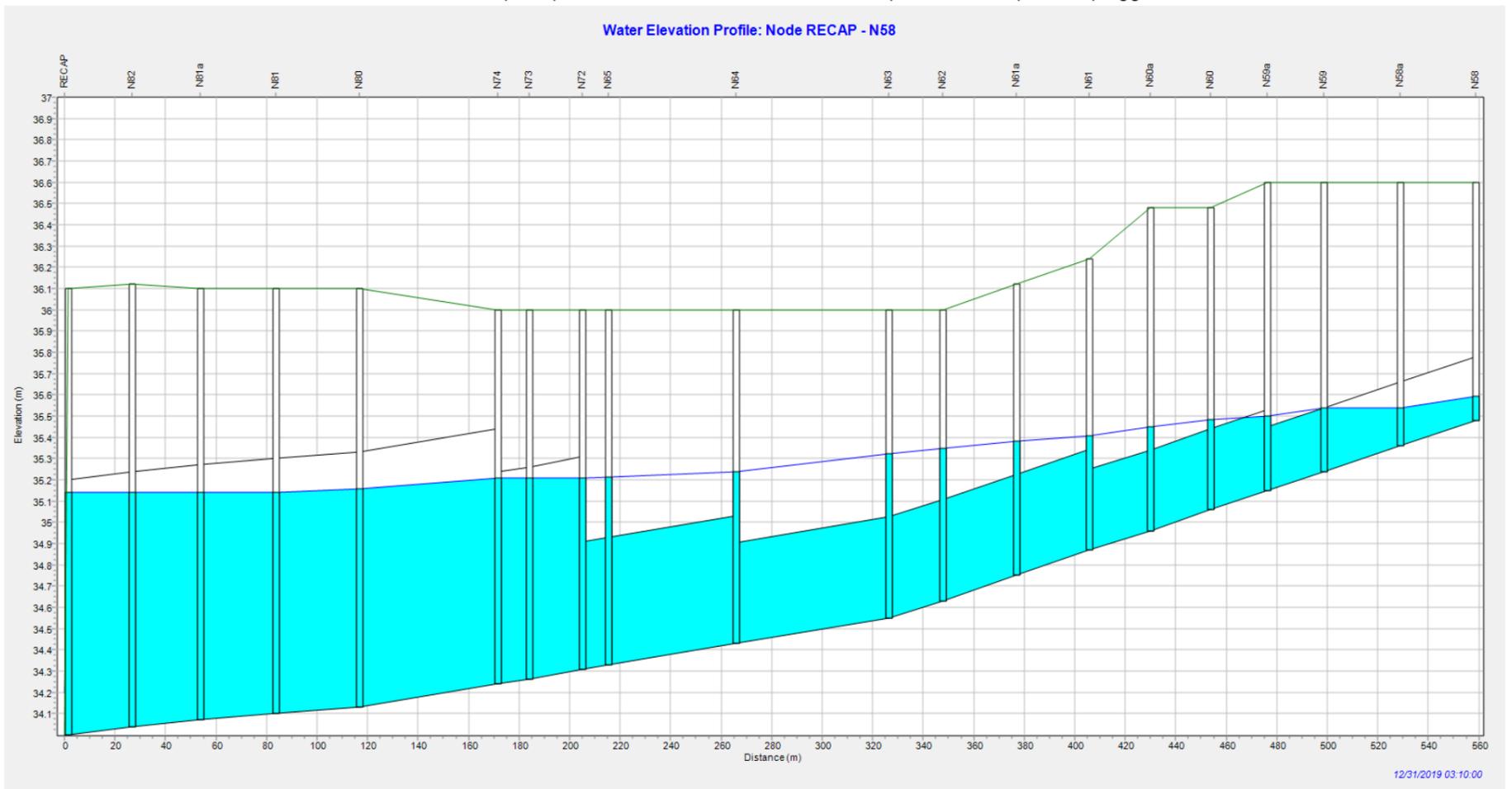
Link	Type	Maximum [Flow] LPS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum [Velocity] m/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
L68	CONDUIT	139.00	0	03:10	0.78	0.59	1.00
L69	CONDUIT	145.32	0	03:10	0.82	0.84	1.00
L7	CONDUIT	31.92	0	03:02	0.96	0.40	1.00
L70	CONDUIT	152.59	0	03:11	0.54	0.47	1.00
L71	CONDUIT	153.91	0	03:11	0.54	0.49	1.00
L74	CONDUIT	3.93	0	03:10	0.06	0.09	0.31
L75	CONDUIT	8.22	0	03:10	0.10	0.12	0.38
L76	CONDUIT	13.83	0	03:10	0.12	0.19	0.50
L77	CONDUIT	17.13	0	03:20	0.22	0.24	0.60
L78	CONDUIT	170.70	0	03:11	0.22	0.15	1.00
L79	CONDUIT	170.36	0	03:11	0.22	0.18	1.00
L8	CONDUIT	31.18	0	03:01	0.91	0.38	1.00
L80	CONDUIT	1334.08	0	03:10	1.35	0.76	1.00
L81	CONDUIT	428.28	0	03:10	0.49	1.41	1.00
L81a	CONDUIT	486.86	0	03:10	0.57	1.60	1.00
L81b	CONDUIT	392.77	0	03:10	0.45	1.29	1.00
L82	CONDUIT	906.51	0	03:10	0.89	0.77	1.00
L83	CONDUIT	462.89	0	03:10	0.51	0.38	1.00
L83a	CONDUIT	59.17	0	03:07	0.52	0.05	1.00
L84	CONDUIT	51.13	0	05:24	0.41	0.03	1.00
L9	CONDUIT	30.76	0	03:04	0.79	0.38	1.00
O2	ORIFICE	51.11	0	05:25	1.00		

Storage Unit	Average Volume 1000 m3	Average Percent Full	Evap Percent Loss	Exfil Percent Loss	Maximum Volume 1000 m3	Maximum Percent Full	Day of Maximum Volume	Hour of Maximum Volume	Maximum Outflow LPS
V1	0.285	23	0	0	0.748	60	0	05:27	23.13
V2	0.329	28	0	0	0.752	64	0	05:26	16.05
V3	0.285	27	0	0	0.674	63	0	05:25	30.27

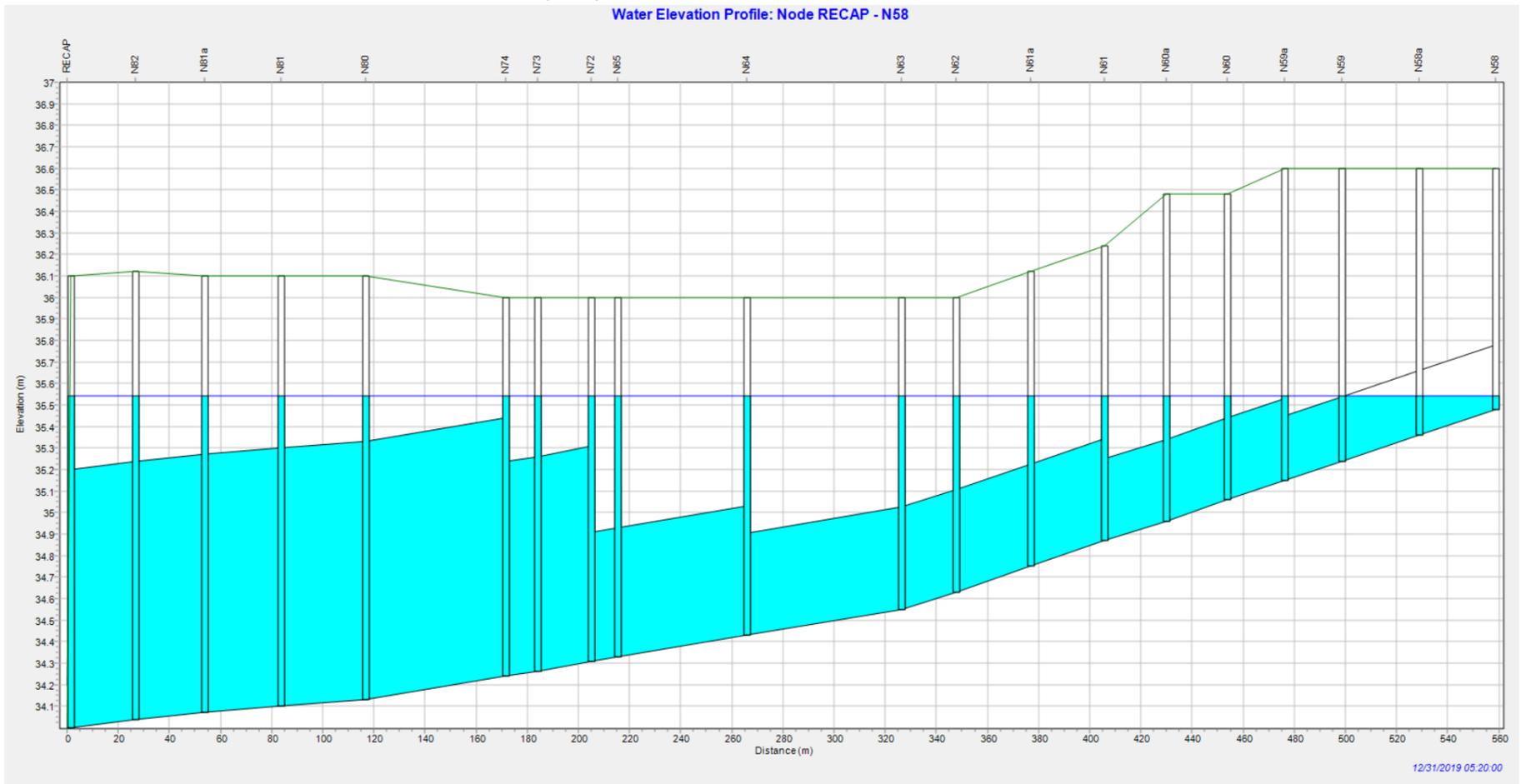
Profilo collettore principale sud nord parcheggi – Massimo livello



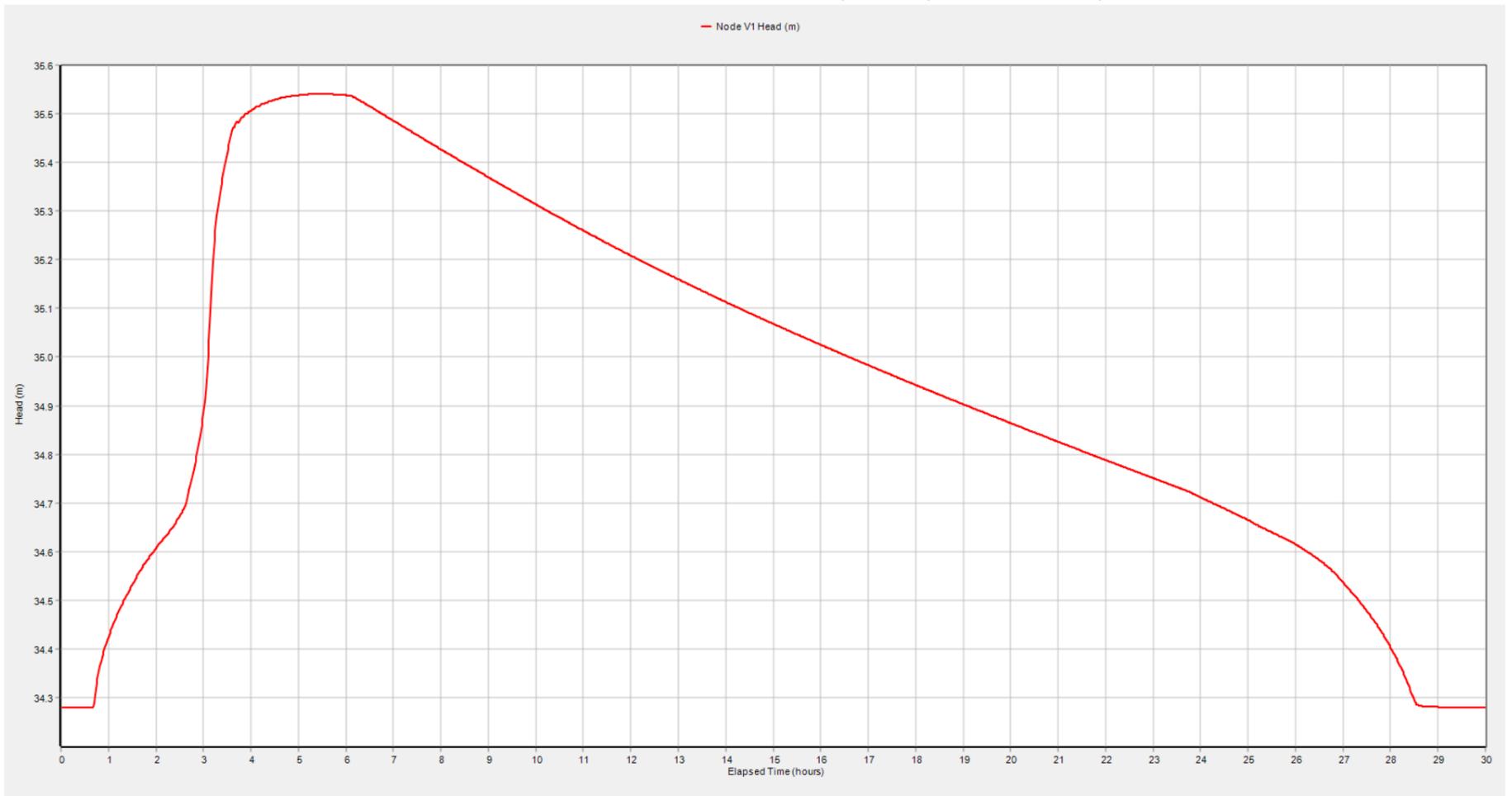
Profilo collettore principale strada – Massimo livello in corrispondenza del picco di pioggia



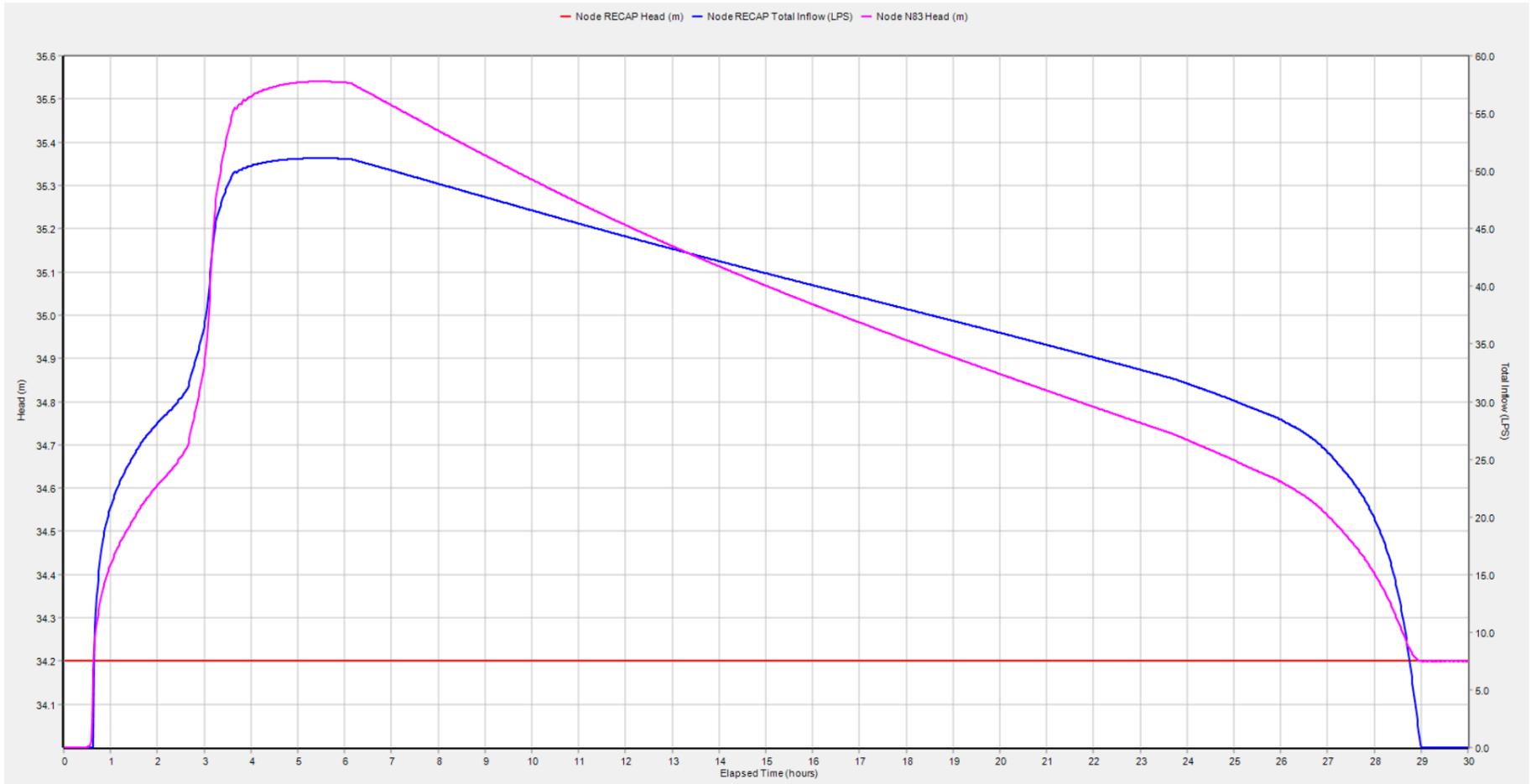
Profilo collettore principale strada – Massimo livello con funzionamento ad invaso



Livello all'interno dell'invaso di laminazione V1 in funzione del tempo – Tempo di svuotamento pari a circa 28 ore



Si riporta di seguito il grafico con l'andamento della portata in uscita al recapito, del livello piezometrico al recapito e del livello piezometrico nell'ultimo nodo della rete. Si può notare come il picco di portata in uscita corrisponda alla massima differenza tra livello piezometrico al recapito e livello piezometrico nell'ultimo nodo della rete.



Outfall Loading

Outfall Node	Flow Freq. Pcnt.	Avg. Flow LPS	Max. Flow LPS	Total Volume 10 ⁶ ltr
RECAP	94.55	38.01	51.11	3.875

Dall'analisi delle tabelle e dei grafici precedenti emergono quindi i seguenti risultati:

- Massima quota del livello piezometrico nell'invaso di laminazione pari a **35.54 mslm**
- Riempimento massimo dell'invaso di laminazione pari a circa il **60-64%**
- Minimo franco della piezometrica rispetto al livello stradale pari a **36 cm > 10 cm** per la rete tubazioni e 29 cm per il fosso di guardia a nord della viabilità principale
- Massima porta in uscita al recapito pari a **51.11 l/s < Q_{lim}=55.78 l/s**

Tutte le condizioni di progetto sono pertanto verificate.

2.2.5 Risultati di calcolo Tr=50 anni

Si riportano di seguito i risultati relativi agli elementi della rete desunti dalla simulazione eseguita con Tr=50 anni e ietogramma di pioggia rettangolare con durata dell'evento meteorico di 6 ore che risulta essere l'evento critico per il sistema in esame da un punto di vista della massima quota nell'invaso di laminazione

Dati generali della simulazione

***** Runoff Quantity Continuity *****	Volume hectare-m -----	Depth mm -----
Total Precipitation	0.518	92.820
Evaporation Loss	0.000	0.000
Infiltration Loss	0.112	20.051
Surface Runoff	0.402	72.024
Final Storage	0.004	0.760
Continuity Error (%)	-0.016	

Subcatchment

Subcatchment	Total Precip mm	Total Runon mm	Total Evap mm	Total Infil mm	Imperv Runoff mm	Perv Runoff mm	Total Runoff mm	Total Runoff 10 ⁶ ltr	Peak Runoff LPS	Runoff Coeff
S1	92.82	0.00	0.00	0.00	91.84	0.00	91.84	0.07	3.42	0.989
S2	92.82	0.00	0.00	0.00	91.84	0.00	91.84	0.05	2.52	0.989
S3	92.82	0.00	0.00	0.00	91.84	0.00	91.84	0.05	2.45	0.989
S4	92.82	0.00	0.00	26.83	62.18	3.15	65.32	0.06	3.45	0.704
S5	92.82	0.00	0.00	3.22	88.26	0.40	88.65	0.07	3.57	0.955
S6	92.82	0.00	0.00	3.22	88.26	0.40	88.65	0.07	3.57	0.955
S7	92.82	0.00	0.00	3.22	88.26	0.40	88.65	0.07	3.57	0.955
S8	92.82	0.00	0.00	3.22	88.26	0.40	88.65	0.07	3.57	0.955
S9	92.82	0.00	0.00	3.22	88.26	0.40	88.65	0.07	3.57	0.955
S10	92.82	0.00	0.00	3.22	88.26	0.40	88.65	0.07	3.57	0.955
S12	92.82	0.00	0.00	3.22	88.26	0.40	88.65	0.07	3.57	0.955
S13	92.82	0.00	0.00	3.22	88.26	0.40	88.65	0.07	3.57	0.955
S14	92.82	0.00	0.00	3.22	88.26	0.40	88.65	0.07	3.57	0.955
S15	92.82	0.00	0.00	3.22	88.26	0.40	88.65	0.07	3.57	0.955
S16	92.82	0.00	0.00	4.22	87.15	0.52	87.67	0.07	3.30	0.945
S11	92.82	0.00	0.00	3.22	88.26	0.40	88.65	0.07	3.57	0.955
S18	92.82	0.00	0.00	24.87	64.29	2.97	67.27	0.01	0.56	0.725
S19	92.82	0.00	0.00	19.14	70.63	2.30	72.93	0.01	0.50	0.786
S20	92.82	0.00	0.00	19.14	70.63	2.30	72.93	0.01	0.50	0.786
S21	92.82	0.00	0.00	19.14	70.63	2.30	72.93	0.01	0.50	0.786
S22	92.82	0.00	0.00	19.14	70.63	2.30	72.93	0.01	0.50	0.786
S23	92.82	0.00	0.00	19.14	70.63	2.30	72.93	0.01	0.50	0.786
S24	92.82	0.00	0.00	19.14	70.63	2.30	72.93	0.01	0.50	0.786
S25	92.82	0.00	0.00	19.14	70.63	2.30	72.93	0.01	0.50	0.786
S26	92.82	0.00	0.00	19.14	70.63	2.30	72.93	0.01	0.50	0.786
S27	92.82	0.00	0.00	19.14	70.63	2.30	72.93	0.01	0.50	0.786
S28	92.82	0.00	0.00	19.14	70.63	2.30	72.93	0.01	0.50	0.786
S29	92.82	0.00	0.00	19.14	70.63	2.30	72.93	0.01	0.50	0.786
S30	92.82	0.00	0.00	23.88	65.39	2.86	68.25	0.02	0.98	0.735
S31	92.82	0.00	0.00	4.05	87.83	0.50	87.83	0.06	2.75	0.946
S44	92.82	0.00	0.00	33.92	58.32	3.95	58.32	0.02	1.29	0.628
S32	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S33	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S34	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S35	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S36	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S37	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S38	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S39	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S40	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S41	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S42	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S43	92.82	0.00	0.00	7.12	84.80	0.86	84.80	0.06	3.06	0.914

Subcatchment	Total Precip mm	Total Runon mm	Total Evap mm	Total Infil mm	Imperv Runoff mm	Perv Runoff mm	Total Runoff mm	Total Runoff 10 ⁶ ltr	Peak Runoff LPS	Runoff Coeff
S45	92.82	0.00	0.00	33.75	58.49	3.93	58.49	0.02	1.12	0.630
S46	92.82	0.00	0.00	33.75	58.49	3.93	58.49	0.02	1.12	0.630
S47	92.82	0.00	0.00	33.75	58.49	3.93	58.49	0.02	1.12	0.630
S48	92.82	0.00	0.00	33.75	58.49	3.93	58.49	0.02	1.12	0.630
S49	92.82	0.00	0.00	33.75	58.49	3.93	58.49	0.02	1.12	0.630
S50	92.82	0.00	0.00	33.75	58.49	3.93	58.49	0.02	1.12	0.630
S51	92.82	0.00	0.00	33.75	58.49	3.93	58.49	0.02	1.12	0.630
S52	92.82	0.00	0.00	33.75	58.49	3.93	58.49	0.02	1.12	0.630
S53	92.82	0.00	0.00	33.75	58.49	3.93	58.49	0.02	1.12	0.630
S54	92.82	0.00	0.00	33.75	58.49	3.93	58.49	0.02	1.12	0.630
S55	92.82	0.00	0.00	33.75	58.49	3.93	58.49	0.02	1.12	0.630
S56	92.82	0.00	0.00	29.50	59.24	3.46	62.69	0.03	1.86	0.675
S61	92.82	0.00	0.00	0.00	91.84	0.00	91.84	0.01	0.70	0.989
S63	92.82	0.00	0.00	42.66	49.68	4.86	49.68	0.02	1.02	0.535
S65	92.82	0.00	0.00	52.51	39.94	5.59	39.94	0.03	2.22	0.430
S67	92.82	0.00	0.00	48.32	44.10	5.62	44.10	0.02	1.40	0.475
S69	92.82	0.00	0.00	0.00	91.84	0.00	91.84	0.03	1.33	0.989
S71	92.82	0.00	0.00	0.00	91.84	0.00	91.84	0.03	1.46	0.989
S62	92.82	0.00	0.00	0.00	91.84	0.00	91.84	0.03	1.17	0.989
S64	92.82	0.00	0.00	0.00	91.84	0.00	91.84	0.03	1.17	0.989
S66	92.82	0.00	0.00	0.00	91.84	0.00	91.84	0.01	0.54	0.989
S68	92.82	0.00	0.00	0.00	91.84	0.00	91.84	0.01	0.70	0.989
S70	92.82	0.00	0.00	0.00	91.84	0.00	91.84	0.02	0.92	0.989
S72	92.82	0.00	0.00	0.00	91.84	0.00	91.84	0.02	1.03	0.989
SOTTOPASSO	92.82	0.00	0.00	0.00	91.82	0.00	91.82	0.21	9.99	0.989
S73	92.82	0.00	0.00	85.60	0.00	7.22	7.22	0.01	4.35	0.078
S74	92.82	0.00	0.00	85.24	0.00	7.59	7.59	0.01	2.95	0.082
S75	92.82	0.00	0.00	85.39	0.00	7.44	7.44	0.01	3.50	0.080
S17	92.82	0.00	0.00	64.49	20.72	7.39	28.11	0.02	1.92	0.303
S57	92.82	0.00	0.00	76.44	7.62	8.68	16.30	0.02	2.71	0.176
S58	92.82	0.00	0.00	83.41	0.00	9.42	9.42	0.01	2.51	0.101
S60	92.82	0.00	0.00	9.79	82.16	1.16	82.16	0.05	2.51	0.885
S31a	92.82	0.00	0.00	4.05	87.83	0.50	87.83	0.06	2.75	0.946
S32a	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S33a	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S34a	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S35a	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S36a	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S37a	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S38a	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S39a	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S40a	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S41a	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S42a	92.82	0.00	0.00	7.29	84.64	0.88	84.64	0.06	2.90	0.912
S43a	92.82	0.00	0.00	7.12	84.80	0.86	84.80	0.06	3.06	0.914
S1a	92.82	0.00	0.00	0.00	91.84	0.00	91.84	0.07	3.42	0.989
S2a	92.82	0.00	0.00	0.00	91.84	0.00	91.84	0.05	2.52	0.989
S60a	92.82	0.00	0.00	9.79	82.16	1.16	82.16	0.05	2.51	0.885
S61a	92.82	0.00	0.00	0.00	91.84	0.00	91.84	0.01	0.70	0.989
S63a	92.82	0.00	0.00	42.66	49.68	4.86	49.68	0.02	1.02	0.535
S65a	92.82	0.00	0.00	52.51	39.94	5.59	39.94	0.03	2.22	0.430
S77	92.82	0.00	0.00	0.00	91.84	0.00	91.84	0.02	0.94	0.989
S78	92.82	0.00	0.00	0.00	91.84	0.00	91.84	0.02	0.94	0.989
S79	92.82	0.00	0.00	0.00	91.84	0.00	91.84	0.03	1.42	0.989
S80	92.82	0.00	0.00	36.38	51.71	4.18	55.89	0.04	2.49	0.602

Node Depth

Node	Average Depth (Meters)	Maximum depth (Meters)	Maximum HGL (Meters)	Hour of maximum Depth	Elevation	MaxDepth	Min Depth Below Rim (Meters)
N1	0.03	0.27	35.59	06:10	35.32	1.23	0.96
N10	0.14	0.59	35.57	06:10	34.98	1.62	1.03
N11	0.33	0.89	35.57	06:10	34.68	1.92	1.03
N12	0.14	0.59	35.57	06:10	34.98	1.62	1.03
N13	0.11	0.54	35.57	06:10	35.03	1.57	1.03
N14	0.09	0.49	35.57	06:10	35.08	1.52	1.03
N15	0.08	0.44	35.57	06:10	35.13	1.47	1.03
N16	0.06	0.4	35.57	06:10	35.17	1.43	1.03
N17	0.2	0.7	35.57	06:10	34.87	1.48	0.78
N18	0.23	0.75	35.57	06:10	34.82	1.53	0.78
N19	0.26	0.8	35.57	06:10	34.77	1.58	0.78
N1a	0.07	0.42	35.59	06:10	35.17	1.38	0.96
N2	0.12	0.56	35.58	06:10	35.02	1.53	0.97
N20	0.3	0.85	35.57	06:10	34.72	1.63	0.78
N21	0.34	0.9	35.57	06:10	34.67	1.73	0.83
N22	0.37	0.94	35.57	06:10	34.63	1.77	0.83
N23	0.42	0.99	35.57	06:10	34.58	1.92	0.93
N24	0.46	1.03	35.56	06:10	34.53	1.97	0.94
N25	0.42	0.99	35.57	06:10	34.58	1.97	0.98
N26	0.37	0.94	35.57	06:10	34.63	1.92	0.98
N27	0.34	0.9	35.57	06:10	34.67	1.88	0.98
N28	0.3	0.85	35.57	06:10	34.72	1.83	0.98
N29	0.26	0.8	35.57	06:10	34.77	1.78	0.98
N2a	0.2	0.7	35.57	06:10	34.87	1.68	0.98
N3	0.3	0.85	35.57	06:10	34.72	1.83	0.98
N30	0.23	0.75	35.57	06:10	34.82	1.73	0.98
N30a	0.2	0.66	35.57	06:10	34.91	1.64	0.98
N31	0.2	0.7	35.57	06:10	34.87	1.68	0.98
N32	0.13	0.56	35.56	06:15	35	1.2	0.64
N32a	0.22	0.72	35.56	06:15	34.84	1.33	0.61
N33	0.14	0.59	35.56	06:15	34.97	1.23	0.64
N33a	0.24	0.75	35.56	06:05	34.81	1.36	0.61
N34	0.16	0.63	35.56	06:05	34.93	1.27	0.64
N34a	0.26	0.79	35.56	06:05	34.77	1.4	0.61
N35	0.18	0.66	35.56	06:11	34.9	1.3	0.64
N35a	0.28	0.82	35.56	06:11	34.74	1.43	0.61
N36	0.2	0.69	35.56	06:11	34.87	1.43	0.74
N36a	0.31	0.85	35.56	06:11	34.71	1.56	0.71
N37	0.22	0.72	35.56	06:10	34.84	1.46	0.74
N37a	0.33	0.88	35.56	06:10	34.68	1.59	0.71
N38	0.49	1.06	35.56	06:10	34.5	1.85	0.79
N38a	0.56	1.14	35.56	06:10	34.42	1.85	0.71
N39	0.22	0.72	35.56	06:10	34.84	1.56	0.84
N39a	0.33	0.88	35.56	06:10	34.68	1.56	0.68
N4	0.04	0.3	35.57	06:10	35.27	1.33	1.03
N40	0.2	0.69	35.56	06:10	34.87	1.53	0.84
N40a	0.31	0.85	35.56	06:10	34.71	1.61	0.76
N41	0.18	0.66	35.56	06:10	34.9	1.5	0.84
N41a	0.28	0.82	35.56	06:10	34.74	1.58	0.76
N42	0.16	0.63	35.56	06:09	34.93	1.47	0.84
N42a	0.26	0.79	35.56	06:10	34.77	1.55	0.76
N43	0.14	0.59	35.56	06:09	34.97	1.43	0.84
N43a	0.24	0.75	35.56	06:09	34.81	1.51	0.76
N44	0.13	0.56	35.56	06:09	35	1.4	0.84
N44a	0.22	0.72	35.56	06:09	34.84	1.48	0.76
N45	0.46	1.03	35.56	06:14	34.53	1.37	0.34
N46	0.49	1.06	35.56	06:15	34.5	1.4	0.34
N47	0.51	1.08	35.55	06:05	34.47	1.43	0.35

Node	Average Depth (Meters)	Maximum depth (Meters)	Maximum HGL (Meters)	Hour of maximum Depth	Elevation	MaxDepth	Min Depth Below Rim (Meters)
N48	0.54	1.12	35.56	06:10	34.44	1.56	0.44
N49	0.58	1.16	35.56	06:10	34.4	1.6	0.44
N5	0.05	0.35	35.57	06:09	35.22	1.38	1.03
N50	0.61	1.19	35.56	06:10	34.37	1.63	0.44
N51	0.64	1.22	35.56	06:10	34.34	1.66	0.44
N52	0.61	1.19	35.56	06:10	34.37	1.63	0.44
N53	0.58	1.16	35.56	06:10	34.4	1.6	0.44
N54	0.54	1.12	35.56	06:10	34.44	1.56	0.44
N55	0.51	1.09	35.56	06:10	34.47	1.53	0.44
N56	0.49	1.06	35.56	06:10	34.5	1.5	0.44
N57	0.46	1.03	35.56	06:10	34.53	1.47	0.44
N57a	0.42	0.99	35.56	06:10	34.57	1.43	0.44
N57b	0.36	0.92	35.56	06:10	34.64	1.36	0.44
N58	0.01	0.1	35.58	06:13	35.48	1.12	1.02
N58a	0.02	0.22	35.58	06:13	35.36	1.24	1.02
N59	0.05	0.34	35.58	06:13	35.24	1.36	1.02
N59a	0.07	0.42	35.57	06:13	35.15	1.45	1.03
N6	0.06	0.4	35.57	06:09	35.17	1.43	1.03
N60	0.1	0.51	35.57	06:13	35.06	1.42	0.91
N60a	0.15	0.61	35.57	06:13	34.96	1.52	0.91
N61	0.2	0.7	35.57	06:13	34.87	1.37	0.67
N61a	0.28	0.81	35.56	06:13	34.75	1.37	0.56
N62	0.37	0.93	35.56	06:13	34.63	1.37	0.44
N63	0.44	1.01	35.56	06:13	34.55	1.45	0.44
N64	0.55	1.13	35.56	06:11	34.43	1.57	0.44
N65	0.64	1.23	35.56	06:11	34.33	1.67	0.44
N68	0.01	0.03	35.63	04:43	35.6	0.4	0.37
N69	0.01	0.04	35.59	04:51	35.55	0.45	0.41
N7	0.08	0.44	35.57	06:10	35.13	1.47	1.03
N70	0.01	0.08	35.56	06:12	35.48	0.52	0.44
N71	0.03	0.21	35.56	06:11	35.35	0.65	0.44
N72	0.66	1.25	35.56	06:11	34.31	1.69	0.44
N73	0.71	1.3	35.56	06:10	34.26	1.74	0.44
N74	0.73	1.32	35.56	06:10	34.24	1.76	0.44
N76	0.03	0.26	35.56	06:14	35.3	0.7	0.44
N77	0.07	0.42	35.56	06:14	35.14	0.86	0.44
N78	0.14	0.59	35.56	06:14	34.97	1.03	0.44
N79	0.2	0.7	35.56	06:14	34.86	1.14	0.44
N8	0.09	0.49	35.57	06:10	35.08	1.52	1.03
N80	0.84	1.43	35.56	06:11	34.13	1.97	0.54
N81	0.87	1.46	35.56	06:08	34.1	2	0.54
N81a	0.9	1.49	35.56	06:08	34.07	2.03	0.54
N82	0.93	1.52	35.56	06:08	34.04	2.08	0.56
N83	0.97	1.56	35.56	06:08	34	2.1	0.54
N9	0.11	0.54	35.57	06:10	35.03	1.57	1.03
V1	0.69	1.28	35.56	06:11	34.28	1.82	0.54
V2	0.72	1.31	35.56	06:08	34.25	1.85	0.54
V3	0.75	1.34	35.56	06:08	34.22	1.88	0.54

Link Flow

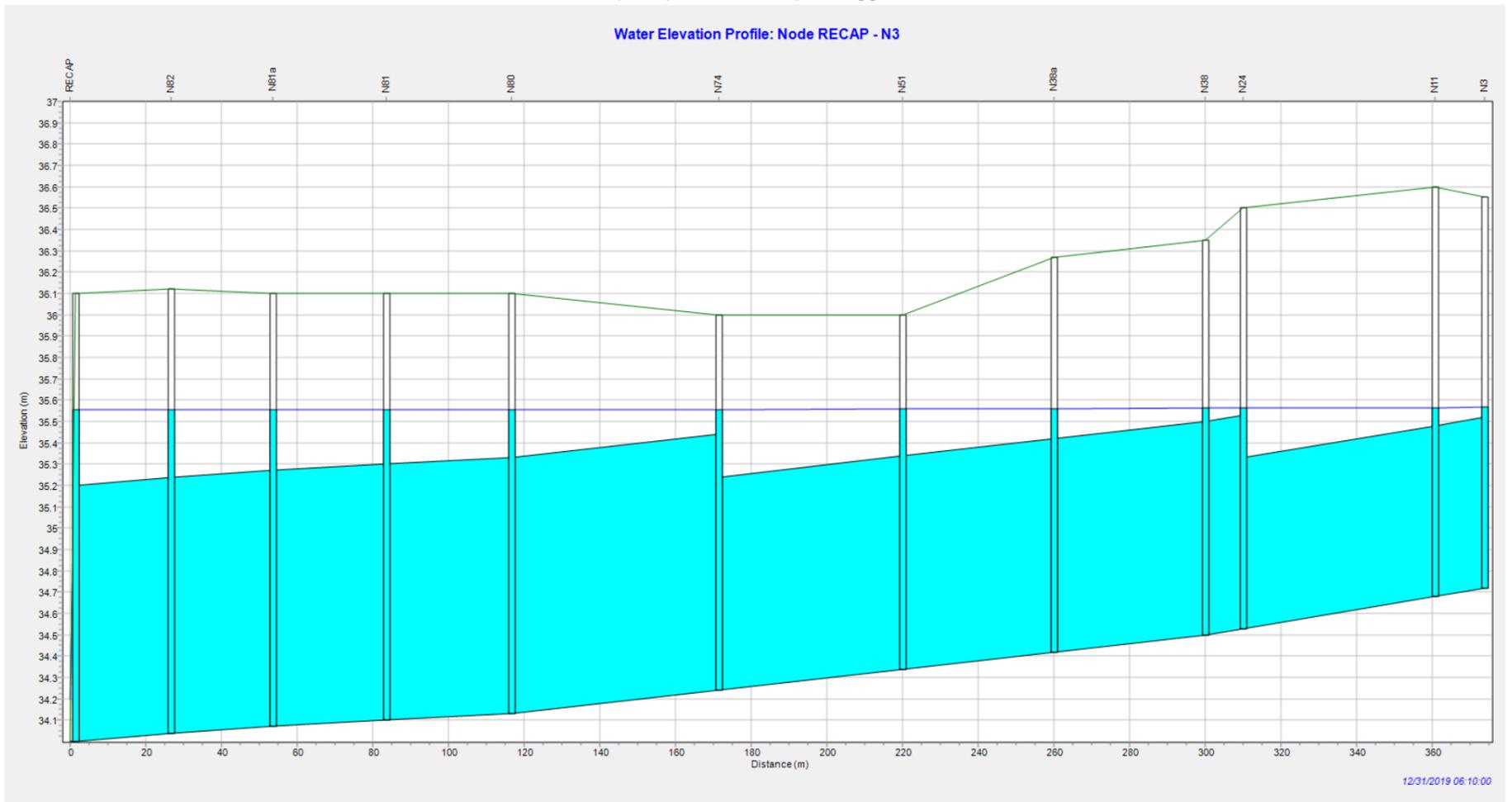
Link	Type	Maximum Flow LPS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum Velocity m/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
L1	CONDUIT	3.42	0	00:49	0.43	0.04	0.95
L10	CONDUIT	3.54	0	01:39	0.56	0.04	1.00
L11	CONDUIT	3.54	0	01:19	0.56	0.04	1.00
L12	CONDUIT	17.85	0	06:06	0.36	0.02	1.00
L13	CONDUIT	3.54	0	01:19	0.56	0.04	1.00
L14	CONDUIT	3.54	0	01:38	0.56	0.04	1.00
L15	CONDUIT	3.54	0	01:54	0.57	0.04	1.00
L16	CONDUIT	3.55	0	06:05	0.57	0.04	1.00
L17	CONDUIT	3.38	0	06:05	0.55	0.04	1.00
L18	CONDUIT	5.40	0	06:07	0.06	0.02	0.49
L19	CONDUIT	14.91	0	06:07	0.07	0.05	0.72
L1a	CONDUIT	6.83	0	00:51	0.66	0.08	1.00
L2	CONDUIT	9.50	0	02:26	0.67	0.06	1.00
L20	CONDUIT	21.48	0	06:07	0.07	0.07	0.92
L21	CONDUIT	3.79	0	06:03	0.32	0.02	1.00
L22	CONDUIT	7.65	0	06:03	0.47	0.04	1.00
L23	CONDUIT	11.51	0	05:59	0.57	0.05	1.00
L24	CONDUIT	15.36	0	05:59	0.64	0.07	1.00
L25	CONDUIT	19.22	0	06:05	0.64	0.05	1.00
L26	CONDUIT	23.08	0	06:05	0.68	0.06	1.00
L27	CONDUIT	26.94	0	06:00	0.60	0.07	1.00
L28	CONDUIT	22.54	0	05:59	0.54	0.06	1.00
L29	CONDUIT	18.68	0	05:59	0.59	0.06	1.00
L2a	CONDUIT	11.88	0	00:51	0.75	0.08	1.00
L3	CONDUIT	15.89	0	06:06	0.53	0.02	1.00
L30	CONDUIT	14.81	0	05:59	0.52	0.05	1.00
L31	CONDUIT	10.95	0	06:01	0.52	0.05	1.00
L32	CONDUIT	7.07	0	06:01	0.44	0.03	1.00
L33	CONDUIT	3.46	0	06:04	0.29	0.02	1.00
L33a	CONDUIT	2.49	0	06:05	0.15	0.05	1.00
L34	CONDUIT	2.67	0	00:41	0.44	0.04	1.00
L34a	CONDUIT	5.46	0	01:07	0.59	0.08	1.00
L35	CONDUIT	2.75	0	00:40	0.45	0.04	1.00
L35a	CONDUIT	5.65	0	00:59	0.60	0.08	1.00
L36	CONDUIT	2.75	0	00:40	0.44	0.04	1.00
L36a	CONDUIT	5.70	0	00:51	0.59	0.08	1.00
L37	CONDUIT	2.75	0	00:40	0.44	0.04	1.00
L37a	CONDUIT	5.66	0	00:43	0.59	0.08	1.00

Link	Type	Maximum Flow LPS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum Velocity m/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
L38	CONDUIT	2.75	0	00:40	0.45	0.04	1.00
L38a	CONDUIT	5.70	0	00:34	0.60	0.08	1.00
L39	CONDUIT	2.75	0	00:41	0.45	0.04	1.00
L39a	CONDUIT	5.67	0	00:21	0.59	0.08	1.00
L4	CONDUIT	2.48	0	02:28	0.53	0.03	1.00
L40	CONDUIT	69.07	0	00:29	0.75	0.06	1.00
L40a	CONDUIT	71.61	0	00:26	0.60	0.07	1.00
L41	CONDUIT	2.75	0	00:41	0.45	0.04	1.00
L41a	CONDUIT	5.67	0	00:21	0.59	0.08	1.00
L42	CONDUIT	2.75	0	00:40	0.45	0.04	1.00
L42a	CONDUIT	5.70	0	00:34	0.60	0.08	1.00
L43	CONDUIT	2.75	0	00:40	0.44	0.04	1.00
L43a	CONDUIT	5.67	0	00:42	0.59	0.08	1.00
L44	CONDUIT	2.75	0	00:40	0.44	0.04	1.00
L44a	CONDUIT	5.70	0	00:51	0.59	0.08	1.00
L45	CONDUIT	2.75	0	00:40	0.45	0.04	1.00
L45a	CONDUIT	5.65	0	00:59	0.60	0.08	1.00
L46	CONDUIT	2.91	0	00:39	0.45	0.04	1.00
L46a	CONDUIT	5.93	0	01:09	0.60	0.08	1.00
L47	CONDUIT	66.31	0	00:29	0.77	0.05	1.00
L48	CONDUIT	24.11	0	06:12	0.27	0.19	1.00
L49	CONDUIT	25.72	0	06:07	0.31	0.15	1.00
L5	CONDUIT	3.37	0	06:05	0.52	0.04	0.99
L50	CONDUIT	27.06	0	06:07	0.45	0.16	1.00
L51	CONDUIT	27.73	0	06:07	0.60	0.17	1.00
L52	CONDUIT	27.93	0	06:07	0.51	0.04	1.00
L53	CONDUIT	31.26	0	00:26	0.51	0.06	1.00
L54	CONDUIT	37.39	0	00:26	0.51	0.07	1.00
L55	CONDUIT	40.82	0	06:00	0.50	0.07	1.00
L56	CONDUIT	34.39	0	06:00	0.51	0.06	1.00
L57	CONDUIT	27.97	0	06:00	0.52	0.04	1.00
L58	CONDUIT	21.53	0	06:00	0.56	0.07	1.00
L59	CONDUIT	15.08	0	06:00	0.51	0.09	1.00
L6	CONDUIT	3.54	0	02:53	0.56	0.04	1.00
L60	CONDUIT	8.63	0	06:00	0.37	0.05	1.00
L61	CONDUIT	1.86	0	05:57	0.13	0.01	1.00
L62	CONDUIT	1.86	0	06:05	0.35	0.01	1.00
L63	CONDUIT	147.62	0	00:26	1.00	0.14	1.00
L63	CONDUIT	147.62	0	00:26	1.00	0.14	1.00
L64	CONDUIT	2.51	0	05:52	0.37	0.03	0.54
L64a	CONDUIT	5.43	0	06:15	0.51	0.08	0.87
L65	CONDUIT	6.99	0	06:15	0.61	0.10	1.00
L65a	CONDUIT	8.41	0	00:59	0.63	0.06	1.00
L66	CONDUIT	9.98	0	00:58	0.66	0.07	1.00
L66a	CONDUIT	11.55	0	02:27	0.71	0.09	1.00
L67	CONDUIT	14.47	0	05:53	0.74	0.06	1.00
L67a	CONDUIT	16.34	0	05:54	0.75	0.07	1.00

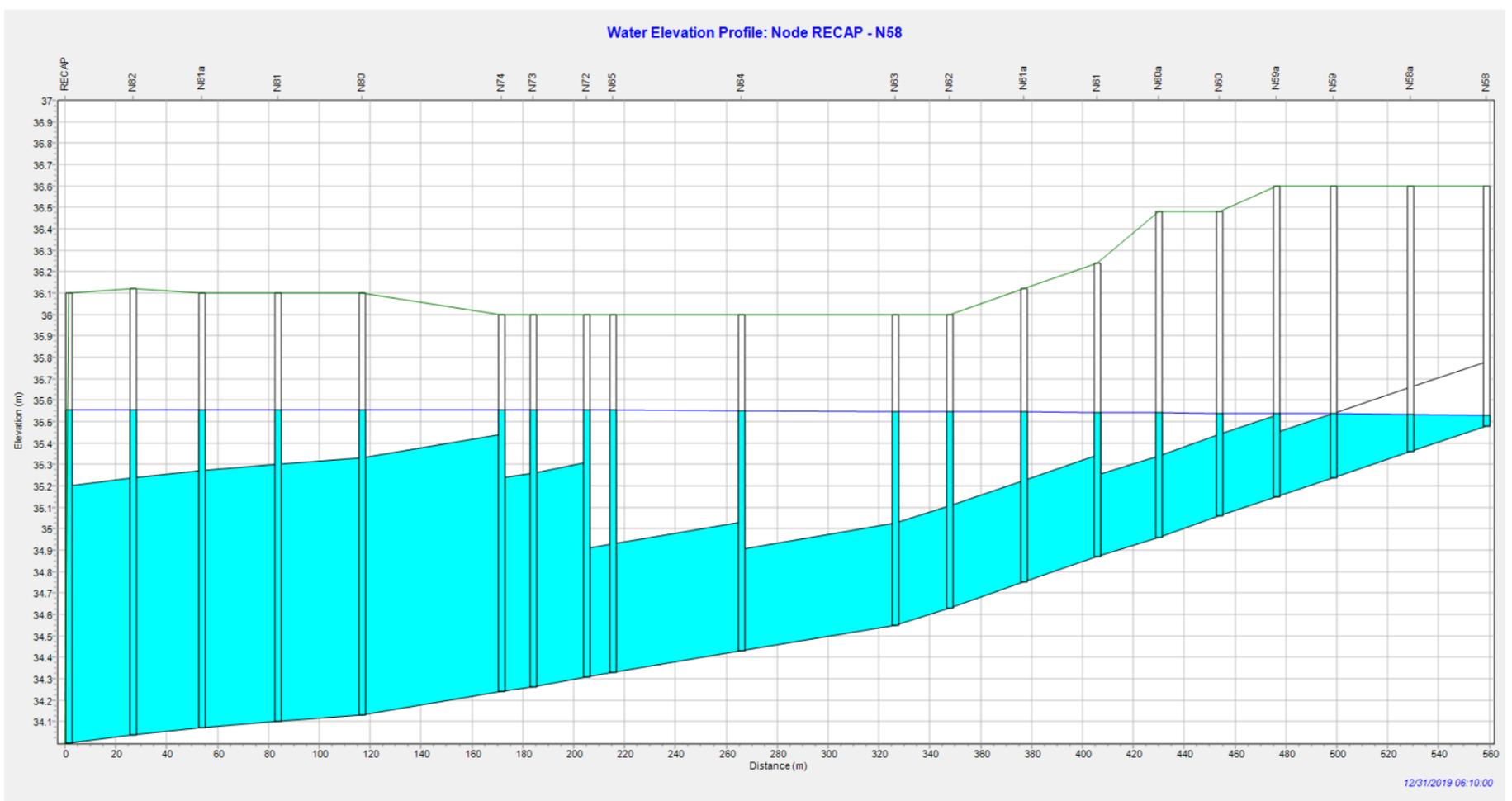
Link	Type	Maximum [Flow] LPS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum [Velocity] m/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
L68	CONDUIT	17.42	0	05:54	0.66	0.07	1.00
L69	CONDUIT	18.30	0	05:54	0.64	0.11	1.00
L7	CONDUIT	3.54	0	02:33	0.56	0.04	1.00
L70	CONDUIT	19.12	0	06:02	0.54	0.06	1.00
L71	CONDUIT	21.86	0	00:23	0.46	0.07	1.00
L74	CONDUIT	0.54	0	04:44	0.03	0.01	0.09
L75	CONDUIT	1.23	0	04:51	0.06	0.02	0.15
L76	CONDUIT	2.21	0	06:14	0.07	0.03	0.36
L77	CONDUIT	4.90	0	06:07	0.11	0.07	0.64
L78	CONDUIT	23.47	0	06:06	0.21	0.02	1.00
L79	CONDUIT	23.86	0	06:06	0.35	0.02	1.00
L8	CONDUIT	3.55	0	02:13	0.57	0.04	1.00
L80	CONDUIT	161.58	0	05:51	0.85	0.09	1.00
L81	CONDUIT	73.66	0	00:37	0.40	0.24	1.00
L81a	CONDUIT	62.79	0	06:13	0.25	0.21	1.00
L81b	CONDUIT	62.21	0	00:49	0.37	0.20	1.00
L82	CONDUIT	146.11	0	00:42	0.79	0.12	1.00
L83	CONDUIT	111.68	0	00:20	0.74	0.09	1.00
L83a	CONDUIT	80.00	0	00:19	0.73	0.06	1.00
L84	CONDUIT	59.56	0	00:20	0.59	0.04	1.00
L9	CONDUIT	3.54	0	01:54	0.57	0.04	1.00
O2	ORIFICE	51.47	0	06:08	1.00		

Storage Unit	Average Volume 1000 m3	Average Percent Full	Evap Percent Loss	Exfil Percent Loss	Maximum Volume 1000 m3	Maximum Percent Full	Day of Maximum Volume	Hour of Maximum Volume	Maximum Outflow LPS
V1	0.285	23	0	0	0.761	62	0	06:11	62.79
V2	0.335	28	0	0	0.766	65	0	06:08	29.58
V3	0.289	27	0	0	0.687	64	0	06:08	56.55

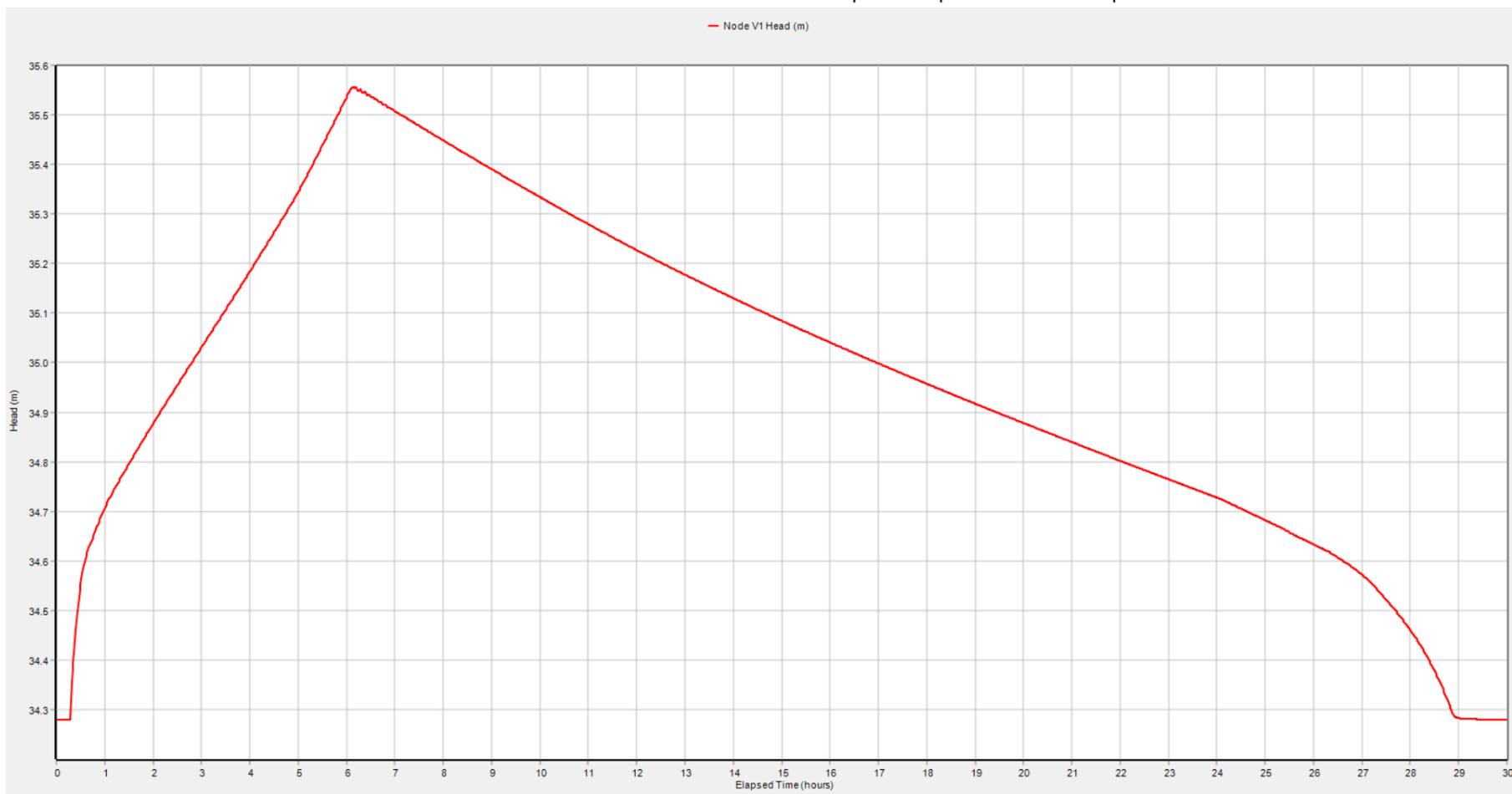
Profilo collettore principale sud nord parcheggi – Massimo livello



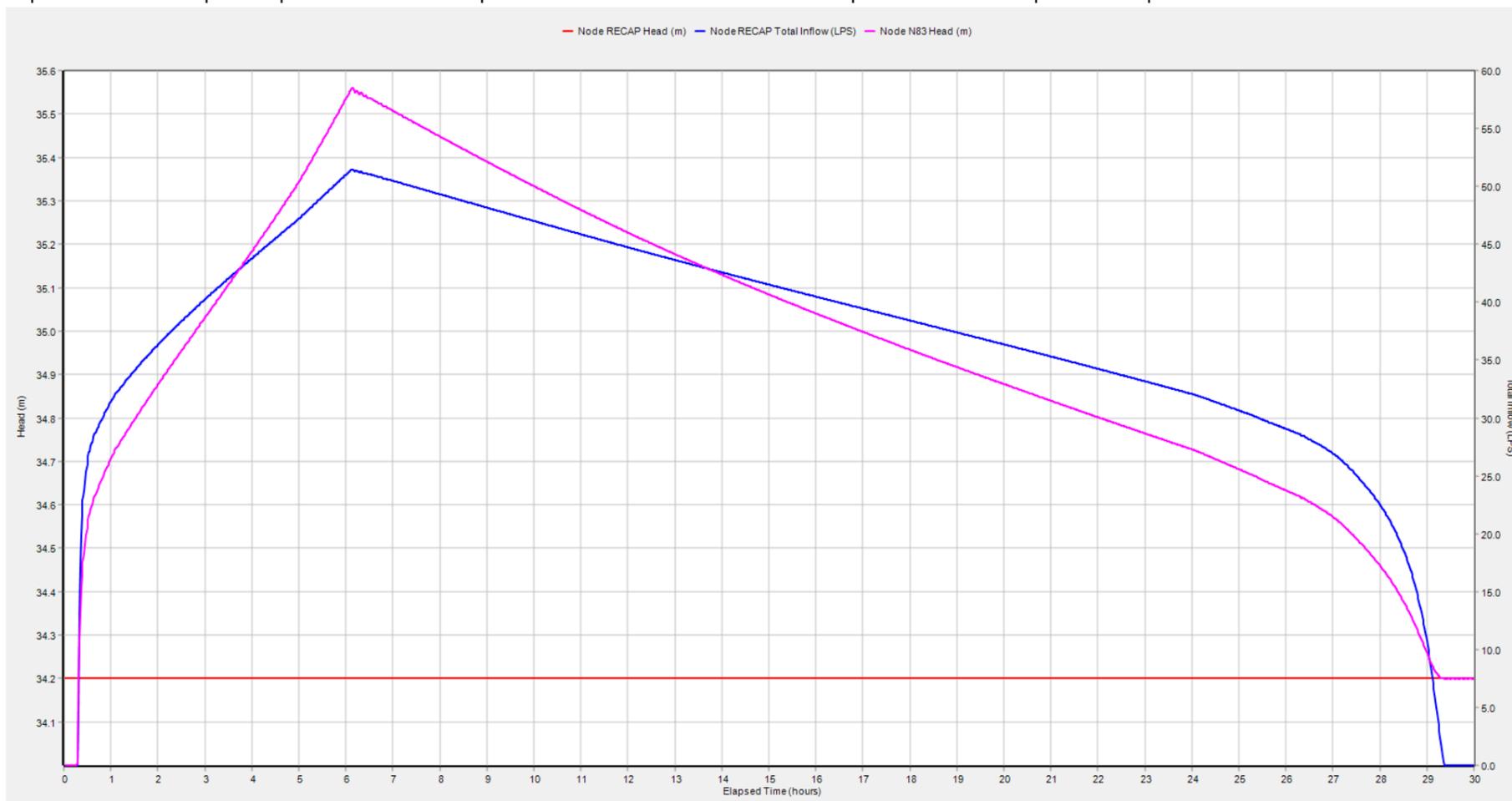
Profilo collettore principale strada – Massimo livello con funzionamento ad invaso



Livello all'interno dell'invaso di laminazione V1 in funzione del tempo – Tempo di svuotamento pari a circa 29 ore



Si riporta di seguito il grafico con l'andamento della portata in uscita al recapito, del livello piezometrico al recapito e del livello piezometrico nell'ultimo nodo della rete. Si può notare come il picco di portata in uscita corrisponda alla massima differenza tra livello piezometrico al recapito e livello piezometrico nell'ultimo nodo della rete.



Outfall Loading

Outfall Node	Flow Freq. Pcnt.	Avg. Flow LPS	Max. Flow LPS	Total Volume 10 ⁶ ltr
RECAP	96.81	38.28	51.47	4.002

Dall'analisi delle tabelle e dei grafici precedenti emergono quindi i seguenti risultati:

- Massima quota del livello piezometrico nell'invaso di laminazione pari a **35.56 mslm**
- Riempimento massimo dell'invaso di laminazione pari a circa il **62-65%**
- Minimo franco della piezometrica rispetto al livello stradale pari a **34 cm > 10 cm** per la rete tubazioni e 37 cm per il fosso di guardia a nord della viabilità principale
- Massima porta in uscita al recapito pari a **51.47 l/s < Q_{lim}=55.78 l/s**

Tutte le condizioni di progetto sono pertanto verificate.

2.2.6 Verifica del volume di invaso della rete con il metodo cinematico

Al fine di eseguire un controllo manuale sui risultati ottenuti con il software EPA SWMM e dimensionare in modo cautelativo la capacità di invaso della rete si è calcolato il volume minimo da invasare utilizzando il metodo cinematico.

Per tali calcoli si sono utilizzati i parametri pluviometrici per $Tr=50$ anni:

$$a = 57 \text{ (mm/h}^n) \quad n = 0.272$$

Per valutare la quota parte di pioggia partecipante al deflusso si è utilizzato il metodo percentuale valutando un coefficiente di deflusso medio per tutta l'area partecipante al deflusso.

Il coefficiente di deflusso è stato ricavato per ogni singola zona omogenea utilizzando la formula seguente:

$$j = j_{IMP} \times IMP + j_{PERM} \times (1 - IMP)$$

dove

j_{IMP} = coefficiente di afflusso aree impermeabili;

j_{PERM} = coefficiente di afflusso aree permeabili;

IMP = coefficiente di impermeabilità.

Quindi si è calcolato il valore medio per l'intera area con la seguente formula

$$j = \frac{\sum a_i S_i j_i}{\sum a_i S_i}$$

dove

j_i = coefficiente di afflusso relativo alla zona i-esima;

S_i = area della i-esima zona urbanisticamente omogenea

Si riportano di seguito i valori parziali dai quali si è ottenuto un valore per il coefficiente di deflusso medio dell'area pari a

St	5.578 ha
Sperm	1.340 ha
Simp	4.238 ha
IMP	0.76

COEFF DI AFFLUSSO			
IMP (%)	ϕ_{imp}	ϕ_{perm}	ϕ
0.76	0.9	0.1	0.71

È stato poi valutato il tempo di corrivazione del comparto, valutato come somma del tempo di accesso in rete T_a e del tempo di rete Tr .

TEMPO DI CORRIVAZIONE	
T_a	4 min
Lcondotte	569 m
V_{media}	0.7 m/s
Tr	13.5 min
T_c	17.5 min

Si riporta di seguito lo schema di calcolo.

DETERMINAZIONE DEL VOLUME DI LAMINAZIONE DI UNA VASCA VOLANO CON METODO CINEMATICO		
Dati di progetto		
Tempo di ritorno	T	50 (anni)
Superficie del bacino	S	5.578 (ha)
Tempo di corrivazione	ϑ_c	17.5 (minuti)
Coefficiente di afflusso	φ	0.708 (-)
Coeff. Udometrico massimo	v	10
Portata uscente dalla vasca	Q_u	55.781 (l/s)
Coeff. della CPP	a	57 (mm/h ⁿ)
Esponente della CPP	n	0.272 (-)
Relazioni di riferimento		
Portata al colmo	$Q_c = S \varphi a \theta_c^{n-1}$	
Durata critica per la vasca	$n S \varphi a \theta_w^{n-1} + \frac{(1-n) t_c Q_u^2 \theta_w^{-n}}{S \varphi a} - Q_u = 0$	
Volume di massimo invaso	$W_m = S \varphi a \theta_w^n + \frac{t_c Q_u^2 \theta_w^{1-n}}{S \varphi a} - Q_u \theta_w - Q_u t_c$	
Dati di calcolo		
Portata al colmo	Q_c	1529.91 (l/s)
Durata critica per la vasca	ϑ_w	282.19 (minuti)
ϑ_w/ϑ_c	ϑ_w/ϑ_c	16.08 (-)
Portata massima per ϑ_w	Q_w	202.52 (l/s)
Rapporto di laminazione	$\eta=1/m$	0.04 (-)
Volume di calcolo della vasca	W_m	2441.91 (m³)
Volume unitario per ha imp.		618.50 (m ³ /ha)
Volume di calcolo maggiorato del 20% per compensare diversi effetti di sottostima riconosciuti da diversi Autori	W_{mm}	2930.29 (m³)

Il volume totale di invaso della rete in progetto costituito dall'invaso di laminazione e dalla rete di tubazioni, considerando la quota di massimo riempimento di +35.58 è pari a circa:

- volume vasca 2253 mc
- volume tubazioni 673 mc

Il volume totale è pertanto pari 2926 mc, valore confrontabile con quanto ricavato dal metodo cinematico. La verifica e la validazione del modello di calcolo possono quindi ritenersi soddisfatte.

2.2.7 Verifica del volume di invaso della rete con il metodo delle sole piogge

Al fine di eseguire un controllo manuale sui risultati ottenuti con il software EPA SWMM e dimensionare in modo cautelativo la capacità di invaso della rete si è calcolato il volume minimo da invasare utilizzando il metodo delle sole piogge.

Per tali calcoli si sono utilizzati i parametri pluviometrici per $T_r=50$ anni:

$$a = 57 \text{ (mm/h}^n\text{)} \quad n = 0.272$$

I valori del coefficiente di deflusso sono gli stessi del metodo cinematico riportati al paragrafo precedente

Si riporta di seguito lo schema di calcolo.

METODO SOLE PIOGGE

VOLUME ENTRANTE NELLA VASCA IN FUNZIONE DEL TEMPO θ :

$$W_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta^n$$

VOLUME USCENTE DALLA VASCA IN FUNZIONE DEL TEMPO θ :

$$W_u = Q_u \cdot \theta$$

VOLUME ACCUMULATO IN FUNZIONE DEL TEMPO θ :

$$W = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta^n - Q_u \cdot \theta$$

IL VALORE MASSIMO DI W SI OTTIENE ANNULLANDO LA DERIVATA PRIMA

OVVERO PER IL TEMPO CORRISPONDENTE ALLA DURATA CRITICA:

$$\theta_c = [Q_u / (S \cdot \varphi \cdot a \cdot n)]^{1/(n-1)}$$

IL VOLUME MASSIMO W_M E' QUINDI PARI A:

$$W_M = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta_c^n - Q_u \cdot \theta_c$$

DATI E SVILUPPO DEI CALCOLI

S	5.578	ha	SUPERFICIE SCOLANTE (IN ha)
S	55781	m ²	SUPERFICIE SCOLANTE (IN m ²)
qu	10	l/s/ha	PORTATA IN USCITA PER ETTARO
Qu	55.781	l/s	PORTATA COMPLESSIVA IN l/s
Qu	200.8116	m ³ /h	PORTATA COMPLESSIVA IN m ³ /h
a	57	mm/h ⁿ	PARAMETRO CURVA PLUVIOMETRICA
n	0.272		PARAMETRO CURVA PLUVIOMETRICA
a	0.057	m/h ⁿ	PARAMETRO CURVA PLUVIOMETRICA IN m/h ⁿ
φ	0.7078		COEFFICIENTE D'AFFLUSSO

DETERMINAZIONE DURATA CRITICA:

$$\theta_c = [Q_u / (S \cdot \varphi \cdot a \cdot n)]^{1/(n-1)}$$

$$\theta_c = 4.622734077 \text{ h} \quad \text{pari a } 277.36404 \text{ minuti}$$

DETERMINAZIONE VOLUME VASCA W_M

$$W_e = 3412.86 \text{ m}^3$$

$$W_u = 928.30 \text{ m}^3$$

$$W_M = W_e - W_u \quad W_M + 30\%$$

W_M	2484.56 m ³	3230 m ³
-------	------------------------	---------------------

Il volume totale di invaso della rete in progetto costituito dall'invaso di laminazione e dalla rete di tubazioni, considerando la quota di massimo riempimento di +35.39 è pari a circa:

- volume vasca 2253 mc
- volume tubazioni 673 mc

Il volume totale è pertanto pari 2926 mc, valore confrontabile con quanto ricavato dal metodo delle sole piogge.

La verifica e la validazione del modello di calcolo possono quindi ritenersi soddisfatte.

2.2.8 Verifica manuale sezione tubazione di scarico

I calcoli idraulici dell'intera rete sono stati eseguiti considerando la condizione al contorno di tirante idrico nel Cavo Fossone pari a 2/3 dell'altezza arginale.

È stata poi inserita nella modellazione SWMM una bocca tarata mediante elemento Orifice con coefficiente di scarico pari a 0.65 (v. pag. 16).

Si riporta di seguito la stessa verifica eseguita anche mediante foglio di calcolo elettronico.

diametro interno	Di	0.140 m
Area tubazione per limitazione portata	S	0.015 mq
Coefficiente di scarico	μ	0.65
Altezza acqua nel canale ricettore (2/3h)	y	34.2 m
Altezza massima nel collettore a monte	z	35.56 m
Portata in uscita $Q = \mu A \sqrt{2g(z - y)}$	Qu	0.05166 mc/s

I valori ricavati sono analoghi a quanto ottenuto dal modello di calcolo SWMM e le verifiche sono pertanto soddisfatte.

3 GESTIONE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA

Lo scopo del presente paragrafo è quello di chiarire il sistema di gestione delle acque di prima pioggia dell'intervento in progetto.

A sensi del D.G.R. 286/05 e D.G.R. 1860/06 e viste le "Linee guida per la gestione delle acque meteoriche" approvate dal Comune di Reggio Emilia con delibera di giunta comunale n.94 del 30/04/2014 PG n. 14774 che prevedono l'obbligo di gestione delle acque di prima pioggia per le aree di parcheggi con superficie superiore a 4.000 mq è stato deciso di installare un impianto di trattamento delle acque di prima pioggia nell'area verde ad nord della viabilità principale a servizio delle aree dei parcheggi privati P4-P5-P6. Le vasche di prima pioggia saranno posizionate su area privata di proprietà di Terminal One SpA e rimarranno a gestione privata.

Visti i D.G.R. e le linee guida sopra citati e in analogia a quanto previsto per le aree dei parcheggi P1 e P2 dal comune di Reggio Emilia dove non è previsto il trattamento delle prime piogge per la strada nord (via Città del Tricolore) non si ritiene necessario il trattamento delle acque di prima pioggia per la superficie della viabilità principale che sarà ceduta al comune di Reggio Emilia.

Le vasche di prima pioggia restituiranno un refluo conforme alla Tabella 3 del D.Lgs n°152/06 limitatamente ai parametri idrocarburi totali e solidi sedimentabili.

La vasca di prima pioggia in progetto prevede pertanto un trattamento mediante accumulo, sedimentazione e disoleazione. Il dimensionamento della vasca, di seguito, proposto è stato redatto sulla base del DGR 1860/06 della regione Emilia Romagna.

Simp	34942 mq	superficie impermeabile comparto
Vpp	175 mc	volume utile vasca 1P
i	0.0056 l/s/mq	portata unitaria
Q	196 l/s	portata
Cf	100 s	coefficiente quantità di fango
Vsed	19.6 mc	volume utile vasca sedimentazione
Vtot	194 mc	volume totale vasca
ts	16.6 min	tempo di separazione
Qp	2.78 l/s	portata pompa dell'impianto
V	2.77 mc	volume disoleatore

Si ottiene pertanto un volume totale della vasca pari a circa 194 mc ed un volume minimo del disoleatore pari a circa 3 mc.

Si calcola inoltre di seguito il tempo di corrivazione della vasca al fine di verificare che possa raccogliere la prima pioggia dell'intero parcheggio prima di riempirsi.

CALCOLO TEMPO DI CORRIVAZIONE VASCA

Ta	3 min	tempo di accesso in rete
V	0.5 m/s	velocità media
L	310 m	lunghezza massimo percorso
Tr	10.3 min	tempo di rete
Tc	13.3 min	tempo di corrivazione
T1p	15 min	tempo convenzionale di 1P

Tc < T1p

OK

La vasca di prima pioggia sarà collocata fuori linea e collegata alla rete principale mediante un pozzetto bypass con condotto in ingresso nella vasca in PVC $\Phi 400$. All'ingresso della vasca sarà posizionata una valvola di chiusura automatica DN400 in acciaio inox Aisi 304 che permette la chiusura della tubazione in ingresso al raggiungimento massimo del livello all'interno della vasca e la deviazione delle acque di seconda pioggia verso il recapito finale.

Trascorse le ore di stoccaggio minimo dalla fine dell'evento meteorico segnalato dal sensore di pioggia, l'acqua accumulata viene successivamente inviata tramite elettropompa sommersa al disoleatore a coalescenza per eliminare gli oli e gli idrocarburi presenti e successivamente, tramite tubazione a gravità, nella vasca del sollevamento finale.

Da qui sarà recapitata tramite elettropompa sommersa nella rete acque nere esistente nel pozzetto R1 con una tubazione in pressione in pead PN16 $\Phi 110$ mm.

I liquami che si accumulano ad ogni ciclo di separazione saranno periodicamente estratti tramite autobotte.

Tutte le vasche, accumulo, sedimentazione, disoleatore e sollevamento finale saranno di tipo prefabbricato in c.a. Gli schemi esecutivi delle vasche, così come il dimensionamento statico delle stesse è pertanto a carico del fornitore. Si riassumono di seguito le principali caratteristiche generali che dovranno avere i manufatti e si rimanda agli elaborati grafici del progetto esecutivo per ulteriori dettagli.

Vasca di accumulo e sedimentazione

- Vasca prefabbricata in c.a. costituita da uno o più blocchi con capacità complessiva pari a minimo 63 mc. La vasca dovrà essere gettata con calcestruzzo autocompattante (SCC), classe di resistenza minima C35/45 classe di esposizione XA2 secondo UNI EN 206-1:2006. Le armature interne sono in acciaio in barre ad aderenza migliorata e/o rete elettrosaldata di tipo B450C. La copertura dovrà essere carrabile per carichi di prima categoria. Tutti i chiusini dovranno essere in ghisa sferoidale classe D400
- N°1 valvola di chiusura automatica DN 400 in acciaio inox Aisi 304 completa di paratoia di chiusura a tenuta e dispositivo di galleggiamento.
- N°1 elettropompa sommergibile per il pompaggio delle acque di prima pioggia potenza $\approx 1.1-1.5$ KW, portata 2-3 l/s e prevalenza 5-6 m, completa di n.ro 1 basamento per accoppiamento rapido della pompa alla tubazione di mandata con ancoraggio superiore tubo di guida, chiavarde ed accessori vari, catena in acciaio INOX con grillo, tubo di mandata in acciaio inox aisi 304, valvola a saracinesca, valvola di ritegno.
- N°1 regolatore di portata con relativa valvola a sfera in acciaio INOX per regolazione flusso
- N°1 sensore di livello.

Disoleatore

- N°1 disoleatore statico a coalescenza per separazione grassi/oli monoblocco prefabbricato in c.a. con volume minimo 3 mc. La vasca dovrà essere gettata con calcestruzzo autocompattante (SCC), classe di resistenza minima C35/45 classe di esposizione XA2 secondo UNI EN 206-1:2006. Le armature interne sono in acciaio in barre ad aderenza migliorata e/o rete elettrosaldata di tipo B450C. La copertura dovrà essere carrabile per carichi di prima categoria. Tutti i chiusini dovranno essere in ghisa sferoidale classe D400
Portata nominale trattamento 8-10 l/s
- N°2 manicotti sigillati a tenuta idraulica per innesto tubazioni ingresso/uscita;
- N°1 deviatore di flusso (deflettore) in acciaio INOX AISI 304 in prossimità della tubazione di ingresso;
- N°1 dispositivo di chiusura automatica ad otturatore a galleggiante DN 150 con filtro a coalescenza asportabile, in poliuretano espanso a base di poliestere con struttura definita ed uniforme dei fori, avente porosità 10 ppi; completo di cestello in acciaio INOX AISI 304.
- N°1 Quadro elettrico a norma in versione da esterni per la gestione dell'impianto predisposto per il telecontrollo.

Sollevamento finale

- Vasca monoblocco prefabbricata in c.a. di dimensioni indicative 160x250cm h=250 cm completa di copertura carrabile per carichi di prima categoria e chiusini per estrazione pompe in ghisa sferoidale classe D400. La vasca dovrà essere gettata con calcestruzzo autocompattante (SCC), classe di resistenza minima C35/45 classe di esposizione XA2 secondo UNI EN 206-1:2006. Le armature interne sono in acciaio in barre ad aderenza migliorata e/o rete elettrosaldata di tipo B450C. Il fondo della vasca dovrà avere pendenza pari all'8% verso le pompe.
- N°1+1R elettropompe sommergibili di sollevamento aventi ciascuna potenza nominale ≈ 1.5 KW, portata $\approx 3-4$ l/s, prevalenza circa 5-6 m, bocca di mandata DN80 complete ciascuna di valvola di ritegno a palla, saracinesca, tubazione di mandata e collettore in acciaio inox aisi 304 DN80 con spessore 3 mm e flangia di raccordo per tubazione in pead PN16 $\Phi 110$ mm.
- N°1 Quadro elettrico a norma in versione da esterni per la gestione dell'impianto predisposto per il telecontrollo.

4 RETE DI SMALTIMENTO ACQUE NERE

Il sistema di smaltimento delle acque reflue è dimensionato per garantire il deflusso delle acque reflue provenienti dalla nuova portineria di accesso dei parcheggi P4-P5.

La portineria sarà realizzata sul lato ovest dei parcheggi P4-P5 e saranno presenti n°3 bagni per un totale stimato di n° 6 addetti.

La rete acque nere in progetto prevede il posizionamento sul lato nord dell'area di una fossa Imhoff da cui partirà una tubazione in PVC SN8 $\Phi 160$ mm con pendenza pari al 5‰ che recapiterà all'interno dell'impianto di sollevamento posto in adiacenza alla vasca di prima pioggia nell'area verde a nord della viabilità principale.

Dall'impianto in oggetto, le acque nere delle acque di prima pioggia e della portineria saranno recapitate mediante una tubazione in pressione in pead PN16 $\Phi 110$ mm nella rete pubblica in corrispondenza del pozzetto R1.

La condotta in progetto in PVC sarà posata in trincee strette costituite da un fondo in sabbia e dei rinfianchi laterali e superiori in pietrischetto 4/8 dello spessore minimo di 10 cm sopra tubo.

I pozzetti di ispezione saranno di tipo circolare con diametro interno $\Phi 800$ mm. Tutti i pozzetti saranno rispondenti alla norma UNI EN 1917 con marcatura CE, dotati di giunzioni con garanzia di tenuta all'acqua e con fondo sagomato con canalette semicircolari raccordate alle direzioni incidenti. La tubazione sarà continua all'interno dei singoli pozzetti e sarà predisposto un pezzo a speciale a T con tappo di ispezione.

I chiusini dei pozzetti d'ispezione saranno in ghisa sferoidale e saranno costruiti a norma UNI EN 124 classe D400 con superficie carrabile antisdrucchiolo.

Si riporta di seguito il calcolo della portata di acque nere derivante dalla portineria.

Dalla tabella seguente si considera un apporto per "uffici" pari a 90 l/ut/g

Tipo di comunità	Unità di riferimento	Apporti pro-capite (l ut ⁻¹ d ⁻¹)		Carichi medi/g BOD ₅ (gBOD ₅ ut ⁻¹ d ⁻¹)		Durata media scarico (h)	Fatt. shock di carico
		Campo di variazione	Valore tipico	Campo di variazione	Valore tipico		
trattoria	cliente	15-30	25			8-12	alto
trattoria	impiegato	30-45	40		30	8-12	alto
ufficio	impiegato	25-90	65	18-27	23	8	alto
asilo	bambino		40				
casa riposo	residente	190-570	320				
casa riposo	impiegato	20-55	40		30		

Si ottiene pertanto

PORTATA ACQUE NERE - TOTALE		
α	0.8	[coefficiente di riduzione]
d	350 l/ab giorno	[dotazione idrica]
P	6 P	[abitanti]
Q	0.047 l/s	[portata media]
K	7	[coefficiente di punta]
Q _c	0.327 l/s	[portata di punta]

Le portate di punta risultano minime anche con un coefficiente di punta pari a 7, sempre molto inferiori alla portata a sezione piena di una tubazione in PVC $\Phi 160$ mm con pendenza del 5‰.

Le portate medie e di conseguenza le velocità di scorrimento risultano basse ma si ritengono accettabili vista la presenza della fossa Imhoff che evita il passaggio dei corpi solidi all'interno delle tubazioni

La portata nera derivante dalla portineria risulta di entità trascurabile anche per l'impianto di sollevamento a valle.

La portata massima immessa all'interno della rete pubblica nel pozzetto di recapito R1 è pertanto pari a circa 3-4 l/s.

5 REGIMAZIONE DELLE RETI DI FOSSI ESISTENTI

A seguito della trasformazione dell'area in esame è necessario predisporre alcune modifiche alle reti di fossi e scoline esistenti al fine di mantenere la funzionalità delle reti di drenaggio esistenti che coinvolgono le proprietà limitrofe e salvaguardare l'area in progetto.

Nello specifico la situazione ante e post operam è riportata in Tav. T1-PT1-IDR-6.

La modifica principale riguarda la deviazione della tubazione esistente $\Phi 1200$ mm che proviene dall'angolo sud-est della stazione e raccoglie le acque di un'area di rilevato autostradale a monte.

Attualmente la tubazione scarica nel canale esistente antistante la stazione con direzione di scorrimento est-ovest che si congiunge con il fosso di guardia del rilevato della linea FER Reggio-Guastalla. Tutta la rete di canali confluisce poi, in corrispondenza dell'angolo nord-ovest dell'area di proprietà di Terminal One SpA, nel cavo Fossone mediante l'attraversamento esistente della linea ferroviaria.

Nello stato di progetto viene mantenuto il medesimo recapito finale delle acque provenienti dalla tubazione $\Phi 1200$ mm, attraverso un differente percorso. La tubazione esistente viene infatti prolungata con una nuova tubazione di medesimo diametro e pendenza pari al 2‰ posta sul lato est della strada di accesso ai futuri parcheggi. In corrispondenza della curva della strada nell'angolo nord-est la tubazione recapiterà in un nuovo canale a cielo aperto in progetto che si immetterà a sua volta nel canale esistente con direzione est-ovest posto sul perimetro dell'area di proprietà di Terminal One SpA.

Il canale posto sul perimetro dovrà pertanto essere risagomato al fine di poter ricevere la portata aggiuntiva della tubazione $\Phi 1200$.

Si riporta di seguito il dimensionamento della sezione trasversale minima del canale per una portata a sezione piena della tubazione $\Phi 1200$ mm con pendenza 1‰ = 1.07 mc/s

b	0.90 m	larghezza base
W	1.00 m	altezza
s	1.00	pendenza sponde(o/v)
A	1.90 mq	area sezione piena
R	0.51 m	raggio idraulico
i	0.001 m/m	pendenza
n	0.030	coeff. Scabrezza Manning Strickler

Q _{SP}	1.28 mc/s	portata sezione piena
	1277.76 l/s	portata sezione piena
V _{SP}	0.67 m/s	velocità sezione piena

Q _R	1.07 mc/s	Portata reale
----------------	-----------	---------------

y	0.84 m	tirante idrico
A	1.46 mq	area bagnata
R	0.58 m	raggio idraulico

Ricerca tirante idrico

V _r	0.73 m/s	velocità reale
%riemp	76.80 %	percentuale di riempimento

Il riempimento massimo è pari a circa il 77%, pertanto la verifica è soddisfatta.

6 VERIFICHE STATICHE TUBAZIONI

Si riportano di seguito le verifiche delle tubazioni flessibili PVC e rigide in cls.

6.1 VERIFICHE TUBAZIONI FLESSIBILI

Allo scopo di garantire che le tubazioni in progetto siano in grado di resistere con adeguata sicurezza ai carichi agenti, si procede alla verifica dello schiacciamento delle tubazioni medesime, in quanto sotto i carichi di progetto possono essere soggette ad una progressiva ovalizzazione con eventuale deterioramento delle giunzioni e possibile fuoriuscita del materiale trasportato dalla condotta.

La condizione assunta che garantisce la sicurezza in fase di esercizio è una deformazione massima relativa del 5% sul diametro, deformazione che viene valutata considerando le proprietà meccaniche della tubazione a lungo termine dal momento che, in particolare per i materiali plastici, il modulo elastico a lungo termine è molto diverso dal modulo elastico istantaneo iniziale.

Per valutare la deformazione della tubazione si ipotizza uno schema di calcolo per il quale si crea uno stato di sollecitazione sul tubo causato dal carico statico del terreno soprastante, dall'azione dinamica del traffico stradale; ad influenzare la deformazione sul tubo contribuiscono anche il tipo di scavo, la composizione del terreno e il tipo di compattazione.

Le verifiche di deformabilità seguiranno la normativa UNI 7517.

Le condotte saranno tutte in PVC classe SN8 a norma UNI EN 1401-1 posate su un fondo di pietrischetto 4-8 di spessore pari a 15 cm e rinfiancate con pietrischetto 4-8 adeguatamente costipato.

Di seguito si esplicitano le ipotesi che stanno alla base delle verifiche da eseguire e i carichi da considerare.

6.1.1 Ipotesi relative alle condizioni al contorno e alle caratteristiche meccaniche dei tubi.

-il terreno che avvolge la tubazione sia un terreno a grana fine con più del 25% di particelle a grana grossa posto in opera con costipamento moderato \Rightarrow Modulo di elasticità del terreno $E_s=6.9$ MPa;

-le tubazioni in PVC – SN8 hanno modulo elastico a lungo termine $E_t=1500$ MPa; quindi si tratta di tubazioni flessibili essendo il coefficiente di elasticità $n>1$:

$$n = \frac{E_s}{E_t} \left(\frac{r}{s} \right)^3 > 1$$

dove $r = \frac{D - s}{2}$.

6.1.2 Carichi agenti sulle tubazioni in fase di esercizio

-carico statico del terreno per tubazioni flessibili: $P_{st} = \gamma_t HD$

dove: γ_t =peso specifico del reinterro= 20000 N/m³;

H=altezza del reinterro;

D=diametro esterno della tubazione;

-carico dinamico da traffico stradale (si è considerato il carico verticale sulla generatrice del tubo dovuto ai sovraccarichi mobili concentrati): $P_{vc} = \sigma_z D \varphi$

dove: σ_z =pressione verticale a livello della generatrice superiore del tubo dovuto ai sovraccarichi mobili concentrati che per carichi pesanti (secondo la norma DIN 1072 vengono denominati HT) vale

$$\sigma_z = 0.5281 \frac{P_a}{H^{1.0461}}$$

dove P_a =carico su ruota.

φ =fattore dinamico= $1+0.3/H$ per strade e autostrade;

$$Q_w = \gamma_w \left(H_w + \frac{D}{2} \right) D$$

-carico dovuto ad acqua di falda:

dove: γ_w =peso specifico dell'acqua

H_w =altezza della superficie libera della falda al di sopra della tubazione

Per i casi in esame $Q_w=0$.

6.1.3 Calcolo della deformazione del tubo

La deformazione diametrale del tubo risulta essere pari a:

$$\Delta y = \frac{(D_e P_{st} + P_{vc}) K_x r^3}{E_t I + 0.061 K_a E_s r^3} + \Delta a$$

dove:

Δy =inflessione verticale del tubo (cm);

D_e =fattore di ritardo di inflessione per tenere conto del fatto che il terreno continua a costiparsi nel tempo assunto uguale a 2;

P_{st} =carico verticale del reinterro sul tubo (N/cm);

P_{vc} =carico verticale dovuto al carico mobile sul tubo (N/cm);

K_x =coefficiente di inflessione che per fondo sagomato con materiale di riempimento moderatamente costipato si assume pari a 0.103;

r =raggio medio del tubo (cm);

$E_t I$ =fattore di rigidità trasversale del tubo (N cm);

K_a e Δa sono parametri che consentono il passaggio dalla deformazione media alla deformazione massima caratteristica e per $H < 4.9$ m sono rispettivamente pari a 0.75 e 0.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti per le varie tipologie di tubazioni nelle condizioni di minimo e massimo ricoprimento al fine di verificare che la massima deformazione diametrale risulti inferiore al 5%.

6.1.4 Verifica della massima sollecitazione di flessione

La sollecitazione o deformazione massima di flessione che risulta dall'inflessione del tubo non deve eccedere la resistenza a flessione a lungo termine del prodotto, ridotta di un fattore di sicurezza pari a 1.5. Dovrà quindi risultare:

$$\sigma = D_f E_t \left(\frac{\Delta y}{D} \right) \left(\frac{s}{D} \right) \leq \frac{\sigma_{lim}}{\mu}$$

6.1.5 Verifica dell'instabilità all'equilibrio elastico (buckling)

Una tubazione sollecitata da forze radiali uniformemente distribuite e dirette verso il centro di curvatura, dapprima rimane circolare, poi, all'aumentare delle forze, si inflette ovalizzandosi (deformata a due lobi) e progressivamente si ha la deformazione a tre lobi, ecc.

In una tubazione interrata, la pressione che determina l'instabilità elastica ("pressione di buckling") dipende però non solamente dall'indice di rigidezza della tubazione RG, ma anche dal modulo elastico del suolo che circonda la tubazione in quanto il sistema terreno-tubazione si comporta come un'unica entità.

Pertanto la pressione ammissibile di buckling può essere fornita dalla seguente espressione in cui il fattore di sicurezza FS da adottare è pari a 2.5:

$$q_a = \left(\frac{1}{FS} \right) \left(32 R_w B' E_t \frac{E_t I}{D^3} \right)^{1/2}$$

6.1.6 Verifiche

Minimo ricoprimento PVC315

Verifica statica TUBI PVC		
Dati		
Tubo PVC		Commenti
Ø tubo	315 mm	diametro esterno tubo
SN	8 KN/m ²	rigidità anulare
s tubo	9.2 mm	spessore tubo
R _i tubo	148.3 mm	raggio interno tubo
r medio	152.9 mm	raggio medio = (diametro-spessore)/2
E _t (differito)	1500 MPa	modulo elastico tubo (a lungo termine)
E _s	6.9 MPa	modulo elastico terreno
n	21.11625 Tubazione Flessibile	coefficiente di elasticità
I	64.89067 mm ³	modulo d'inerzia
Carichi statici		
	N.B. E' stato preso lo stesso peso specifico per il reinterro e la pavimentazione stradale	
γ _{te}	20000 N/m ³	carico specifico
H	0.89 m	altezza da estr. tubo a piano campagna
D	0.315 m	diametro esterno tubo
P _{ST}	5607 N/m	56.07 N/cm
Carico statico del terreno per tubazioni flessibili		
Carichi dinamici		
P _a	100 kN	carico verticale su generatrice sup. tubo
H	0.89 m	altezza da estr. tubo a piano campagna
σ _z	104.3656 kN/m ²	pressione vert. a livello della gen. sup. tubo
CARICO DINAMICO STRADALE		
φ	1.337079	fattore dinamico
D	0.315 m	diametro esterno tubo
P _v	43.95667 kN/m	439.5667 N/cm
Carico dinamico da traffico stradale		
Deformazione del tubo		
D _e	2	fattore di ritardo d'inflessione
K _x	0.103	coefficiente d'inflessione
E _t (differito)	150000 N/cm ²	modulo elastico tubo (a lungo termine)
E _s	690 N/cm ²	modulo elastico terreno
K _a	0.75	parametro adimensionale
Δa	0	parametro adimensionale
Δy	1.496696 cm	INFLESSIONE VERTICALE TUBO
Δy/D	0.047514	VERIFICA SODDISFATTA
Sollecitazione max flessione del tubo		
D _f	4.5	fattore di forma
s	0.92 cm	spessore tubo
E _t	15000 daN/cm ²	modulo elastico a lungo termine materiale
σ	93.67 daN/cm ²	tensione di flessione
σ _{lim}	5800 daN/cm ²	tensione snervamento materiale
μ	61.9	VERIFICA SODDISFATTA
Buckling del tubo		
H _w	0 cm	altezza falda sulla sommità della tubazione
H	0.89 cm	altezza da estr. tubo a piano campagna
R _w	1	fattore di spinta idrostatica della falda
B ¹	0.23	coeff. empirico di supporto elastico
I	0.06 cm ³	modulo di inerzia della tubazione
q _a	39.9 N/cm ²	pressione ammissibile di buckling
FS	2.54	VERIFICA SODDISFATTA

Massimo ricoprimento PVC315

Verifica statica TUBI PVC		
Dati		
Tubo PVC		Commenti
Ø tubo	315 mm	diametro esterno tubo
SN	8 KN/m ²	rigidità anulare
s tubo	9.2 mm	spessore tubo
R _i tubo	148.3 mm	raggio interno tubo
r medio	152.9 mm	raggio medio = (diametro-spessore)/2
E _t (differito)	1500 MPa	modulo elastico tubo (a lungo termine)
E _s	6.9 MPa	modulo elastico terreno
n	21.11625 Tubazione Flessibile	coefficiente di elasticità
I	64.89067 mm ³	modulo d'inerzia
	0.064891 cm ³	
Carichi statici		
	N.B. E' stato preso lo stesso peso specifico per il reinterro e la pavimentazione stradale	
γ _t =	20000 N/m ³	carico specifico
H=	4.35 m	altezza da estr. tubo a piano campagna
D=	0.315 m	diametro esterno tubo
P _{ST} =	27405 N/m	Carico statico del terreno per tubazioni flessibili
	274.05 N/cm	
Carichi dinamici		
P _a =	100 kN	carico verticale su generatrice sup. tubo
H=	4.35 m	altezza da estr. tubo a piano campagna
σ _z =	9.365693 kN/m ²	pressione vert. a livello della gen. sup. tubo
CARICO DINAMICO STRADALE		
φ=	1.068966	fattore dinamico
D=	0.315 m	diametro esterno tubo
P _v =	3.153655 kN/m	Carico dinamico da traffico stradale
	31.53655 N/cm	
Deformazione del tubo		
D _e =	2	fattore di ritardo d'inflessione
K _x =	0.103	coefficiente d'inflessione
E _t (differito)=	150000 N/cm ²	modulo elastico tubo (a lungo termine)
E _s =	690 N/cm ²	modulo elastico terreno
K _a =	0.75	parametro adimensionale
Δa=	0	parametro adimensionale
Δy=	1.572465 cm	INFLESSIONE VERTICALE TUBO
Δy/D=	0.04992	
VERIFICA SODDISFATTA		
Sollecitazione max flessione del tubo		
D _t =	4.5	fattore di forma
s=	0.92 cm	spessore tubo
E _t =	15000 daN/cm ²	modulo elastico a lungo termine materiale
σ=	98.41 daN/cm ²	tensione di flessione
σ _{lim} =	5800 daN/cm ²	tensione snervamento materiale
μ=	58.9	
VERIFICA SODDISFATTA		
Buckling del tubo		
H _w =	3.36 cm	altezza falda sulla sommità della tubazione
H=	4.35 cm	altezza da estr. tubo a piano campagna
R _w =	0.745103	fattore di spinta idrostatica della falda
B'=	0.39	coeff. empirico di supporto elastico
I=	0.06 cm ³	modulo di inerzia della tubazione
q _a =	44.5 N/cm ²	pressione ammissibile di buckling
FS=	4.71	
VERIFICA SODDISFATTA		

Minimo ricoprimento PVC400

Verifica statica TUBI PVC		
Dati		
Tubo PVC		Commenti
Ø tubo	400 mm	diametro esterno tubo
SN	8 KN/m ²	rigidità anulare
s tubo	11.7 mm	spessore tubo
R _i tubo	188.3 mm	raggio interno tubo
r medio	194.15 mm	raggio medio = (diametro-spessore)/2
E _t (differito)	1500 MPa	modulo elastico tubo (a lungo termine)
E _s	6.9 MPa	modulo elastico terreno
n	21.01902 Tubazione Flessibile	coefficiente di elasticità
I	133.4678 mm ³	modulo d'inerzia
	0.133468 cm ³	
Carichi statici		
	N.B. E' stato preso lo stesso peso specifico per il reinterro e la pavimentazione stradale	
γ _{t=}	20000 N/m ³	carico specifico
H=	0.89 m	altezza da estr. tubo a piano campagna
D=	0.4 m	diametro esterno tubo
P _{ST=}	7120 N/m	Carico statico del terreno per tubazioni flessibili
	71.2 N/cm	
Carichi dinamici		
P _{a=}	100 kN	carico verticale su generatrice sup. tubo
H=	0.89 m	altezza da estr. tubo a piano campagna
σ _{z=}	104.3656 kN/m ²	pressione vert. a livello della gen. sup. tubo
CARICO DINAMICO STRADALE		
φ=	1.337079	fattore dinamico
D=	0.4 m	diametro esterno tubo
P _{v=}	55.818 kN/m	Carico dinamico da traffico stradale
	558.18 N/cm	
Deformazione del tubo		
D _{e=}	2	fattore di ritardo d'inflessione
K _{x=}	0.103	coefficiente d'inflessione
E _t (differito)=	150000 N/cm ²	modulo elastico tubo (a lungo termine)
E _{s=}	690 N/cm ²	modulo elastico terreno
K _{a=}	0.75	parametro adimensionale
Δa=	0	parametro adimensionale
Δy=	1.900566 cm	INFLESSIONE VERTICALE TUBO
Δy/D=	0.047514	VERIFICA SODDISFATTA
Sollecitazione max flessione del tubo		
D _{t=}	4.5	fattore di forma
s=	1.17 cm	spessore tubo
E _{t=}	15000 daN/cm ²	modulo elastico a lungo termine materiale
σ=	93.81 daN/cm ²	tensione di flessione
σ _{lim=}	5800 daN/cm ²	tensione snervamento materiale
μ=	61.8	VERIFICA SODDISFATTA
Buckling del tubo		
H _{w=}	0 cm	altezza falda sulla sommità della tubazione
H=	0.89 cm	altezza da estr. tubo a piano campagna
R _{w=}	1	fattore di spinta idrostatica della falda
B ¹ =	0.23	coeff. empirico di supporto elastico
I=	0.13 cm ³	modulo di inerzia della tubazione
q _{a=}	40.0 N/cm ²	pressione ammissibile di buckling
FS=	2.54	VERIFICA SODDISFATTA

Massimo ricoprimento PVC400

Verifica statica TUBI PVC		
Dati		
Tubo PVC Ø tubo 400 mm SN 8 KN/m ² s tubo 11.7 mm R _i tubo 188.3 mm r medio 194.15 mm E _t (differito) 1500 MPa E _s 6.9 MPa n 21.01902 Tubazione Flessibile I 133.4678 mm ³	40 cm 0.8 N/cm ² 1.17 cm 18.83 cm 19.415 cm 150000 N/cm ² 690 N/cm ² 0.133468 cm ³	Commenti diametro esterno tubo rigidità anulare spessore tubo raggio interno tubo raggio medio = (diametro-spessore)/2 modulo elastico tubo (a lungo termine) modulo elastico terreno coefficiente di elasticità modulo d'inerzia
Carichi statici		
γ _{t=} 20000 N/m ³ H= 4.35 m D= 0.4 m P _{ST=} 34800 N/m	N.B. E' stato preso lo stesso peso specifico per il reinterro e la pavimentazione stradale 348 N/cm	carico specifico altezza da estr. tubo a piano campagna diametro esterno tubo Carico statico del terreno per tubazioni flessibili
Carichi dinamici		
P _{a=} 100 kN H= 4.35 m σ _{z=} 9.365693 kN/m ² CARICO DINAMICO STRADALE φ= 1.068966 D= 0.4 m P _{v=} 4.004641 kN/m	40.04641 N/cm	carico verticale su generatrice sup. tubo altezza da estr. tubo a piano campagna pressione vert. a livello della gen. sup. tubo fattore dinamico diametro esterno tubo Carico dinamico da traffico stradale
Deformazione del tubo		
D _{e=} 2 K _{x=} 0.103 E _t (differito)= 150000 N/cm ² E _{s=} 690 N/cm ² K _{a=} 0.75 Δa= 0 Δy= 1.996781 cm Δy/D= 0.04992	VERIFICA SODDISFATTA	fattore di ritardo d'inflessione coefficiente d'inflessione modulo elastico tubo (a lungo termine) modulo elastico terreno parametro adimensionale parametro adimensionale INFLESSIONE VERTICALE TUBO
Sollecitazione max flessione del tubo		
D _{t=} 4.5 s= 1.17 cm E _{t=} 15000 daN/cm ² σ= 98.56 daN/cm ² σ _{lim=} 5800 daN/cm ² μ= 58.8	VERIFICA SODDISFATTA	fattore di forma spessore tubo modulo elastico a lungo termine materiale tensione di flessione tensione snervamento materiale
Buckling del tubo		
H _{w=} 3.36 cm H= 4.35 cm R _{w=} 0.745103 B _{t=} 0.39 I= 0.13 cm ³ q _{a=} 44.6 N/cm ² FS= 4.72	VERIFICA SODDISFATTA	altezza falda sulla sommità della tubazione altezza da estr. tubo a piano campagna fattore di spinta idrostatica della falda coeff. empirico di supporto elastico modulo di inerzia della tubazione pressione ammissibile di buckling

Minimo ricoprimento PVC500

Verifica statica TUBI PVC		
Dati		
Tubo PVC		Commenti
Ø tubo	500 mm	diametro esterno tubo
SN	8 KN/m ²	rigidità anulare
s tubo	14.6 mm	spessore tubo
R _i tubo	235.4 mm	raggio interno tubo
r medio	242.7 mm	raggio medio = (diametro-spessore)/2
E _t (differito)	1500 MPa	modulo elastico tubo (a lungo termine)
E _s	6.9 MPa	modulo elastico terreno
n	21.13044 Tubazione Flessibile	coefficiente di elasticità
I	259.3447 mm ³	modulo d'inerzia
	0.259345 cm ³	
Carichi statici		
	N.B. E' stato preso lo stesso peso specifico per il reinterro e la pavimentazione stradale	
γ _t	20000 N/m ³	carico specifico
H	0.89 m	altezza da estr. tubo a piano campagna
D	0.5 m	diametro esterno tubo
P _{ST}	8900 N/m	Carico statico del terreno per tubazioni flessibili
	89 N/cm	
Carichi dinamici		
P _a	100 kN	carico verticale su generatrice sup. tubo
H	0.89 m	altezza da estr. tubo a piano campagna
σ _z	104.3656 kN/m ²	pressione vert. a livello della gen. sup. tubo
	CARICO DINAMICO STRADALE	
φ	1.337079	fattore dinamico
D	0.5 m	diametro esterno tubo
P _v	69.7725 kN/m	Carico dinamico da traffico stradale
	697.725 N/cm	
Deformazione del tubo		
D _e	2	fattore di ritardo d'inflessione
K _x	0.103	coefficiente d'inflessione
E _t (differito)	150000 N/cm ²	modulo elastico tubo (a lungo termine)
E _s	690 N/cm ²	modulo elastico terreno
K _a	0.75	parametro adimensionale
Δa	0	parametro adimensionale
Δy	2.375707 cm	INFLESSIONE VERTICALE TUBO
	VERIFICA SODDISFATTA	
Δy/D	0.047514	
Sollecitazione max flessione del tubo		
D _f	4.5	fattore di forma
s	1.46 cm	spessore tubo
E _t	15000 daN/cm ²	modulo elastico a lungo termine materiale
σ	93.65 daN/cm ²	tensione di flessione
σ _{lim}	5800 daN/cm ²	tensione snervamento materiale
	VERIFICA SODDISFATTA	
μ	61.9	
Buckling del tubo		
H _w	0 cm	altezza falda sulla sommità della tubazione
H	0.89 cm	altezza da estr. tubo a piano campagna
R _w	1	fattore di spinta idrostatica della falda
B'	0.23	coeff. empirico di supporto elastico
I	0.26 cm ³	modulo di inerzia della tubazione
q _a	39.9 N/cm ²	pressione ammissibile di buckling
	VERIFICA SODDISFATTA	
FS	2.54	

Massimo ricoprimento PVC500

Verifica statica TUBI PVC		
Dati		
<p>Tubo PVC</p> <p>Ø tubo 500 mm</p> <p>SN 8 KN/m²</p> <p>s tubo 14.6 mm</p> <p>R_i tubo 235.4 mm</p> <p>r medio 242.7 mm</p> <p>E_t (differito) 1500 MPa</p> <p>E_s 6.9 MPa</p> <p>n 21.13044 Tubazione Flessibile</p> <p>I 259.3447 mm³</p>	<p>50 cm</p> <p>0.8 N/cm²</p> <p>1.46 cm</p> <p>23.54 cm</p> <p>24.27 cm</p> <p>150000 N/cm²</p> <p>690 N/cm²</p> <p>0.259345 cm³</p>	<p>Commenti</p> <p>diametro esterno tubo</p> <p>rigidità anulare</p> <p>spessore tubo</p> <p>raggio interno tubo</p> <p>raggio medio = (diametro-spessore)/2</p> <p>modulo elastico tubo (a lungo termine)</p> <p>modulo elastico terreno</p> <p>coefficiente di elasticità</p> <p>modulo d'inerzia</p>
Carichi statici		
<p>γ_{t=} 20000</p> <p>H= 4.35 m</p> <p>D= 0.5 m</p> <p>P_{ST=} 43500 N/m</p>	<p>N.B. E' stato preso lo stesso peso specifico per il reinterro e la pavimentazione stradale</p> <p>20000 N/m³</p> <p>435 N/cm</p>	<p>carico specifico</p> <p>altezza da estr. tubo a piano campagna</p> <p>diametro esterno tubo</p> <p>Carico statico del terreno per tubazioni flessibili</p>
Carichi dinamici		
<p>P_{a=} 100 kN</p> <p>H= 4.35 m</p> <p>σ_{z=} 9.365693 kN/m²</p> <p>CARICO DINAMICO STRADALE</p> <p>φ= 1.068966</p> <p>D= 0.5 m</p> <p>P_{v=} 5.005801 kN/m</p>	<p>50.05801 N/cm</p>	<p>carico verticale su generatrice sup. tubo</p> <p>altezza da estr. tubo a piano campagna</p> <p>pressione vert. a livello della gen. sup. tubo</p> <p>fattore dinamico</p> <p>diametro esterno tubo</p> <p>Carico dinamico da traffico stradale</p>
Deformazione del tubo		
<p>D_{e=} 2</p> <p>K_{x=} 0.103</p> <p>E_t (differito)= 150000 N/cm²</p> <p>E_{s=} 690 N/cm²</p> <p>K_{a=} 0.75</p> <p>Δa= 0</p> <p>Δy= 2.495976 cm</p> <p>Δy/D= 0.04992</p>	<p>VERIFICA SODDISFATTA</p>	<p>fattore di ritardo d'inflessione</p> <p>coefficiente d'inflessione</p> <p>modulo elastico tubo (a lungo termine)</p> <p>modulo elastico terreno</p> <p>parametro adimensionale</p> <p>parametro adimensionale</p> <p>INFLESSIONE VERTICALE TUBO</p>
Sollecitazione max flessione del tubo		
<p>D_{t=} 4.5</p> <p>s= 1.46 cm</p> <p>E_{t=} 15000 daN/cm²</p> <p>σ= 98.39 daN/cm²</p> <p>σ_{lim=} 5800 daN/cm²</p> <p>μ= 58.9</p>	<p>VERIFICA SODDISFATTA</p>	<p>fattore di forma</p> <p>spessore tubo</p> <p>modulo elastico a lungo termine materiale</p> <p>tensione di flessione</p> <p>tensione snervamento materiale</p>
Buckling del tubo		
<p>H_{w=} 3.36 cm</p> <p>H= 4.35 cm</p> <p>R_{w=} 0.745103</p> <p>B¹= 0.39</p> <p>I= 0.26 cm³</p> <p>q_{a=} 44.5 N/cm²</p> <p>FS= 4.71</p>	<p>VERIFICA SODDISFATTA</p>	<p>altezza falda sulla sommità della tubazione</p> <p>altezza da estr. tubo a piano campagna</p> <p>fattore di spinta idrostatica della falda</p> <p>coeff. empirico di supporto elastico</p> <p>modulo di inerzia della tubazione</p> <p>pressione ammissibile di buckling</p>

Minimo ricoprimento PVC630

Verifica statica TUBI PVC		
Dati		
Tubo PVC		Commenti
Ø tubo	630 mm	diametro esterno tubo
SN	8 KN/m ²	rigidità anulare
s tubo	18.4 mm	spessore tubo
R _i tubo	296.6 mm	raggio interno tubo
r medio	305.8 mm	raggio medio = (diametro-spessore)/2
E _t (differito)	1500 MPa	modulo elastico tubo (a lungo termine)
E _s	6.9 MPa	modulo elastico terreno
n	21.11625 Tubazione Flessibile	coefficiente di elasticità
I	519.1253 mm ³	modulo d'inerzia
	0.519125 cm ³	
Carichi statici		
	N.B. E' stato preso lo stesso peso specifico per il reinterro e la pavimentazione stradale	
γ _{t=}	20000 N/m ³	carico specifico
H=	0.89 m	altezza da estr. tubo a piano campagna
D=	0.63 m	diametro esterno tubo
P _{ST=}	11214 N/m	Carico statico del terreno per tubazioni flessibili
	112.14 N/cm	
Carichi dinamici		
P _{a=}	100 kN	carico verticale su generatrice sup. tubo
H=	0.89 m	altezza da estr. tubo a piano campagna
σ _{z=}	104.3656 kN/m ²	pressione vert. a livello della gen. sup. tubo
CARICO DINAMICO STRADALE		
φ=	1.337079	fattore dinamico
D=	0.63 m	diametro esterno tubo
P _{v=}	87.91335 kN/m	Carico dinamico da traffico stradale
	879.1335 N/cm	
Deformazione del tubo		
D _{e=}	2	fattore di ritardo d'inflessione
K _{x=}	0.103	coefficiente d'inflessione
E _t (differito)=	150000 N/cm ²	modulo elastico tubo (a lungo termine)
E _{s=}	690 N/cm ²	modulo elastico terreno
K _{a=}	0.75	parametro adimensionale
Δa=	0	parametro adimensionale
Δy=	2.993391 cm	INFLESSIONE VERTICALE TUBO
Δy/D=	0.047514	VERIFICA SODDISFATTA
Sollecitazione max flessione del tubo		
D _{t=}	4.5	fattore di forma
s=	1.84 cm	spessore tubo
E _{t=}	15000 daN/cm ²	modulo elastico a lungo termine materiale
σ=	93.67 daN/cm ²	tensione di flessione
σ _{lim=}	5800 daN/cm ²	tensione snervamento materiale
μ=	61.9	VERIFICA SODDISFATTA
Buckling del tubo		
H _{w=}	0 cm	altezza falda sulla sommità della tubazione
H=	0.89 cm	altezza da estr. tubo a piano campagna
R _{w=}	1	fattore di spinta idrostatica della falda
B ¹ =	0.23	coeff. empirico di supporto elastico
I=	0.52 cm ³	modulo di inerzia della tubazione
q _{a=}	39.9 N/cm ²	pressione ammissibile di buckling
FS=	2.54	VERIFICA SODDISFATTA

Massimo ricoprimento PVC630

Verifica statica TUBI PVC		
Dati		
Tubo PVC		Commenti
Ø tubo	630 mm	diametro esterno tubo
SN	8 KN/m ²	rigidità anulare
s tubo	18.4 mm	spessore tubo
R _i tubo	296.6 mm	raggio interno tubo
r medio	305.8 mm	raggio medio = (diametro-spessore)/2
E _t (differito)	1500 MPa	modulo elastico tubo (a lungo termine)
E _s	6.9 MPa	modulo elastico terreno
n	21.11625 Tubazione Flessibile	coefficiente di elasticità
I	519.1253 mm ³	modulo d'inerzia
	0.519125 cm ³	
Carichi statici		
	N.B. E' stato preso lo stesso peso specifico per il reinterro e la pavimentazione stradale	
γ _{t=}	20000 N/m ³	carico specifico
H=	4.35 m	altezza da estr. tubo a piano campagna
D=	0.63 m	diametro esterno tubo
P _{ST=}	54810 N/m	Carico statico del terreno per tubazioni flessibili
	548.1 N/cm	
Carichi dinamici		
P _{a=}	100 kN	carico verticale su generatrice sup. tubo
H=	4.35 m	altezza da estr. tubo a piano campagna
σ _{z=}	9.365693 kN/m ²	pressione vert. a livello della gen. sup. tubo
CARICO DINAMICO STRADALE		
φ=	1.068966	fattore dinamico
D=	0.63 m	diametro esterno tubo
P _{v=}	6.30731 kN/m	Carico dinamico da traffico stradale
	63.0731 N/cm	
Deformazione del tubo		
D _{e=}	2	fattore di ritardo d'inflessione
K _{x=}	0.103	coefficiente d'inflessione
E _t (differito)=	150000 N/cm ²	modulo elastico tubo (a lungo termine)
E _{s=}	690 N/cm ²	modulo elastico terreno
K _{a=}	0.75	parametro adimensionale
Δa=	0	parametro adimensionale
Δy=	3.14493 cm	INFLESSIONE VERTICALE TUBO
Δy/D=	0.04992	
		VERIFICA SODDISFATTA
Sollecitazione max flessione del tubo		
D _{t=}	4.5	fattore di forma
s=	1.84 cm	spessore tubo
E _{t=}	15000 daN/cm ²	modulo elastico a lungo termine materiale
σ=	98.41 daN/cm ²	tensione di flessione
σ _{lim=}	5800 daN/cm ²	tensione snervamento materiale
μ=	58.9	
		VERIFICA SODDISFATTA
Buckling del tubo		
H _{w=}	3.36 cm	altezza falda sulla sommità della tubazione
H=	4.35 cm	altezza da estr. tubo a piano campagna
R _{w=}	0.745103	fattore di spinta idrostatica della falda
B ['] =	0.39	coeff. empirico di supporto elastico
I=	0.52 cm ³	modulo di inerzia della tubazione
q _{a=}	44.5 N/cm ²	pressione ammissibile di buckling
FS=	4.71	
		VERIFICA SODDISFATTA

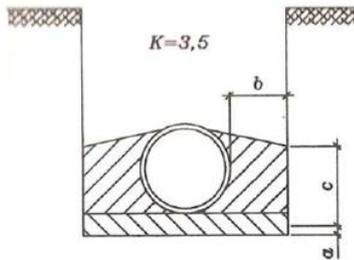
Infine si riporta di seguito la tabella riassuntiva dei valori di ricoprimento minimo e massimo da utilizzare nella posa delle tubazioni della rete.

Φ	Hmin	Hmax
315	0.89	4.35
400	0.89	4.35
500	0.89	4.35
630	0.89	4.35

Si può quindi concludere che le tubazioni utilizzate con le condizioni di posa prescritte rispettano i valori minimi e massimi di ricoprimenti; le verifiche statiche sono pertanto soddisfatte.

6.2 VERIFICHE TUBAZIONI RIGIDE

Le presenti verifiche sono state eseguite al fine di controllare il comportamento delle tubazioni rigide in calcestruzzo utilizzate per la rete acque bianche. Tutte le condotte saranno posate secondo il seguente schema riportato negli elaborati grafici del progetto esecutivo. Le classi di resistenza previste sono 135 KN/mq per i tubi $\Phi 800/\Phi 1000$ mm e 120 KN/mq per i tubi $\Phi 1200$ mm.



Tipo 5
 Appoggio in calcestruzzo
 con rinforzo in calcestruzzo.
 $a = \frac{1}{4} D$ (min. 0,10 m)
 $b = \frac{1}{4} D$ (min. 0,10 m)
 $c \geq \frac{3}{4} D$

Il produttore dovrà inoltre garantire un coefficiente di sicurezza pari a 1.2 nella verifica con carico di prima fessurazione.

La verifica consiste nel calcolare il carico gravante sulla tubazione e quindi confrontare il valore trovato con quello derivante dalla classe della tubazione.

Verranno di seguito eseguiti i calcoli in forma generale per quel che concerne la parte teorica, successivamente sono stati riportati i fogli di calcolo con i quali sono state eseguite le verifiche per i ricoprimenti minimi e massimi di ogni tubazione di diametro omogeneo.

6.2.1 Carico statico del terreno

Carico Verticale sul tubo in trincea stretta:

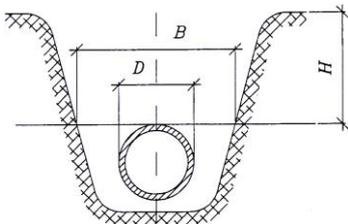
$$Q_{ST} = C_t \gamma_t B^2$$

dove:

Q_{ST} = carico verticale sul tubo in N/m

γ_t = peso specifico del rinterro in N/m³

B = larghezza effettiva della trincea a livello della generatrice superiore del tubo in m



$$C_t = \frac{1 - e^{-2k(H/B) \operatorname{tg} \rho'}}{2k * \operatorname{tg}(\rho')} = \text{coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea stretta}$$

con

$k = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \rho/2)$ = coefficiente di spinta attiva.

Carico Verticale sul tubo in trincea larga:

$$Q_{ewt} = C_e \gamma_t D^2$$

Q_{ewt} = Carico verticale sul tubo in N/m

γ_t = peso specifico del rinterro in N/m³

D = diametro esterno del tubo in m

$$C_e = 0,1 + 0,85(H/D) + 0,33(H/D)^2 \quad \text{per } H/D \leq 2,66$$

$$C_e = 0,1 + 1,68(H/D) \quad \text{per } H/D > 2,66.$$

6.2.2 Carico dinamico da traffico stradale

È stato considerato un carico corrispondente al valore derivante da un mezzo convenzionale da 60t, il quale si suddivide in 6 punti di carico ciascuno da 10t.

$$P_{vc} = \sigma_z D \varphi$$

dove:

σ_z = pressione verticale a livello della generatrice superiore del tubo dovuto ai sovraccarichi mobili concentrati che per carichi pesanti (secondo la norma DIN 1072 vengono denominati HT) vale

$$\sigma_z = 0.5281 \frac{P_a}{H^{1.0461}}$$

con P_a = carico su ruota.

φ = fattore dinamico = $1 + 0.3/H$ per carichi stradali.

Carico dovuto ad acqua di falda

La spinta dell'acqua si valuta come segue:

$$Q_w = \gamma_w \left(H_w + \frac{D}{2} \right) D$$

dove: γ_w = peso specifico dell'acqua

H_w = altezza della superficie libera della falda al di sopra della tubazione.

Nei casi in esame si è trascurato il valore del peso dell'acqua all'interno della tubazione poiché produce un effetto trascurabile.

6.2.3 Azione sismica

Si trascurano, sull'elemento in analisi, gli effetti sismici in quanto:

- ai fini delle azioni verticali in soletta la struttura ha luce inferiore ai 20.00 m;
- ai fini delle azioni orizzontali sui piedritti, l'adozione di uno scenario dissimmetrico di spinta produce sollecitazioni maggiori di quelle dovute al sisma oscillatorio.

6.2.4 Carico totale sull'estradosso della tubazione:

$$C_L = Q_{rinterro} + Q_{traffico} + Q_{falda}$$

Il carico con cui confrontare tale valore di azione sollecitante è stato ottenuto nel seguente modo:

$$\frac{(C_L) \times k}{\mu} = C_R$$

dove:

C_L = carico massimo sopportato teorico;

C_R = carico massimo reale dopo la messa in opera in trincea;

k = coefficiente di posa, pari a 3.5 secondo la normativa EN-295 nel caso di appoggio su letto di calcestruzzo e rinfiacco con calcestruzzo;

μ = coefficiente di sicurezza allo schiacciamento, pari a 1,5 (valore cautelativo per contenere effetti di decadimento del materiale) secondo la normativa UNI 7517 per tubazioni in assenza di pressione interna.

6.2.5 Fogli di calcolo utilizzati per le verifiche di resistenza

Si riportano di seguito i fogli di calcolo utilizzati per le verifiche di resistenza delle tubazioni in calcestruzzo utilizzate.

Minimo ricoprimento CLS 800

Verifica statica tubazione in cls RIGIDA

DN	800 mm	diametro nominale=diametro interno
De	0.99 m	diametro esterno del tubo
γ_t	20000 N/m ³	peso specifico del rinterro
P	125000 N	carico per ruota di convoglio
n	6	numero ruote del convoglio
A	9.08 m	area d'impronta del convoglio
Carichi permanenti		
h	0.48 m	altezza del rinterro dalla generatrice sup. del tubo
B	1.49 m	larghezza effettiva del rinterro a livello della generatrice sup. del tubo
TRINCEA LARGA		
ρ	35 °	angolo d'attrito interno del rinterro
ρ'	30 °	angolo d'attrito tra rinterro e terreno naturale
k	0.271	coefficiente di spinta attiva
Si assume $\rho = \rho'$		
Trincea stretta		
C _t	0.306	coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea stretta
Q _{st}	14304 N/m	Carico verticale sul tubo nella condizione di posa in trincea stretta
Trincea larga		
C _e	0.590	coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea larga
Q _{ewt}	11559 N/m	Carico verticale sul tubo nella condizione di posa in trincea larga
UTILIZZATO	11559 N/m	Valore utilizzato tra i valori di carico nelle due condizioni di posa analizzate
Carichi mobili		
Concentrato		
σ_z	142259 N/m ²	tensione specifica trasmessa all'estradosso della tubazione dai carichi mobili
D	0.99 m	diametro esterno della tubazione
φ	1.625	coefficiente dinamico carico stradale
P _v	228859 N/m	Carico sollecitante la condotta
Distribuito		
C _d	0.956	Coefficiente funzione di (A, H, L, D)
p	82613 N/m ²	valore del sovraccarico distribuito sulla sup. occupata dal veicolo
D	0.99 m	diametro esterno tubazione
φ	1.625	coefficiente dinamico
P _{vd}	127056 N/m	Carico agente sulla condotta
MAX	228859 N/m	Valore Massimo tra i valori di carico nelle due condizioni analizzate
Carico della falda		
γ_w	10000 N/m ³	peso specifico dell'acqua
h	0 m	quota della falda sulla sommità della canalizzazione
D	0.99 m	diametro esterno tubazione
Q _{idr}	4900.5 N/m ²	carico agente sulla condotta riferito all'asse
Totale carico sull'estradosso tubazione		
Q _{tot}	245319 N/m	
Resistenza tubazione dopo la messa in opera in trincea		
CR	135 KN/mq	Classe di resistenza
Qt	108000 N/m	Carico massimo teorico
K	3.5	coefficiente di posa
μ	1.5	coefficiente di sicurezza allo schiacciamento
Q _r	252000 N/m	
Q _r > Q _{tot}	VERIFICATO	

Massimo ricoprimento CLS 800

Verifica statica tubazione in cls RIGIDA

DN	800 mm	diametro nominale=diametro interno
De	0.99 m	diametro esterno del tubo
γ_t	20000 N/m ³	peso specifico del rinterro
P	125000 N	carico per ruota di convoglio
n	6	numero ruote del convoglio
A	93.05 m	area d'impronta del convoglio
Carichi permanenti		
h	6.20 m	altezza del rinterro dalla generatrice sup. del tubo
B	1.49 m	larghezza effettiva del rinterro a livello della generatrice sup. del tubo
TRINCEA STRETTA		
ρ	35 °	angolo d'attrito interno del rinterro
ρ'	30 °	angolo d'attrito tra rinterro e terreno naturale
k	0.271	coefficiente di spinta attiva
Si assume $\rho = \rho'$		
Trincea stretta		
C _t	2.327	coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea stretta
Q _{st}	184760 N/m	Carico verticale sul tubo nella condizione di posa in trincea stretta
Trincea larga		
C _e	10.621	coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea larga
Q _{ewt}	208197 N/m	Carico verticale sul tubo nella condizione di posa in trincea larga
UTILIZZATO	184760 N/m	Valore utilizzato tra i valori di carico nelle due condizioni di posa analizzate
Carichi mobili		
Concentrato		
σ_z	9788 N/m ²	tensione specifica trasmessa all'estradosso della tubazione dai carichi mobili
D	0.99 m	diametro esterno della tubazione
φ	1.048387097	coefficiente dinamico carico stradale
P _v	10159 N/m	Carico sollecitante la condotta
Distribuito		
C _d	0.956	Coefficiente funzione di (A, H, L, D)
p	8060 N/m ²	valore del sovraccarico distribuito sulla sup. occupata dal veicolo
D	0.99 m	diametro esterno tubazione
φ	1.048387097	coefficiente dinamico
P _{vd}	7998 N/m	Carico agente sulla condotta
MAX	10159 N/m	Valore Massimo tra i valori di carico nelle due condizioni analizzate
Carico della falda		
γ_{ω}	10000 N/m ³	peso specifico dell'acqua
h	5.2 m	quota della falda sulla sommità della canalizzazione
D	0.99 m	diametro esterno tubazione
Q _{idr}	56380.5 N/m ²	carico agente sulla condotta riferito all'asse
Totale carico sull'estradosso tubazione		
Q _{tot}	251300 N/m	
Resistenza tubazione dopo la messa in opera in trincea		
CR	135 KN/mq	Classe di resistenza
Qt	108000 N/m	Carico massimo teorico
K	3.5	coefficiente di posa
μ	1.5	coefficiente di sicurezza allo schiacciamento
Q _r	252000 N/m	
Q _r > Q _{tot}	VERIFICATO	

Minimo ricoprimento CLS 1000

Verifica statica tubazione in cls RIGIDA

DN	1000 mm	diametro nominale=diametro interno
De	1.22 m	diametro esterno del tubo
γ_t	20000 N/m ³	peso specifico del rinterro
P	125000 N	carico per ruota di convoglio
n	6	numero ruote del convoglio
A	9.01 m	area d'impronta del convoglio
Carichi permanenti		
h	0.47 m	altezza del rinterro dalla generatrice sup. del tubo
B	1.82 m	larghezza effettiva del rinterro a livello della generatrice sup. del tubo
TRINCEA LARGA		
ρ	35 °	angolo d'attrito interno del rinterro
ρ'	30 °	angolo d'attrito tra rinterro e terreno naturale
k	0.271	coefficiente di spinta attiva
Si assume $\rho = \rho'$		
Trincea stretta		
C _t	0.248	coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea stretta
Q _{st}	17108 N/m	Carico verticale sul tubo nella condizione di posa in trincea stretta
Trincea larga		
C _e	0.476	coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea larga
Q _{ewt}	14183 N/m	Carico verticale sul tubo nella condizione di posa in trincea larga
UTILIZZATO	14183 N/m	Valore utilizzato tra i valori di carico nelle due condizioni di posa analizzate
Carichi mobili		
Concentrato		
σ_z	145427 N/m ²	tensione specifica trasmessa all'estradosso della tubazione dai carichi mobili
D	1.22 m	diametro esterno della tubazione
φ	1.638297872	coefficiente dinamico carico stradale
P _v	290668 N/m	Carico sollecitante la condotta
Distribuito		
C _d	0.956	Coefficiente funzione di (A, H, L, D)
p	83259 N/m ²	valore del sovraccarico distribuito sulla sup. occupata dal veicolo
D	1.22 m	diametro esterno tubazione
φ	1.638297872	coefficiente dinamico
P _{vd}	159089 N/m	Carico agente sulla condotta
MAX	290668 N/m	Valore Massimo tra i valori di carico nelle due condizioni analizzate
Carico della falda		
γ_{ω}	10000 N/m ³	peso specifico dell'acqua
h	0 m	quota della falda sulla sommità della canalizzazione
D	1.22 m	diametro esterno tubazione
Q _{idr}	7442 N/m ²	carico agente sulla condotta riferito all'asse
Totale carico sull'estradosso tubazione		
Q _{tot}	312293 N/m	
Resistenza tubazione dopo la messa in opera in trincea		
CR	135 KN/mq	Classe di resistenza
Qt	135000 N/m	Carico massimo teorico
K	3.5	coefficiente di posa
μ	1.5	coefficiente di sicurezza allo schiacciamento
Q _r	315000 N/m	
Q _r > Q _{tot}	VERIFICATO	

Massimo ricoprimento CLS 1000

Verifica statica tubazione in cls RIGIDA

DN	1000 mm	diametro nominale=diametro interno
De	1.22 m	diametro esterno del tubo
γ_t	20000 N/m ³	peso specifico del rinterro
P	125000 N	carico per ruota di convoglio
n	6	numero ruote del convoglio
A	95.75 m	area d'impronta del convoglio
Carichi permanenti		
h	6.32 m	altezza del rinterro dalla generatrice sup. del tubo
B	1.82 m	larghezza effettiva del rinterro a livello della generatrice sup. del tubo
TRINCEA STRETTA		
ρ	35 °	angolo d'attrito interno del rinterro
ρ'	30 °	angolo d'attrito tra rinterro e terreno naturale
k	0.271	coefficiente di spinta attiva
Si assume $\rho = \rho'$		
Trincea stretta		
C _t	2.118	coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea stretta
Q _{st}	230048 N/m	Carico verticale sul tubo nella condizione di posa in trincea stretta
Trincea larga		
C _e	8.803	coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea larga
Q _{ewt}	262046 N/m	Carico verticale sul tubo nella condizione di posa in trincea larga
UTILIZZATO	230048 N/m	Valore utilizzato tra i valori di carico nelle due condizioni di posa analizzate
Carichi mobili		
Concentrato		
σ_z	9594 N/m ²	tensione specifica trasmessa all'estradosso della tubazione dai carichi mobili
D	1.22 m	diametro esterno della tubazione
φ	1.047468354	coefficiente dinamico carico stradale
P _v	12260 N/m	Carico sollecitante la condotta
Distribuito		
C _d	0.956	Coefficiente funzione di (A, H, L, D)
p	7833 N/m ²	valore del sovraccarico distribuito sulla sup. occupata dal veicolo
D	1.22 m	diametro esterno tubazione
φ	1.047468354	coefficiente dinamico
P _{vd}	9570 N/m	Carico agente sulla condotta
MAX	12260 N/m	Valore Massimo tra i valori di carico nelle due condizioni analizzate
Carico della falda		
γ_w	10000 N/m ³	peso specifico dell'acqua
h	5.32 m	quota della falda sulla sommità della canalizzazione
D	1.22 m	diametro esterno tubazione
Q _{idr}	72346 N/m ²	carico agente sulla condotta riferito all'asse
Totale carico sull'estradosso tubazione		
Q _{tot}	314654 N/m	
Resistenza tubazione dopo la messa in opera in trincea		
CR	135 KN/mq	Classe di resistenza
Qt	135000 N/m	Carico massimo teorico
K	3.5	coefficiente di posa
μ	1.5	coefficiente di sicurezza allo schiacciamento
Q _r	315000 N/m	
Q _r > Q _{tot}	VERIFICATO	

Minimo ricoprimento CLS 1200

Verifica statica tubazione in cls RIGIDA

DN	1200 mm	diametro nominale=diametro interno
De	1.46 m	diametro esterno del tubo
γ_t	20000 N/m ³	peso specifico del rinterro
P	125000 N	carico per ruota di convoglio
n	6	numero ruote del convoglio
A	9.36 m	area d'impronta del convoglio
Carichi permanenti		
h	0.52 m	altezza del rinterro dalla generatrice sup. del tubo
B	2.18 m	larghezza effettiva del rinterro a livello della generatrice sup. del tubo
TRINCEA LARGA		
ρ	35 °	angolo d'attrito interno del rinterro
ρ'	30 °	angolo d'attrito tra rinterro e terreno naturale
k	0.271	coefficiente di spinta attiva
Si assume $\rho = \rho'$		
Trincea stretta		
C _t	0.230	coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea stretta
Q _{st}	22672 N/m	Carico verticale sul tubo nella condizione di posa in trincea stretta
Trincea larga		
C _e	0.445	coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea larga
Q _{ewt}	18954 N/m	Carico verticale sul tubo nella condizione di posa in trincea larga
UTILIZZATO	18954 N/m	Valore utilizzato tra i valori di carico nelle due condizioni di posa analizzate
Carichi mobili		
Concentrato		
σ_z	130832 N/m ²	tensione specifica trasmessa all'estradosso della tubazione dai carichi mobili
D	1.46 m	diametro esterno della tubazione
φ	1.576923077	coefficiente dinamico carico stradale
P _v	301216 N/m	Carico sollecitante la condotta
Distribuito		
C _d	0.956	Coefficiente funzione di (A, H, L, D)
p	80105 N/m ²	valore del sovraccarico distribuito sulla sup. occupata dal veicolo
D	1.46 m	diametro esterno tubazione
φ	1.576923077	coefficiente dinamico
P _{vd}	176311 N/m	Carico agente sulla condotta
MAX	301216 N/m	Valore Massimo tra i valori di carico nelle due condizioni analizzate
Carico della falda		
γ_{ω}	10000 N/m ³	peso specifico dell'acqua
h	0 m	quota della falda sulla sommità della canalizzazione
D	1.46 m	diametro esterno tubazione
Q _{idr}	10658 N/m ²	carico agente sulla condotta riferito all'asse
Totale carico sull'estradosso tubazione		
Q _{tot}	330829 N/m	
Resistenza tubazione dopo la messa in opera in trincea		
CR	120 KN/mq	Classe di resistenza
Qt	144000 N/m	Carico massimo teorico
K	3.5	coefficiente di posa
μ	1.5	coefficiente di sicurezza allo schiacciamento
Q _r	336000 N/m	
Q _r > Q _{tot}	VERIFICATO	

Massimo ricoprimento CLS 1200

Verifica statica tubazione in cls RIGIDA

DN	1200 mm	diametro nominale=diametro interno
De	1.46 m	diametro esterno del tubo
γ_t	20000 N/m ³	peso specifico del rinterro
P	125000 N	carico per ruota di convoglio
n	6	numero ruote del convoglio
A	79.11 m	area d'impronta del convoglio
Carichi permanenti		
h	5.55 m	altezza del rinterro dalla generatrice sup. del tubo
B	2.18 m	larghezza effettiva del rinterro a livello della generatrice sup. del tubo
TRINCEA STRETTA		
ρ	35 °	angolo d'attrito interno del rinterro
ρ'	30 °	angolo d'attrito tra rinterro e terreno naturale
k	0.271	coefficiente di spinta attiva
Si assume $\rho = \rho'$		
Trincea stretta		
C _t	1.755	coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea stretta
Q _{st}	241980 N/m	Carico verticale sul tubo nella condizione di posa in trincea stretta
Trincea larga		
C _e	6.486	coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea larga
Q _{ewt}	276524 N/m	Carico verticale sul tubo nella condizione di posa in trincea larga
UTILIZZATO	241980 N/m	Valore utilizzato tra i valori di carico nelle due condizioni di posa analizzate
Carichi mobili		
Concentrato		
σ_z	10991 N/m ²	tensione specifica trasmessa all'estradosso della tubazione dai carichi mobili
D	1.46 m	diametro esterno della tubazione
φ	1.054054054	coefficiente dinamico carico stradale
P _v	16914 N/m	Carico sollecitante la condotta
Distribuito		
C _d	0.956	Coefficiente funzione di (A, H, L, D)
p	9480 N/m ²	valore del sovraccarico distribuito sulla sup. occupata dal veicolo
D	1.46 m	diametro esterno tubazione
φ	1.054054054	coefficiente dinamico
P _{vd}	13947 N/m	Carico agente sulla condotta
MAX	16914 N/m	Valore Massimo tra i valori di carico nelle due condizioni analizzate
Carico della falda		
γ_w	10000 N/m ³	peso specifico dell'acqua
h	4.55 m	quota della falda sulla sommità della canalizzazione
D	1.46 m	diametro esterno tubazione
Q _{idr}	77088 N/m ²	carico agente sulla condotta riferito all'asse
Totale carico sull'estradosso tubazione		
Q _{tot}	335982 N/m	
Resistenza tubazione dopo la messa in opera in trincea		
CR	120 KN/mq	Classe di resistenza
Qt	144000 N/m	Carico massimo teorico
K	3.5	coefficiente di posa
μ	1.5	coefficiente di sicurezza allo schiacciamento
Q _r	336000 N/m	
Q _r > Q _{tot}	VERIFICATO	

Ø [mm]	R min [m]	R max [m]
800	0.48	6.20
1000	0.47	6.32
1200	0.52	5.55

Si può quindi concludere che le tubazioni utilizzate rispettano i valori minimi e massimi di ricoprimenti; le verifiche statiche di resistenza sono pertanto soddisfatte.

Il presente elaborato risulta costituito da n° 72 pagine numerate progressivamente (escluso il frontespizio).

Reggio Emilia li, 06/11/2020

Il Tecnico progettista
ing. Lorenzo Serri

