



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E
DEI TRASPORTI



E.N.A.C.
ENTE NAZIONALE per L'AVIAZIONE
CIVILE

Committente Principale



AEROPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE - "AMERIGO VESPUCCI"

Opera

PROJECT REVIEW - PIANO DI SVILUPPO AEROPORTUALE AL 2035

Titolo Documento Completo

OPERE IDRAULICHE ESTERNE AL SEDIME

Documentazione Generale - Relazione Idrologica e determinazione delle portate
Parte B - Reticolo Acque Basse

Livello di Progetto

SCHEDE DI APPROFONDIMENTO PROGETTUALE A LIVELLO MINIMO DI PROGETTO DI
FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

LIV	REV	DATA EMISSIONE	SCALA	CODICE FILE COMPLETO
PSA	02	MARZO 2024	-	FLR-MPL-PSA-OIE1-006-IL-RT_Rel Idrol Acque Basse
				TITOLO RIDOTTO
				Rel Idrol Acque Basse

02	03/2024	EMISSIONE PER PROCEDURA VIA-VAS	S. MONNI	C. NALDI	L. TENERANI
01	03/2023	EMISSIONE PER APPROVAZIONE IN LINEA TECNICA DI ENAC	S. MONNI	C. NALDI	L. TENERANI
00	10/2022	EMISSIONE PER DIBATTITO PUBBLICO	S. MONNI	C. NALDI	L. TENERANI
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

COMMITTENTE PRINCIPALE	GRUPPO DI PROGETTAZIONE	SUPPORTI SPECIALISTICI
 ACCOUNTABLE MANAGER Dott. Vittorio Fanti	 DIRETTORE TECNICO Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara n°631	PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Claudia Naldi Ordine degli Ingegneri di Firenze n. 7122
POST HOLDER PROGETTAZIONE Ing. Lorenzo Tenerani	RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Claudia Naldi Ordine degli Ingegneri di Firenze n. 7122	SUPPORTO SPECIALISTICO HYDEA S.p.A. Via del Rosso Fiorentino, 2g 50142 Firenze Italia
POST HOLDER MANUTENZIONE Ing. Nicola D'Ippolito		PROGETTISTA SPECIALISTICO Dott. Ing. Stefano Monni
POST HOLDER AREA DI MOVIMENTO Geom. Luca Ermini		

È SEVERAMENTE VIETATA LA RIPRODUZIONE E/O LA CESSIONE A TERZI SENZA AUTORIZZAZIONE DELLA COMMITTENTE

INDICE

RELAZIONE ILLUSTRATIVA GENERALE RELAZIONE IDROLOGICA E DETERMINAZIONE DELLE PORTATE - PARTE B - RETICOLO ACQUE BASSE

1	INTRODUZIONE	1
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
2.1	CRONISTORIA DELL'ATTUALE CONSORZIO DI BONIFICA DELL'AREA FIORENTINA.....	4
2.2	AREA OGGETTO DI STUDIO	9
2.2.1	<i>Bacino idrografico</i>	9
2.2.2	<i>Rete idrografica in destra del Fosso Reale</i>	10
2.2.3	<i>Rete idrografica in sinistra del Fosso Reale</i>	11
2.3	INQUADRAMENTO CLIMATICO E PLUVIOMETRICO.....	13
3	METODO DI CALCOLO	16
3.1	IL METODO DELL'INVASO LINEARE	16
3.2	CODICE DI CALCOLO HYNET.....	18
3.3	EVENTI PLUVIOMETRICI DI VERIFICA	22
3.3.1	<i>Durate superiori ad un'ora</i>	22
3.3.2	<i>Durate inferiori ai 30 minuti</i>	25
3.4	USO DEL SUOLO	26
3.4.1	<i>Corine Land Cover</i>	26
3.4.2	<i>Coefficiente di deflusso</i>	30
4	VERIFICHE STATO ATTUALE	33
4.1	STUDI PREGRESSI.....	33
4.2	CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI	33
4.3	RISULTATI	45
4.3.1	<i>Parametri caratteristici del bacino</i>	45
4.3.2	<i>Tempo di ritorno 10 anni</i>	47
4.3.3	<i>Tempo di ritorno 20 anni</i>	51
4.3.4	<i>Tempo di ritorno 50 anni</i>	54
4.3.5	<i>Tempo di ritorno 200 anni</i>	57
5	VERIFICA STATO DI PROGETTO	61
5.1	VARIAZIONI RISPETTO ALLO STATO ATTUALE	61
5.2	BACINI IDROGRAFICI STATO DI PROGETTO	62
5.3	RISULTATI STATO DI PROGETTO	71

5.3.1	<i>Parametri caratteristici del bacino</i>	<i>71</i>
5.3.2	<i>Tempo di ritorno 10 anni</i>	<i>73</i>
5.3.3	<i>Tempo di ritorno 20 anni</i>	<i>77</i>
5.3.4	<i>Tempo di ritorno 50 anni</i>	<i>81</i>
5.3.5	<i>Tempo di ritorno 200 anni</i>	<i>84</i>
6	CONCLUSIONI	88

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Idrologica e determinazione delle portate per quanto riguarda il Reticolo delle Acque Basse degli interventi afferenti alle opere idrauliche esterne al sedime aeroportuale, parte integrante della Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale (o Masterplan) al 2035 dell'aeroporto di Firenze, qui sviluppata e dettagliata ad un livello tecnico ritenuto congruo con le finalità della presente fase procedurale, comunque non inferiore a quello del progetto di fattibilità tecnica ed economica di cui all'art. 41 del D. Lgs. n. 36/2023.

Il citato approfondimento tecnico viene previsto ad integrazione della Sezione Generale della Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale al 20235, predisposta in aderenza alle normative e/o regolamenti specifici del settore aeronautico, rispetto alla quale si pone l'obiettivo di elaborare ulteriori elementi tecnici di studio, dettaglio, analisi e progettazione, ritenuti necessari ai fini del compiuto espletamento dei procedimenti amministrativi (di compatibilità ambientale e di autorizzazione) ai quali risulta per legge assoggettato lo strumento del Piano di Sviluppo Aeroportuale, così integrato in modo da rafforzarne la valenza e la funzione progettuale, strettamente interconnessa con quella pianificatoria e programmatica di investimento.

Le informazioni di seguito riportate vanno, pertanto, analizzate in stretta correlazione rispetto ai più ampi ed estesi aspetti tecnico-economici trattati all'interno dei documenti afferenti alla Sezione Generale del Masterplan, con i quali esse si relazionano secondo un processo capillare di progressivo approfondimento e dettaglio, ritenuto utile per una più completa, consapevole e piena visione dell'insieme delle previsioni di trasformazione dello scalo aeroportuale e delle aree circostanti, e per una più esauriente analisi e comprensione della Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale.

La citata Project Review costituisce la nuova formulazione tecnica delle previsioni progettuali e di investimento che ENAC prevede di attuare, nel medio-lungo periodo (orizzonte 2035, coerente con quello del Piano Nazionale degli Aeroporti in fase di aggiornamento), relativamente all'infrastruttura aeroportuale di Firenze, redatta dal Gestore aeroportuale di intesa con l'Ente regolatore in attuazione degli obblighi di miglioramento, ottimizzazione e sviluppo dell'aeroporto insiti nel contratto di concessione che lega lo stesso Gestore alle Istituzioni dello Stato (Ministero delle Infrastrutture e ENAC) per la gestione totale dell'infrastruttura aeroportuale (bene dello Stato). Ne consegue che l'insieme documentale di cui la presente relazione costituisce parte integrante deve essere visto e analizzato nella propria autonomia e indipendenza sostanziale, per quanto inevitabilmente consequenziale rispetto al precedente Masterplan 2014-2029 col quale risultano ancora sussistenti più elementi di dialogo che, tuttavia, ci si pone l'obiettivo di non assurgere a valenza prodromica e a

funzionalità necessaria per una completa illustrazione, definizione e comprensione del nuovo Piano di Sviluppo Aeroportuale 2035.

Si auspica, infine, di aver esaurientemente e correttamente tradotto e trasferito, all'interno della documentazione di cui al nuovo Masterplan 2035, quel prezioso bagaglio di esperienza e quell'insieme di utili risultanze derivanti dal dialogo costruttivo e dialettico che, nell'ultimo decennio, ha visto in più momenti la partecipazione di ENAC, del Gestore aeroportuale, degli Enti/Amministrazioni interessati, delle Istituzioni nazionali e regionali, dei vari stakeholders e della cittadinanza attiva intorno ai temi relativi al trasporto aereo, alla multimodalità della mobilità, al ruolo della rete aeroportuale territoriale toscana e al futuro dello scalo aeroportuale di Firenze, che ENAC vede sempre più strategico, integrato e funzionale alla rete nazionale ed europea dei trasporti.

L'area aeroportuale di Firenze idrograficamente appartiene al comprensorio che si articola su una rete di canali e collettori che definiscono l'assetto idraulico della *Piana* che si sviluppa fra i comuni di Firenze e Sesto Fiorentino e che è stata oggetto di progressiva bonifica nel secolo scorso. Il comprensorio attualmente gestito dal *Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno*.

Il sistema di bonifica è del tutto separato da quello delle *acque alte* che viceversa vengono intercettate al limite pedecollinare dai due *canali di cinta, orientale e occidentale*, in Comune di Sesto Fiorentino e che mediante il *fosso Reale* trovano recapito in località *San Donnino* (Comune di Campi Bisenzio) nel *fiume Bisenzio*, poco a monte della foce di quest'ultimo in *Arno*.

L'adeguamento aeroportuale, con l'inserimento della nuova pista, ha inciso sia sul tracciato del *fosso Reale* che sul sistema dei canali delle acque basse che vi si è dovuto adeguare.

Il tracciato di adeguamento del *fosso Reale* è stato oggetto di specifica elaborazione di verifica alla quale si rimanda per i relativi dettagli e risultati.

Si è pertanto reso necessario aggiornare la modellazione numerica di verifica idraulica del comprensorio di bonifica delle acque basse della piana nella porzione a confine fra i Comuni di Firenze e di Sesto Fiorentino nella sua interezza, riferendosi agli strumenti di gestione che già governavano il *Consorzio speciale di Bonifica della Piana di Sesto Fiorentino* inglobato dal gennaio 2010 in quello dell'*Area Fiorentina*. Con il riassetto territoriale dei comprensori della Toscana, anche quest'ultimo è stato amministrativamente inglobato nel ben maggiore *Consorzio n° 3 Medio Valdarno*, ma lo strumento di gestione è rimasto quello dell'originario Consorzio Speciale.

La rivisitazione del sistema ha costituito pertanto anche l'occasione dell'aggiornamento del quadro conoscitivo, sia pluviometrico che territoriale, rispetto alla situazione presa in esame dal *Piano generale di Bonifica (Aggiornamento 1988)* ad ora vigente nel comprensorio.

Nel dettaglio l'attività di aggiornamento è così strutturata:

- reperimento di una procedura di calcolo numerico analoga a quella utilizzata per l'aggiornamento del Piano di Bonifica realizzato nel 1988 ed attualmente in vigore;

- aggiornamento delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica ad oggi (Sir Regione Toscana);
- adeguamento delle caratteristiche geometriche, idrologiche, idrauliche e di uso del suolo del comprensorio;
- riscontro delle sezioni di calcolo con i rilievi topografici redatti dal Consorzio di Bonifica negli anni 2015-2016;
- simulazione della rete nello stato attuale;
- implementazione del sistema nello stato di progetto, con l'aggiornamento della rete e dei nuovi bacini afferenti a seguito dell'introduzione dell'infrastruttura aeroportuale;
- confronto tra i risultati ottenuti nello stato attuale e quelli relativi allo stato di progetto (Masterplan aeroporto di Firenze 2035).

Le verifiche sono state effettuate considerando gli eventi pluviometrici aventi periodi di ritorno di 10, 20, 50 e 200 anni. La scelta dei periodi di ritorno più bassi è dovuta al fatto che la rete del sistema acque basse era stata dimensionata in modo che i canali scolanti aree esclusivamente verdi avessero officiosità decennale. Questo vuol dire che tali canali dovevano risultare idonei a smaltire le portate derivanti da ogni evento piovoso avente tempo di ritorno non superiore ai 10 anni. I canali scolanti aree urbane, invece, dovevano avere officiosità cinquantennale, $Tr=50$ anni.

In conformità con le pianificazioni a livello territoriale attualmente in uso nell'area, le verifiche idrologiche e idrauliche sui tempi di ritorno brevi sono state associate anche al $Tr=20$ anni.

Data l'importanza dell'infrastruttura aeroportuale inserita nel contesto del Comprensorio di Bonifica ora prevalentemente urbanizzata, si è reso necessario effettuare una verifica anche per il periodo di ritorno di 200 anni.

Ai fini dell'aggiornamento del piano di Bonifica del comprensorio, tutte le verifiche vengono sviluppate mediante il metodo dell'invaso applicato alle reti in condizioni asincrone, ovvero quello già utilizzato per l'aggiornamento del Piano di Bonifica del Comprensorio svolto nel 1988.

Accertata la corretta taratura del modello numerico utilizzato su quello vigente e apportati gli aggiornamenti pluviometrici e di ordine territoriale, l'obiettivo finale è quello di verificare che le modifiche che saranno apportate al territorio con lo stato di progetto dell'infrastruttura aeroportuale non influenzino negativamente sia l'area in esame che quella contermina, in accordo con la normativa di tutela del territorio che si è sviluppata in Toscana a partire dalla DCRT 21 giugno 1994, N.230.

Si è infatti evidenziato come l'area d'intervento, per sua stessa natura, è stata già caratterizzata da zone soggette ad allagamenti più o meno protratti nel tempo.

Allo scopo attuale di riorganizzazione infrastrutturale si sono confrontati per ciascun periodo di ritorno i risultati ottenuti nelle due diverse configurazioni, ante e post operam, verificando che in base

al modello di riferimento nello stato di progetto aeroportuale i canali esaminati siano attraversati da portate più basse di quelle che si hanno nello stato preesistente e che coincide con l'attuale.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1 CRONISTORIA DELL'ATTUALE CONSORZIO DI BONIFICA DELL'AREA FIORENTINA

L'area oggetto di studio ricade all'interno del Comprensorio del Consorzio di Bonifica dell'area Fiorentina.



Figura 2.1: Regione interessata dal Consorzio di Bonifica dell'area Fiorentina.

Il perimetro operativo del Consorzio di Bonifica dell'Area Fiorentina è stato definito dalla Regione Toscana nel 1998. Interessa un territorio di 32.700 ettari che si estende nei Comuni di Sesto Fiorentino, Campi Bisenzio, Signa, Calenzano e Prato (in questo caso prevalentemente sulla sinistra del fiume Bisenzio), di Firenze (in destra d'Arno) e, in parte, di Fiesole, Pontassieve e Vaglia. Si tratta di un'area che, a partire dal secondo dopoguerra, ha registrato un aumento esponenziale nella presenza di insediamenti produttivi ed abitativi, di strade ed infrastrutture. Questo ha prodotto una crescente esigenza di gestire e mantenere in sicurezza corsi d'acqua, fiumi e canali.

Fino ai primi decenni del secolo scorso quest'area, pianeggiante e leggermente depressa, presentava infatti ampie aree di ristagno stagionale delle acque. La risoluzione dei problemi idraulici della piana di Pistoia-Prato-Firenze inizia nel XX secolo ad opere dell'Istituto Bonificazioni Toscane, quando vennero costituiti sei diversi Consorzi Idraulici (vedi Figura 2.2).

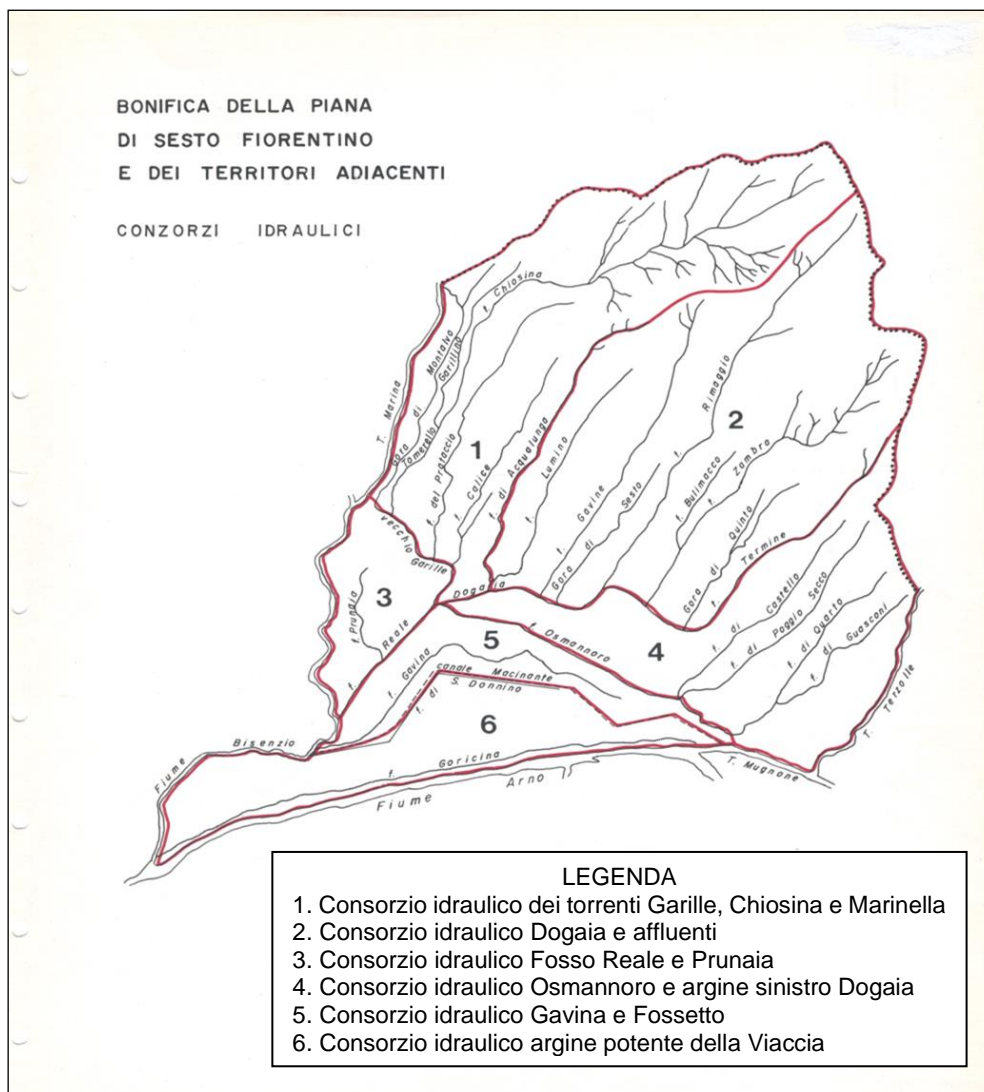


Figura 2.2: Comprensorio pre-bonifica e zone di operatività dei consorzi idraulici.

All'inizio degli anni '20 è stata riconosciuta la necessità di operare in modo organico e coordinato tra i vari consorzi per la soluzione efficace dei problemi della bonifica della zona. Pertanto, nel 1927 è stato costituito il Consorzio Speciale per la Bonifica della Piana di Sesto Fiorentino.

Successivamente, all'inizio del 1929, il Consorzio ha redatto, attraverso il Prof. Ing. Manfredi De Horatiis, il "Progetto di massima della Bonifica" che rappresentava un vero e proprio progetto di difesa preventiva, seguente le regole che prevedono il collegamento della bonifica montana con quella idraulica valliva e la separazione tra acque alte e acque basse. In base ad esso è stata realizzata la quasi totalità della rete idraulica di bonifica oggi esistente. Inoltre, tale progetto prevedeva la necessità di un ampliamento del Comprensorio, in modo da abbracciare tutta l'area sovrastante la Piana di Sesto Fiorentino. Il Consorzio estese così la propria competenza ad una superficie di 7.900 ettari. I principi di base del progetto furono la stabilizzazione della parte montana e pedecollinare mediante rimboschimenti e la realizzazione di numerose briglie sulle aste torrentizie che, intercettate allo sbocco nella pianura alluvionale da due Canali di Cinta (Orientale e

Occidentale), disposti in direzione est-ovest, venivano convogliate nel fiume Bisenzio mediante un unico collettore pensile e arginato, chiamato Fosso Reale. In questo modo è stata realizzata la separazione tra le acque "alte", di origine esterna alla pianura, e quelle "basse", interne ad essa (vedi Figura 2.3). Le acque basse, private degli apporti esterni, sono state poi riorganizzate e portate a confluire, mediante un unico Collettore Principale, nel Fiume Bisenzio all'altezza di Viaccia (Comune di Signa), con il risultato di un sostanziale prosciugamento dell'area.

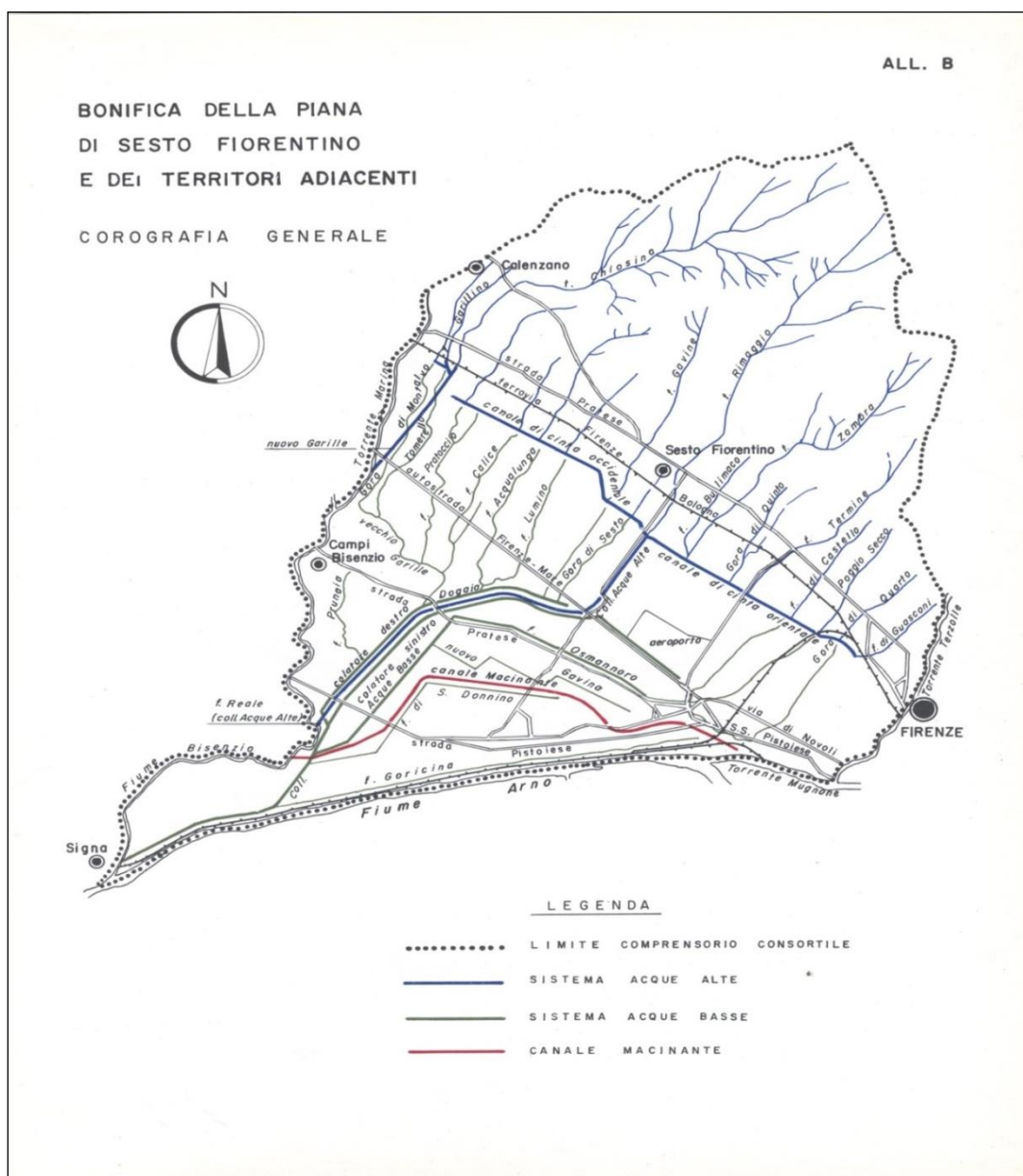


Figura 2.3: Corografia del Compensorio in cui viene evidenziata la distinzione tra i sistemi di acque alte e di acque basse.

Ad ogni modo, lo schema sopra descritto era stato progettato e realizzato per un compensorio di natura agricola, con modesti deflussi e assoggettabili in determinati periodi stagionali ad estesi allagamenti senza avere gravi conseguenze per le attività agricole.

A partire dagli anni '60, si è realizzata un'estesa urbanizzazione ed un progressivo abbandono dell'attività agricola nella Piana Fiorentina, che ha alterato in modo sensibile l'assetto territoriale e di uso del suolo alla base del progetto di De Horatiis. Ciò ha comportato la necessità di un costante riadeguamento della rete di bonifica e la sua trasformazione in elemento di salvaguardia dal rischio idraulico per i territori urbanizzati.

Gli eventi collegati con l'alluvione del '66, ripropongono in modo evidente le carenze idrauliche del sistema, che necessita di consistenti migliorie ed adeguamenti funzionali.

Tra il 1970 ed il 1980 si registra un importante intervento di manutenzione straordinaria del Fosso Reale che viene portato nella sua conformazione attuale, e l'adeguamento di buona parte della rete di acque basse.

Con la nuova legge quadro regionale in materia di bonifica del 1994, che individua nei bacini idrografici l'ambito ottimale per la gestione dell'assetto idraulico complessivo, sono avvenuti notevoli cambiamenti territoriali ed operativi dei Consorzi toscani, compreso il riordino dei comprensori, l'estensione della bonifica a tutto il territorio regionale e l'estensione delle competenze anche ai corsi d'acqua naturali e alle opere idrauliche. Il territorio regionale è infatti stato suddiviso in 41 comprensori di bonifica sui quali sono chiamati ad operare sia i consorzi di bonifica che, in loro sostituzione, le province o le comunità montane.

A seguito di ciò, il Comprensorio consortile, finora in gestione al Consorzio speciale di Bonifica della Piana di Sesto Fiorentino, è stato interessato da notevoli mutamenti territoriali ed è stato esteso dalla sinistra del fiume Bisenzio fino alla destra del fiume Sieve, arrivando ad una superficie di 32.000 ha. Ciò è stabilito dalla Delibera di Consiglio Regionale n. 92 del 21/04/1998, con la quale vengono assegnate le funzioni di bonifica e di assetto idraulico del comprensorio n.16 "Area Fiorentina", comprendente gran parte della Piana di Firenze, al Consorzio di Bonifica della Piana di Sesto, il quale cambia la sua denominazione in "Consorzio di Bonifica Area Fiorentina". In Figura 2.4 viene riportata la configurazione attuale di tale comprensorio.

La Figura 2.5 riporta, invece, come è cambiato il confine del comprensorio di bonifica dal 1930 ad oggi.

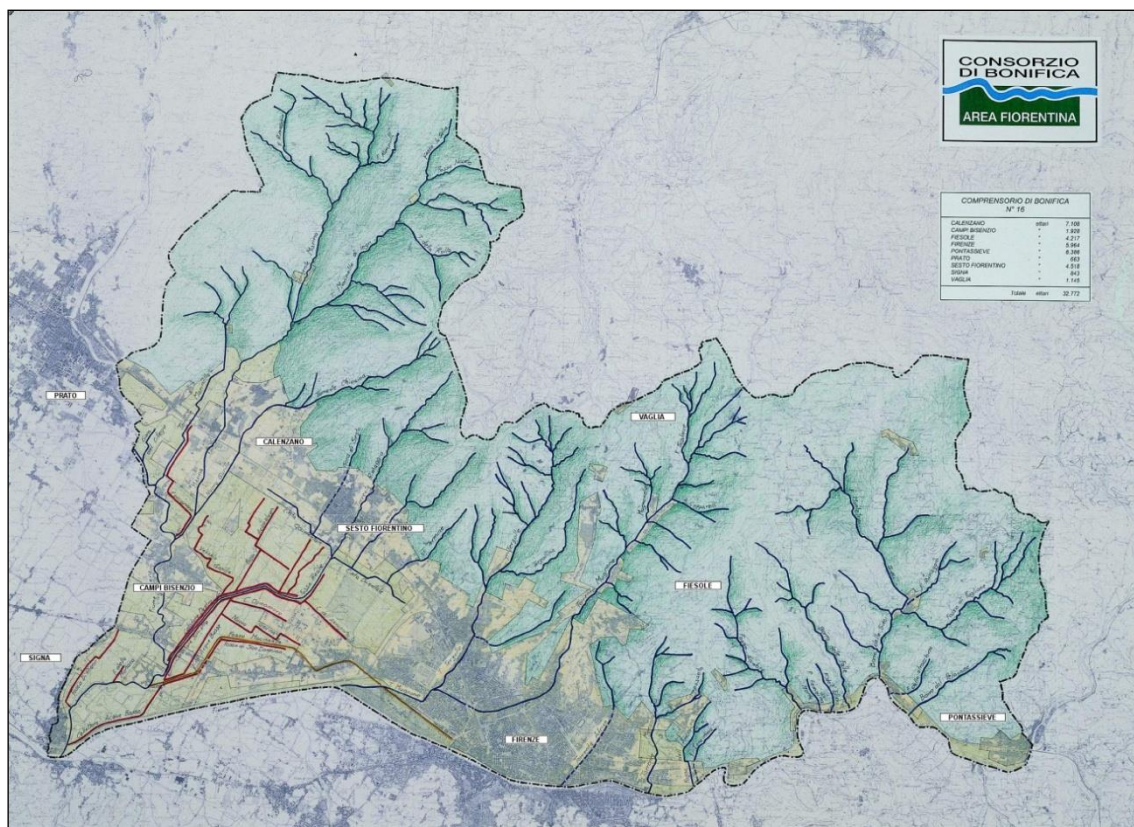


Figura 2.4: Configurazione attuale del consorzio consorziale n.16 dell'Area Fiorentina.

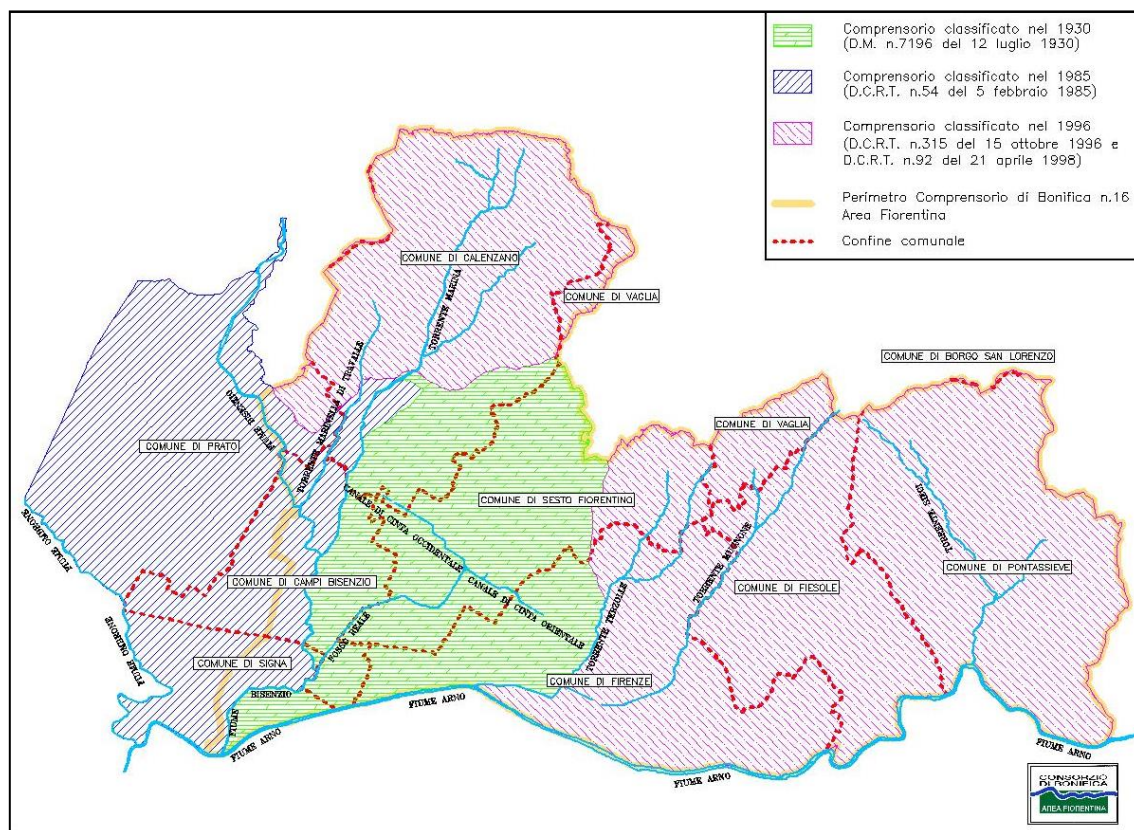


Figura 2.5: Modifiche del confine del consorzio di bonifica dal 1930 ad oggi.

2.2 AREA OGGETTO DI STUDIO

2.2.1 Bacino idrografico

Il bacino oggetto di studio è riportato in Figura 2.6 e comprende solo il reticolo delle acque basse del Consorzio di Bonifica dell'area fiorentina. Tale bacino interessa una superficie di circa 3.000 ha e 55 km di corsi d'acqua, in territori caratterizzati da quote comprese tra i 34 ed i 40 m. Esso risulta idraulicamente suddiviso dal Fosso Reale in due parti: 1.461,94 ha in destra e 1.501,11 ha in sinistra del Fosso Reale stesso.

I corsi d'acqua interessati sono:

- in destra del Fosso Reale: la Gora dell'Acqualunga, il Canale di Gronda, il Canale Lumino Nord, il Canale Gavine o Gaine, la Gora di Sesto (Rigognolo), il Canale Colatore destro;
- in sinistra del Fosso Reale: il Canale Colatore Acque Basse, il Fosso Dogaia, il Fosso Lupaia, il Canale dell'Aeroporto, il canale San Donnino, il canale dell'Osmannoro, il canale Gavina, il Canale Colatore sinistro.



Figura 2.6: Bacino e reticolo idrografico oggetto di studio.

2.2.2 Rete idrografica in destra del Fosso Reale

In Figura 2.7 è riportato il bacino posto in destra del Fosso Reale. Esso è compreso tra la sinistra idraulica del Torrente Marina e del fiume Bisenzio, il canale di Cinta occidentale ed il Fosso Reale stesso.

In Tabella 2.1 vengono riportati i canali che ricadono all'interno di questo bacino con la corrispondente superficie calcolata alla sezione di chiusura.

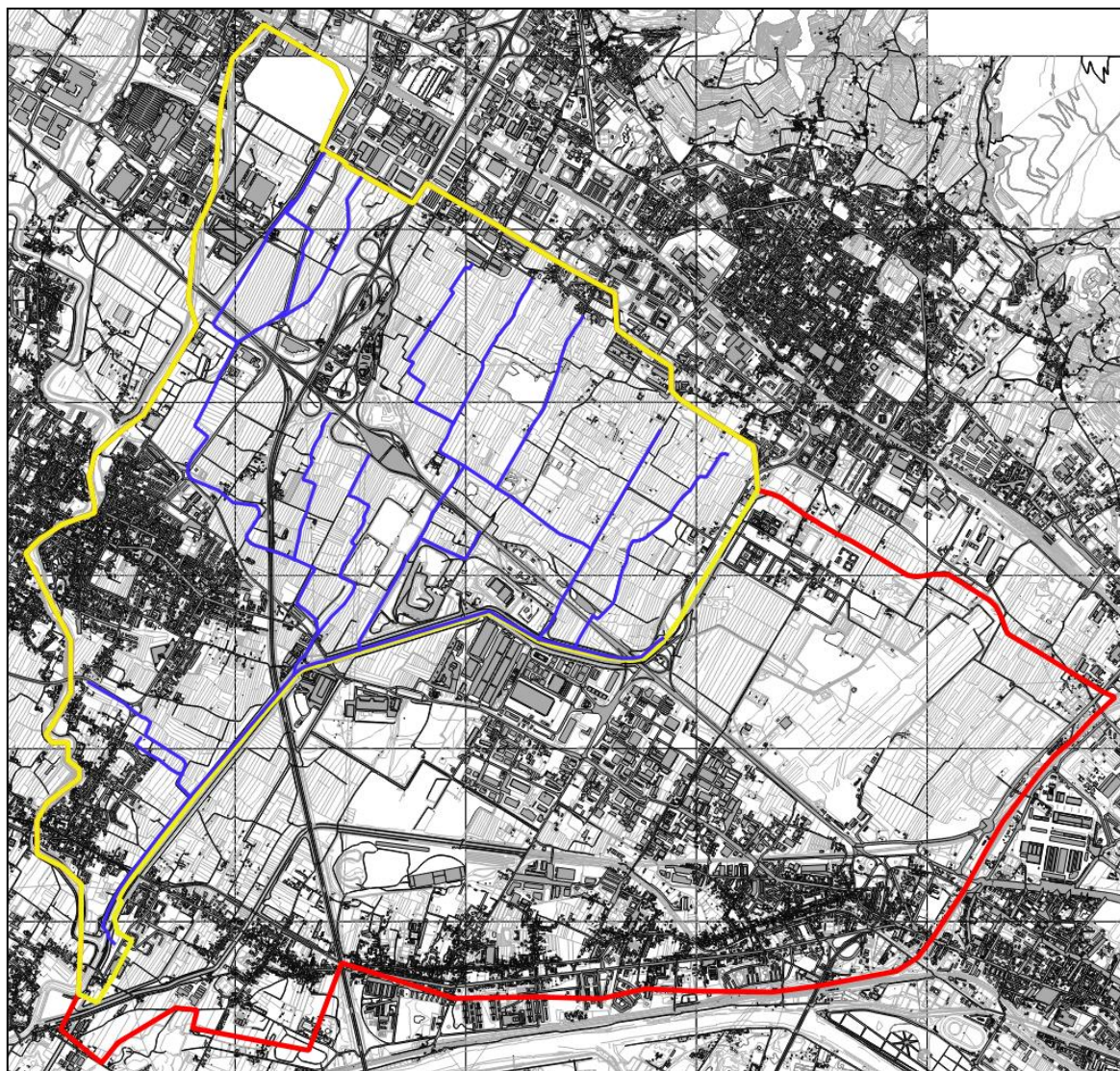


Figura 2.7: Bacino e canali in destra del Fosso Reale.

Tabella 2.1: Canali in destra del Fosso Reale e superficie del bacino servita.

Canale	Area [ha]
Montalvo	67,31
Tomerello	89,01
Vecchio Prataccio	47,77
Garille	458,99
Nuovo Prataccio	40,64
Calice Sud	48,73
Calice Nord	120,75
Gora dell'Acqualunga	378,76
Lumino Nord	104,04
Canale di Gronda	140,24
Lumino Sud	19,73
Gavine	99,58
Gora di Sesto	85,31
Prunaia	153,17
Colatore destro	1.461,94

2.2.3 Rete idrografica in sinistra del Fosso Reale

Il bacino in sinistra del Fosso Reale è compreso tra la sinistra idraulica del Reale stesso, il canale di Cinta orientale, la destra idraulica dei torrenti Terzolle e Mugnone, dal fiume Arno e dalla sinistra idraulica del Bisenzio.

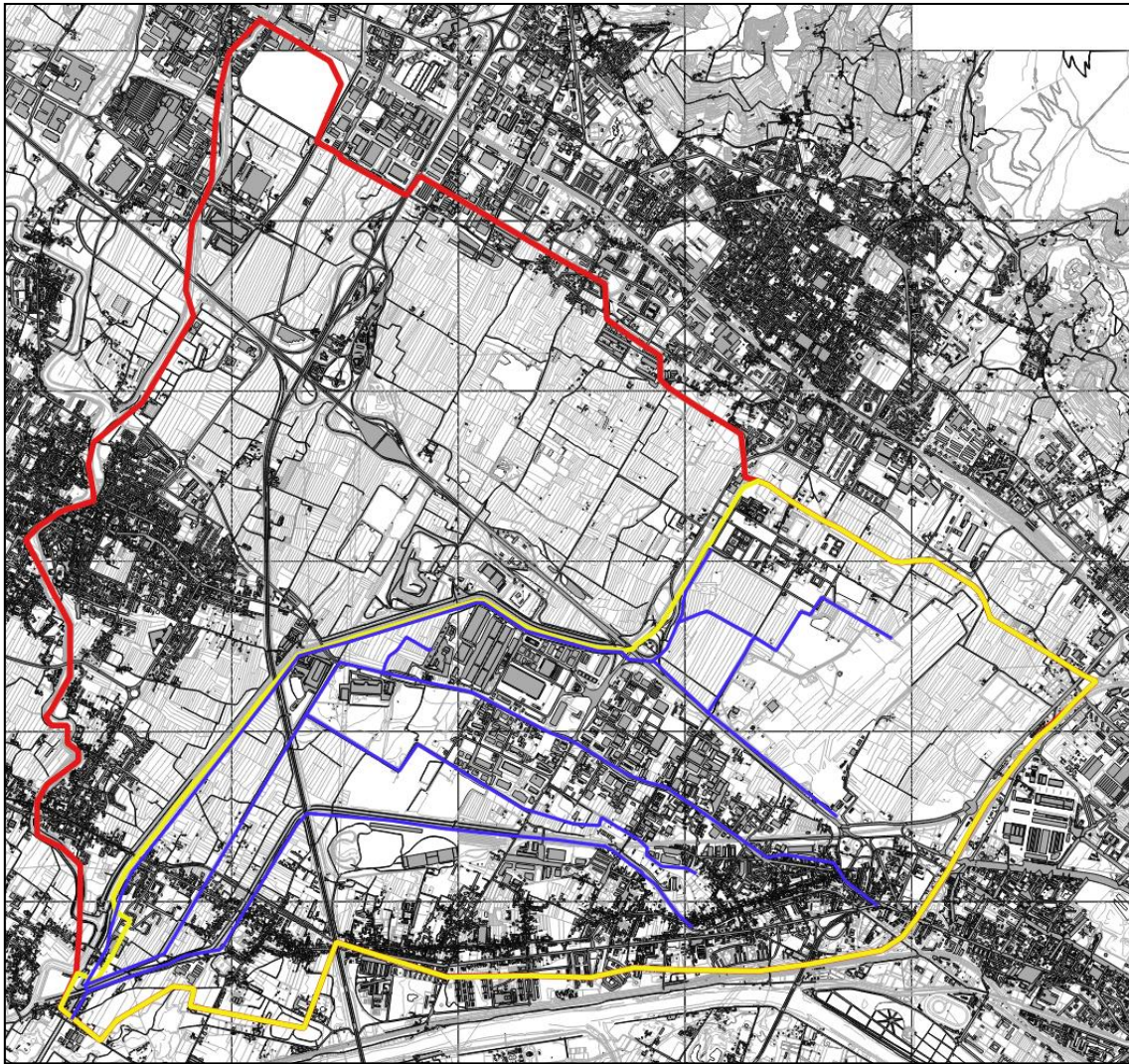


Figura 2.8: Bacino e canali in sinistra del Fosso Reale.

Di seguito vengono riportati i canali che ricadono all'interno di questo bacino con la corrispondente superficie calcolata alla sezione di chiusura.

Come si può notare, la sezione terminale del collettore principale racchiude l'intero bacino delle acque basse studiato, fungendo da congiunzione dei due colatori destro e sinistro.

Tabella 2.2: Canali in sinistra del Fosso Reale e superficie del bacino servita.

Canale	Area [ha]
Dogaia	37,17
Lupaia	169,08
Canale aeroporto	402,61
Osmannoro	328,89
San Donnino	417,90
Gavina	156,46
Colatore sinistro	551,44
Collettore acque basse	562,16
Collettore principale acque basse ¹	2.992,55

2.3 INQUADRAMENTO CLIMATICO E PLUVIOMETRICO

Il clima della Toscana presenta caratteristiche diverse da zona a zona, essendo influenzato sia dal mare che bagna la regione ad ovest, sia dalla dorsale appenninica che delimita il territorio prima a nord e poi ad est.

Secondo la classificazione di Thornthwaite, sviluppata nel 1948 e successivamente perfezionata tra il 1953 e il 1957 dallo stesso climatologo statunitense Charles Warren Thornthwaite, la Toscana può essere suddivisa in 6 zone climatiche come illustrato in Figura 2.9.

In tale classificazione si tiene conto della misura dell'indice globale di umidità I_m , il cui valore individua una classe climatica con specifiche caratteristiche qualitative e viene calcolato mediante la relazione:

$$I_m = \frac{P - ETP}{ETP} \cdot 100$$

dove:

P è la precipitazione annua espressa in mm;

ETP è l'evapotraspirazione potenziale media annua espressa in mm e determinata dalla sommatoria di tutti i valori medi mensili del medesimo parametro.

¹ A valle della confluenza del *Colatore destro*.

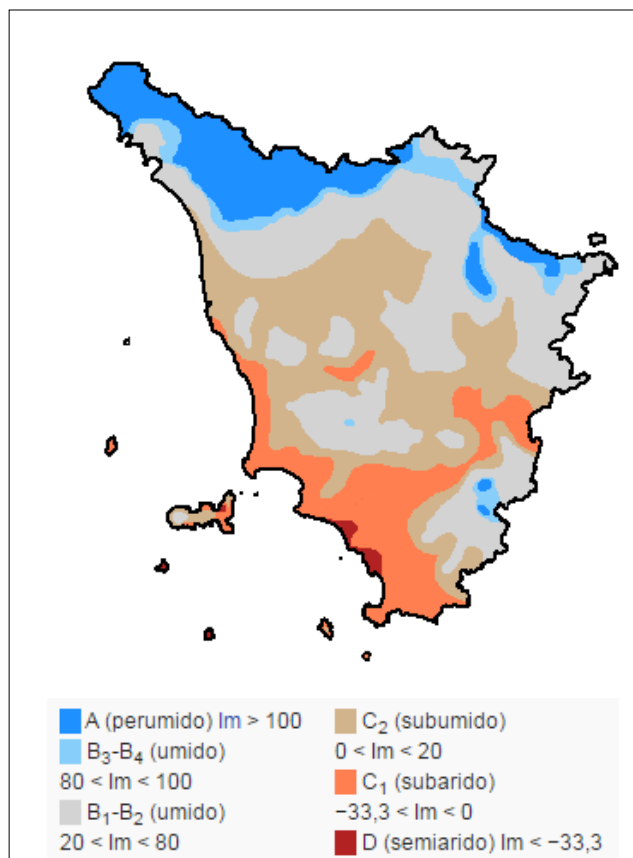


Figura 2.9: Classificazione climatica della Toscana secondo Thornthwaite.

Come si può notare, l'area oggetto di studio è caratterizzata da un clima subumido con inverni miti ed estati temperate.

Dall'analisi dei dati della stazione "Firenze università", ricadente nell'area in esame, si evince che i mesi più caldi sono luglio ed agosto con temperatura media di poco superiore ai 25 °C ed il mese più freddo è Dicembre con una temperatura media di 6.4 °C (vedi Figura 2.10).

Sono stati inoltre analizzati i dati di precipitazione registrati dal Centro Funzionale di Monitoraggio Meteo Idrologico - Idraulico della Regione Toscana relativi agli anni 2008 – 2016 nella stazione "Firenze Università". Come si può osservare in Figura 2.10: Temperatura medie mensili registrate dalla stazione "Firenze Università". Figura 2.11, la precipitazione media annua è pari a circa 825 mm, con Novembre il mese più piovoso con circa 115 mm e luglio il mese più secco con 30 mm di pioggia.

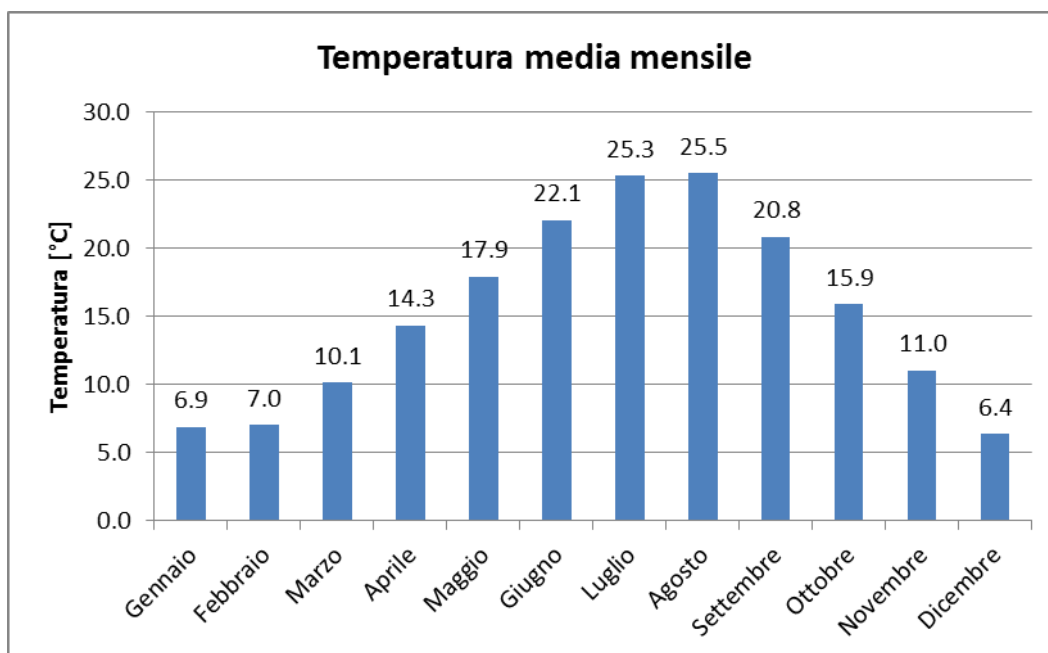


Figura 2.10: Temperatura medie mensili registrate dalla stazione “Firenze Università”.

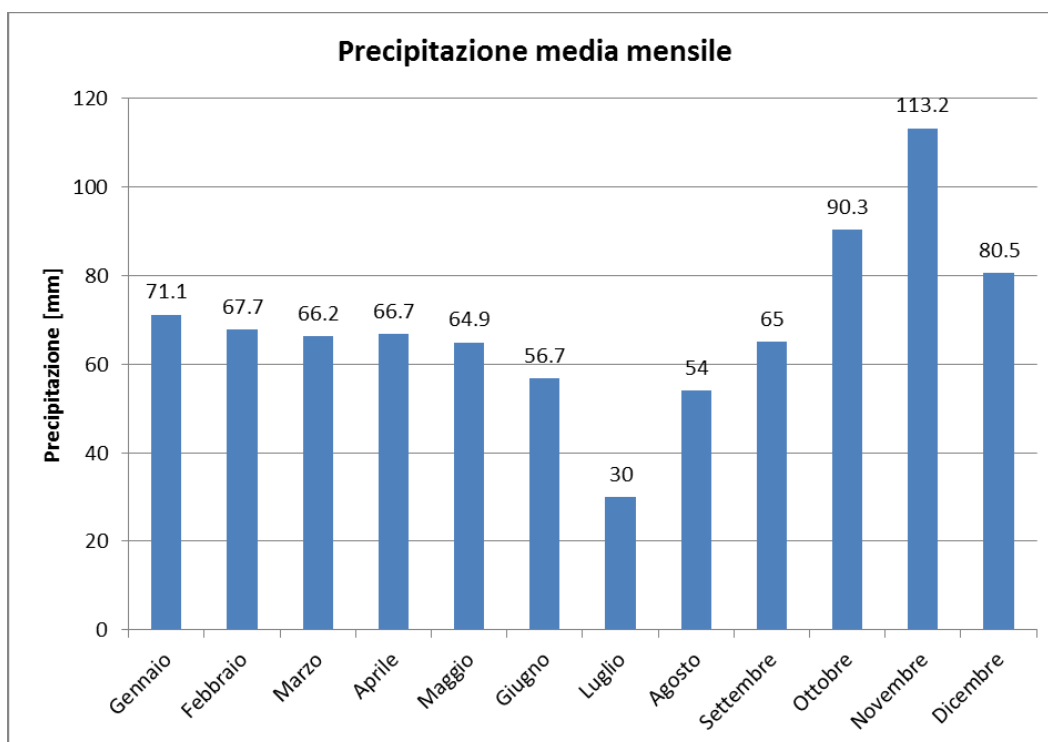


Figura 2.11: Precipitazione media mensile registrata dalla stazione “Firenze Università”.

3 METODO DI CALCOLO

3.1 IL METODO DELL'INVASO LINEARE

Per la verifica della rete di bonifica è stato utilizzato il metodo dell'invaso. La scelta di tale metodo è stata dettata dalla presenza di uno studio di verifica idraulica, a disposizione del Consorzio di Bonifica ed attualmente in uso, così realizzato. Si è perciò ritenuto opportuno riproporlo al fine di verificare i risultati una volta aggiornati i parametri geometrici, idrologici ed idraulici con quelli relativi al tempo attuale.

Il metodo dell'invaso si basa sull'ipotesi che il volume liquido affluente ad un collettore in un intervallo di tempo infinitesimo dt , in parte defluisce nella sezione di chiusura del bacino considerato, in parte concorre ad alimentare il fenomeno dell'invaso. L'idea alla base del metodo è quindi che, al verificarsi di un evento meteorico, contemporaneamente al deflusso da una generica sezione della rete, si verifica anche il riempimento della rete sottesa dalla sezione stessa. In altri termini, il volume d'acqua che in un generico intervallo di tempo affluisce dal suolo alla rete è pari alla somma tra il volume che nello stesso intervallo di tempo defluisce dalla sezione ed il volume invasato nella rete a monte della sezione considerata, ovvero si ha:

$$p \cdot dt = Q \cdot dt + dV$$

dove:

- $p(t)$ è la portata affluente alla rete all'istante t e può essere espresso come

$$p = \varphi \cdot i \cdot S$$

con φ coefficiente d'afflusso, i intensità di pioggia e S superficie scolante;

- $Q(t)$ è la portata che defluisce attraverso la sezione di chiusura del bacino S e dipende dal volume invasato $V(t)$;
- dV è la variazione del volume invasato a monte della sezione nell'intervallo temporale dt .

Il metodo dell'invaso assume una formulazione semplificata per l'equazione del moto, in quanto vengono ignorati i termini convettivi ed inerziali. Si suppone quindi che il fenomeno possa essere approssimato da una successione di stati di moto uniforme.

Pertanto, si ha:

$$Q = v \cdot A = A \cdot k_s \cdot R_H^{2/3} \sqrt{i}$$

dove:

- A è la superficie della sezione liquida;

- K_s è il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strikler;
- R_H è il raggio idraulico della sezione;
- i la pendenza del fondo.

A queste due ipotesi si aggiungono le seguenti:

- ✓ funzionamento autonomo della rete idraulica, ovvero si considera che il deflusso tra i singoli tronchi non sia influenzato dai livelli idrometrici di valle;
- ✓ funzionamento sincrono della rete, ovvero tutti gli elementi della rete si riempiono contemporaneamente;
- ✓ moto uniforme, ciò significa ipotizzare che il pelo libero nella rete trasli parallelamente al fondo;
- ✓ rete inizialmente vuota;
- ✓ pioggia di intensità costante.

A partire da queste ipotesi, il metodo dell'invaso fornisce l'espressione per il calcolo del coefficiente udometrico che defluisce attraverso ogni sezione di chiusura considerata:

$$u = (575 \cdot b + 1593) \cdot n \cdot \frac{(\varphi \cdot a)^{1/n}}{v^{(1/n-1)}}$$

dove:

- b esponente della scala di deflusso per la sezione;
- a, n coefficiente ed esponente della linea segnalatrice;
- φ coefficiente di deflusso relativo all'area totale afferente;
- v volume specifico di invaso totale, somma dei volumi relativi ai condotti ed a tutte le altre forme di invaso.

Infine, la portata al colmo è pari a:

$$Q = u \cdot S$$

Nel caso di reti di drenaggio urbano, il volume specifico totale invasato a monte della sezione di calcolo è dato dalla relazione:

$$v = v_0 + v_p + \sum_{i=1}^{p-1} v_i$$

dove:

- v_0 è il volume dei piccoli invasi, ovvero il volume per unità di superficie costituito dal velo idrico presente sulle superfici scolanti e dai volumi invasati nelle capacità secondarie (pozzetti, caditoie, drenaggio stradale, ecc.) che contribuiscono al deflusso. Per tale parametro vengono consigliati valori compresi tra 10 e 40 m³/ha per le fognature, tra 70 e 150 m³/ha per le bonifiche, nel caso in cui non si calcoli con precisione l'invaso dei fossi interdoderali, stradali, ecc;
- v_p è l'invaso proprio, ovvero il volume specifico invasato all'interno del collettore considerato;
- v_i rappresenta gli invasi di monte, ovvero il volume specifico invasato all'interno dei collettori a monte di quello considerato.

Uno dei limiti del metodo di invaso è rappresentato dall'ipotesi di sincronismo. Infatti, il metodo permette di calcolare con buona attendibilità la portata idrometrica se si conosce l'effettivo volume invasato nella rete. Nella realtà si ha che via via che si arriva nei tratti di valle, l'ultimo termine relativo al volume specifico viene sovrastimato e quindi si ha una sottostima delle portate al colmo. Un miglioramento del metodo si ottiene considerando un comportamento asincrono della rete. In tal caso il calcolo del volume specifico totale invasato viene corretto nel seguente modo:

$$v = v_0 + v_p + \frac{u}{\varphi} \cdot \sum_{j=1}^J v_j \cdot \frac{\varphi_j}{u_j}$$

dove l'ultimo termine tiene conto dell'ipotesi di asincronismo della rete.

Per avere un comportamento più vicino alla realtà, nel presente lavoro la verifica della rete verrà effettuata con il metodo dell'invaso in condizioni asincrone.

3.2 CODICE DI CALCOLO HYNET

Il codice di calcolo utilizzato per eseguire le verifiche idrauliche è HyNet prodotto da ENGINEERING HYDRAULIC SERVICE (EHS) S.r.l. di Bologna. Si tratta di un Sistema Informativo Territoriale e di Calcolo che, attraverso la creazione di un modello consente l'archiviazione, la gestione e la progettazione di una rete fognaria o acquedottistica.

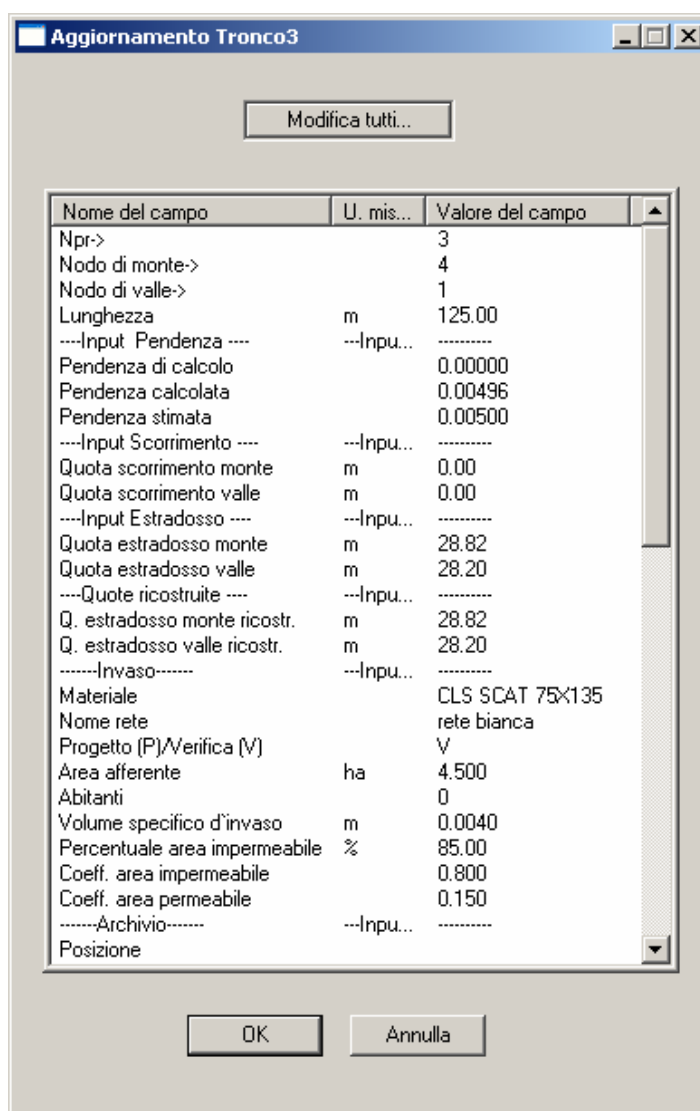
Il programma si articola in tre fasi:

- lettura dei dati;
- esame della rete;
- stampa dei risultati.

HyNet è interfacciato con il software Autocad, pertanto affianca a tutti i comuni comandi di tale applicativo uno specifico menù per la verifica o per la progettazione di una rete. Questo permette di disegnare la rete mediante Autocad e successivamente convertirla in rete HyNet. Ogni polilinea del

disegno rappresenta un tronco della rete ed ai due estremi il programma associa automaticamente due nodi di calcolo.

Una volta disegnata la rete, è necessario fornire i dati geometrici di lunghezza del ramo e pendenza. Inoltre, se si vuole effettuare la verifica, deve essere associato a ciascun ramo un file dei materiali, il quale specifica il materiale, la forma e le dimensioni delle sezioni che caratterizzano il tronco. Gli altri dati che è necessario specificare per la simulazione di una rete bianca sono relativi a: l'area del bacino afferente, il volume specifico di invaso, le percentuali di area impermeabile e permeabile, i coefficienti di area impermeabili e permeabili e se si tratta di un ramo in fase di verifica o di progettazione.



The screenshot shows a window titled "Aggiornamento Tronco3" with a "Modifica tutti..." button at the top. Below is a table with three columns: "Nome del campo", "U. mis...", and "Valore del campo".

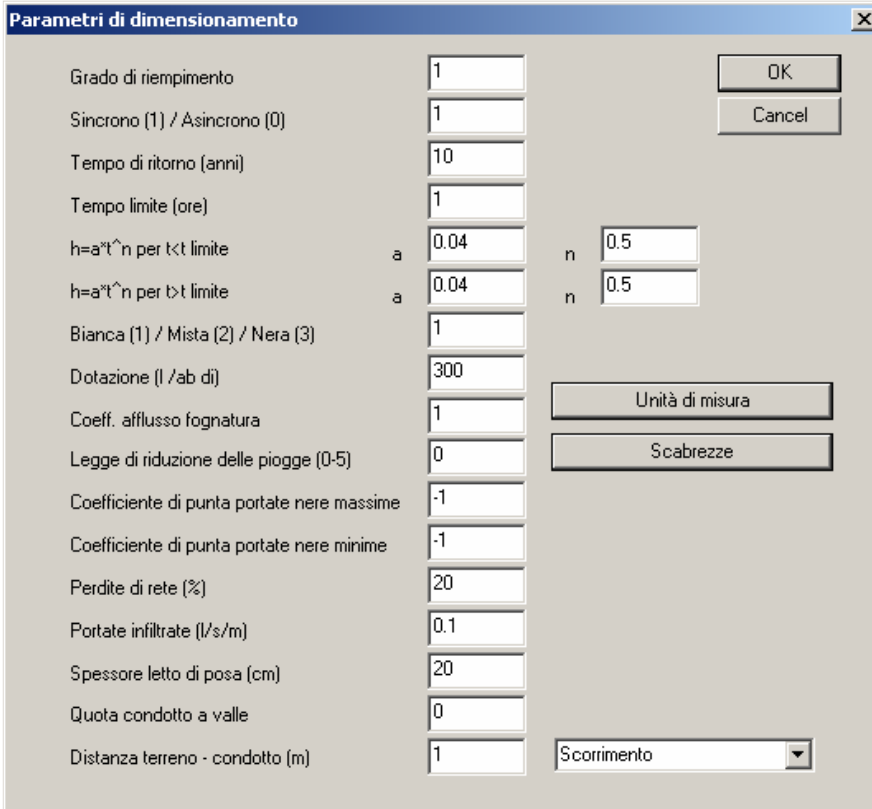
Nome del campo	U. mis...	Valore del campo
Npr->		3
Nodo di monte->		4
Nodo di valle->		1
Lunghezza	m	125.00
----Input Pendenza ----	---Inpu...	-----
Pendenza di calcolo		0.00000
Pendenza calcolata		0.00496
Pendenza stimata		0.00500
----Input Scorrimento ----	---Inpu...	-----
Quota scorrimento monte	m	0.00
Quota scorrimento valle	m	0.00
----Input Estradosso ----	---Inpu...	-----
Quota estradosso monte	m	28.82
Quota estradosso valle	m	28.20
----Quote ricostruite ----	---Inpu...	-----
Q. estradosso monte ricostr.	m	28.82
Q. estradosso valle ricostr.	m	28.20
-----Invaso-----	---Inpu...	-----
Materiale		CLS SCAT 75X135
Nome rete		rete bianca
Progetto (P)/Verifica (V)		V
Area afferente	ha	4.500
Abitanti		0
Volume specifico d'invaso	m	0.0040
Percentuale area impermeabile	%	85.00
Coeff. area impermeabile		0.800
Coeff. area permeabile		0.150
-----Archivio-----	---Inpu...	-----
Posizione		

At the bottom of the dialog are "OK" and "Annulla" buttons.

Figura 3.1: Parametri da impostare nella tabella associata a ciascun tronco.

Una volta definita la geometria della rete, devono essere inseriti i parametri di dimensionamento. Se si considera una rete bianca, è necessario inserire il grado di riempimento massimo voluto e se si vuole svolgere la verifica in condizioni di sincronia o asincronia. Va poi inserita la curva di possibilità

climatica indicando: il tempo di ritorno in anni; il tempo limite, ovvero il valore del tempo in cui la curva risulta essere discontinua; i valori dei parametri a ed n nei due diversi periodi. Inoltre, può essere scelta una delle cinque leggi impostate per la riduzione delle piogge su bacini estesi (0 nessuna riduzione, 1 legge Puppini-Supino, 2 legge Columbo, 3 legge Colombo-Maione, 4 Legge Moisello-Papiri, 5 legge Puppini).



Parametro	Valore	Parametro	Valore
Grado di riempimento	1		
Sincrono (1) / Asincrono (0)	1		
Tempo di ritorno (anni)	10		
Tempo limite (ore)	1		
$h=a*t^n$ per $t < t_{limite}$	a: 0.04	n: 0.5	
$h=a*t^n$ per $t > t_{limite}$	a: 0.04	n: 0.5	
Bianca (1) / Mista (2) / Nera (3)	1		
Dotazione (l / ab di)	300		
Coef. afflusso fognatura	1		
Legge di riduzione delle piogge (0-5)	0		
Coefficiente di punta portate nere massime	-1		
Coefficiente di punta portate nere minime	-1		
Perdite di rete (%)	20		
Portate infiltrate (l/s/m)	0.1		
Spessore letto di posa (cm)	20		
Quota condotto a valle	0		
Distanza terreno - condotto (m)	1	Scorrimento	

Figura 3.2: Parametri da definire per il calcolo della portata di dimensionamento.

Dopo aver inserito tutti i dati necessari si può procedere al dimensionamento o alla verifica della rete. Il software permette di utilizzare sia il modello dell'invaso sia il motore SWMM. Per il metodo dell'invaso, che è quello utilizzato nel caso in esame, è sufficiente scegliere tra i moduli di calcolo quello denominato "Dimensionamento", si procederà così al dimensionamento o alla verifica della rete.

Una volta lanciato il programma, viene prodotto un file dei risultati in formato txt che, nel caso di una rete bianca, comprende:

- dati d'ingresso: vengono riportati tutti i dati di input inseriti precedentemente e relativi alla geometria della rete, come l'area parziale afferente a ciascun ramo, la percentuale di area impermeabile, il coefficiente di deflusso per l'area impermeabile;
- curve segnalatrici di possibilità climatica: viene riportato il tempo di ritorno utilizzato per le simulazioni e le curve di possibilità climatica inserite nei parametri di dimensionamento;

- legge di riduzione intensità di pioggia: riporta la legge di riduzione dell'intensità di pioggia scelta nei parametri di dimensionamento, se presente;
- caratteristiche delle sezioni: vengono riportate le caratteristiche delle sezioni usate nella rete specificando l'area del condotto, il contorno bagnato, la scabrezza omogenea equivalente, l'esponente alfa di deflusso della sezione, l'altezza del condotto, la pendenza delle sponde in caso di sezioni trapezie;
- risultati dell'elaborazione: comprende una prima tabella, dove sono riportati l'area di calcolo relativa al ramo, la lunghezza del ramo, la pendenza del ramo, il coefficiente d'afflusso equivalente relativo all'area di calcolo afferente al ramo, il volume di invaso totale ovvero il volume specifico d'invaso relativo a tutti i possibili invasi presenti nell'area di calcolo afferente al ramo incluso quello invasato nei condotti, il coefficiente udometrico, la portata udometrica totale, la portata transitante nel condotto a bocca piena in condizioni di moto uniforme, la velocità nel condotto in corrispondenza della portata udometrica totale, il rapporto tra la portata udometrica e quella di moto uniforme a bocca piena; una seconda tabella riporta per ciascuna sezione il nome, se è in progetto o in verifica, il grado di riempimento ovvero il rapporto tra la sezione liquida in corrispondenza della portata udometrica di progetto e la sezione a bocca piena, il livello idrico nella sezione, il rapporto tra il livello idrico presente nella sezione e l'altezza della sezione stessa, l'altezza critica della corrente;

RISULTATI DELLA ELABORAZIONE													
NODO MONTE	NODO VALLE	AREA DI CALC (ha)	ABIT. DI CALC	LUNG. DEL RAMO (m)	PEND. DEL RAMO	COEF. AFFL. EQUI.	VOLUME SPEC. INVASO (m)	COEF. UDO (1/s*ha)	PORTATA TOTALE Qtot (mc/s)	PORTATA MOTO UNIFOR. (mc/s)	VELOCITA MASSIMA (m/s)	RAPPORTO Qtot/Quunif	
18	19	0.380	0	40	0.0080	0.690	0.0036	217.66	0.083	0.124	1.380	0.666	
19	15	2.590	1000	80	0.0050	0.690	0.0051	160.45	0.424	0.880	1.738	0.482	
24	19	1.900	0	180	0.0080	0.690	0.0046	173.96	0.331	0.522	1.946	0.634	

RISULTATI DELLA ELABORAZIONE									
NODO MONTE	NODO VALLE	RAMO IN V/P	SEZIONE IDRAULICA ESISTENTE	SEZIONE IDRAULICA PROGETTATA	RAPPORTO A/Amox	TIRANTE IDRICO Y (m)	RAPPORTO Y/Ymax	ALTEZZA CRITICA Yc (m)	
18	19	v	CL3 DN 350	-	0.624	0.211	0.604	0.214	
19	15	v	CL3 DN 800	-	0.486	0.391	0.468	0.390	
24	19	v	CL3 DN 600	-	0.600	0.350	0.564	0.377	

Figura 3.3: Esempio sezione risultati dell'elaborazione del file risultati.

- tempi di riempimento e volumi totali: indica il tempo di riempimento del ramo secondo la teoria del metodo dell'invaso, il volume idrico invasato nella rete a monte del nodo finale del ramo in esame, il volume totale sincrono ovvero il volume idrico invasato nella parte di rete a monte del nodo finale del ramo in esame in condizioni di riempimento sincrono, il volume potenzialmente invasabile nella geometria della parte di rete a monte del nodo finale del ramo considerato.

3.3 EVENTI PLUVIOMETRICI DI VERIFICA

3.3.1 *Durate superiori ad un'ora*

Al fine di eseguire le verifiche idrauliche, sono state calcolate le curve di possibilità pluviometrica relative ai periodi di ritorno di 10, 20, 50 e 200 anni. Queste servono ad esprimere le massime altezze di pioggia relative ad una data durata t per la località cui si riferiscono, fissato un tempo di ritorno T . L'altezza di pioggia per il relativo tempo di ritorno dipende, quindi, dai valori dei parametri caratteristici a ed n della curva di possibilità pluviometrica. Fissata la durata t dell'evento piovoso, l'altezza di pioggia si ricava tramite la relazione:

$$h(t) = a \cdot t^n$$

dove:

- h è l'altezza di pioggia [mm],
- t_c è la durata [ore],
- a ed n parametri caratteristici della curva di possibilità pluviometrica.

Per la Regione Toscana i parametri a ed n per determinati tempi di ritorno sono reperibili all'indirizzo <http://www.sir.toscana.it/index.php?IDS=4&IDSS=19>, dove vengono riportati i valori calcolati su una griglia di 1 km per lato per tutta la regione.

Vengono di seguito riportati i valori di a ed n per il caso in esame.

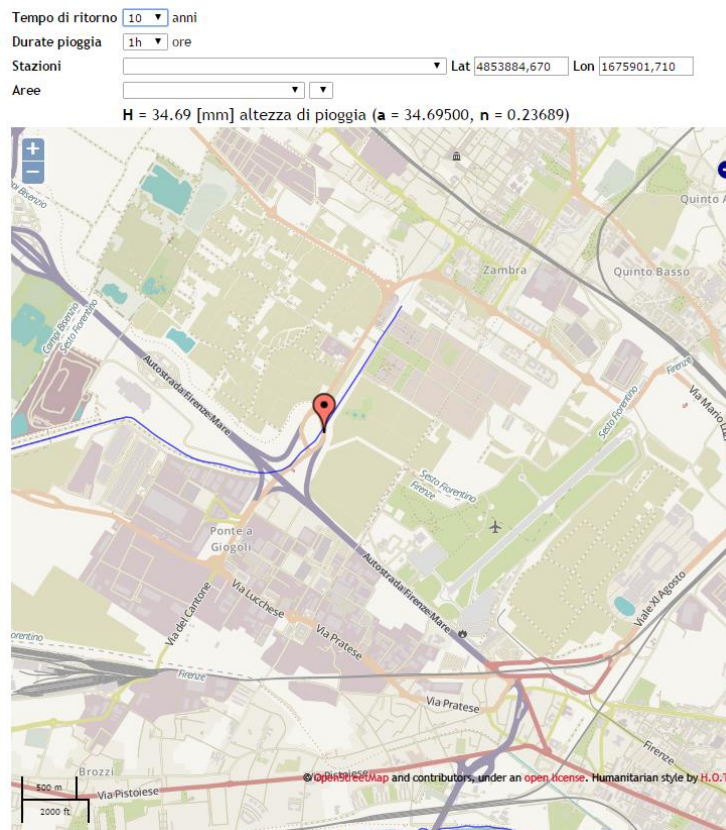


Figura 3.4: Parametri a e n per il periodo di ritorno di 10 anni.

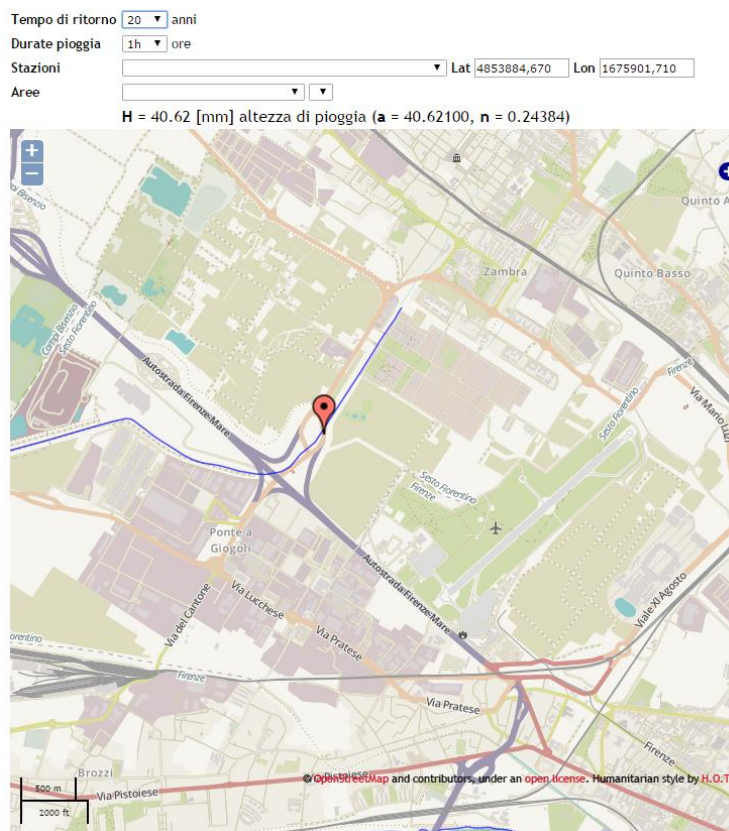


Figura 3.5: Parametri a e n per il periodo di ritorno di 20 anni.

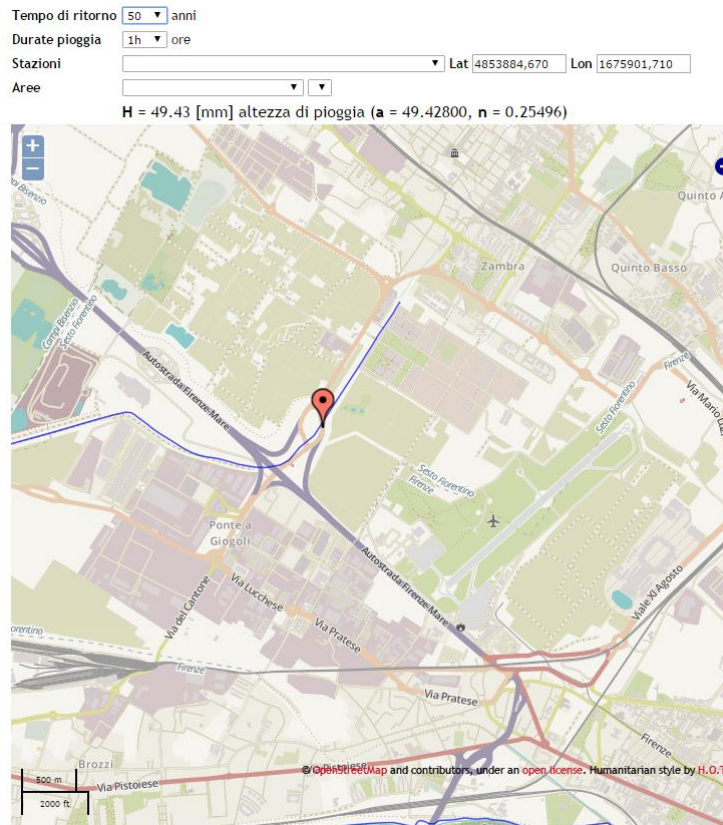


Figura 3.6: Parametri a e n per il periodo di ritorno di 50 anni.

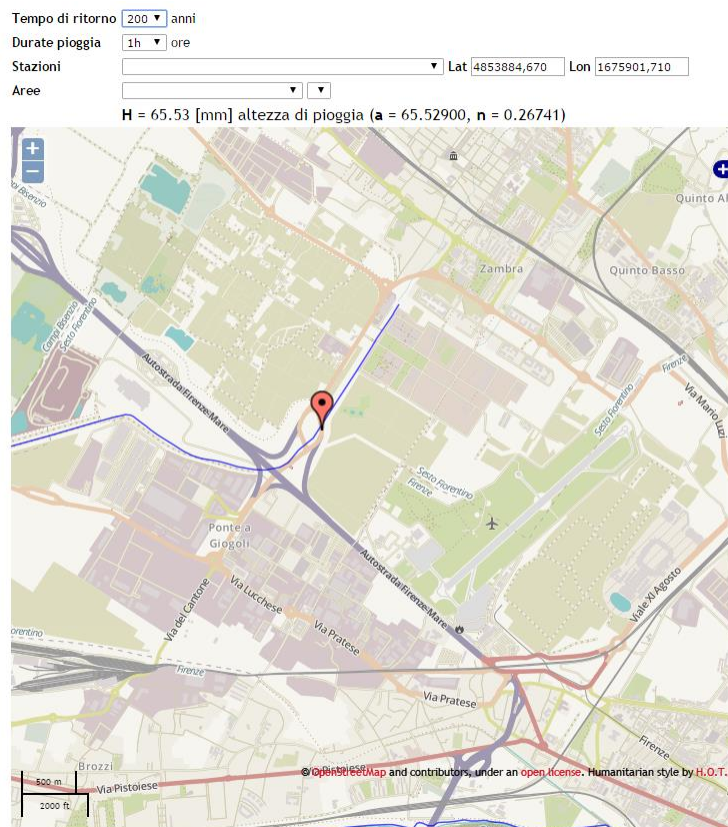


Figura 3.7: Parametri a e n per il periodo di ritorno di 200 anni.

Tabella 3.1: Valori di a ed n per durate superiori ad 1 ora e diversi periodi di ritorno.

T_R [anni]	a [mm/h]	n [-]
10	34,7	0,237
20	40,6	0,244
50	49,4	0,255
200	65,5	0,267

Tali parametri forniscono le curve di possibilità di pluviometrica riportate nella figura sottostante.

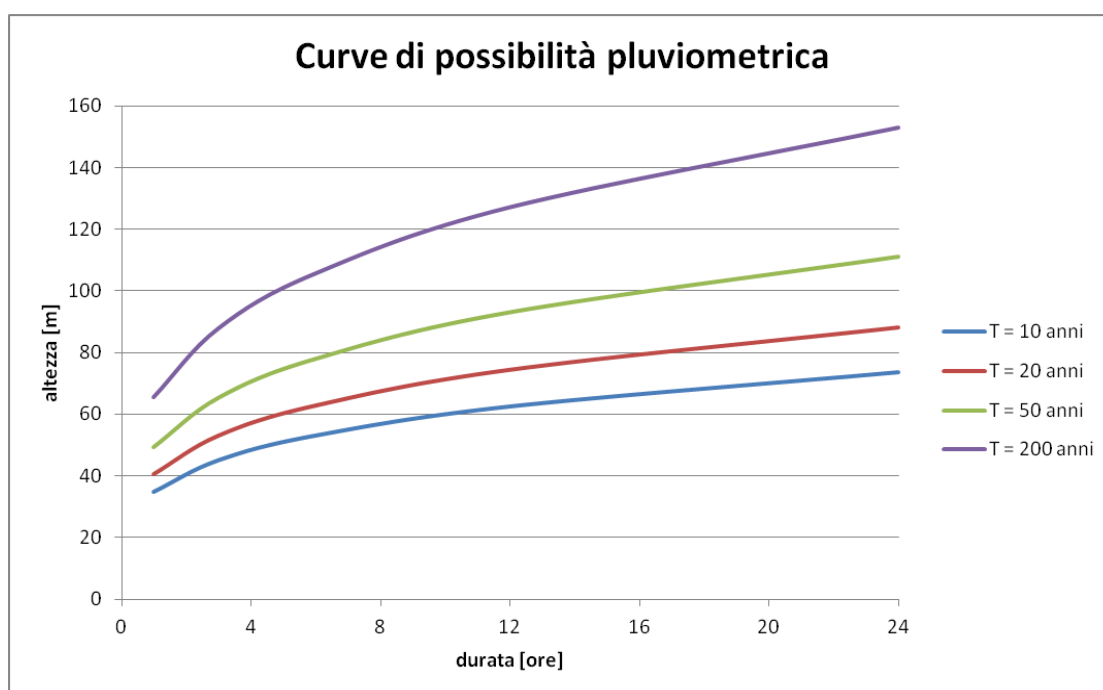


Figura 3.8: Curve di possibilità pluviometrica per diversi periodi di ritorno.

3.3.2 Durate inferiori ai 30 minuti

Per calcolare invece l'altezza di pioggia per durate inferiori a 30 minuti è stata utilizzata la relazione per la determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica, relative all'indagine su piogge estreme inferiori all'ora, presente nello studio "*Linee Segnalatrici di probabilità pluviometrica – Analisi delle precipitazioni intense delle stazioni del compartimento di Pisa- collaborazione scientifica con Pin – Centro Studi Ingegneria (Università di Firenze) e Regione Toscana*".

In particolare, è stato fatto riferimento alla stazione pluviometrica di Firenze (Oss. Ximeniano) - codice regionale 1090, per la quale si ha:

$$h(t) = 25,978 \cdot t^{0,409} \cdot T_R^{0,172}$$

Da qui sono stati ricavati i valori di a ed n per i vari periodi di ritorno.

Tabella 3.2: Valori di a ed n per diversi periodi di ritorno.

T_R [anni]	a [mm/h]	n [-]
10	38,6	0,409
20	43,5	0,409
50	50,9	0,409
200	57,4	0,409

3.4 USO DEL SUOLO

3.4.1 Corine Land Cover

Il programma CORINE (COOrdination de l'INformation sur l'Environnement), è stato presentato dal Consiglio delle Comunità Europee con lo scopo di verificare lo stato dell'ambiente nell'area comunitaria, al fine di orientare le politiche comuni, controllarne gli effetti, proporre eventuali correttivi, ecc. Lo sviluppo di un tale programma comunitario ha, allo stesso tempo, favorito il perseguimento e raggiungimento nel tempo, di altri obiettivi secondari, ma non per questo meno validi, come la formazione e la diffusione di standard e metodologie comuni attraverso la promozione di contatti e scambi internazionali che hanno, di fatto, facilitato la realizzazione di iniziative intercomunitarie. All'interno del programma CORINE, si è sviluppato il progetto CORINE-Land Cover1 (CLC) destinato al rilevamento e al monitoraggio del suolo ad una scala compatibile con le necessità comunitarie.

La prima realizzazione del progetto CLC risale al 1990 (CLC90), mentre gli aggiornamenti successivi si riferiscono all'anno 2000 tramite il progetto Image & Corine Land Cover 2000 (ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale).

L'iniziativa, cofinanziata dagli Stati membri e dalla Commissione Europea, ha visto nel 2000 l'adesione di 33 paesi tra i quali l'Italia, dove l'Autorità Nazionale per la gestione del progetto è stata identificata nell'allora operante APAT (poi confluita nell'ISPRA), in quanto punto focale nazionale della rete europea EIONet2. Nel Novembre del 2004 il Management Board dell'AEA, a seguito delle discussioni tra gli Stati Membri, l'Unione Europea e le principali istituzioni della stessa (DG ENV, EEA, ESTAT e JRC), ha valutato la possibilità di aumentare la frequenza di aggiornamento del Corine Land Cover ed ha avviato un aggiornamento del CLC, riferito all'anno 2006 e sviluppato nell'ambito dell'iniziativa Fast Track Service on Land Monitoring (FTSP) del programma Global Monitoring for Environment and Security (GMES, ora divenuto Programma Copernicus).

Con questo progetto si è inteso realizzare un mosaico Europeo all'anno 2006 basato su immagini satellitari SPOT-4 HRVIR, SPOT 5 HRG e/o IRS P6 LISS III, ed è stata derivata dalle stesse la cartografia digitale di uso/copertura del suolo all'anno 2006 e quella dei relativi cambiamenti.

Nello specifico il progetto CLC contempla la realizzazione di una cartografia della copertura del suolo alla scala di 1:100.000, con una legenda di 44 voci su 3 livelli gerarchici, e fa riferimento ad unità spaziali omogenee o composte da zone elementari appartenenti ad una stessa classe, di superficie significativa rispetto alla scala, nettamente distinte dalle unità che le circondano. Nell'ambito del progetto l'unità spaziale da cartografare è stata definita in modo da soddisfare tre esigenze fondamentali:

- garantire la leggibilità della restituzione cartacea e agevolare il processo di digitalizzazione a partire dai lucidi di interpretazione;
- permettere di rappresentare quegli elementi della realtà al suolo essenziali per coprire le esigenze tematiche del progetto;
- raggiungere un rapporto costi/benefici, in termini di soddisfazione delle esigenze conoscitive sulla copertura del suolo, compatibile con le disponibilità finanziarie complessive.

Per rispettare tali esigenze, la superficie minima cartografabile è stata indicata in 25 ettari, e corrisponde, alla scala di rappresentazione prescelta, ad un quadrato di 5 mm di lato o ad un cerchio di 2,8 mm di raggio.

Un aspetto particolarmente curato nel progetto CLC e mirato ad esigenze di reale rappresentazione del suolo, è la definizione della legenda che si articola su 3 livelli:

- il primo comprende 5 voci generali che abbracciano le maggiori categorie di copertura sul pianeta (Territori modellati artificialmente, territori agricoli, territori boscati e ambienti seminaturali, zone umide, corpi idrici);
- il secondo comprende 15 voci, adatte ad una rappresentazione a scale di 1:500.000/1.000.000;
- il terzo comprende 44 voci, con definizioni più dettagliate, adatte ad una scala di 1:100.000.

Viene di seguito riportata la carta di uso del suolo di terzo livello della regione Toscana relativa all'anno 2006 e la corrispondente legenda.

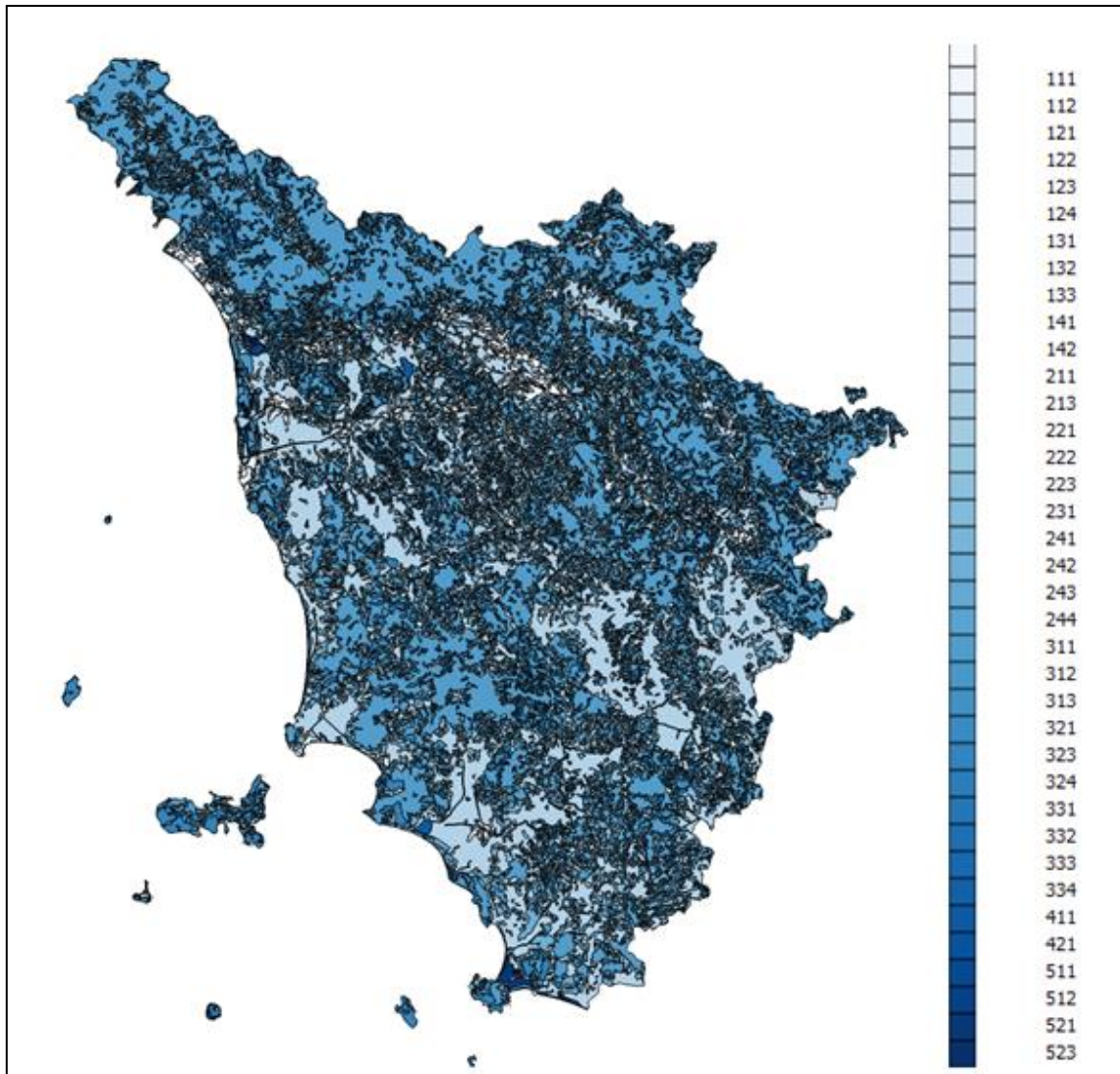


Figura 3.9: Uso del suolo regione Toscana (carta Corine Land Cover fonte ISPRA).

Tabella 3.3: Legenda del Corine Land Cover.

Codice Corine	Descrizione
111	Tessuto urbano continuo
112	Tessuto urbano discontinuo
121	Aree industriali e commerciali
122	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori
123	Aree portuali
124	Aeroporti
131	Aree ad attività estrattiva
132	Discariche
133	Cantieri
141	Aree verdi urbane
142	Aree ricreative
211	Seminativi in aree non irrigue
212	Seminativi in aree irrigue
213	Risaie
221	Vigneti
222	Frutteti e frutti minori
223	Oliveti
231	Prati stabili
241	Colture temporanee associate a colture permanenti
242	Sistemi colturali e particellari complessi
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali
244	Aree agroforestali
311	Boschi di latifoglie
312	Boschi di conifere
313	Boschi misti
321	Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota
322	Brughiere e cespuglieti
323	Aree a vegetazione sclerofilla
324	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione
331	Spiagge, dune, sabbie
332	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti
333	Aree con vegetazione rada
334	Aree percorse da incendi
335	Ghiacciai e nevi perenni
411	Paludi interne
412	Torbiere
421	Paludi salmastre
422	Saline
423	Zone intertidali
511	Corsi d'acqua, canali e idrovie
512	Bacini d'acqua
521	Lagune
522	Estuari
523	Mari e oceani

Nella figura sottostante è riportato il dettaglio della carta d'uso del suolo relativo all'area oggetto di studio. Come si può notare il bacino ricade in 8 diverse zone, ovvero: tessuto urbano discontinuo (CLC 112), aree industriali e commerciali (CLC 121), reti stradali e ferroviarie e spazi accessori (CLC

122), aeroporti (CLC 124), seminativi in aree non irrigue (CLC 211), prati stabili (CLC 231), sistemi colturali e particellari complessi (CLC 242), paludi interne (CLC 411).

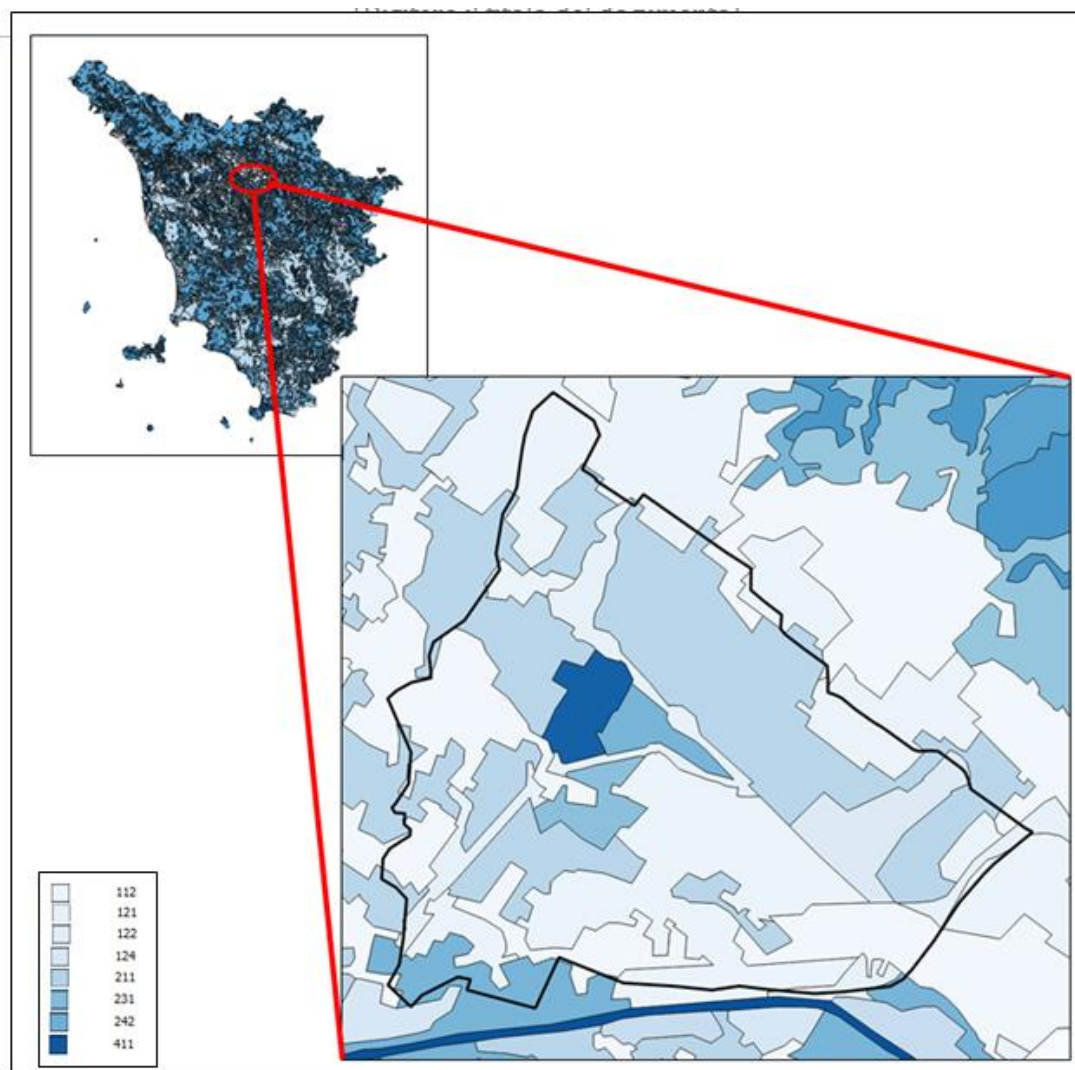


Figura 3.10: Uso del suolo bacino oggetto di studio (carta Corine Land Cover fonte ISPRA).

3.4.2 Coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso rappresenta il rapporto tra il volume di deflusso superficiale ed il volume totale di pioggia caduta sul bacino. È funzione di numerosi fattori tra i quali i principali sono i seguenti:

- natura del suolo;
- forma dell'area del bacino drenato;
- stato di imbibimento e di umidità del terreno;
- utilizzazione del suolo;
- pendenza dei versanti;
- copertura vegetale del terreno;

- percentuale di terreno di natura impermeabile;
- caratteristiche del reticolo di drenaggio esistente;
- durata della precipitazione;
- intensità di pioggia;
- caratteristiche del pluviogramma;
- natura e tipologia degli invasi superficiali;
- tempo di ritorno dell'evento pluviometrico.

La dipendenza da tutti questi fattori lo rende di difficile determinazione in modo univoco.

In letteratura sono presenti delle tabelle che legano i coefficienti di deflusso alle classi di uso del suolo individuate dallo studio Corine Land Cover, come quella sotto riportata.

Tabella 3.4: Tabella di conversione tra i codici forniti dalla Corine Land Cover ed i coefficienti di deflusso.

Codice Corine	Descrizione	ϕ [-]
111	Tessuto urbano continuo	0.90
112	Tessuto urbano discontinuo	0.80
121	Aree industriali e commerciali	0.80
122	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	0.80
124	Aeroporti	0.80
131	Aree ad attività estrattiva	0.60
133	Cantieri	0.40
141	Aree verdi urbane	0.30
142	Aree ricreative	0.50
211	Seminativi in aree non irrigue	0.35
212	Seminativi in aree irrigue	0.40
213	Risaie	0.35
221	Vigneti	0.50
222	Frutteti e frutti minori	0.45
223	Oliveti	0.45
231	Prati stabili	0.30
241	Colture temporanee associate a colture permanenti	0.35
242	Sistemi colturali e particellari complessi	0.35
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali	0.35
311	Boschi di latifoglie	0.25
312	Boschi di conifere	0.25
313	Boschi misti	0.25
321	Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota	0.40
322	Brughiere e cespuglieti	0.45
324	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	0.45
331	Spiagge, dune, sabbie	0.10
332	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti	0.65
333	Aree con vegetazione rada	0.50
335	Ghiacciai e nevi perenni	0.80
511	Corsi d'acqua, canali e idrovie	1.00
512	Bacini d'acqua	0.80

A partire da questa tabella, si andrà a verificare l'uso del suolo di ogni sottobacino esaminato e si valuterà il coefficiente di deflusso corrispondente attraverso una media pesata sull'area.

4 VERIFICHE STATO ATTUALE

4.1 STUDI PREGRESSI

La verifica dello stato attuale interessa la rete di acque basse facenti parte del Comprensorio di Bonifica della Piana di Sesto Fiorentino. L'assetto attuale è stato raggiunto con la progressiva attuazione de Piano Generale di Bonifica redatto dal Prof. Ing. Manfredi De Horatiis nel 1929 e dal successivo studio di aggiornamento redatto dalla società COINCO3 nel 1988 ed approvato dalla Regione Toscana con DCRT n° 29/1998 per la rete di acque basse.

Già nel 1988 si era reso necessario un aggiornamento del Piano. Tale zona, infatti, un tempo sede di sole attività agricole, ha via via lasciato spazio ad una serie di attività produttive, commerciali ed abitative, oltre che una serie di infrastrutture come la A1, il Polo Scientifico Universitario di Sesto Fiorentino e l'aeroporto A. Vespucci.

La progressiva occupazione di suoli, originariamente destinati all'agricoltura con superfici praticamente impermeabili, come strade, tetti e piazzali, ha comportato un aumento dei coefficienti di deflusso con una diminuzione dei tempi di corrivazione e conseguente aumento delle portate di bonifica.

Con l'Aggiornamento del Piano di Bonifica del 1988 si è provveduto a verificare quello che era allora lo stato di fatto. Ne è risultato che la rete di acque basse risultava soggetta ad esondazioni sempre più frequenti, con tempo di ritorno circa annuale in alcuni tratti. È dunque emersa la necessità di adeguare la rete modificandone profili e sezioni ed inserendo dove necessario un rivestimento del canale in calcestruzzo, in modo da risultare adatta ad accogliere una portata con tempo di ritorno di 50 anni.

Ad oggi non tutti i lavori previsti nell'Aggiornamento del Piano Generale di Bonifica risultano essere stati eseguiti dal Consorzio. Se a questo si aggiunge un ulteriore cambiamento della destinazione dell'uso del suolo, risulta evidente la necessità di verificare nuovamente la rete idraulica andando ad aggiornare i vari parametri pluviometrici, idrologici ed idraulici.

Per quanto riguarda i parametri pluviometrici, essi sono già stati calcolati nel Paragrafo 3.3 e risultano quindi aggiornati al tempo attuale.

I parametri idrologici ed idraulici, invece, dipendono dalla suddivisione della rete in tratti considerati omogenei e dai rispettivi bacini di riferimento.

4.2 CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI

L'intero bacino oggetto di studio è stato suddiviso in 69 sottobacini aventi sezione di chiusura o coincidente con la confluenza di più rami nello stesso nodo o dove è stato possibile individuare una differenza delle caratteristiche di un'asta (cambio pendenza, diversa sezione, ecc.). Tali sottobacini vengono riportati nelle figure 4.1 e 4.2 rispettivamente per quelli situati in destra del Fosso Reale e quelli in sinistra. Le figure 4.3 e 4.4 riportano, invece, le aste corrispondenti a ciascun sottobacino,

in particolare si ha che ogni sezione di chiusura prende il nome del bacino che racchiude. Nelle tabelle 4.1 e 4.2 si riportano invece le caratteristiche geometriche e l'indice della sezione idraulica media del tratto, le cui dimensioni sono poi specificate nella tabella 4.3.

Per quanto riguarda le sezioni si è fatto riferimento ad una campagna di rilievo svolta dal Consorzio di Bonifica negli anni 2015-2016 e si è considerata una sezione media caratteristica del tratto. I diversi tratti sono quindi stati identificati tenendo conto anche della geometria delle sezioni e delle caratteristiche costruttive. In particolare, sono state distinte sezioni in terra inerbite (coefficiente di scabrezza di Manning pari a $0,025 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) e sezioni in calcestruzzo (coefficiente di scabrezza di Manning $0,015 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$).

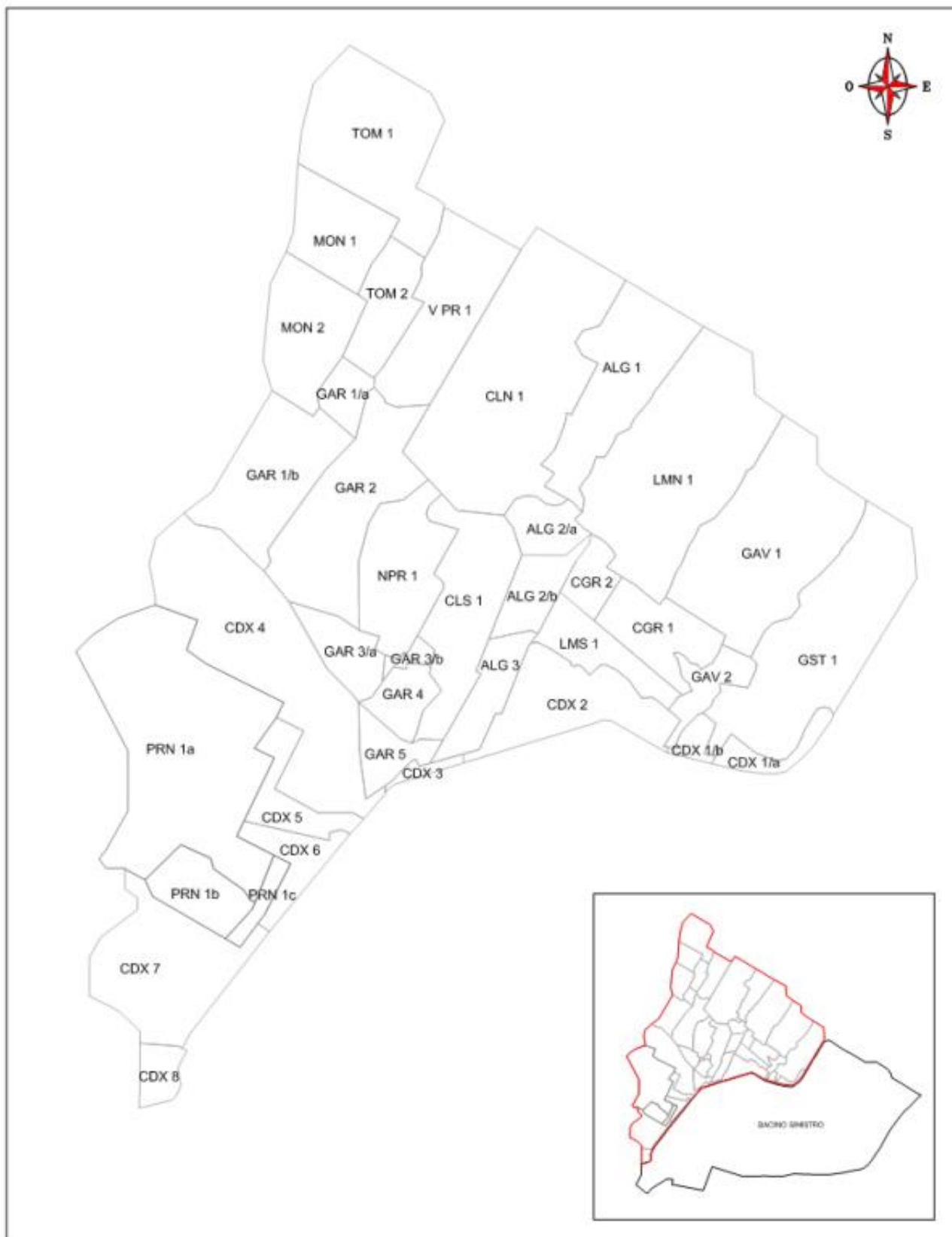


Figura 4.1: Suddivisione in sottobacini del bacino in destra del Fosso Reale.

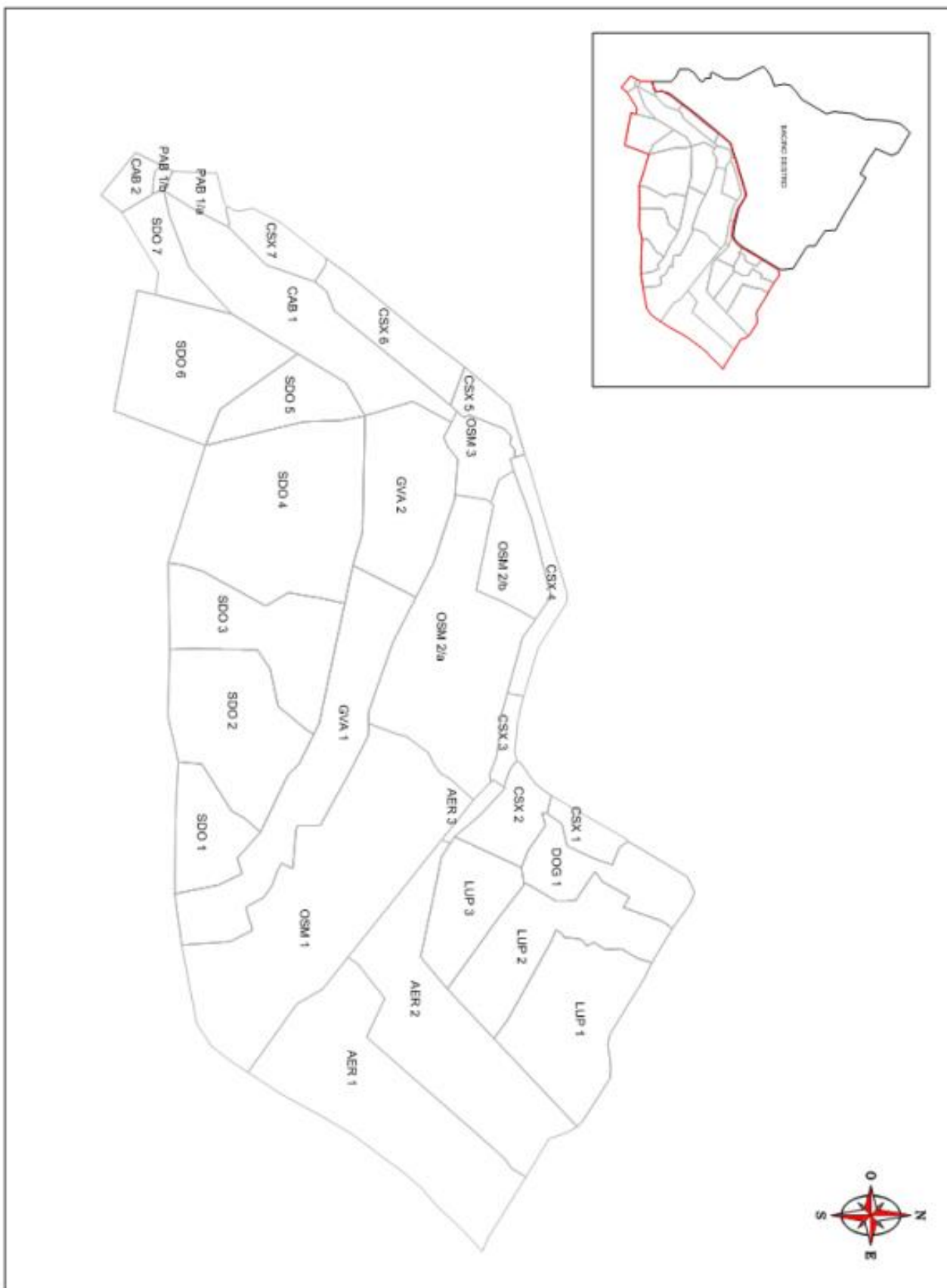


Figura 4.2: Suddivisione in sottobacini del bacino in sinistra del Fosso Reale.

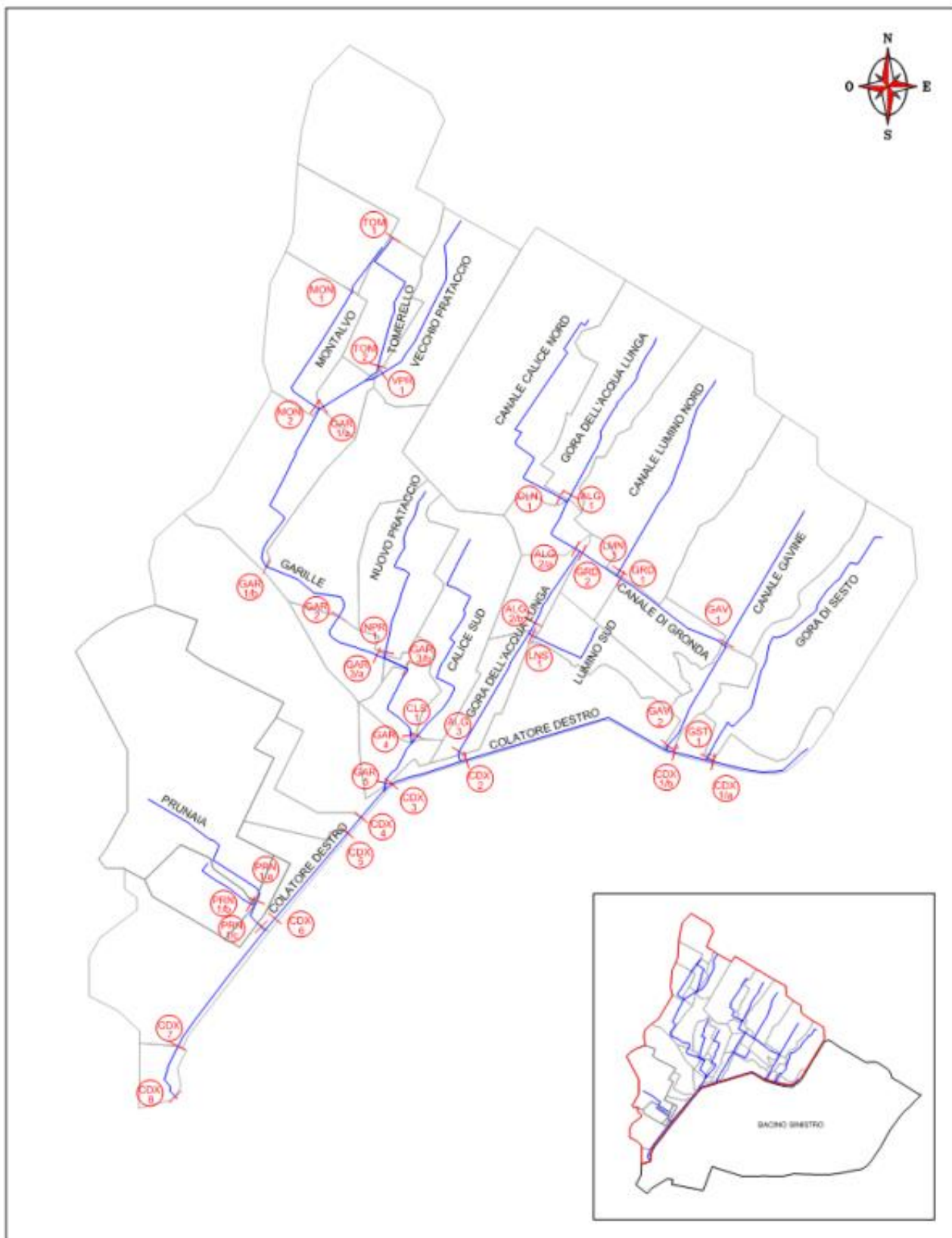


Figura 4.3: Suddivisione delle aste idrauliche del bacino in destra del Fosso Reale.

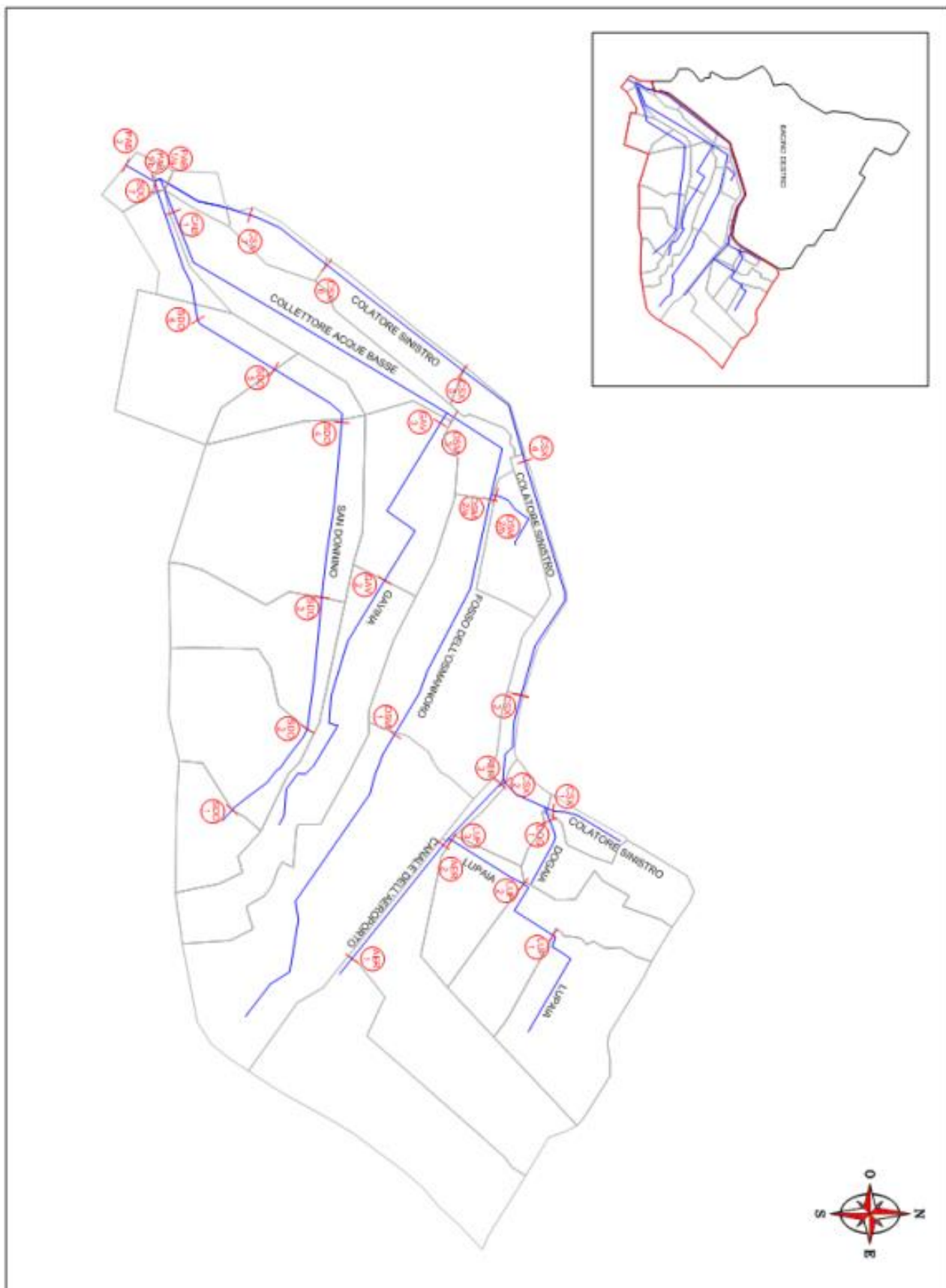


Figura 4.4: Suddivisione delle aste idrauliche del bacino in sinistra del Fosso Reale.

Tabella 4.1: Caratteristiche geometriche dei sottobacini in destra del Fosso Reale.

Nome sezione	Codice sezione	Area parziale ramo [ha]	Lunghezza ramo [m]	Pendenza ramo [-]	Indice sezione
Montalvo 1	MON 1	29,73	350	0,0040	1
Montalvo 2	MON 2	37,58	900	0,0014	5
Vecchio Prataccio	VPR 1	47,77	1200	0,0030	1
Tomerello 1	TOM 1	66,23	300	0,0060	1
Tomerello 2	TOM 2	22,78	1000	0,0029	5
Nuovo Prataccio	NPR 1	40,54	1150	0,0032	1
Garille 1/a	GAR 1/a	9,66	325	0,0010	13
Garille 1/b	GAR 1/b	48,45	1100	0,0010	13
Garille 2	GAR 2	62,02	625	0,0010	13
Garille 3/a	GAR 3/a	16,52	500	0,0010	9
Garille 3/b	GAR 3/b	3,17	150	0,0010	9
Garille 4	GAR 4	12,92	550	0,0005	9
Garille 5	GAR 5	12,79	350	0,0005	9
Calice sud	CLS 1	48,73	1600	0,0021	1
Calice Nord	CLN 1	120,75	1500	0,0005	5
Acqualunga 1	ALG 1	52,19	1100	0,0018	5
Acqualunga 2/a	ALG 2/a	13,17	400	0,0018	14
Acqualunga 2/b	ALG 2/b	14,45	600	0,0018	14
Acqualunga 3	ALG 3	18,23	900	0,0018	14
Canale di gronda 1	GRD 1	25,99	800	0,0001	11
Canale di gronda 2	GRD 2	10,21	250	0,0001	11
Lumino Nord	LMN 1	104,04	1350	0,0014	3
Gora di Sesto	GST 1	85,31	1900	0,0017	8
Gavine 1	GAV 1	86,91	1000	0,0019	2
Gavine 2	GAV 2	12,67	725	0,0019	10
Lumino Sud	LMS 1	19,73	600	0,0020	1
Prunaia 1/a	PRN 1/a	127,89	1150	0,0015	16
Prunaia 1/b	PRN 1/b	19,72	450	0,0015	16
Prunaia 1/c	PRN 1/c	5,56	200	0,0015	16
Colatore dx 1/a	CDX 1/a	9,07	700	0,0004	1
Colatore dx 1/b	CDX 1/b	4,85	250	0,0004	1
Colatore dx 2	CDX 2	41,63	1300	0,0004	7
Colatore dx 3	CDX 3	3,01	500	0,0004	15
Colatore dx 4	CDX 4	99,14	200	0,0004	19
Colatore dx 5	CDX 5	17,37	100	0,0004	19
Colatore dx 6	CDX 6	15,46	800	0,0004	21
Colatore dx 7	CDX 7	57,35	900	0,0004	21
Colatore dx 8	CDX 8	8,60	350	0,0004	21

Tabella 4.2: Caratteristiche geometriche dei sottobacini in sinistra del Fosso Reale.

Nome sezione	Codice sezione	Area parziale ramo [ha]	Lunghezza ramo [m]	Pendenza ramo [-]	Indice sezione
Colatore sx 1	CSX 1	10,55	550	0,0050	6
Colatore sx 2	CSX 2	21,75	350	0,0050	6
Colatore sx 3	CSX 3	6,92	600	0,0004	21
Colatore sx 4	CSX 4	17,72	1700	0,0004	21
Colatore sx 5	CSX 5	10,46	800	0,0004	21
Colatore sx 6	CSX 6	28,18	1150	0,0004	21
Colatore sx 7	CSX 7	16,08	800	0,0004	21
Dogaia 1	DOG 1	37,17	600	0,0005	1
Lupaia 1	LUP 1	71,05	900	0,0010	5
Lupaia 2	LUP 2	60,35	500	0,0010	7
Lupaia 3	LUP 3	37,68	600	0,0010	7
Aeroporto 1	AER 1	122,38	150	0,0006	17
Aeroporto 2	AER 2	106,76	1000	0,0006	17
Aeroporto 3	AER 3	4,39	550	0,0020	17
Osmannoro 1	OSM 1	169,65	2200	0,0010	4
Osmannoro 2/a	OSM 2/a	112,36	1750	0,0010	12
Osmannoro 2/b	OSM 2/b	28,35	500	0,0010	12
Osmannoro 3	OSM 3	18,53	750	0,0029	12
Gavina 1	GVE 1	91,55	1900	0,0003	6
Gavina 2	GVE 2	64,91	1400	0,0003	16
S. Donnino 1	SDO 1	31,60	100	0,0010	5
S. Donnino 2	SDO 2	73,83	750	0,0010	5
S. Donnino 3	SDO 3	63,76	900	0,0002	20
S. Donnino 4	SDO 4	123,88	1200	0,0002	20
S. Donnino 5	SDO 5	31,49	600	0,0002	20
S. Donnino 6	SDO 6	72,21	600	0,0002	18
S. Donnino 7	SDO 7	20,13	1000	0,0002	18
Coll acque basse 1	CAB 1	76,81	2500	0,0002	22
Coll princ acque basse 1/a	PAB 1/a	9,17	500	0,0003	21
Coll princ acque basse 1/b	PAB 1/b	1,56	50	0,0003	21
Coll princ acque basse 2	PAB 2	8,38	200	0,0002	22

Tabella 4.3: Caratteristiche geometriche delle sezioni utilizzate.

Indice sezione	Forma sezione	Area sezione [m ²]	Perimetro bagnato a bocca piena [m]	Scabrezza omogenea equivalente [mm]	alfa	Altezza sezione [m]	Pendenza sponde
1	trapezia	2,50	4,61	63,10	1,40	1,00	0,67
2	trapezia	2,50	4,61	2,90	1,40	1,00	0,67
3	trapezia	3,90	5,70	66,30	1,40	1,30	0,67
4	rettangolare	4,50	6,00	67,50	1,40	4,50	0,00
5	trapezia	4,88	6,41	67,70	1,40	1,50	0,67
6	trapezia	5,62	6,91	68,50	1,40	1,50	0,67
7	trapezia	5,63	6,91	68,60	1,40	1,50	0,67
8	trapezia	5,78	7,01	68,70	1,40	1,50	0,67
9	rettangolare	6,30	7,10	2,50	1,40	1,80	0,00
10	trapezia	6,51	7,70	2,50	1,40	1,40	0,67
11	trapezia	9,17	9,40	70,60	1,40	1,40	0,67
12	trapezia	10,00	9,21	71,70	1,40	2,00	0,67
13	trapezia	11,00	9,71	72,10	1,40	2,00	0,67
14	trapezia	12,00	10,21	72,50	1,40	2,00	0,67
15	trapezia	12,00	10,21	72,50	1,40	2,00	0,67
16	trapezia	13,12	10,51	73,00	1,40	2,50	0,67
17	trapezia	15,62	11,51	73,70	1,40	2,50	0,67
18	rettangolare	16,80	12,40	73,60	1,40	4,20	0,00
19	trapezia	19,37	13,01	74,30	1,40	2,50	0,67
20	trapezia	28,16	15,54	1,70	1,40	3,20	0,67
21	trapezia	28,50	15,82	75,40	1,40	3,00	0,67
22	trapezia	40,00	18,42	76,00	1,40	4,00	0,67

Come si è visto nei capitoli precedenti, gli altri dati di input necessari per effettuare la verifica idraulica mediante il modello HyNet, sono il coefficiente di deflusso ed il volume specifico dei piccoli invasi. Per il coefficiente di deflusso sono state utilizzate delle apposite tabelle che associano a ciascun codice CLC un valore di φ (confronta capitolo 3.4). Per la determinazione del volume specifico dei piccoli invasi si è assegnato il valore di 40 mm per i terreni con codici 112, 121, 122 e 124, un valore pari a 100 mm per i terreni con codici CLC 211, 231 e 242 ed un valore pari a 150 mm per i terreni con codice 411.

A titolo esemplificativo si riporta quanto effettuato per il bacino Calice Nord. Come si può osservare dalla Figura 4.5, sono state individuate le percentuali di area del bacino ricadenti nelle diverse classi individuate dalla Corine Land Cover. Assegnati ai diversi codici un valore di coefficiente di deflusso e di volumi specifici di invaso, si sono valutati i corrispondenti valori per l'intero sottobacino mediante una media pesata sull'area.

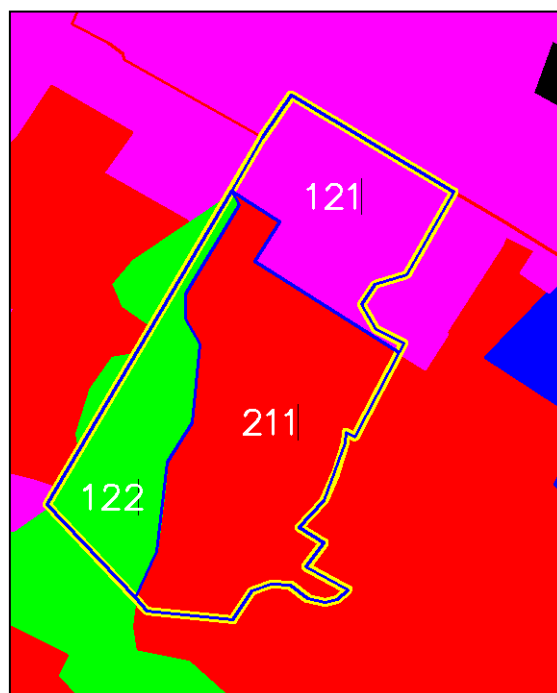


Figura 4.5: Corine Land Cover per il bacino Calice Nord.

Tabella 4.4: Coefficiente di deflusso e volume specifico di invaso per il bacino Calice nord.

	codice CLC 121	codice CLC 122	codice CLC 211	TOT
Area	11,09	32,77	76,89	120,75
φ	0,80	0,80	0,35	0,51
v0	0,004	0,004	0,010	0,008

Si riportano di seguito i valori dei coefficienti di deflusso e del volume specifico dei piccoli invasi utilizzati per la verifica idraulica dei bacini in destra ed in sinistra del Fosso Reale, ricavati in base alla destinazione d'uso del terreno considerato.

Tabella 4.5: Valori del coefficiente di deflusso e del volume specifico di invaso per ciascun sottobacino in destra del Fosso Reale.

Nome sezione	v₀ [m]	Φ [-]
Montalvo 1	0,007	0,61
Montalvo 2	0,008	0,47
Vecchio Prataccio	0,009	0,45
Tomerello 1	0,007	0,60
Tomerello 2	0,010	0,35
Nuovo Prataccio	0,009	0,45
Garille 1/a	0,007	0,58
Garille 1/b	0,007	0,58
Garille 2	0,009	0,42
Garille 3/a	0,010	0,35
Garille 3/b	0,010	0,35
Garille 4	0,010	0,37
Garille 5	0,006	0,61
Calice sud	0,010	0,42
Calice Nord	0,008	0,51
Acqualunga 1	0,009	0,41
Acqualunga 2/a	0,011	0,31
Acqualunga 2/b	0,011	0,31
Acqualunga 3	0,012	0,28
Canale di gronda 1	0,010	0,35
Canale di gronda 2	0,010	0,35
Lumino Nord	0,009	0,39
Gora di Sesto	0,010	0,37
Gavine 1	0,010	0,38
Gavine 2	0,010	0,35
Lumino Sud	0,010	0,35
Prunaia 1/a	0,006	0,64
Prunaia 1/b	0,007	0,57
Prunaia 1/c	0,010	0,35
Colatore dx 1/a	0,010	0,35
Colatore dx 1/b	0,010	0,35
Colatore dx 2	0,010	0,35
Colatore dx 3	0,010	0,35
Colatore dx 4	0,010	0,37
Colatore dx 5	0,007	0,51
Colatore dx 6	0,010	0,36
Colatore dx 7	0,006	0,69
Colatore dx 8	0,006	0,66

Tabella 4.6: Valori del coefficiente di deflusso e del volume specifico di invaso per ciascun sottobacino in sinistra del Fosso Reale.

Nome sezione	v₀ [m]	φ [-]
Colatore sx 1	0,009	0,44
Colatore sx 2	0,010	0,35
Colatore sx 3	0,009	0,46
Colatore sx 4	0,011	0,33
Colatore sx 5	0,007	0,61
Colatore sx 6	0,008	0,52
Colatore sx 7	0,007	0,58
Dogaia 1	0,007	0,59
Lupaia 1	0,006	0,62
Lupaia 2	0,007	0,60
Lupaia 3	0,008	0,53
Aeroporto 1	0,007	0,55
Aeroporto 2	0,007	0,61
Aeroporto 3	0,010	0,36
Osmannoro 1	0,005	0,71
Osmannoro 2/a	0,005	0,72
Osmannoro 2/b	0,007	0,61
Osmannoro 3	0,008	0,53
Gavina 1	0,005	0,76
Gavina 2	0,008	0,45
S, Donnino 1	0,006	0,62
S, Donnino 2	0,006	0,65
S, Donnino 3	0,006	0,68
S, Donnino 4	0,006	0,67
S, Donnino 5	0,007	0,56
S, Donnino 6	0,006	0,64
S, Donnino 7	0,008	0,52
Coll acque basse 1	0,008	0,53
Coll princ acque basse 1/a	0,004	0,80
Coll princ acque basse 1/b	0,004	0,80
Coll princ acque basse 2	0,009	0,46

4.3 RISULTATI

4.3.1 Parametri caratteristici del bacino

I primi risultati forniti dal codice HyNet sono relativi all'area ed al coefficiente di deflusso relativi non al singolo sottobacino, ma all'intero bacino di calcolo. Viene cioè considerato l'intero bacino racchiuso dalla sezione di riferimento. Per valutare il coefficiente di deflusso il codice di calcolo effettua una media pesata sulle aree dei singoli sottobacini posti al di sopra della sezione di chiusura considerata. Mentre per l'area di calcolo vengono sommate le aree di tutti i sottobacini che si trovano al di sopra della sezione considerata. Tali parametri prescindono dal tempo di ritorno, essendo delle caratteristiche intrinseche del bacino. I risultati così ottenuti vengono riportati nelle tabelle 4.7 e 4.8 rispettivamente per i sottobacini in destra ed in sinistra del Fosso Reale.

Tabella 4.7: Caratteristiche geometriche valutate per ciascun sottobacino in destra del Fosso Reale mediante codice HyNet.

Codice sezione	Area di calcolo [ha]	Lunghezza ramo [m]	Pendenza ramo [-]	Coefficiente Afflusso Equivalente [-]
MON 1	29,73	350	0,0040	0,610
MON 2	67,31	900	0,0014	0,532
VPR 1	47,77	1200	0,0030	0,450
TOM 1	66,23	300	0,0060	0,600
TOM 2	89,01	1000	0,0029	0,536
NPR 1	40,64	1150	0,0032	0,450
GAR 1/a	146,44	325	0,0010	0,511
GAR 1/b	262,2	1100	0,0010	0,529
GAR 2	324,22	625	0,0010	0,508
GAR 3/a	340,74	500	0,0010	0,500
GAR 3/b	384,55	150	0,0010	0,494
GAR 4	397,47	550	0,0005	0,490
GAR 5	458,99	350	0,0005	0,486
CLS 1	48,73	1600	0,0021	0,420
CLN 1	120,75	1500	0,0005	0,510
ALG 1	52,19	1100	0,0018	0,410
ALG 2/a	186,11	400	0,0018	0,468
ALG 2/b	340,8	600	0,0018	0,425
ALG 3	378,76	900	0,0018	0,414
GRD 1	25,99	800	0,0001	0,350
GRD 2	140,24	250	0,0001	0,380
LMN 1	104,04	1350	0,0014	0,390
GST 1	85,31	1900	0,0017	0,370
GAV 1	86,91	1000	0,0019	0,380
GAV 2	99,58	725	0,0019	0,376
LMS 1	19,73	600	0,0020	0,350
PRN 1/a	127,89	1150	0,0015	0,640
PRN 1/b	19,72	450	0,0015	0,570
PRN 1/c	153,17	200	0,0015	0,620
CDX 1/a	9,07	700	0,0004	0,350
CDX 1/b	99,23	250	0,0004	0,367
CDX 2	240,44	1300	0,0004	0,368
CDX 3	631,86	500	0,0004	0,395
CDX 4	1189,99	200	0,0004	0,428
CDX 5	1207,36	100	0,0004	0,429
CDX 6	1222,82	800	0,0004	0,428
CDX 7	1433,34	900	0,0004	0,459
CDX 8	1441,94	350	0,0004	0,461

Tabella 4.8: Caratteristiche geometriche valutate per ciascun sottobacino in sinistra del Fosso Reale mediante codice HyNet.

Codice sezione	Area di calcolo [ha]	Lunghezza ramo [m]	Pendenza ramo [-]	Coefficiente Afflusso Equivalente [-]
CSX 1	10,55	550	0,0050	0,440
CSX 2	69,47	350	0,0050	0,492
CSX 3	479	600	0,0004	0,567
CSX 4	496,72	1700	0,0004	0,559
CSX 5	507,18	800	0,0004	0,560
CSX 6	535,36	1150	0,0004	0,558
CSX 7	551,44	800	0,0004	0,558
DOG 1	37,17	600	0,0005	0,590
LUP 1	71,05	900	0,0010	0,620
LUP 2	131,4	500	0,0010	0,611
LUP 3	169,08	600	0,0010	0,593
AER 1	122,38	150	0,0006	0,550
AER 2	229,14	1000	0,0006	0,578
AER 3	402,61	550	0,0020	0,582
OSM 1	169,65	2200	0,0010	0,710
OSM 2/a	282,01	1750	0,0010	0,714
OSM 2/b	28,35	500	0,0010	0,610
OSM 3	328,89	750	0,0029	0,695
GVE 1	91,55	1900	0,0003	0,760
GVE 2	156,46	1400	0,0003	0,631
SDO 1	31,6	100	0,0010	0,620
SDO 2	105,43	750	0,0010	0,641
SDO 3	169,19	900	0,0002	0,656
SDO 4	294,07	1200	0,0002	0,662
SDO 5	325,56	600	0,0002	0,652
SDO 6	397,77	600	0,0002	0,650
SDO 7	417,9	1000	0,0002	0,644
CAB 1	562,16	2500	0,0002	0,655
PAB 1/a	2002,55	500	0,0003	0,489
PAB 1/b	2566,27	50	0,0003	0,525
PAB 2	2992,55	200	0,0002	0,542

I valori di portata e dei tiranti idrici dipendono invece dalle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica e, quindi dal tempo di ritorno prescelto.

4.3.2 Tempo di ritorno 10 anni

Sono di seguito riportati i risultati sotto forma di portata e tirante idrico per i diversi tempi di ritorno con i quali si vuole effettuare la verifica. In particolare si ha che quando il rapporto tra la portata di

invaso e la portata di moto uniforme (colonna *Rapporto* Q_{tot}/Q_{unif}), o il rapporto tra l'altezza valutata nella sezione e l'altezza della sezione (colonna *Rapporto* Y/Y_{max}), è minore di 1, la sezione risulta essere verificata, pertanto non si ha esondazione nel tratto esaminato. In caso contrario (colonna *Rapporto* Q_{tot}/Q_{unif} maggiore di 1, o colonna *Rapporto* Y/Y_{max} pari ad 1) si ha esondazione nel tratto schematizzato.

Nelle tabelle 4.9 e 4.10 sono riportati i risultati relativi al periodo di ritorno di 10 anni rispettivamente per i sottobacini in destra ed in sinistra idraulica del Fosso Reale. Come si può osservare ci sono 9 sezioni insufficienti, delle quali 8 si trovano in sinistra del Fosso Reale e solo una in destra. In particolare, si ha che in destra risulta non verificato il tratto a monte del Tomerello; mentre in sinistra risultano non verificati i canali Dogaia, il tratto a valle del Lupaia, i tratti a monte del Gavine e dell'Osmannoro e due tratti del San Donnino.

Tabella 4.9: Portate e tiranti per il tempo di ritorno di 10 anni per ciascun sottobacino in destra del Fosso Reale mediante codice HyNet.

Codice sezione	Volume specifico di invaso [mm]	Coefficiente udometrico [l/s*ha]	Portata totale di invaso Q _{tot} [mc/s]	Portata moto uniforme Q _{unif} [mc/s]	Rapporto Q _{tot} /Q _{unif}	Altezza sezione Y _{max} [m]	Tirante idrico Y [m]	Rapporto Y/Y _{max}
MON 1	0,009	90,53	2,69	4,22	0,64	1,0	0,81	0,81
MON 2	0,012	41,96	2,82	6,11	0,46	1,5	1,06	0,71
VPR 1	0,012	22,90	1,09	3,65	0,30	1,0	0,56	0,56
TOM 1	0,008	103,06	6,83	5,17	1,32	1,0	1,00	1,00
TOM 2	0,012	46,53	4,14	8,79	0,47	1,5	1,07	0,71
NPR 1	0,012	23,06	0,94	3,77	0,25	1,0	0,51	0,51
GAR 1/a	0,012	34,34	5,03	15,17	0,33	2,0	1,16	0,58
GAR 1/b	0,014	27,89	7,31	15,17	0,48	2,0	1,40	0,70
GAR 2	0,014	22,74	7,37	15,17	0,49	2,0	1,41	0,71
GAR 3/a	0,014	20,56	7,00	12,26	0,57	1,8	0,98	0,55
GAR 3/b	0,014	20,53	7,90	12,26	0,64	1,8	1,06	0,59
GAR 4	0,014	18,00	7,15	8,67	0,83	1,8	1,26	0,70
GAR 5	0,014	17,66	8,11	8,67	0,94	1,8	1,38	0,77
CLS 1	0,013	13,08	0,64	3,06	0,21	1,0	0,47	0,47
CLN 1	0,013	24,92	3,01	3,65	0,82	1,5	1,38	0,92
ALG 1	0,011	17,07	0,89	6,93	0,13	1,5	0,57	0,38
ALG 2/a	0,013	20,48	3,81	22,74	0,17	2,0	0,79	0,40
ALG 2/b	0,013	13,49	4,60	22,74	0,20	2,0	0,87	0,44
ALG 3	0,013	10,63	4,02	22,74	0,18	2,0	0,81	0,41
GRD 1	0,013	5,24	0,14	3,62	0,04	1,4	0,22	0,16
GRD 2	0,012	10,14	1,42	3,62	0,39	1,4	0,84	0,60
LMN 1	0,011	14,01	1,46	4,55	0,32	1,3	0,77	0,59
GST 1	0,012	8,59	0,73	8,41	0,09	1,5	0,44	0,29
GAV 1	0,011	13,32	1,16	4,84	0,24	1,0	0,50	0,50
GAV 2	0,011	11,24	1,12	16,95	0,07	1,4	0,32	0,23
LMS 1	0,011	9,37	0,19	2,98	0,06	1,0	0,25	0,25
PRN 1/a	0,012	70,28	8,99	23,63	0,38	2,5	1,62	0,65
PRN 1/b	0,010	63,27	1,25	23,63	0,05	2,5	0,61	0,24
PRN 1/c	0,012	66,15	10,13	23,63	0,43	2,5	1,71	0,68
CDX 1/a	0,012	6,84	0,06	1,33	0,05	1,0	0,21	0,21
CDX 1/b	0,012	8,23	0,82	1,33	0,61	1,0	0,80	0,80
CDX 2	0,013	6,84	1,64	3,94	0,42	1,5	0,99	0,66
CDX 3	0,013	8,21	5,19	10,72	0,48	2,0	1,39	0,70
CDX 4	0,014	11,44	13,61	20,26	0,67	2,5	2,05	0,82
CDX 5	0,014	11,61	14,01	20,26	0,69	2,5	2,08	0,83
CDX 6	0,014	9,71	11,88	33,84	0,35	3,0	1,75	0,58
CDX 7	0,015	11,98	17,17	33,84	0,51	3,0	2,12	0,71
CDX 8	0,015	11,43	16,48	33,84	0,49	3,0	2,08	0,69

Tabella 4.10: Portate e tiranti per il tempo di ritorno di 10 anni per ciascun sottobacino in sinistra del Fosso Reale mediante codice HyNet.

Codice sezione	Volume specifico di invaso [mm]	Coefficiente udometrico [l/s*ha]	Portata totale di invaso Qtot [mc/s]	Portata moto uniforme Qunif [mc/s]	Rapporto Q_{tot}/Q_{unif}	Altezza sezione Ymax [m]	Tirante idrico Y [m]	Rapporto Y/Y_{max}
CSX 1	0,011	26,39	0,28	13,89	0,02	1,5	0,19	0,13
CSX 2	0,011	38,00	2,64	13,89	0,19	1,5	0,67	0,45
CSX 3	0,015	29,87	14,31	33,84	0,42	3,0	1,93	0,64
CSX 4	0,017	16,65	8,27	33,84	0,24	3,0	1,44	0,48
CSX 5	0,018	14,19	7,20	33,84	0,21	3,0	1,33	0,44
CSX 6	0,019	12,03	6,44	33,84	0,19	3,0	1,25	0,42
CSX 7	0,019	11,04	6,09	33,84	0,18	3,0	1,21	0,40
DOG 1	0,011	63,63	2,37	1,49	1,59	1,0	1,00	1,00
LUP 1	0,012	65,12	4,63	5,16	0,90	1,5	1,43	0,95
LUP 2	0,011	66,91	8,79	6,23	1,41	1,5	1,50	1,00
LUP 3	0,012	55,07	9,31	6,23	1,49	1,5	1,50	1,00
AER 1	0,008	81,91	10,02	18,81	0,53	2,5	1,86	0,74
AER 2	0,012	51,27	11,75	18,81	0,63	2,5	2,00	0,80
AER 3	0,013	44,86	18,06	34,34	0,53	2,5	1,84	0,74
OSM 1	0,011	102,74	17,43	4,71	3,70	4,5	1,50	1,00
OSM 2/a	0,014	69,92	19,72	13,40	1,47	2,0	2,00	1,00
OSM 2/b	0,011	66,67	1,89	13,40	0,14	2,0	0,76	0,38
OSM 3	0,015	60,72	19,97	22,82	0,88	2,0	1,88	0,94
GVE 1	0,017	65,15	5,96	3,40	1,75	1,5	1,50	1,00
GVE 2	0,017	25,83	4,04	10,57	0,38	2,5	1,63	0,65
SDO 1	0,007	129,77	4,10	5,16	0,79	1,5	1,36	0,91
SDO 2	0,010	92,47	9,75	5,16	1,89	1,5	1,50	1,00
SDO 3	0,014	60,48	10,23	39,64	0,26	3,2	1,62	0,51
SDO 4	0,015	48,43	14,24	39,64	0,36	3,2	1,93	0,60
SDO 5	0,016	38,94	12,68	39,64	0,32	3,2	1,81	0,57
SDO 6	0,017	35,01	13,92	11,67	1,19	4,2	4,20	1,00
SDO 7	0,018	23,71	9,91	11,67	0,85	4,2	3,01	0,72
CAB 1	0,021	17,80	10,01	38,04	0,26	4,0	2,09	0,52
PAB 1/a	0,016	8,32	16,67	29,31	0,57	3,0	2,25	0,75
PAB 1/b	0,016	9,43	24,19	29,31	0,83	3,0	2,73	0,91
PAB 2	0,016	10,09	30,19	38,04	0,79	4,0	3,59	0,90

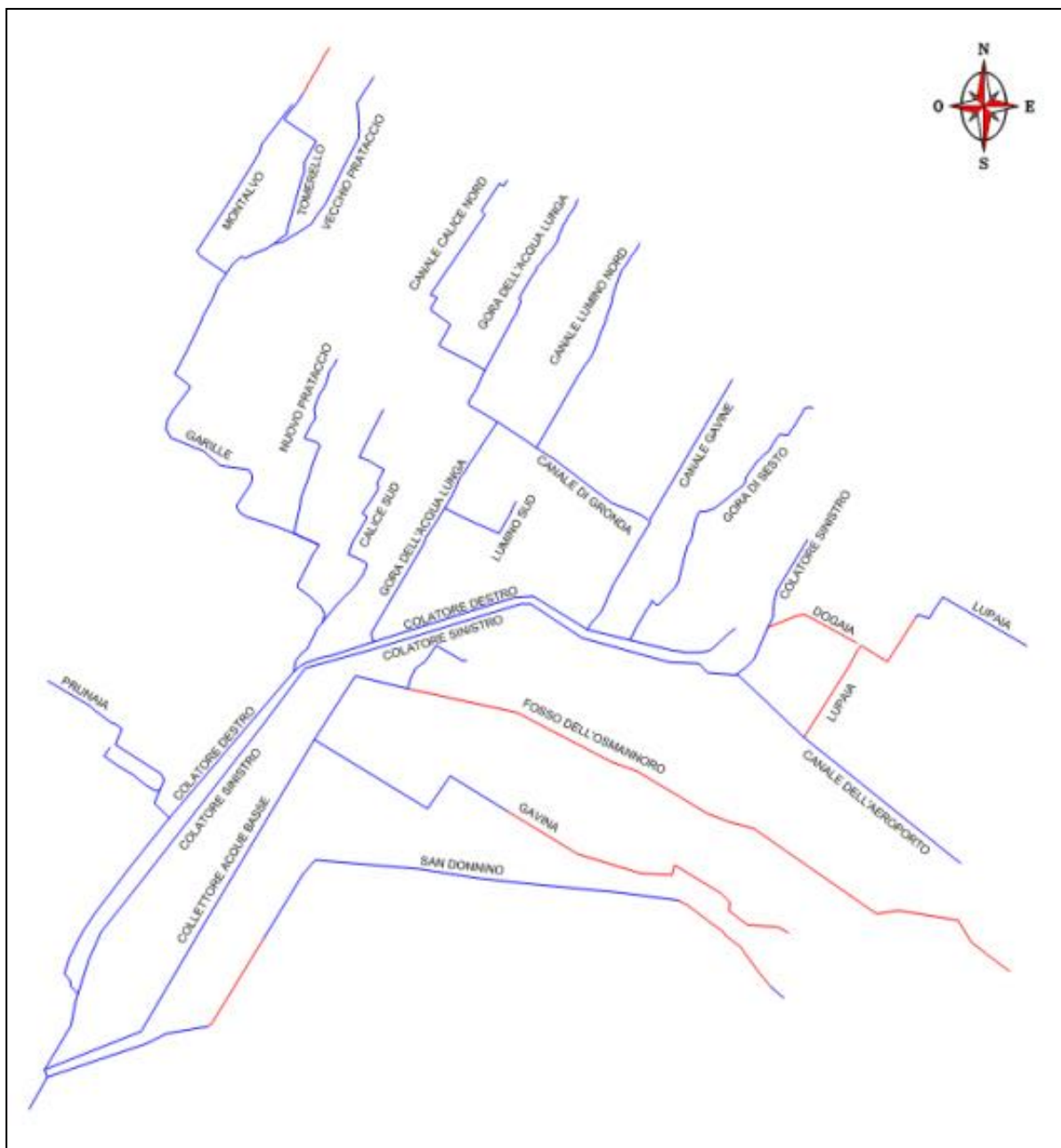


Figura 4.6: Reticolo idrografico con in rosso i tratti insufficienti per il periodo di ritorno di 10 anni.

4.3.3 Tempo di ritorno 20 anni

Vengono di seguito riportati i risultati per il periodo di ritorno pari a 20 anni. In questo caso le sezioni insufficienti risultano essere 18, delle quali 14 in sinistra idraulica del Fosso Reale e 4 in destra. In sinistra si hanno gli stessi tratti del periodo di ritorno di 10 anni, ai quali si aggiunge il tratto più a valle dell'Osmannoro ed il collettore principale delle acque basse. In destra, invece, si hanno in aggiunta il Calice nord ed i tratti più a valle del Garille.

Tabella 4.11: Portate e tiranti per il tempo di ritorno di 20 anni per ciascun sottobacino in destra del Fosso Reale mediante codice HyNet.

Codice sezione	Volume specifico di invaso [mm]	Coefficiente udometrico [l/s*ha]	Portata totale di invaso Qtot [mc/s]	Portata moto uniforme Qunif [mc/s]	Rapporto Q_{tot}/Q_{unif}	Altezza sezione Ymax [m]	Tirante idrico Y [m]	Rapporto Y/Y_{max}
MON 1	0,010	113,68	3,38	4,22	0,80	1,0	0,91	0,91
MON 2	0,013	53,03	3,57	6,11	0,58	1,5	1,18	0,79
VPR 1	0,013	34,50	1,65	3,65	0,45	1,0	0,69	0,69
TOM 1	0,008	138,03	9,14	5,17	1,77	1,0	1,00	1,00
TOM 2	0,012	58,00	5,16	8,79	0,59	1,5	1,18	0,79
NPR 1	0,013	34,59	1,41	3,77	0,37	1,0	0,63	0,63
GAR 1/a	0,013	47,36	6,94	15,17	0,46	2,0	1,36	0,68
GAR 1/b	0,015	38,83	10,18	15,17	0,67	2,0	1,65	0,83
GAR 2	0,015	31,52	10,22	15,17	0,67	2,0	1,65	0,83
GAR 3/a	0,015	28,45	9,69	12,26	0,79	1,8	1,23	0,68
GAR 3/b	0,015	28,55	10,98	12,26	0,90	1,8	1,34	0,74
GAR 4	0,016	24,58	9,77	8,67	1,13	1,8	1,80	1,00
GAR 5	0,016	24,28	11,15	8,67	1,29	1,8	1,80	1,00
CLS 1	0,014	19,92	0,97	3,06	0,32	1,0	0,58	0,58
CLN 1	0,014	40,18	4,85	3,65	1,33	1,5	1,50	1,00
ALG 1	0,012	25,99	1,36	6,93	0,20	1,5	0,71	0,47
ALG 2/a	0,014	31,45	5,85	22,74	0,26	2,0	1,00	0,50
ALG 2/b	0,014	20,11	6,85	22,74	0,30	2,0	1,08	0,54
ALG 3	0,014	15,55	5,89	22,74	0,26	2,0	1,00	0,50
GRD 1	0,014	8,25	0,21	3,62	0,06	1,4	0,28	0,20
GRD 2	0,013	15,54	2,18	3,62	0,60	1,4	1,06	0,76
LMN 1	0,012	21,55	2,24	4,55	0,49	1,3	0,94	0,72
GST 1	0,013	13,54	1,16	8,41	0,14	1,5	0,56	0,37
GAV 1	0,012	22,41	1,95	4,84	0,40	1,0	0,65	0,65
GAV 2	0,012	18,42	1,84	16,95	0,11	1,4	0,42	0,30
LMS 1	0,012	15,88	0,31	2,98	0,11	1,0	0,33	0,33
PRN 1/a	0,013	84,70	10,83	23,63	0,46	2,5	1,77	0,71
PRN 1/b	0,011	78,39	1,55	23,63	0,07	2,5	0,69	0,28
PRN 1/c	0,013	80,34	12,31	23,63	0,52	2,5	1,87	0,75
CDX 1/a	0,013	10,98	0,10	1,33	0,08	1,0	0,27	0,27
CDX 1/b	0,013	13,00	1,29	1,33	0,97	1,0	0,99	0,99
CDX 2	0,014	10,39	2,50	3,94	0,63	1,5	1,21	0,81
CDX 3	0,015	11,97	7,56	10,72	0,71	2,0	1,68	0,84
CDX 4	0,015	16,35	19,45	20,26	0,96	2,5	2,45	0,98
CDX 5	0,015	16,56	19,99	20,26	0,99	2,5	2,49	0,99
CDX 6	0,016	13,62	16,66	33,84	0,49	3,0	2,09	0,70
CDX 7	0,016	16,46	23,59	33,84	0,70	3,0	2,50	0,83
CDX 8	0,017	15,61	22,50	33,84	0,67	3,0	2,44	0,81

Tabella 4.12: Portate e tiranti per il tempo di ritorno di 20 anni per ciascun sottobacino in sinistra del Fosso Reale mediante codice HyNet.

Codice sezione	Volume specifico di invaso [mm]	Coefficiente udometrico [l/s*ha]	Portata totale di invaso Q _{tot} [mc/s]	Portata moto uniforme Q _{unif} [mc/s]	Rapporto Q _{tot} /Q _{unif}	Altezza sezione Y _{max} [m]	Tirante idrico Y [m]	Rapporto Y/Y _{max}
CSX 1	0,011	39,74	0,42	13,89	0,03	1,5	0,25	0,16
CSX 2	0,011	51,66	3,59	13,89	0,26	1,5	0,78	0,52
CSX 3	0,016	42,91	20,55	33,84	0,61	3,0	2,33	0,78
CSX 4	0,019	22,29	11,07	33,84	0,33	3,0	1,68	0,56
CSX 5	0,020	18,93	9,60	33,84	0,28	3,0	1,56	0,52
CSX 6	0,021	15,93	8,53	33,84	0,25	3,0	1,46	0,49
CSX 7	0,022	14,62	8,06	33,84	0,24	3,0	1,42	0,47
DOG 1	0,011	85,23	3,17	1,49	2,12	1,0	1,00	1,00
LUP 1	0,012	83,41	5,93	5,16	1,15	1,5	1,50	1,00
LUP 2	0,012	87,11	11,45	6,23	1,84	1,5	1,50	1,00
LUP 3	0,013	71,53	12,09	6,23	1,94	1,5	1,50	1,00
AER 1	0,008	105,30	12,89	18,81	0,69	2,5	2,10	0,84
AER 2	0,013	62,44	14,31	18,81	0,76	2,5	2,20	0,88
AER 3	0,014	58,14	23,41	34,34	0,68	2,5	2,09	0,84
OSM 1	0,011	137,61	23,35	4,71	4,95	4,5	1,50	1,00
OSM 2/a	0,014	93,65	26,41	13,40	1,97	2,0	2,00	1,00
OSM 2/b	0,012	82,32	2,33	13,40	0,17	2,0	0,85	0,43
OSM 3	0,016	75,98	24,99	22,82	1,10	2,0	2,00	1,00
GVE 1	0,017	87,26	7,99	3,40	2,35	1,5	1,50	1,00
GVE 2	0,019	38,36	6,00	10,57	0,57	2,5	1,95	0,78
SDO 1	0,008	166,69	5,27	5,16	1,02	1,5	1,50	1,00
SDO 2	0,010	122,74	12,94	5,16	2,51	1,5	1,50	1,00
SDO 3	0,015	73,80	12,49	39,64	0,32	3,2	1,80	0,56
SDO 4	0,017	61,05	17,95	39,64	0,45	3,2	2,17	0,68
SDO 5	0,018	52,32	17,03	39,64	0,43	3,2	2,11	0,66
SDO 6	0,018	50,58	20,12	11,67	1,72	4,2	4,20	1,00
SDO 7	0,021	29,60	12,37	11,67	1,06	4,2	4,20	1,00
CAB 1	0,023	24,20	13,60	38,04	0,36	4,0	2,44	0,61
PAB 1/a	0,017	10,78	21,59	29,31	0,74	3,0	2,58	0,86
PAB 1/b	0,018	12,05	30,93	29,31	1,06	3,0	3,00	1,00
PAB 2	0,018	12,80	38,30	38,04	1,01	4,0	4,00	1,00

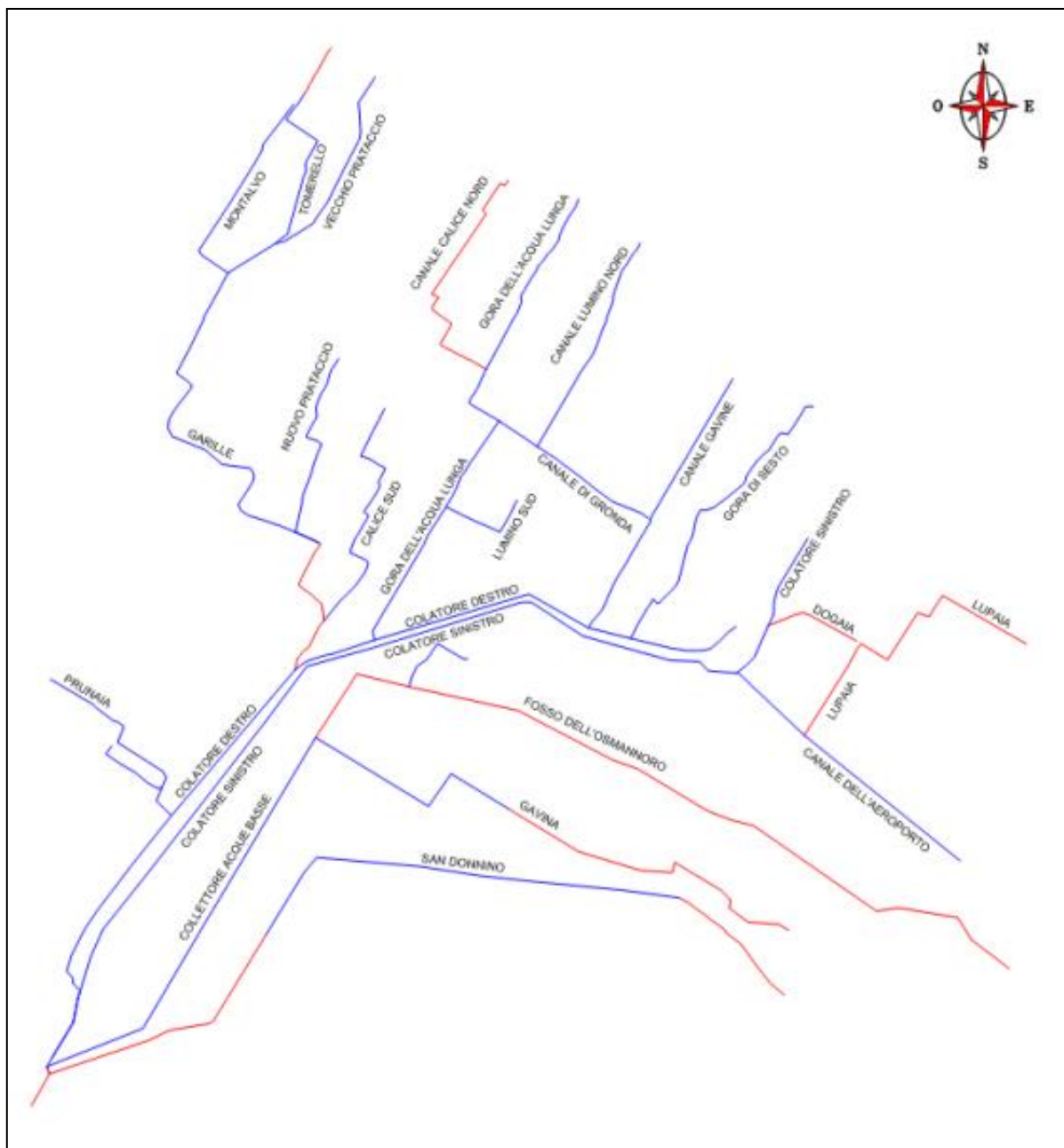


Figura 4.7: Reticolo idrografico con in rosso i tratti insufficienti per il periodo di ritorno di 20 anni.

4.3.4 Tempo di ritorno 50 anni

Vengono di seguito riportati i risultati per il periodo di ritorno pari a 50 anni. In questo caso sono presenti 28 sezioni insufficienti, di queste 14 si trovano in sinistra del Fosso Reale e 14 in destra. In particolare in sinistra non ci sono variazioni rispetto al tempo di ritorno di 10 anni, mentre la situazione si aggrava notevolmente in destra dove si passa da 4 tratti a 15. Si ha infatti che risulta quasi totalmente insufficiente il Garille, ad eccezione della parte a monte, ed il Colatore destro, eccetto gli estremi.

Tabella 4.13: Portate e tiranti per il tempo di ritorno di 50 anni per ciascun sottobacino in destra del Fosso Reale mediante codice HyNet.

Codice sezione	Volume specifico di invaso [mm]	Coefficiente udometrico [l/s*ha]	Portata totale di invaso Q _{tot} [mc/s]	Portata moto uniforme Q _{unif} [mc/s]	Rapporto Q _{tot} /Q _{unif}	Altezza sezione Y _{max} [m]	Tirante idrico Y [m]	Rapporto Y/Y _{max}
MON 1	0,010	157,83	4,69	4,22	1,11	1,0	1,00	1,00
MON 2	0,014	69,09	4,65	6,11	0,76	1,5	1,33	0,89
VPR 1	0,014	48,01	2,29	3,65	0,63	1,0	0,81	0,81
TOM 1	0,008	202,68	13,42	5,17	2,60	1,0	1,00	1,00
TOM 2	0,013	77,14	6,87	8,79	0,78	1,5	1,35	0,90
NPR 1	0,013	48,31	1,96	3,77	0,52	1,0	0,74	0,74
GAR 1/a	0,014	62,04	9,09	15,17	0,60	2,0	1,56	0,78
GAR 1/b	0,017	53,04	13,91	15,17	0,92	2,0	1,92	0,96
GAR 2	0,017	46,94	15,22	15,17	1,00	2,0	2,00	1,00
GAR 3/a	0,017	42,84	14,60	12,26	1,19	1,8	1,80	1,00
GAR 3/b	0,017	43,25	16,63	12,26	1,36	1,8	1,80	1,00
GAR 4	0,018	38,07	15,13	8,67	1,75	1,8	1,80	1,00
GAR 5	0,017	38,13	17,50	8,67	2,02	1,8	1,80	1,00
CLS 1	0,015	32,04	1,56	3,06	0,51	1,0	0,73	0,73
CLN 1	0,014	61,74	7,46	3,65	2,04	1,5	1,50	1,00
ALG 1	0,013	39,47	2,06	6,93	0,30	1,5	0,86	0,57
ALG 2/a	0,014	49,03	9,12	22,74	0,40	2,0	1,26	0,63
ALG 2/b	0,015	33,46	11,40	22,74	0,50	2,0	1,42	0,71
ALG 3	0,016	25,05	9,49	22,74	0,42	2,0	1,29	0,65
GRD 1	0,016	13,50	0,35	3,62	0,10	1,4	0,38	0,27
GRD 2	0,014	24,91	3,49	3,62	0,97	1,4	1,38	0,99
LMN 1	0,013	34,55	3,60	4,55	0,79	1,3	1,17	0,90
GST 1	0,014	22,42	1,91	8,41	0,23	1,5	0,73	0,49
GAV 1	0,012	37,03	3,22	4,84	0,67	1,0	0,83	0,83
GAV 2	0,013	31,93	3,18	16,95	0,19	1,4	0,58	0,41
LMS 1	0,012	28,77	0,57	2,98	0,19	1,0	0,45	0,45
PRN 1/a	0,014	108,14	13,83	23,63	0,59	2,5	1,97	0,79
PRN 1/b	0,012	102,66	2,02	23,63	0,09	2,5	0,79	0,32
PRN 1/c	0,014	103,03	15,78	23,63	0,67	2,5	2,10	0,84
CDX 1/a	0,014	18,29	0,17	1,33	0,12	1,0	0,36	0,36
CDX 1/b	0,014	22,56	2,24	1,33	1,68	1,0	1,00	1,00
CDX 2	0,016	16,72	4,02	3,94	1,02	1,5	1,50	1,00
CDX 3	0,017	19,08	12,06	10,72	1,12	2,0	2,00	1,00
CDX 4	0,017	26,25	31,23	20,26	1,54	2,5	2,50	1,00
CDX 5	0,017	26,56	32,07	20,26	1,58	2,5	2,50	1,00
CDX 6	0,018	21,00	25,68	33,84	0,76	3,0	2,61	0,87
CDX 7	0,019	24,67	35,36	33,84	1,05	3,0	3,00	1,00
CDX 8	0,019	23,09	33,30	33,84	0,98	3,0	2,98	0,99

Tabella 4.14: Portate e tiranti per il tempo di ritorno di 50 anni per ciascun sottobacino in sinistra del Fosso Reale mediante codice HyNet.

Codice sezione	Volume specifico di invaso [mm]	Coefficiente udometrico [l/s*ha]	Portata totale di invaso Q _{tot} [mc/s]	Portata moto uniforme Q _{unif} [mc/s]	Rapporto Q _{tot} /Q _{unif}	Altezza sezione Y _{max} [m]	Tirante idrico Y [m]	Rapporto Y/Y _{max}
CSX 1	0,012	54,11	0,57	13,89	0,04	1,5	0,29	0,19
CSX 2	0,012	72,50	5,04	13,89	0,36	1,5	0,92	0,61
CSX 3	0,017	59,37	28,44	33,84	0,84	3,0	2,75	0,92
CSX 4	0,022	32,22	16,00	33,84	0,47	3,0	2,05	0,68
CSX 5	0,024	27,02	13,70	33,84	0,41	3,0	1,89	0,63
CSX 6	0,025	22,51	12,05	33,84	0,36	3,0	1,76	0,59
CSX 7	0,026	20,49	11,30	33,84	0,33	3,0	1,70	0,57
DOG 1	0,011	125,14	4,65	1,49	3,12	1,0	1,00	1,00
LUP 1	0,012	122,48	8,70	5,16	1,69	1,5	1,50	1,00
LUP 2	0,012	127,91	16,81	6,23	2,70	1,5	1,50	1,00
LUP 3	0,013	104,82	17,72	6,23	2,84	1,5	1,50	1,00
AER 1	0,009	144,88	17,73	18,81	0,94	2,5	2,44	0,98
AER 2	0,015	80,06	18,34	18,81	0,98	2,5	2,48	0,99
AER 3	0,015	77,00	31,00	34,34	0,90	2,5	2,39	0,96
OSM 1	0,011	202,05	34,28	4,71	7,27	4,5	1,50	1,00
OSM 2/a	0,014	137,50	38,78	13,40	2,89	2,0	2,00	1,00
OSM 2/b	0,013	106,98	3,03	13,40	0,23	2,0	0,97	0,49
OSM 3	0,016	110,72	36,41	22,82	1,60	2,0	2,00	1,00
GVE 1	0,017	128,12	11,73	3,40	3,45	1,5	1,50	1,00
GVE 2	0,021	56,49	8,84	10,57	0,84	2,5	2,32	0,93
SDO 1	0,008	244,75	7,73	5,16	1,50	1,5	1,50	1,00
SDO 2	0,010	179,92	18,97	5,16	3,67	1,5	1,50	1,00
SDO 3	0,016	94,48	15,99	39,64	0,40	3,2	2,04	0,64
SDO 4	0,019	76,91	22,62	39,64	0,57	3,2	2,43	0,76
SDO 5	0,020	67,96	22,13	39,64	0,56	3,2	2,41	0,75
SDO 6	0,020	69,32	27,57	11,67	2,36	4,2	4,20	1,00
SDO 7	0,023	50,88	21,26	11,67	1,82	4,2	4,20	1,00
CAB 1	0,027	34,67	19,49	38,04	0,51	4,0	2,91	0,73
PAB 1/a	0,020	14,43	28,91	29,31	0,99	3,0	2,98	0,99
PAB 1/b	0,020	16,13	41,39	29,31	1,41	3,0	3,00	1,00
PAB 2	0,020	17,12	51,24	38,04	1,35	4,0	4,00	1,00

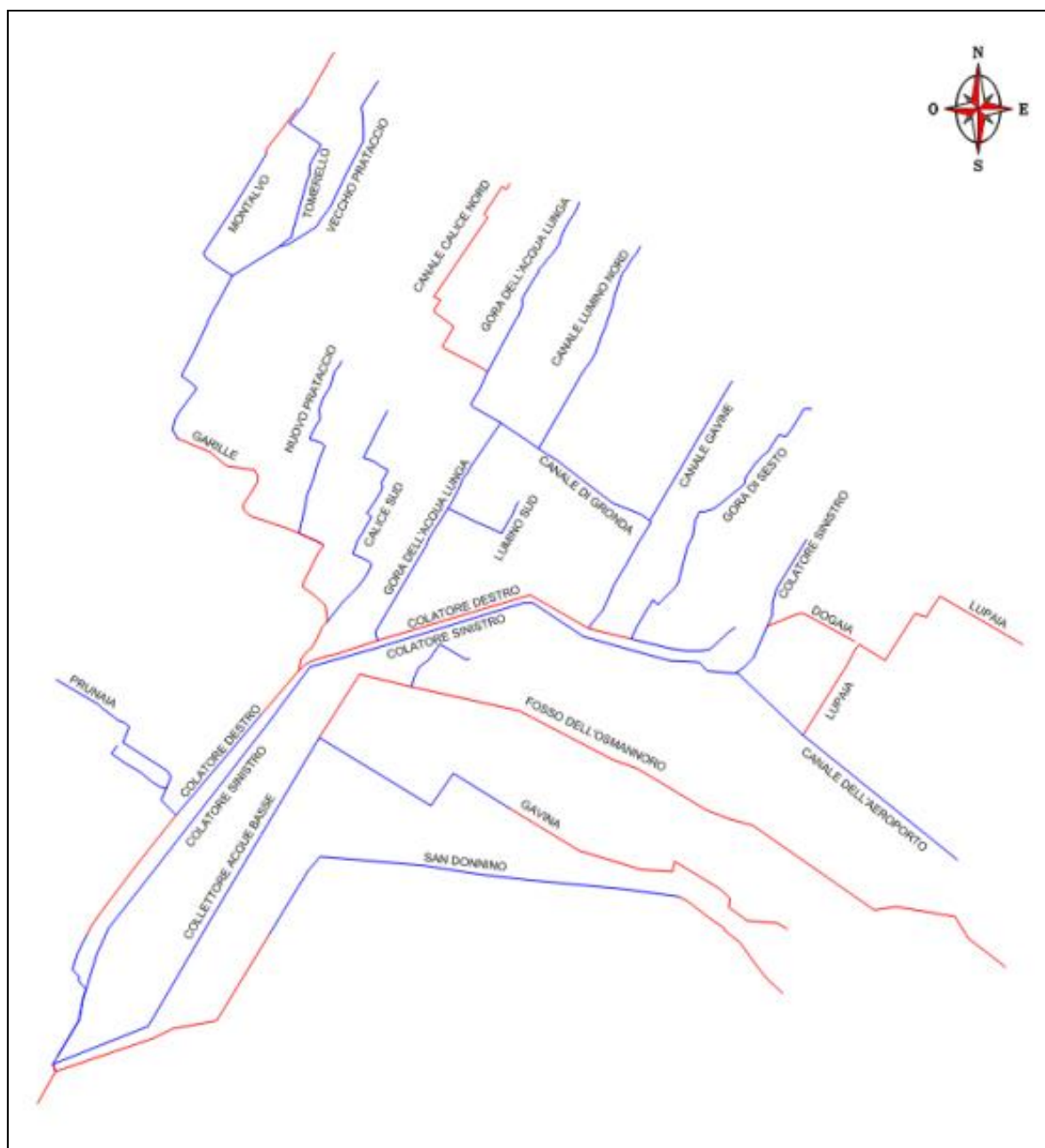


Figura 4.8: Reticolo idrografico con in rosso i tratti insufficienti per il periodo di ritorno di 50 anni.

4.3.5 Tempo di ritorno 200 anni

Vengono di seguito riportati i risultati per il periodo di ritorno pari a 200 anni. In quest'ultimo caso si hanno ben 37 tratti insufficienti su 68 studiati. di questi 18 sono in destra del Fosso Reale e 19 in sinistra.

Tabella 4.15: Portate e tiranti per il tempo di ritorno di 200 anni per ciascun sottobacino in destra del Fosso Reale mediante codice HyNet.

Codice sezione	Volume specifico di invaso [mm]	Coefficiente udometrico [l/s*ha]	Portata totale di invaso Q _{tot} [mc/s]	Portata moto uniforme Q _{unif} [mc/s]	Rapporto Q _{tot} /Q _{unif}	Altezza sezione Y _{max} [m]	Tirante idrico Y [m]	Rapporto Y/Y _{max}
MON 1	0,010	211,75	6,30	4,22	1,49	1	1,00	1,00
MON 2	0,015	84,43	5,68	6,11	0,93	1,5	1,46	0,97
VPR 1	0,014	59,49	2,84	3,65	0,78	1	0,89	0,89
TOM 1	0,008	271,91	18,01	5,17	3,49	1	1,00	1,00
TOM 2	0,014	95,27	8,48	8,79	0,96	1,5	1,48	0,99
NPR 1	0,014	59,74	2,43	3,77	0,64	1	0,82	0,82
GAR 1/a	0,015	76,08	11,14	15,17	0,74	2	1,73	0,87
GAR 1/b	0,018	65,46	17,16	15,17	1,13	2	2,00	1,00
GAR 2	0,018	58,51	18,97	15,17	1,25	2	2,00	1,00
GAR 3/a	0,018	54,74	18,65	12,26	1,52	1,8	1,80	1,00
GAR 3/b	0,018	54,68	21,03	12,26	1,72	1,8	1,80	1,00
GAR 4	0,018	51,47	20,46	8,67	2,36	1,8	1,80	1,00
GAR 5	0,018	51,28	23,54	8,67	2,72	1,8	1,80	1,00
CLS 1	0,016	41,94	2,04	3,06	0,67	1	0,83	0,83
CLN 1	0,014	82,83	10,00	3,65	2,74	1,5	1,50	1,00
ALG 1	0,014	49,01	2,56	6,93	0,37	1,5	0,96	0,64
ALG 2/a	0,015	62,98	11,72	22,74	0,52	2	1,44	0,72
ALG 2/b	0,016	43,95	14,98	22,74	0,66	2	1,63	0,82
ALG 3	0,017	36,62	13,87	22,74	0,61	2	1,57	0,79
GRD 1	0,018	22,58	0,59	3,62	0,16	1,4	0,51	0,36
GRD 2	0,015	35,30	4,95	3,62	1,37	1,4	1,40	1,00
LMN 1	0,014	42,99	4,47	4,55	0,98	1,3	1,29	0,99
GST 1	0,016	32,11	2,74	8,41	0,33	1,5	0,87	0,58
GAV 1	0,013	47,20	4,10	4,84	0,85	1	0,93	0,93
GAV 2	0,014	41,00	4,08	16,95	0,24	1,4	0,66	0,47
LMS 1	0,013	37,82	0,75	2,98	0,25	1	0,51	0,51
PRN 1/a	0,015	129,58	16,57	23,63	0,70	2,5	2,14	0,86
PRN 1/b	0,013	125,81	2,48	23,63	0,11	2,5	0,87	0,35
PRN 1/c	0,015	123,92	18,98	23,63	0,80	2,5	2,27	0,91
CDX 1/a	0,016	27,96	0,25	1,33	0,19	1	0,45	0,45
CDX 1/b	0,015	32,70	3,25	1,33	2,43	1	1,00	1,00
CDX 2	0,016	29,68	7,14	3,94	1,81	1,5	1,50	1,00
CDX 3	0,018	31,99	20,21	10,72	1,89	2	2,00	1,00
CDX 4	0,017	39,66	47,20	20,26	2,33	2,5	2,50	1,00
CDX 5	0,017	40,03	48,33	20,26	2,39	2,5	2,50	1,00
CDX 6	0,019	34,89	42,67	33,84	1,26	3	3,00	1,00
CDX 7	0,020	39,48	56,58	33,84	1,67	3	3,00	1,00
CDX 8	0,020	38,32	55,26	33,84	1,63	3	3,00	1,00

Tabella 4.16: Portate e tiranti per il tempo di ritorno di 200 anni per ciascun sottobacino in sinistra del Fosso Reale mediante codice HyNet.

Codice sezione	Volume specifico di invaso [mm]	Coefficiente udometrico [l/s*ha]	Portata totale di invaso Q _{tot} [mc/s]	Portata moto uniforme Q _{unif} [mc/s]	Rapporto Q _{tot} /Q _{unif}	Altezza sezione Y _{max} [m]	Tirante idrico Y [m]	Rapporto Y/Y _{max}
CSX 1	0,013	68,36	0,72	13,89	0,05	1,5	0,33	0,22
CSX 2	0,012	93,33	6,48	13,89	0,47	1,5	1,05	0,70
CSX 3	0,018	73,51	35,21	33,84	1,04	3	3,00	1,00
CSX 4	0,024	46,40	23,05	33,84	0,68	3	2,47	0,82
CSX 5	0,027	41,54	21,07	33,84	0,62	3	2,36	0,79
CSX 6	0,029	36,42	19,50	33,84	0,58	3	2,27	0,76
CSX 7	0,030	34,12	18,81	33,84	0,56	3	2,23	0,74
DOG 1	0,011	167,88	6,24	1,49	4,18	1	1,00	1,00
LUP 1	0,012	164,31	11,67	5,16	2,26	1,5	1,50	1,00
LUP 2	0,012	171,60	22,55	6,23	3,62	1,5	1,50	1,00
LUP 3	0,013	140,62	23,78	6,23	3,82	1,5	1,50	1,00
AER 1	0,009	192,49	23,56	18,81	1,25	2,5	2,50	1,00
AER 2	0,015	105,61	24,20	18,81	1,29	2,5	2,50	1,00
AER 3	0,016	98,98	39,85	34,34	1,16	2,5	2,50	1,00
OSM 1	0,011	271,06	45,99	4,71	9,76	4,5	1,50	1,00
OSM 2/a	0,014	184,47	52,02	13,40	3,88	2	2,00	1,00
OSM 2/b	0,014	130,18	3,69	13,40	0,28	2	1,07	0,54
OSM 3	0,016	147,62	48,55	22,82	2,13	2	2,00	1,00
GVE 1	0,017	171,89	15,74	3,40	4,62	1,5	1,50	1,00
GVE 2	0,024	66,19	10,36	10,57	0,98	2,5	2,48	0,99
SDO 1	0,008	328,35	10,38	5,16	2,01	1,5	1,50	1,00
SDO 2	0,010	241,37	25,45	5,16	4,93	1,5	1,50	1,00
SDO 3	0,017	113,28	19,17	39,64	0,48	3,2	2,24	0,70
SDO 4	0,020	91,61	26,94	39,64	0,68	3,2	2,66	0,83
SDO 5	0,022	80,67	26,26	39,64	0,66	3,2	2,62	0,82
SDO 6	0,021	83,99	33,41	11,67	1,99	4,2	4,20	1,00
SDO 7	0,024	67,87	28,36	11,67	2,43	4,2	4,20	1,00
CAB 1	0,030	49,88	28,04	38,04	0,74	4	3,47	0,87
PAB 1/a	0,023	22,79	45,64	29,31	1,56	3	3,00	1,00
PAB 1/b	0,024	25,17	64,59	29,31	2,20	3	3,00	1,00
PAB 2	0,024	27,00	80,79	38,04	2,12	4	4,00	1,00

Osservando i risultati in tabella si può notare come in sinistra del Fosso Reale si ha che solo il collettore acque basse, il colatore sinistro, ad eccezione del tratto 3, e piccoli tratti dell'Osmannoro e del San Donnino risultano essere sufficienti ad accogliere la portata con periodo di ritorno di 200 anni. In destra invece, sono insufficienti i tratti di monte del Montalvo e del Tomerello, il tratto finale del canale di Gronda, in gran parte il Garille ed il colatore destro, ed interamente il Calice nord.

5 VERIFICA STATO DI PROGETTO

5.1 VARIAZIONI RISPETTO ALLO STATO ATTUALE

Il progetto prevede l'ampliamento dell'aeroporto con modifica dell'orientamento e allungamento della pista attualmente esistente. Questo rende necessario deviare il corso di alcuni dei canali dell'area interessata. Sarà perciò necessario eseguire un'ulteriore verifica idraulica, al fine di essere certi che la nuova configurazione non sia peggiorativa all'interno di un'area che presenta già alcuni problemi. Come si è visto, la rete presenta alcuni tratti soggetti ad esondazioni già con periodi di ritorno bassi. Questo è dovuto al fatto che nel dimensionamento del sistema delle acque basse era stato seguito il criterio per cui i canali scolanti aree urbane avessero officiosità idraulica cinquantennale, mentre i canali scolanti aree esclusivamente verdi officiosità decennale, tempo minimo ritenuto compatibile con il servizio di bonifica.

Con la variante di progetto si dovrà far sì che non ci sia un aggravio delle condizioni attualmente esistenti a valle dell'intervento

La nuova pista va ad interessare l'area che prima era attraversata dai canali: Lumino nord, Gavine, Gronda, Gora di Sesto, Lumino sud, colatore destro, colatore sinistro, Lupaia, Dogaia ed il canale dell'aeroporto. Pertanto, l'inserimento dell'aeroporto va a modificare l'assetto attuale del territorio rendendo necessario ridefinire alcune delle aste facenti parte del comprensorio di bonifica. Si è perciò provveduto a modificare il tracciato del reticolo idrografico ed a ridimensionare i canali interessati.

Nel dettaglio si ha che: il Gavine e la Gora di Sesto vengono intercettati dal Nuovo Canale di Gronda; i colatori destro e sinistro vengono accorciati perdendo i loro tratti di testa. Inoltre, il Nuovo Canale di Gronda attraversa l'autostrada A11 per mezzo di un tombino scatolare in c.a. di dimensioni 2.3 (b) x 3 (h) adiacente a quello della derivazione del Fosso Reale nella Soluzione 1 per il drenaggio delle Acque Alte.

Inoltre, la progettazione prevede la realizzazione di una vasca di laminazione in sinistra del Fosso Reale, a servizio delle tre grandi infrastrutture dell'area: il Polo Scientifico Universitario, il PUE (Piano Urbanistico Esecutivo) di Castello e lo stesso aeroporto. Tale vasca, in accordo con i livelli di auto contenimento definiti nell'aggiornamento del Piano Generale di Bonifica, è stata progettata in modo che immetta in rete una portata unitaria di 2,6 l/s/ha, ovvero per il caso in esame una portata di 1,2 m³/s.

5.2 BACINI IDROGRAFICI STATO DI PROGETTO

A causa delle modifiche dovute all'inserimento della nuova pista dell'aeroporto, si è dovuto procedere a ridefinire alcuni dei bacini idrografici oggetto di interesse. I nuovi sottobacini sono riportati nelle figure 5.2 e 5.3 rispettivamente per quelli in destra ed in sinistra idraulica.

Le figure 5.4 e 5.5 riportano, invece, le nuove aste idrografiche e le nuove sezioni di riferimento in cui esse sono suddivise.

Nelle tabelle 5.1 e 5.2 si riportano le caratteristiche geometriche e l'indice della sezione idraulica media del tratto, le cui dimensioni sono poi specificate nella tabella 5.3.

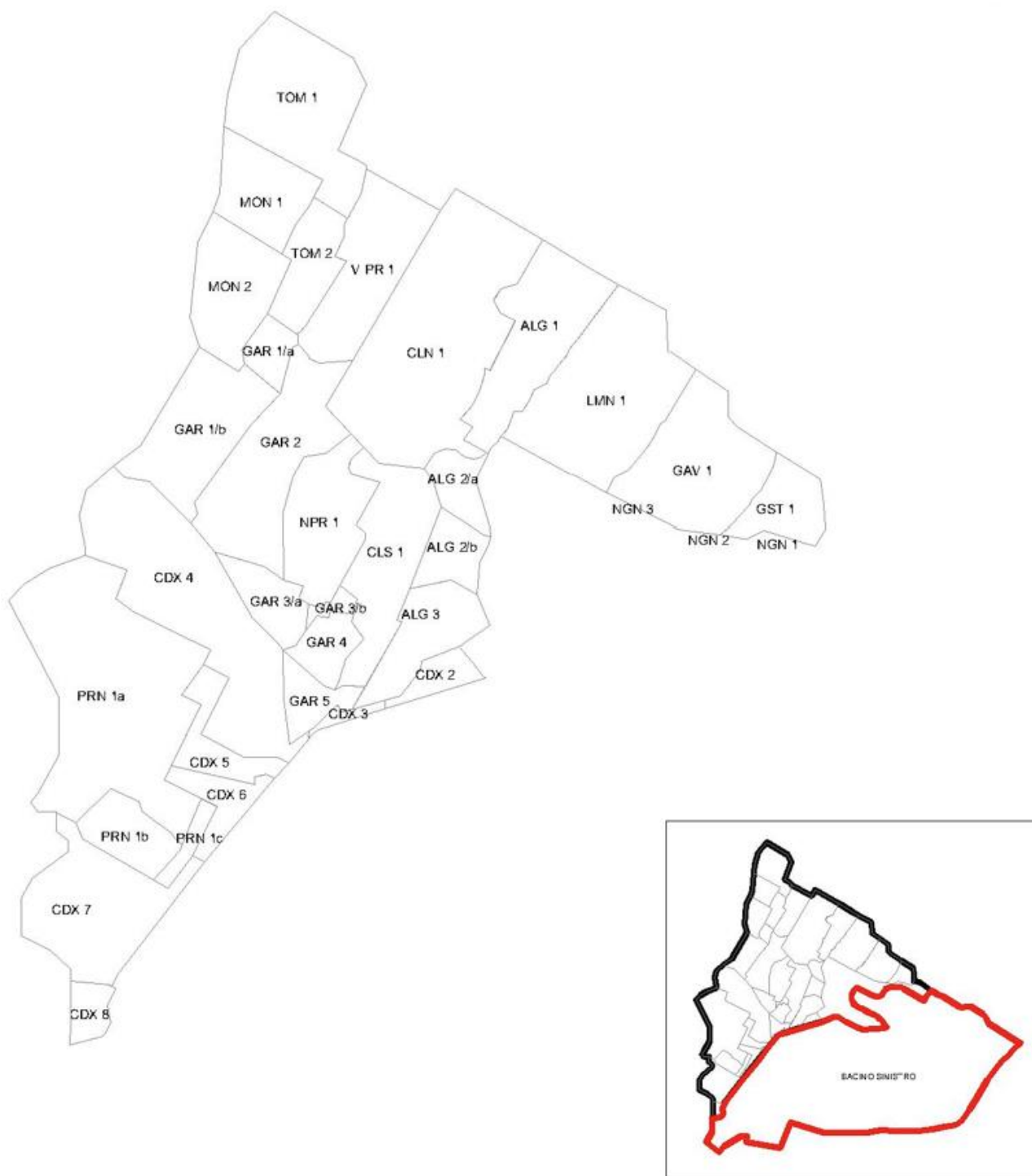


Figura 5.1: Bacini idrografici in destra idraulica del Fosso Reale nello stato di progetto.

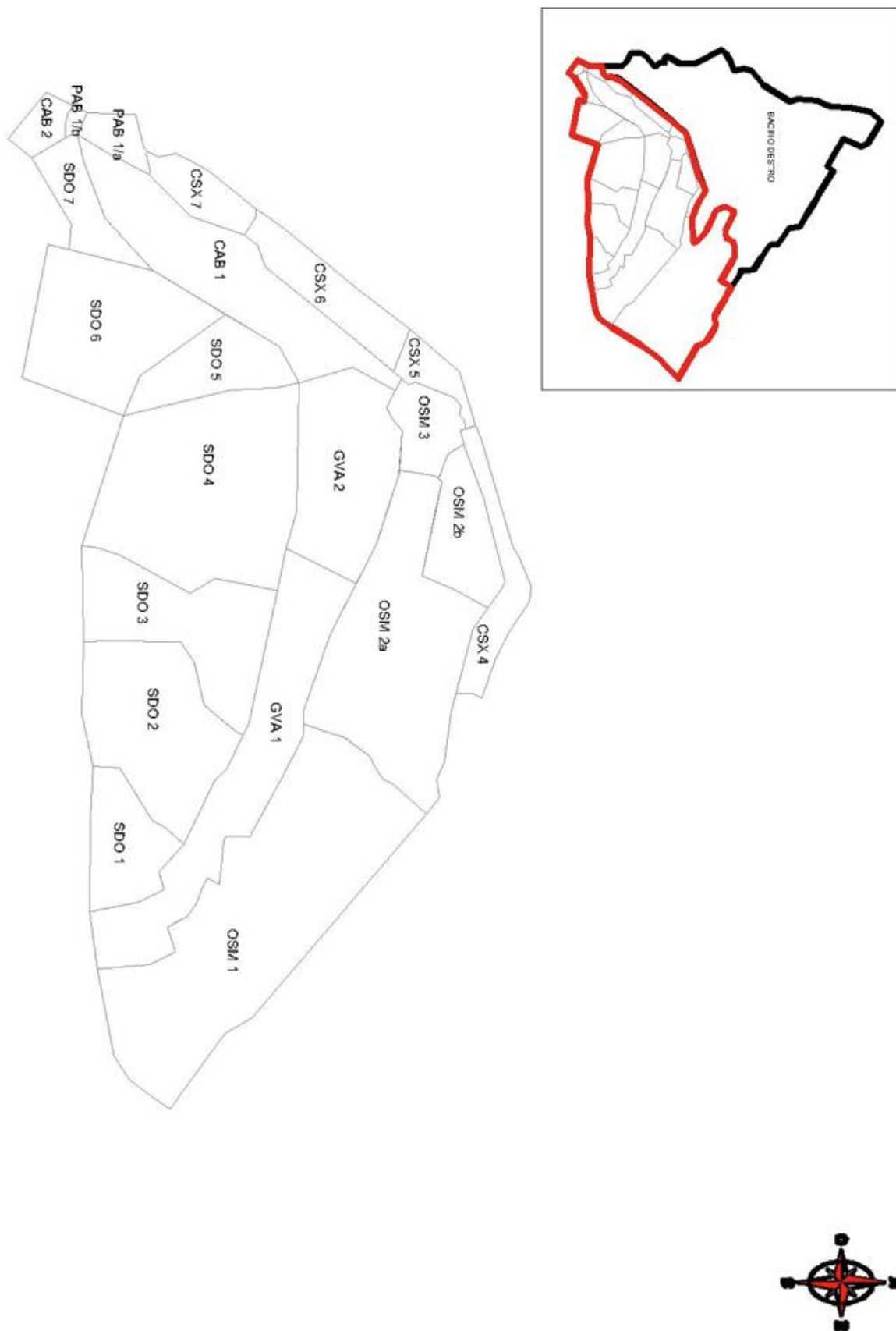


Figura 5.2: Bacini idrografici in sinistra idraulica del Fosso Reale nello stato di progetto.

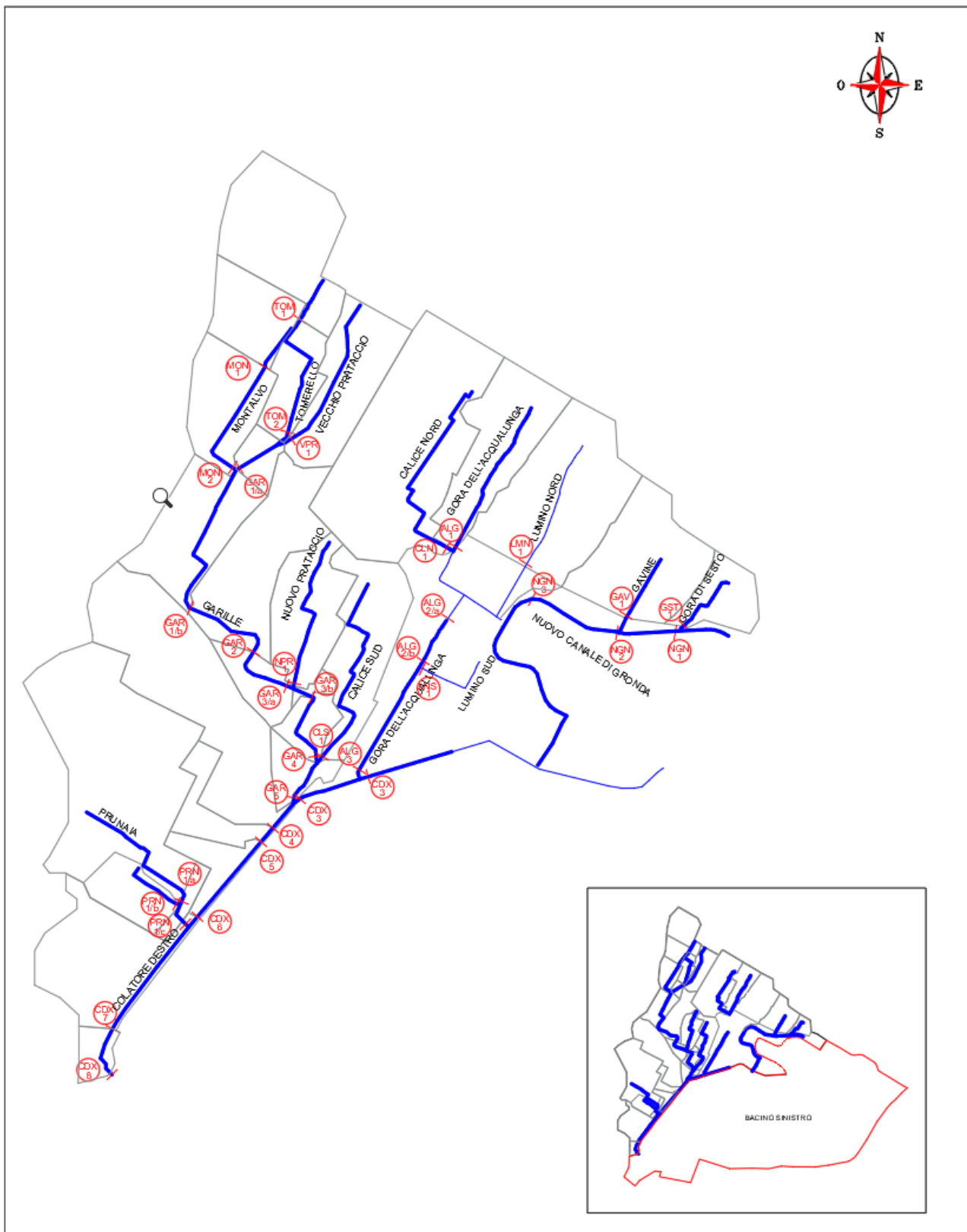


Figura 5.3: Reticolo idrografico in destra idraulica del Fosso Reale nello stato di progetto.

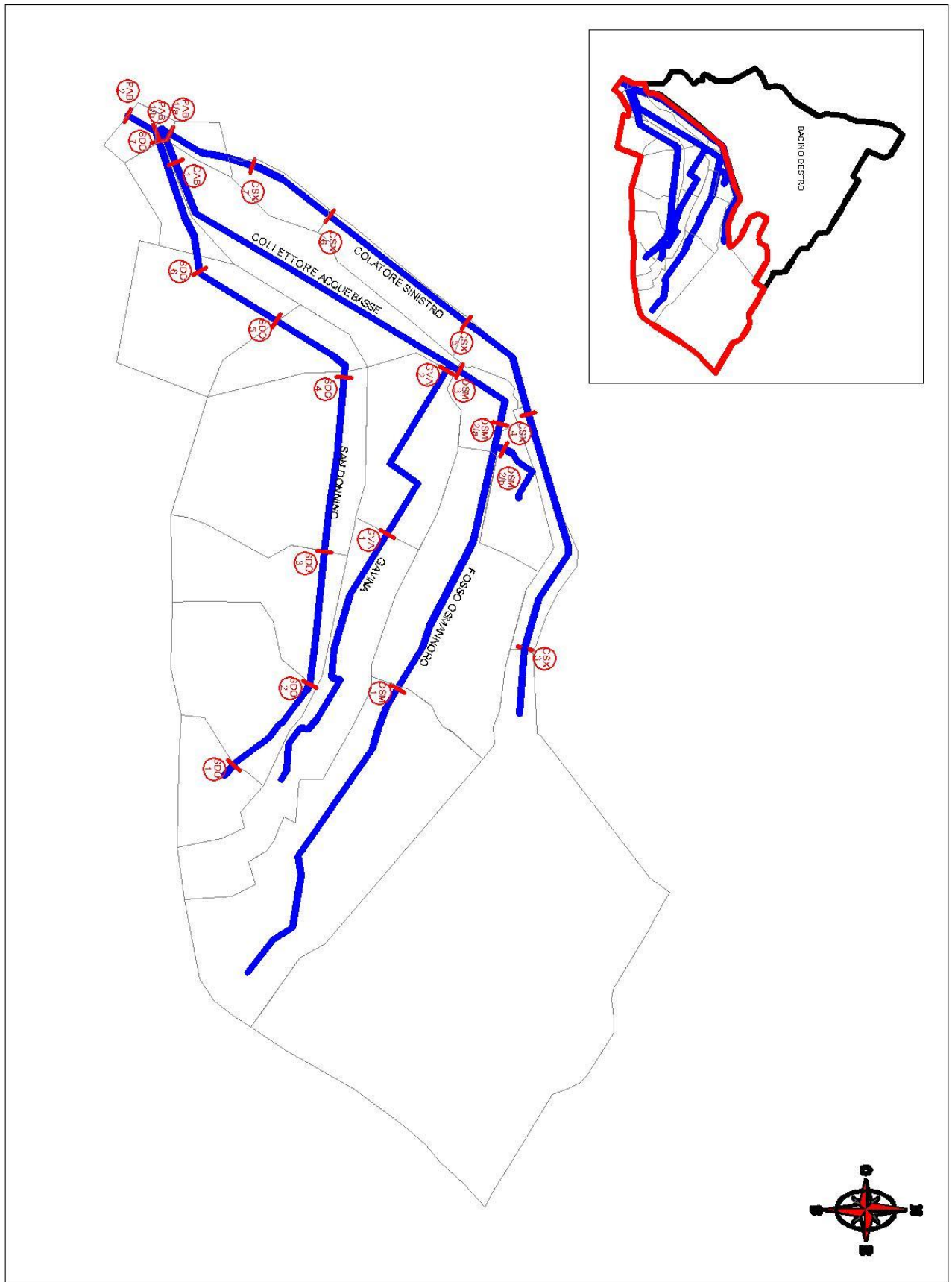


Figura 5.4: Reticolo idrografico in sinistra idraulica del Fosso Reale nello stato di progetto.

Tabella 5.1: Caratteristiche geometriche dei bacini in destra del Fosso Reale nello stato di progetto.

Nome sezione	Codice sezione	Area parziale [ha]	Lunghezza ramo [m]	Pendenza ramo [-]	Indice sezione
Montalvo 1	MON 1	29,73	350	0,0040	1
Montalvo 2	MON 2	37,58	900	0,0014	5
Vecchio Prataccio	VPR 1	47,77	1200	0,0030	1
Tomerello 1	TOM 1	66,23	300	0,0060	1
Tomerello 2	TOM 2	22,78	1000	0,0029	5
Nuovo Prataccio 1	NPR 1	40,64	1150	0,0032	1
Garille 1/a	GAR 1/a	9,66	325	0,0010	12
Garille 1/b	GAR 1/b	48,45	1100	0,0010	12
Garille 2	GAR 2	62,02	625	0,0010	12
Garille 3/a	GAR 3/a	16,52	500	0,0010	9
Garille 3/b	GAR 3/b	3,17	150	0,0010	9
Garille 4	GAR 4	12,92	550	0,0005	9
Garille 5	GAR 5	12,79	350	0,0005	9
Calice Sud 1	CLS 1	48,73	1600	0,0021	1
Calice Nord 1	CLN 1	120,75	1500	0,0005	5
Acqualunga 1	ALG 1	51,53	1100	0,0018	5
Acqualunga 2/a	ALG 2/a	12,56	500	0,0018	14
Acqualunga 2/b	ALG 2/b	14,97	400	0,0018	14
Acqualunga 3	ALG 3	28,71	900	0,0018	14
Lumino Nord	LMN 1	80,91	1000	0,0014	3
Gavine 1	GAV 1	57,5	500	0,0019	2
Gora di Sesto 1	GST 1	19,93	500	0,0017	8
Nuovo canale di gronda 1	NGN 1	9,45	300	0,0001	16
Nuovo canale di gronda 2	NGN 2	6,8	400	0,0001	16
Nuovo canale di gronda 3	NGN 3	8,13	650	0,0001	16
Prunaia 1/a	PRN 1/a	127,89	1150	0,0015	15
Prunaia 1/b	PRN 1/b	19,72	450	0,0015	15
Prunaia 1/c	PRN 1/c	5,56	200	0,0015	15
Colatore dx 2	CDX 2	9,66	650	0,0004	7
Colatore dx 3	CDX 3	3,01	500	0,0004	13
Colatore dx 4	CDX 4	99,14	200	0,0004	18
Colatore dx 5	CDX 5	17,37	100	0,0004	18
Colatore dx 6	CDX 6	15,46	800	0,0004	20
Colatore dx 7	CDX 7	57,35	900	0,0004	20
Colatore dx 8	CDX 8	8,6	350	0,0004	20

Tabella 5.2: Caratteristiche geometriche dei bacini in sinistra del Fosso Reale nello stato di progetto.

Nome sezione	Codice sezione	Area parziale ramo [ha]	Lunghezza ramo [m]	Pendenza ramo [-]	Indice sezione
Colatore sx 4	CSX 4	23,17	1700	0,0004	20
Colatore sx 5	CSX 5	10,46	800	0,0004	20
Colatore sx 6	CSX 6	28,18	1150	0,0004	20
Colatore sx 7	CSX 7	16,08	800	0,0004	20
Osmannoro 1	OSM 1	173,99	2200	0,0010	4
Osmannoro 2/a	OSM 2/a	113,06	1750	0,0010	11
Osmannoro 2/b	OSM 2/b	28,35	500	0,0010	11
Osmannoro 3	OSM 3	18,53	750	0,0029	11
Gavina 1	GVA 1	91,54	1900	0,0003	6
Gavina 2	GVA 2	64,91	1400	0,0003	15
S. Donnino 1	SDO 1	31,6	100	0,0010	5
S. Donnino 2	SDO 2	73,83	750	0,0010	5
S. Donnino 3	SDO 3	63,76	900	0,0002	19
S. Donnino 4	SDO 4	124,88	1200	0,0002	19
S. Donnino 5	SDO 5	31,49	600	0,0002	19
S. Donnino 6	SDO 6	72,21	600	0,0002	17
S. Donnino 7	SDO 7	20,13	1000	0,0002	17
Coll acque basse 1	CAB 1	76,81	2500	0,0002	21
Coll princ acque basse 1/a	PAB 1/a	9,17	500	0,0003	20
Coll princ acque basse 1/b	PAB 1/b	1,56	50	0,0003	20
Coll princ acque basse 2	PAB 2	8,38	200	0,0002	21

Tabella 5.3: Caratteristiche geometriche delle sezioni utilizzate nello stato di progetto.

Indice sezione	Forma sezione	Area sezione [m ²]	Perimetro bagnato a bocca piena [m]	Scabrezza omogenea equivalente [mm]	alfa	Altezza sezione [m]	Pendenza sponde
1	trapezia	2,50	4,61	63,10	1,40	1,00	0,67
2	trapezia	2,50	4,61	2,90	1,40	1,00	0,67
3	trapezia	3,90	5,70	66,30	1,40	1,30	0,67
4	rettangolare	4,50	6,00	67,50	1,40	4,50	0,00
5	trapezia	4,88	6,41	67,70	1,40	1,50	0,67
6	trapezia	5,63	6,91	68,60	1,40	1,50	0,67
7	trapezia	5,63	6,91	68,60	1,40	1,50	0,67
8	trapezia	5,78	7,01	68,70	1,40	1,50	0,67
9	rettangolare	6,30	7,10	2,50	1,40	1,80	0,00
10	trapezia	7,04	7,76	2,40	1,40	1,60	0,67
11	trapezia	10,00	9,21	71,70	1,40	2,00	0,67
12	trapezia	11,00	9,71	72,10	1,40	2,00	0,67
13	trapezia	12,00	10,21	72,50	1,40	2,00	0,67
14	trapezia	12,00	10,21	72,50	1,40	2,00	0,67
15	trapezia	13,12	10,51	73,00	1,40	2,50	0,67
16	trapezia	16,00	12,20	2,10	1,40	2,00	0,67
17	rettangolare	16,80	12,40	73,60	1,40	4,20	0,00
18	trapezia	19,37	13,01	74,30	1,40	2,50	0,67
19	trapezia	28,16	15,54	1,70	1,40	3,20	0,67
20	trapezia	28,50	15,82	75,40	1,40	3,00	0,67
21	trapezia	40,00	18,42	76,00	1,40	4,00	0,67
22	Scatolare	0,90	1,20	73,00	1,00	0,30	0,00

Nelle tabelle 5.4 e 5.5 si riportano, infine, i valori dei coefficienti di deflusso e del volume specifico dei piccoli invasi utilizzati per la verifica idraulica dei bacini in destra ed in sinistra del Fosso Reale nello stato di progetto, ricavati in base alla destinazione d'uso del terreno considerato.

Tabella 5.4: Valori del coefficiente di deflusso e del volume specifico di invaso per ciascun sottobacino dello stato di progetto in destra del Fosso Reale.

Nome sezione	v₀ [m]	φ [-]
Montalvo 1	0,61	0,007
Montalvo 2	0,47	0,008
Vecchio Prataccio	0,45	0,009
Tomerello 1	0,6	0,007
Tomerello 2	0,35	0,010
Nuovo Prataccio 1	0,37	0,010
Garille 1/a	0,58	0,007
Garille 1/b	0,58	0,007
Garille 2	0,42	0,009
Garille 3/a	0,35	0,010
Garille 3/b	0,35	0,010
Garille 4	0,37	0,010
Garille 5	0,61	0,006
Calice Sud 1	0,42	0,010
Calice Nord 1	0,51	0,008
Acqualunga 1	0,41	0,009
Acqualunga 2/a	0,31	0,011
Acqualunga 2/b	0,31	0,011
Acqualunga 3	0,28	0,012
Lumino Nord	0,38	0,009
Gavine 1	0,38	0,010
Gora di Sesto 1	0,37	0,010
Nuovo canale di gronda 1	0,41	0,009
Nuovo canale di gronda 2	0,35	0,010
Nuovo canale di gronda 3	0,35	0,010
Prunaia 1/a	0,64	0,006
Prunaia 1/b	0,57	0,007
Prunaia 1/c	0,35	0,010
Colatore dx 2	0,33	0,010
Colatore dx 3	0,35	0,010
Colatore dx 4	0,37	0,100
Colatore dx 5	0,51	0,007
Colatore dx 6	0,36	0,010
Colatore dx 7	0,69	0,006
Colatore dx 8	0,66	0,006

Tabella 5.5: Valori del coefficiente di deflusso e del volume specifico di invaso per ciascun sottobacino dello stato di progetto in sinistra del Fosso Reale.

Nome sezione	v_0 [m]	ϕ [-]
Colatore sx 3	0,010	0,37
Colatore sx 4	0,007	0,61
Colatore sx 5	0,008	0,52
Colatore sx 6	0,007	0,58
Colatore sx 7	0,005	0,71
Osmannoro 1	0,005	0,72
Osmannoro 2/a	0,007	0,61
Osmannoro 2/b	0,008	0,53
Osmannoro 3	0,005	0,76
Gavina 1	0,008	0,45
Gavina 2	0,006	0,62
S. Donnino 1	0,006	0,65
S. Donnino 2	0,006	0,68
S. Donnino 3	0,006	0,67
S. Donnino 4	0,007	0,56
S. Donnino 5	0,006	0,64
S. Donnino 6	0,008	0,52
S. Donnino 7	0,008	0,53
Coll acque basse 1	0,004	0,8
Coll princ acque basse 1/a	0,004	0,8
Coll princ acque basse 1/b	0,009	0,46
Coll princ acque basse 2	0,010	0,37

5.3 RISULTATI STATO DI PROGETTO

5.3.1 *Parametri caratteristici del bacino*

Analogamente allo stato di fatto, si riportano inizialmente i risultati relativi all'area ed al coefficiente di deflusso relativi non al singolo sottobacino, ma all'intero bacino di calcolo. I risultati così ottenuti vengono riportati nelle tabelle 5.6 e 5.7 rispettivamente per i sottobacini in destra ed in sinistra del Fosso Reale.

Tabella 5.6: Caratteristiche geometriche valutate per ciascun sottobacino in destra del Fosso Reale mediante codice HyNet.

Codice sezione	Area di calcolo [ha]	Lunghezza ramo [m]	Pendenza ramo [-]	Coefficiente Afflusso Equivalente [-]
MON 1	29,73	350	0,0040	0,61
MON 2	67,31	900	0,0014	0,53
VPR 1	47,77	1200	0,0030	0,45
TOM 1	66,23	300	0,0060	0,60
TOM 2	89,01	1000	0,0029	0,54
NPR 1	40,64	1150	0,0032	0,37
GAR 1/a	146,44	325	0,0010	0,51
GAR 1/b	262,20	1100	0,0010	0,53
GAR 2	324,22	625	0,0010	0,51
GAR 3/a	340,74	500	0,0010	0,50
GAR 3/b	384,55	150	0,0010	0,49
GAR 4	397,47	550	0,0005	0,48
GAR 5	458,99	350	0,0005	0,48
CLS 1	48,73	1600	0,0021	0,42
CLN 1	120,75	1500	0,0005	0,51
ALG 1	51,53	1100	0,0018	0,41
ALG 2/a	184,84	500	0,0018	0,47
ALG 2/b	199,81	400	0,0018	0,46
ALG 3	228,52	900	0,0018	0,43
LMN 1	80,91	1000	0,0014	0,38
GAV 1	57,50	500	0,0019	0,38
GST 1	19,93	500	0,0017	0,37
NGN 1	9,45	300	0,0001	0,41
NGN 2	36,18	400	0,0001	0,38
NGN 3	101,81	650	0,0001	0,35
PRN 1/a	127,89	1150	0,0015	0,64
PRN 1/b	19,72	450	0,0015	0,57
PRN 1/c	153,17	200	0,0015	0,62
CDX 2	385,16	650	0,0004	0,48
CDX 3	616,69	500	0,0004	0,46
CDX 4	1174,82	200	0,0004	0,46
CDX 5	1192,19	100	0,0004	0,46
CDX 6	1207,65	800	0,0004	0,46
CDX 7	1418,17	900	0,0004	0,49
CDX 8	1426,77	350	0,0004	0,49

Tabella 5.7: Caratteristiche geometriche valutate per ciascun sottobacino in sinistra del Fosso Reale mediante codice HyNet.

Codice sezione	Area di calcolo [ha]	Lunghezza ramo [m]	Pendenza ramo [-]	Coefficiente Afflusso Equivalente [-]
CSX 4	23,17	1700	0,0004	0,37
CSX 5	33,63	800	0,0004	0,45
CSX 6	61,81	1150	0,0004	0,48
CSX 7	77,89	800	0,0004	0,50
OSM 1	173,99	2200	0,0010	0,71
OSM 2/a	287,05	1750	0,0010	0,71
OSM 2/b	28,35	500	0,0010	0,61
OSM 3	333,93	750	0,0029	0,70
GVA 1	91,54	1900	0,0003	0,76
GVA 2	156,45	1400	0,0003	0,63
SDO 1	31,60	100	0,0010	0,62
SDO 2	105,43	750	0,0010	0,64
SDO 3	169,19	900	0,0002	0,66
SDO 4	294,07	1200	0,0002	0,66
SDO 5	325,56	600	0,0002	0,65
SDO 6	397,77	600	0,0002	0,65
SDO 7	417,90	1000	0,0002	0,64
CAB 1	567,19	2500	0,0002	0,66
PAB 1/a	1513,83	500	0,0003	0,49
PAB 1/b	2082,58	50	0,0003	0,54
PAB 2	2508,86	200	0,0002	0,56

5.3.2 Tempo di ritorno 10 anni

Sono di seguito riportati i risultati relativi al periodo di ritorno di 10 anni rispettivamente per i sottobacini in destra ed in sinistra idraulica del Fosso Reale. Come si può osservare ci sono 6 sezioni insufficienti, delle quali 5 si trovano in sinistra del Fosso Reale e solo una in destra. In particolare, si ha che a destra risulta non verificato il tratto a monte del Tomerello; mentre a sinistra risultano non verificati i tratti a monte del Gavine e dell'Osmannoro e due tratti del San Donnino.

Tabella 5.8: Portate e tiranti per il tempo di ritorno di 10 anni per ciascun sottobacino in destra del Fosso Reale mediante codice HyNet.

Codice sezione	Volume specifico di invaso [mm]	Coefficiente udometrico [l/s*ha]	Portata totale di invaso Qtot [mc/s]	Portata moto uniforme Qunif [mc/s]	Rapporto Qtot/Qunif	Altezza sezione Ymax [m]	Tirante idrico Y [m]	Rapporto Y/Ymax
MON 1	0,01	90,53	2,69	4,22	0,64	1,0	0,81	0,81
MON 2	0,01	41,96	2,82	6,11	0,46	1,5	1,06	0,71
VPR 1	0,01	22,90	1,09	3,65	0,30	1,0	0,56	0,56
TOM 1	0,01	103,06	6,83	5,17	1,32	1,0	1,00	1,00
TOM 2	0,01	46,53	4,14	8,79	0,47	1,5	1,07	0,71
NPR 1	0,01	10,45	0,43	3,77	0,11	1,0	0,34	0,34
GAR 1/a	0,01	34,34	5,03	15,17	0,33	2,0	1,16	0,58
GAR 1/b	0,01	27,89	7,31	15,17	0,48	2,0	1,40	0,70
GAR 2	0,01	22,74	7,37	15,17	0,49	2,0	1,41	0,71
GAR 3/a	0,01	20,56	7,00	12,26	0,57	1,8	0,98	0,55
GAR 3/b	0,01	19,17	7,37	12,26	0,60	1,8	1,01	0,56
GAR 4	0,01	16,94	6,73	8,67	0,78	1,8	1,21	0,67
GAR 5	0,01	16,82	7,72	8,67	0,89	1,8	1,33	0,74
CLS 1	0,01	13,08	0,64	3,06	0,21	1,0	0,47	0,47
CLN 1	0,01	24,92	3,01	3,65	0,82	1,5	1,38	0,92
ALG 1	0,01	16,90	0,87	6,93	0,13	1,5	0,57	0,38
ALG 2/a	0,01	19,83	3,67	22,74	0,16	2,0	0,77	0,39
ALG 2/b	0,01	17,02	3,40	22,74	0,15	2,0	0,74	0,37
ALG 3	0,01	11,77	2,69	22,74	0,12	2,0	0,65	0,33
LMN 1	0,01	14,30	1,16	4,55	0,25	1,3	0,69	0,53
GAV 1	0,01	15,00	0,86	4,84	0,18	1,0	0,43	0,43
GST 1	0,01	11,49	0,23	8,41	0,03	1,5	0,23	0,15
NGN 1	0,01	15,30	0,15	12,78	0,01	2,0	0,16	0,08
NGN 2	0,01	8,98	0,33	12,78	0,03	2,0	0,25	0,13
NGN 3	0,01	5,11	0,04	12,78	0,00	2,0	0,08	0,04
PRN 1/a	0,01	70,28	8,99	23,63	0,38	2,5	1,62	0,65
PRN 1/b	0,01	63,27	1,25	23,63	0,05	2,5	0,61	0,24
PRN 1/c	0,01	66,15	10,13	23,63	0,43	2,5	1,71	0,68
CDX 2	0,02	9,46	2,76	3,94	0,70	1,5	1,27	0,85
CDX 3	0,02	9,45	4,94	10,72	0,46	2,0	1,36	0,68
CDX 4	0,02	3,60	3,90	20,26	0,19	2,5	1,06	0,42
CDX 5	0,02	3,87	4,25	20,26	0,21	2,5	1,11	0,44
CDX 6	0,02	3,72	4,15	33,84	0,12	3,0	0,98	0,33
CDX 7	0,02	5,64	7,47	33,84	0,22	3,0	1,36	0,45
CDX 8	0,02	5,56	7,41	33,84	0,22	3,0	1,35	0,45

Tabella 5.9: Portate e tiranti per il tempo di ritorno di 10 anni per ciascun sottobacino in sinistra del Fosso Reale mediante codice HyNet.

Codice sezione	Volume specifico di invaso [mm]	Coefficiente udometrico [l/s*ha]	Portata totale di invaso Qtot [mc/s]	Portata moto uniforme Qunif [mc/s]	Rapporto Qtot/Qunif	Altezza sezione Ymax [m]	Tirante idrico Y [m]	Rapporto Y/Ymax
CSX 4	0,02	4,75	1,31	33,84	0,04	3,0	0,12	0,04
CSX 5	0,02	10,23	1,54	33,84	0,05	3,0	0,23	0,08
CSX 6	0,02	12,59	1,98	33,84	0,06	3,0	0,37	0,12
CSX 7	0,02	13,45	2,25	33,84	0,07	3,0	0,44	0,15
OSM 1	0,01	104,77	18,23	4,71	3,87	4,5	4,50	1,00
OSM 2/a	0,01	71,08	20,40	13,40	1,52	2,0	2,00	1,00
OSM 2/b	0,01	66,67	1,89	13,40	0,14	2,0	0,76	0,38
OSM 3	0,02	61,02	20,38	22,82	0,89	2,0	1,90	0,95
GVA 1	0,02	65,03	5,95	3,41	1,74	1,5	1,50	1,00
GVA 2	0,02	27,02	4,23	10,57	0,40	2,5	1,66	0,66
SDO 1	0,01	129,77	4,10	5,16	0,79	1,5	1,36	0,91
SDO 2	0,01	92,47	9,75	5,16	1,89	1,5	1,50	1,00
SDO 3	0,01	60,48	10,23	39,64	0,26	3,2	1,62	0,51
SDO 4	0,02	48,43	14,24	39,64	0,36	3,2	1,93	0,60
SDO 5	0,02	38,94	12,68	39,64	0,32	3,2	1,81	0,57
SDO 6	0,02	35,01	13,92	11,67	1,19	4,2	4,20	1,00
SDO 7	0,02	23,71	9,91	11,67	0,85	4,2	3,01	0,72
CAB 1	0,02	17,90	10,15	38,04	0,27	4,0	2,10	0,53
PAB 1/a	0,02	5,67	9,25	29,31	0,32	3,0	1,53	0,51
PAB 1/b	0,02	7,95	17,01	29,31	0,58	3,0	2,19	0,73
PAB 2	0,02	8,95	22,82	38,04	0,60	4,0	3,06	0,77

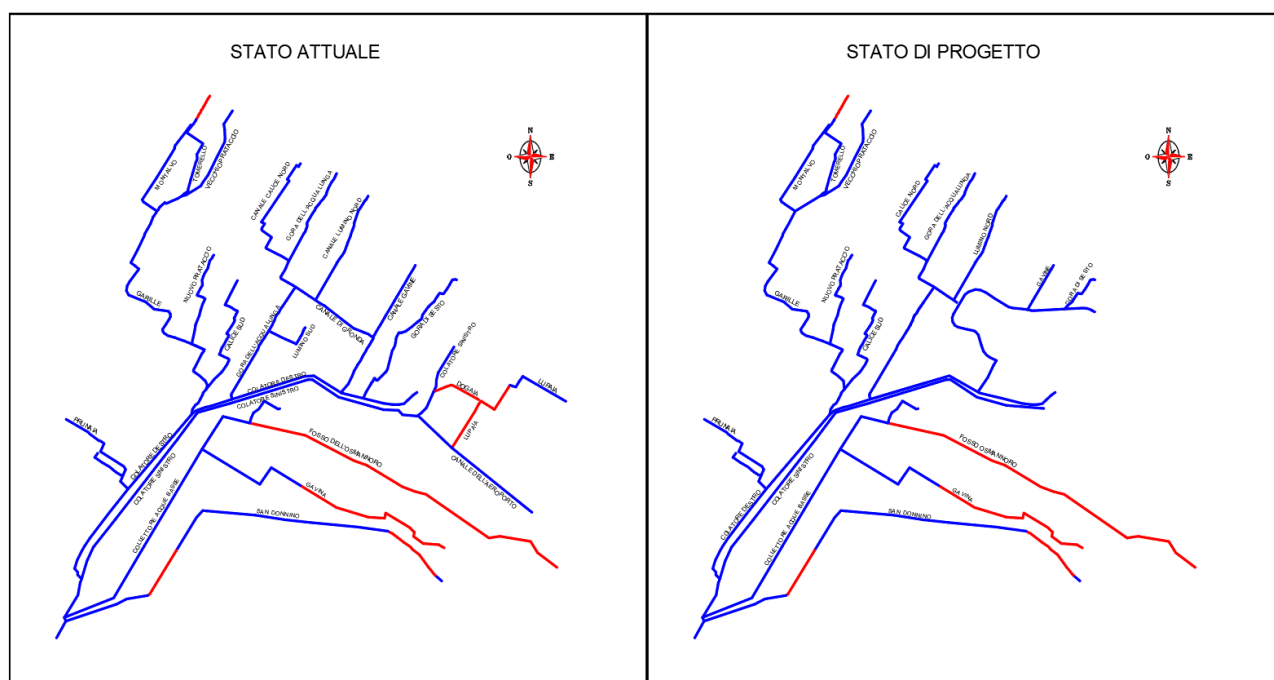


Figura 5.6: Confronto tra stato attuale e stato di progetto per il tempo di ritorno di 10 anni.

Come si può osservare nella Figura 5.6, lo stato di progetto non modifica la situazione a valle dell'intervento, ma elimina le problematiche prima esistenti sui canali Dogaia e Lupaia mediante una riconfigurazione del reticolo idrografico.

5.3.3 Tempo di ritorno 20 anni

Vengono di seguito riportati i risultati per il periodo di ritorno pari a 20 anni. In questo caso le sezioni insufficienti risultano essere 12, delle quali 8 in sinistra idraulica del Fosso Reale e 4 in destra. Ai tratti insufficienti del periodo di ritorno di 10 anni, in sinistra si aggiunge il tratto più a valle dell'Osmannoro. In destra, invece, si hanno in aggiunta il Calice nord ed i tratti più a valle del Garille. In Figura 5.8 è riportato il confronto tra lo stato attuale e lo stato di progetto. Si può qui osservare come la nuova configurazione del reticolo fa sì che la massima portata che arriva nel colatore principale delle acque basse è inferiore rispetto allo stato attuale. Questo rende i due tratti sufficienti e quindi non a rischio esondazione per un tempo di ritorno di 20 anni.

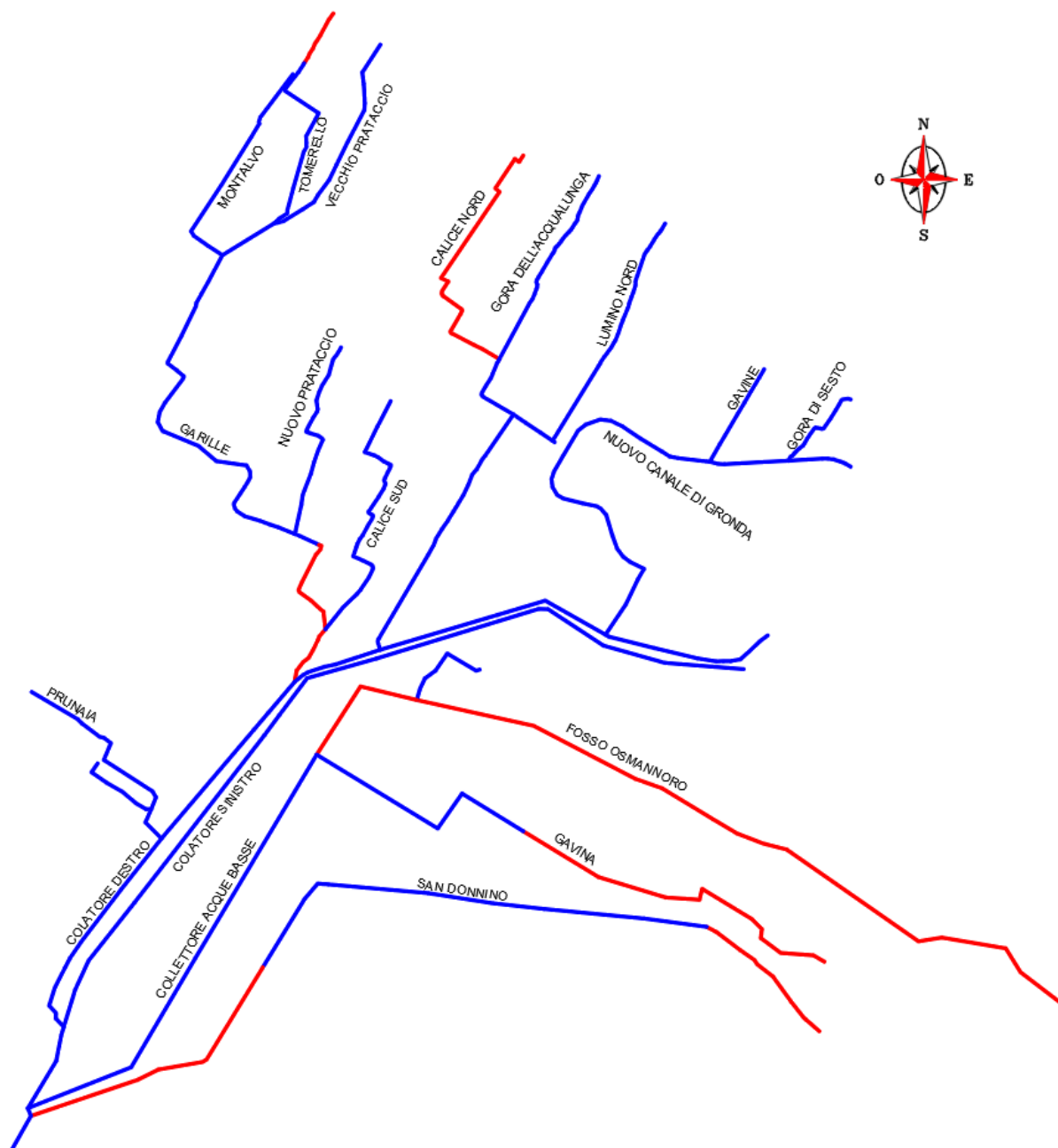


Figura 5.7: Reticolo idrografico con in rosso i tratti insufficienti per il periodo di ritorno di 20 anni.

Tabella 5.10: Portate e tiranti per il tempo di ritorno di 20 anni per ciascun sottobacino in destra del Fosso Reale mediante codice HyNet.

Codice sezione	Volume specifico di invaso [mm]	Coefficiente udometrico [l/s*ha]	Portata totale di invaso Qtot [mc/s]	Portata moto uniforme Qunif [mc/s]	Rapporto Qtot/Qunif	Altezza sezione Ymax [m]	Tirante idrico Y [m]	Rapporto Y/Ymax
MON 1	0,01	113,68	3,38	4,22	0,80	1,0	0,91	0,91
MON 2	0,01	53,03	3,57	6,11	0,58	1,5	1,18	0,79
VPR 1	0,01	34,50	1,65	3,65	0,45	1,0	0,69	0,69
TOM 1	0,01	138,03	9,14	5,17	1,77	1,0	1,00	1,00
TOM 2	0,01	58,00	5,16	8,79	0,59	1,5	1,18	0,79
NPR 1	0,01	17,13	0,70	3,77	0,18	1,0	0,44	0,44
GAR 1/a	0,01	47,36	6,94	15,17	0,46	2,0	1,36	0,68
GAR 1/b	0,02	38,83	10,18	15,17	0,67	2,0	1,65	0,83
GAR 2	0,02	31,52	10,22	15,17	0,67	2,0	1,65	0,83
GAR 3/a	0,02	28,45	9,69	12,26	0,79	1,8	1,23	0,68
GAR 3/b	0,02	26,87	10,34	12,26	0,84	1,8	1,28	0,71
GAR 4	0,02	23,17	9,21	8,67	1,06	1,8	1,80	1,00
GAR 5	0,02	23,07	10,59	8,67	1,22	1,8	1,80	1,00
CLS 1	0,01	19,92	0,97	3,06	0,32	1,0	0,58	0,58
CLN 1	0,01	40,18	4,85	3,65	1,33	1,5	1,50	1,00
ALG 1	0,01	25,92	1,34	6,93	0,19	1,5	0,70	0,47
ALG 2/a	0,01	30,24	5,59	22,74	0,25	2,0	0,97	0,49
ALG 2/b	0,01	25,42	5,08	22,74	0,22	2,0	0,92	0,46
ALG 3	0,02	17,15	3,92	22,74	0,17	2,0	0,80	0,40
LMN 1	0,01	22,58	1,83	4,55	0,40	1,3	0,86	0,66
GAV 1	0,01	26,22	1,51	4,84	0,31	1,0	0,57	0,57
GST 1	0,01	19,42	0,39	8,41	0,05	1,5	0,31	0,21
NGN 1	0,01	24,07	0,23	12,78	0,02	2,0	0,20	0,10
NGN 2	0,01	14,22	0,51	12,78	0,04	2,0	0,33	0,17
NGN 3	0,01	8,33	0,07	12,78	0,01	2,0	0,10	0,05
PRN 1/a	0,01	84,70	10,83	23,63	0,46	2,5	1,77	0,71
PRN 1/b	0,01	78,39	1,55	23,63	0,07	2,5	0,69	0,28
PRN 1/c	0,01	80,34	12,31	23,63	0,52	2,5	1,87	0,75
CDX 2	0,02	13,50	3,93	3,94	1,00	1,5	1,49	0,99
CDX 3	0,02	13,37	6,99	10,72	0,65	2,0	1,62	0,81
CDX 4	0,02	5,99	6,47	20,26	0,32	2,5	1,39	0,56
CDX 5	0,02	6,42	7,05	20,26	0,35	2,5	1,46	0,58
CDX 6	0,02	6,09	6,78	33,84	0,20	3,0	1,29	0,43
CDX 7	0,02	8,84	11,71	33,84	0,35	3,0	1,73	0,58
CDX 8	0,02	8,65	11,53	33,84	0,34	3,0	1,72	0,57

Tabella 5.11: Portate e tiranti per il tempo di ritorno di 20 anni per ciascun sottobacino in sinistra del Fosso Reale mediante codice HyNet.

Codice sezione	Volume specifico di invaso [mm]	Coefficiente udometrico [l/s*ha]	Portata totale di invaso Qtot [mc/s]	Portata moto uniforme Qunif [mc/s]	Rapporto Qtot/Qunif	Altezza sezione Ymax [m]	Tirante idrico Y [m]	Rapporto Y/Ymax
CSX 4	0,02	7,27	1,37	33,84	0,04	3,0	0,15	0,05
CSX 5	0,02	14,93	1,70	33,84	0,05	3,0	0,29	0,10
CSX 6	0,02	17,48	2,28	33,84	0,07	3,0	0,45	0,15
CSX 7	0,02	18,62	2,65	33,84	0,08	3,0	0,54	0,18
OSM 1	0,01	140,32	24,42	4,71	5,18	4,5	4,50	1,00
OSM 2/a	0,01	95,20	27,33	13,40	2,04	2,0	2,00	1,00
OSM 2/b	0,01	82,32	2,33	13,40	0,17	2,0	0,85	0,43
OSM 3	0,02	77,17	25,77	22,82	1,13	2,0	2,00	1,00
GVA 1	0,02	87,09	7,97	3,41	2,34	1,5	1,50	1,00
GVA 2	0,02	38,31	5,99	10,57	0,57	2,5	1,95	0,78
SDO 1	0,01	166,69	5,27	5,16	1,02	1,5	1,50	1,00
SDO 2	0,01	122,74	12,94	5,16	2,51	1,5	1,50	1,00
SDO 3	0,02	73,80	12,49	39,64	0,31	3,2	1,80	0,56
SDO 4	0,02	61,05	17,95	39,64	0,45	3,2	2,17	0,68
SDO 5	0,02	52,32	17,03	39,64	0,43	3,2	2,11	0,66
SDO 6	0,02	50,58	20,12	11,67	1,72	4,2	4,20	1,00
SDO 7	0,02	29,60	12,37	11,67	1,06	4,2	4,20	1,00
CAB 1	0,02	24,36	13,82	38,04	0,36	4,0	2,46	0,62
PAB 1/a	0,02	8,68	13,53	29,31	0,46	3,0	1,92	0,64
PAB 1/b	0,02	10,40	21,87	29,31	0,75	3,0	2,52	0,84
PAB 2	0,02	11,59	29,19	38,04	0,77	4,0	3,47	0,87

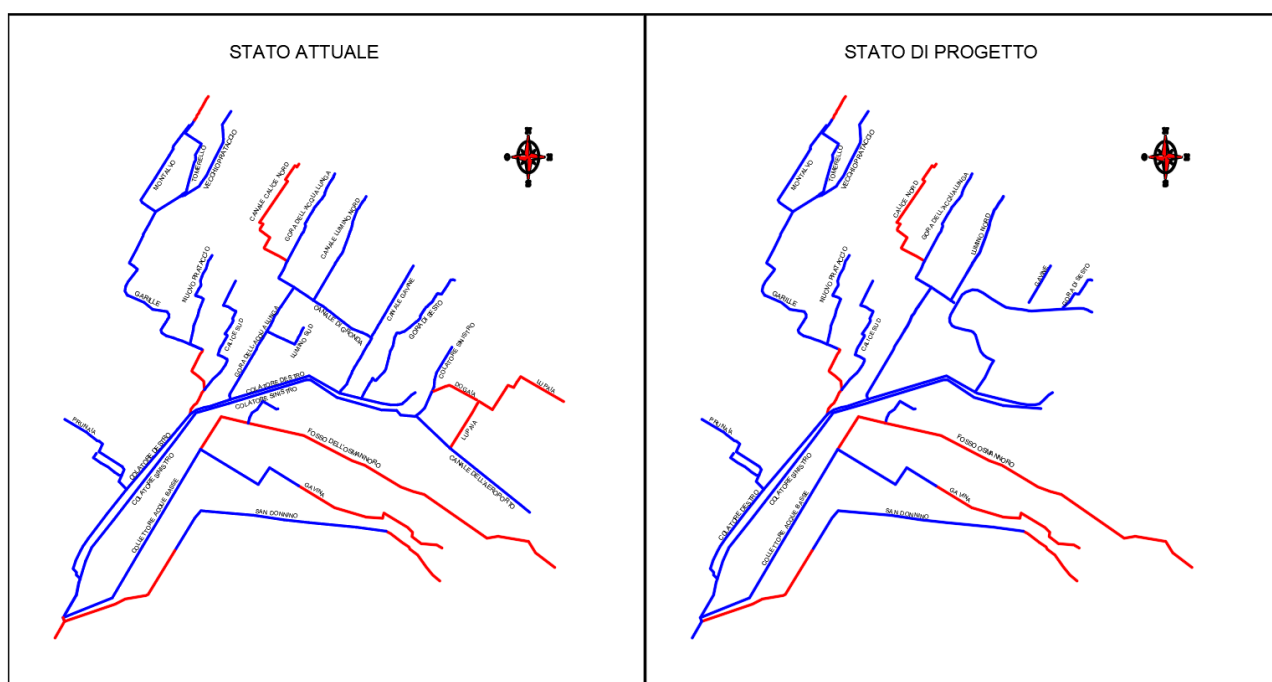


Figura 5.8: Confronto tra stato attuale e stato di progetto per il tempo di ritorno di 20 anni.

5.3.4 Tempo di ritorno 50 anni

Vengono di seguito riportati i risultati per il periodo di ritorno pari a 50 anni. In questo caso sono presenti 19 sezioni insufficienti, di queste 9 si trovano in sinistra del Fosso Reale e 10 in destra. In particolare in sinistra non ci sono variazioni rispetto al tempo di ritorno di 20 anni, mentre la situazione si aggrava notevolmente in destra dove si passa da 4 tratti a 15. Si ha infatti che risulta quasi totalmente insufficiente il Garille, ad eccezione della parte a monte, ed il Colatore destro, eccetto gli estremi.

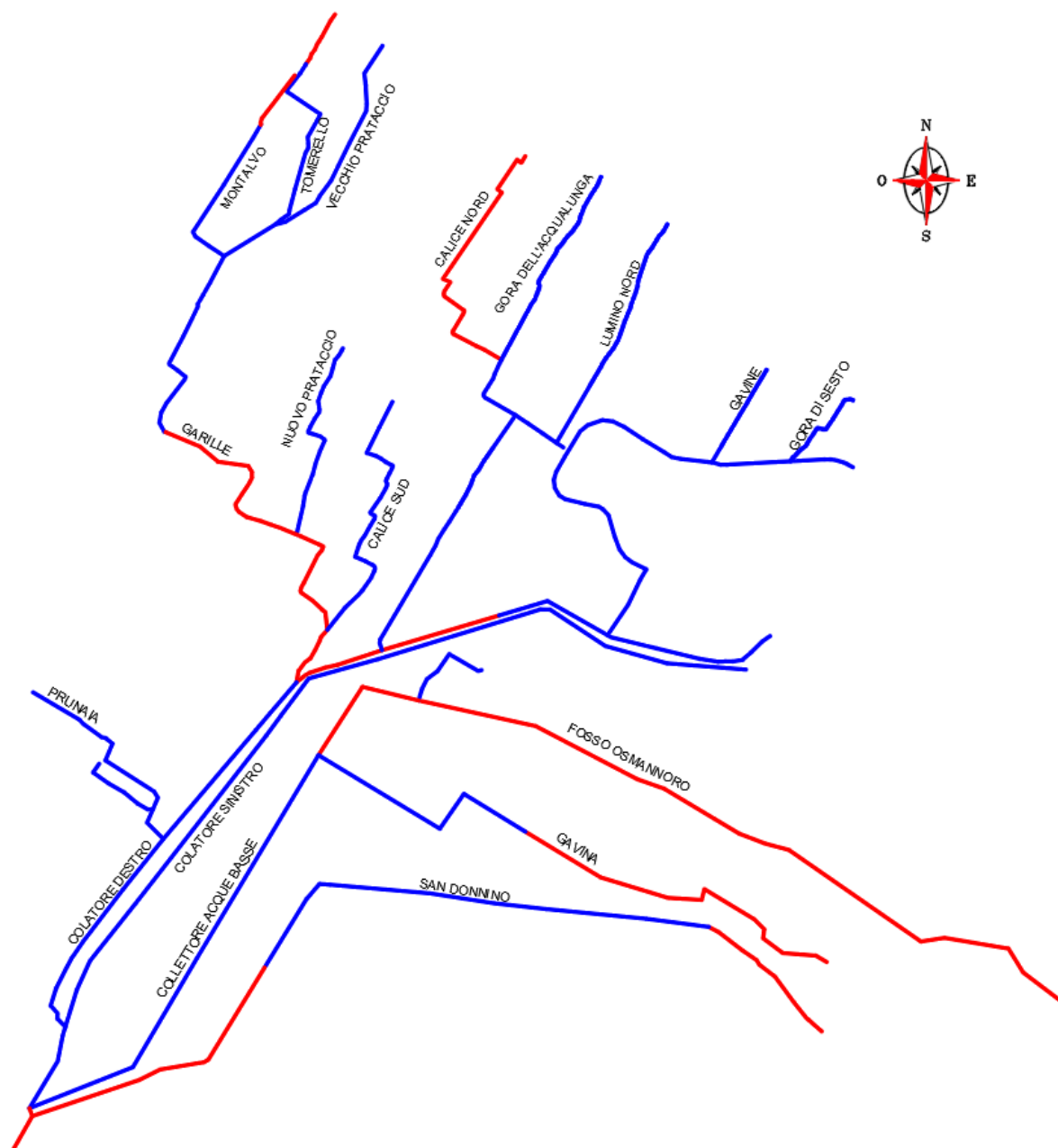


Figura 5.9: Reticolo idrografico con in rosso i tratti insufficienti per il periodo di ritorno di 50 anni.

Tabella 5.12: Portate e tiranti per il tempo di ritorno di 50 anni per ciascun sottobacino in destra del Fosso Reale mediante codice HyNet.

Codice sezione	Volume specifico di invaso [mm]	Coefficiente udometrico [l/s*ha]	Portata totale di invaso Qtot [mc/s]	Portata moto uniforme Qunif [mc/s]	Rapporto Qtot/Qunif	Altezza sezione Ymax [m]	Tirante idrico Y [m]	Rapporto Y/Ymax
MON 1	0,01	157,83	4,69	4,22	1,11	1,0	1,00	1,00
MON 2	0,01	69,09	4,65	6,11	0,76	1,5	1,33	0,89
VPR 1	0,01	48,01	2,29	3,65	0,63	1,0	0,81	0,81
TOM 1	0,01	202,68	13,42	5,17	2,60	1,0	1,00	1,00
TOM 2	0,01	77,14	6,87	8,79	0,78	1,5	1,35	0,90
NPR 1	0,01	29,37	1,19	3,77	0,32	1,0	0,58	0,58
GAR 1/a	0,01	62,04	9,09	15,17	0,60	2,0	1,56	0,78
GAR 1/b	0,02	53,04	13,91	15,17	0,92	2,0	1,92	0,96
GAR 2	0,02	46,94	15,22	15,17	1,00	2,0	2,00	1,00
GAR 3/a	0,02	42,84	14,60	12,26	1,19	1,8	1,80	1,00
GAR 3/b	0,02	40,57	15,60	12,26	1,27	1,8	1,80	1,00
GAR 4	0,02	35,73	14,20	8,67	1,64	1,8	1,80	1,00
GAR 5	0,02	36,06	16,55	8,67	1,91	1,8	1,80	1,00
CLS 1	0,02	32,04	1,56	3,06	0,51	1,0	0,73	0,73
CLN 1	0,01	61,74	7,46	3,65	2,04	1,5	1,50	1,00
ALG 1	0,01	39,21	2,02	6,93	0,29	1,5	0,86	0,57
ALG 2/a	0,02	47,71	8,82	22,74	0,39	2,0	1,24	0,62
ALG 2/b	0,02	42,44	8,48	22,74	0,37	2,0	1,21	0,61
ALG 3	0,02	28,48	6,51	22,74	0,29	2,0	1,05	0,53
LMN 1	0,01	35,63	2,88	4,55	0,63	1,3	1,06	0,82
GAV 1	0,01	41,20	2,37	4,84	0,49	1,0	0,72	0,72
GST 1	0,01	33,81	0,67	8,41	0,08	1,5	0,42	0,28
NGN 1	0,01	37,88	0,36	12,78	0,03	2,0	0,27	0,14
NGN 2	0,02	23,19	0,84	12,78	0,07	2,0	0,44	0,22
NGN 3	0,02	13,90	0,11	12,78	0,01	2,0	0,14	0,07
PRN 1/a	0,01	108,14	13,83	23,63	0,59	2,5	1,97	0,79
PRN 1/b	0,01	102,66	2,02	23,63	0,09	2,5	0,79	0,32
PRN 1/c	0,01	103,03	15,78	23,63	0,67	2,5	2,10	0,84
CDX 2	0,02	20,84	6,08	3,94	1,54	1,5	1,50	1,00
CDX 3	0,02	20,69	10,82	10,72	1,01	2,0	2,00	1,00
CDX 4	0,03	10,59	11,45	20,26	0,57	2,5	1,88	0,75
CDX 5	0,03	11,16	12,25	20,26	0,61	2,5	1,94	0,78
CDX 6	0,03	10,36	11,54	33,84	0,34	3,0	1,72	0,57
CDX 7	0,02	14,49	19,19	33,84	0,57	3,0	2,25	0,75
CDX 8	0,03	14,11	18,81	33,84	0,56	3,0	2,23	0,74

Tabella 5.13: Portate e tiranti per il tempo di ritorno di 50 anni per ciascun sottobacino in sinistra del Fosso Reale mediante codice HyNet.

Codice sezione	Volume specifico di invaso [mm]	Coefficiente udometrico [l/s*ha]	Portata totale di invaso Qtot [mc/s]	Portata moto uniforme Qunif [mc/s]	Rapporto Qtot/Qunif	Altezza sezione Ymax [m]	Tirante idrico Y [m]	Rapporto Y/Ymax
CSX 4	0,02	11,82	1,47	33,84	0,04	3,0	0,20	0,07
CSX 5	0,02	22,53	1,96	33,84	0,06	3,0	0,37	0,12
CSX 6	0,02	25,51	2,78	33,84	0,08	3,0	0,56	0,19
CSX 7	0,02	26,76	3,28	33,84	0,10	3,0	0,66	0,22
OSM 1	0,01	206,04	35,85	4,71	7,60	4,5	4,50	1,00
OSM 2/a	0,01	139,78	40,12	13,40	2,99	2,0	2,00	1,00
OSM 2/b	0,01	106,98	3,03	13,40	0,23	2,0	0,97	0,49
OSM 3	0,02	112,49	37,56	22,82	1,65	2,0	2,00	1,00
GVA 1	0,02	127,88	11,71	3,41	3,43	1,5	1,50	1,00
GVA 2	0,02	56,48	8,84	10,57	0,84	2,5	2,32	0,93
SDO 1	0,01	244,75	7,73	5,16	1,50	1,5	1,50	1,00
SDO 2	0,01	179,92	18,97	5,16	3,67	1,5	1,50	1,00
SDO 3	0,02	94,48	15,99	39,64	0,40	3,2	2,04	0,64
SDO 4	0,02	76,91	22,62	39,64	0,57	3,2	2,43	0,76
SDO 5	0,02	67,96	22,13	39,64	0,56	3,2	2,41	0,75
SDO 6	0,02	69,32	27,57	11,67	2,36	4,2	4,20	1,00
SDO 7	0,02	50,88	21,26	11,67	1,82	4,2	4,20	1,00
CAB 1	0,03	34,99	19,85	38,04	0,52	4,0	2,94	0,74
PAB 1/a	0,03	13,92	20,97	29,31	0,72	3,0	2,46	0,82
PAB 1/b	0,02	14,30	29,64	29,31	1,01	3,0	2,96	0,99
PAB 2	0,02	15,87	39,53	38,04	1,04	4,0	4,00	1,00

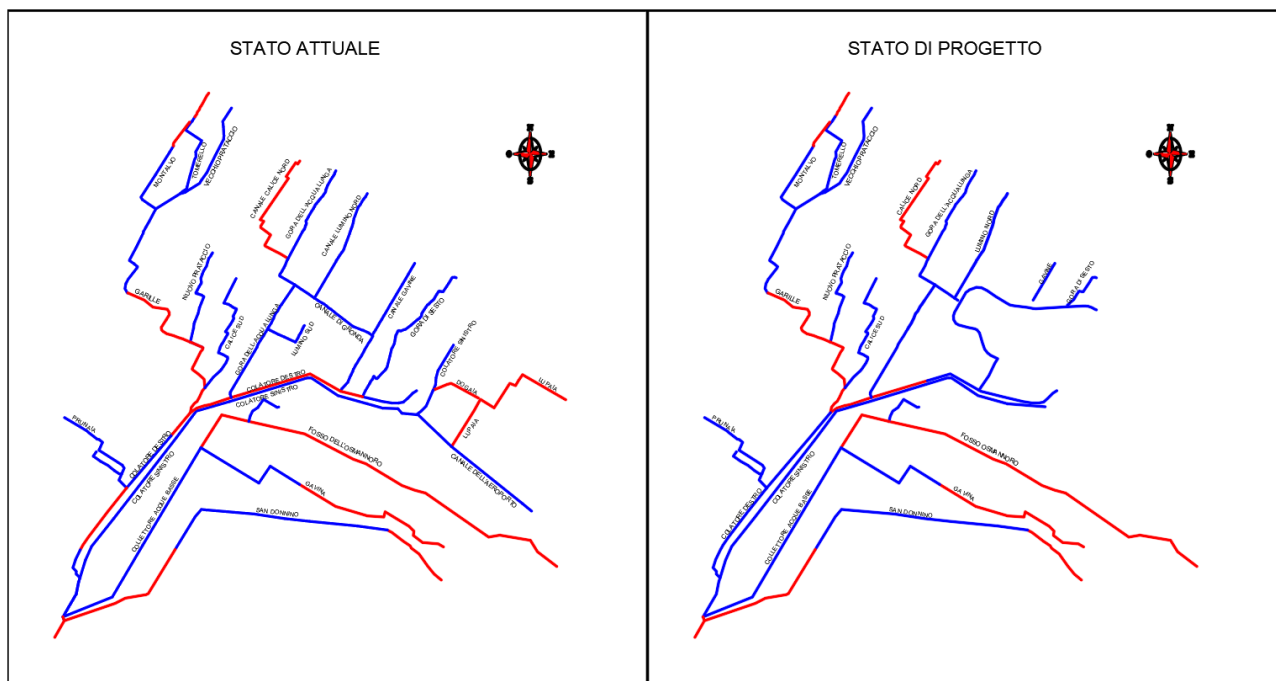


Figura 5.10: Confronto tra stato attuale e stato di progetto per il tempo di ritorno di 50 anni.

In Figura 5.10 è riportato in forma grafica il confronto tra stato attuale e stato di progetto per il periodo di ritorno di 50 anni. In questo caso si ha che si passa da 28 sezioni insufficienti a 19. In particolare, nella nuova configurazione si ha che il colatore destro risulta essere insufficiente solo nel primo tratto a monte, mentre a valle è in grado di accogliere la portata che lo attraversa.

5.3.5 Tempo di ritorno 200 anni

Vengono di seguito riportati i risultati per il periodo di ritorno pari a 200 anni. In quest'ultimo caso si hanno 26 tratti insufficienti, di questi 15 dalla destra del Fosso Reale e 11 in sinistra. Osservando i risultati si può notare come in sinistra del Fosso Reale rispetto al tempo di ritorno di 50 anni, si aggiunge solo il collettore principale delle acque basse. In destra invece, sono insufficienti i tratti di monte del Montalvo e del Tomerello, il Calice nord, gran parte del Garille e del colatore destro.

Come si può osservare in Figura 5.12, si ha che, rispetto allo stato di fatto, nello stato di progettazione la situazione risulta essere leggermente migliorata sebbene siano ancora presenti molti tratti non verificati. Ad ogni modo si ha che le modifiche dovute al progetto non peggiorano la situazione attualmente esistente, anzi fanno sì che le portate nei vari tratti siano inferiori. Ciò nonostante, le sezioni non risultano ancora sufficienti ad accogliere le portate per gli eventi con periodo di ritorno di 200 anni.

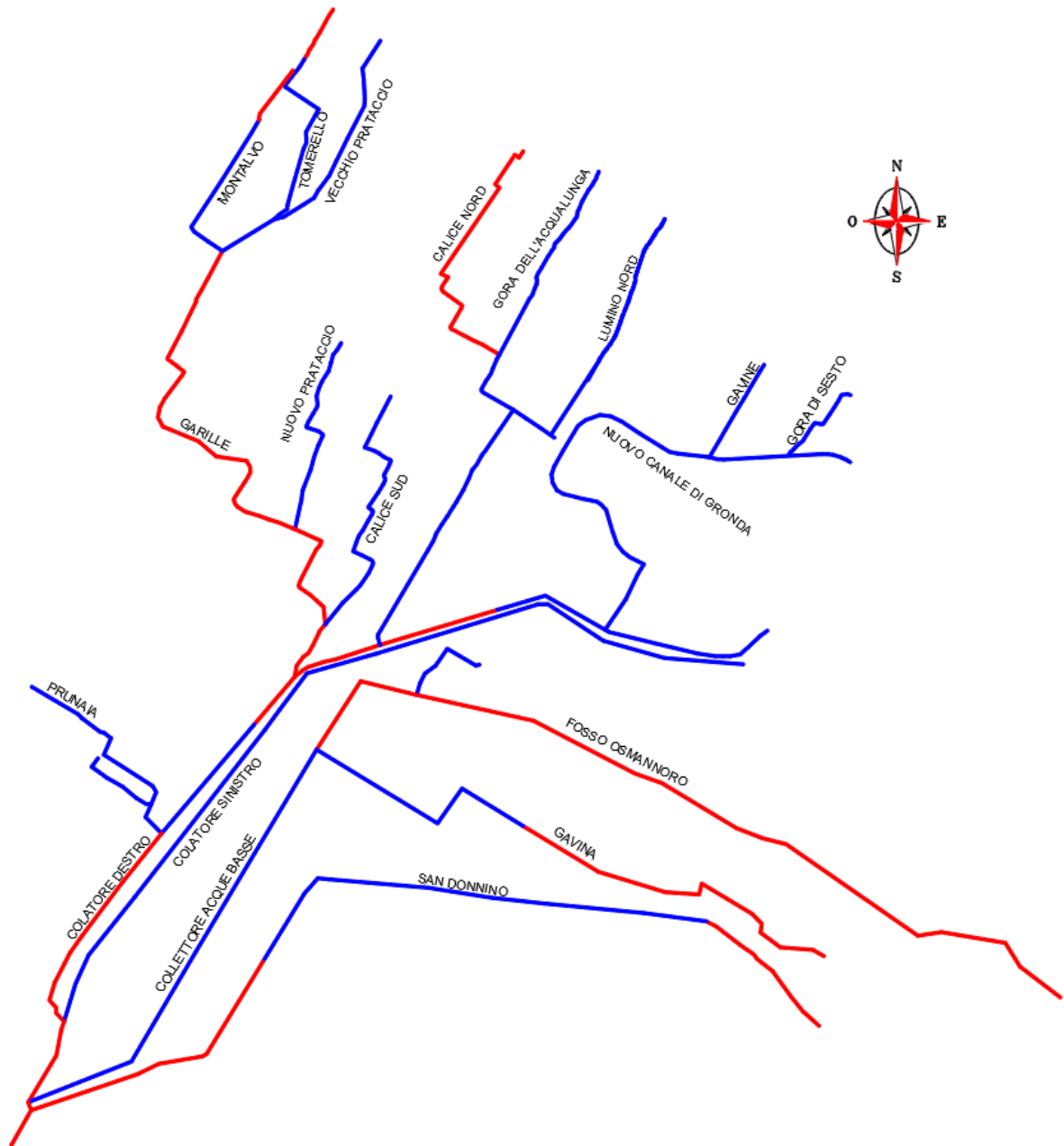


Figura 5.11: Reticolo idrografico con in rosso i tratti insufficienti per il periodo di ritorno di 200 anni.

Tabella 5.14: Portate e tiranti per il tempo di ritorno di 200 anni per ciascun sottobacino in destra del Fosso Reale mediante codice HyNet.

Codice sezione	Volume specifico di invaso [mm]	Coefficiente udometrico [l/s*ha]	Portata totale di invaso Qtot [mc/s]	Portata moto uniforme Qunif [mc/s]	Rapporto Qtot/Qunif	Altezza sezione Ymax [m]	Tirante idrico Y [m]	Rapporto Y/Ymax
MON 1	0,01	211,75	6,30	4,22	1,49	1,0	1,00	1,00
MON 2	0,02	84,43	5,68	6,11	0,93	1,5	1,46	0,97
VPR 1	0,01	59,49	2,84	3,65	0,78	1,0	0,89	0,89
TOM 1	0,01	271,91	18,01	5,17	3,49	1,0	1,00	1,00
TOM 2	0,01	95,27	8,48	8,79	0,96	1,5	1,48	0,99
NPR 1	0,01	38,85	1,58	3,77	0,42	1,0	0,66	0,66
GAR 1/a	0,02	76,08	11,14	15,17	0,74	2,0	1,73	0,87
GAR 1/b	0,02	65,46	17,16	15,17	1,13	2,0	2,00	1,00
GAR 2	0,02	58,51	18,97	15,17	1,25	2,0	2,00	1,00
GAR 3/a	0,02	54,74	18,65	12,26	1,52	1,8	1,80	1,00
GAR 3/b	0,02	52,59	20,22	12,26	1,65	1,8	1,80	1,00
GAR 4	0,02	49,50	19,68	8,67	2,27	1,8	1,80	1,00
GAR 5	0,02	49,56	22,75	8,67	2,62	1,8	1,80	1,00
CLS 1	0,02	41,94	2,04	3,06	0,67	1,0	0,83	0,83
CLN 1	0,01	82,83	10,00	3,65	2,74	1,5	1,50	1,00
ALG 1	0,01	48,72	2,51	6,93	0,36	1,5	0,95	0,63
ALG 2/a	0,02	61,14	11,30	22,74	0,50	2,0	1,41	0,71
ALG 2/b	0,02	53,62	10,71	22,74	0,47	2,0	1,37	0,69
ALG 3	0,02	40,74	9,31	22,74	0,41	2,0	1,27	0,64
LMN 1	0,01	44,57	3,61	4,55	0,79	1,3	1,17	0,90
GAV 1	0,01	53,36	3,07	4,84	0,63	1,0	0,81	0,81
GST 1	0,01	43,22	0,86	8,41	0,10	1,5	0,48	0,32
NGN 1	0,01	47,45	0,45	12,78	0,04	2,0	0,30	0,15
NGN 2	0,02	33,74	1,22	12,78	0,10	2,0	0,54	0,27
NGN 3	0,02	23,56	0,19	12,78	0,02	2,0	0,18	0,09
PRN 1/a	0,02	129,58	16,57	23,63	0,70	2,5	2,14	0,86
PRN 1/b	0,01	125,81	2,48	23,63	0,11	2,5	0,87	0,35
PRN 1/c	0,02	123,92	18,98	23,63	0,80	2,5	2,27	0,91
CDX 2	0,02	33,83	9,86	3,94	2,50	1,5	1,50	1,00
CDX 3	0,02	34,45	18,02	10,72	1,68	2,0	2,00	1,00
CDX 4	0,03	25,16	27,20	20,26	1,34	2,5	2,50	1,00
CDX 5	0,03	25,86	28,41	20,26	1,40	2,5	2,50	1,00
CDX 6	0,03	23,14	25,78	33,84	0,76	3,0	2,62	0,87
CDX 7	0,03	28,75	38,07	33,84	1,13	3,0	3,00	1,00
CDX 8	0,03	28,32	37,76	33,84	1,12	3,0	3,00	1,00

Tabella 5.15: Portate e tiranti per il tempo di ritorno di 200 anni per ciascun sottobacino in sinistra del Fosso Reale mediante codice HyNet.

Codice sezione	Volume specifico di invaso [mm]	Coefficiente udometrico [l/s*ha]	Portata totale di invaso Qtot [mc/s]	Portata moto uniforme Qunif [mc/s]	Rapporto Qtot/Qunif	Altezza sezione Ymax [m]	Tirante idrico Y [m]	Rapporto Y/Ymax
----------------	---------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	------------------------------------	---------------------	--------------------------	----------------------	-----------------

CSX 4	0,02	20,68	1,68	33,84	0,05	3,0	0,28	0,09
CSX 5	0,02	31,46	2,26	33,84	0,07	3,0	0,45	0,15
CSX 6	0,02	35,74	3,41	33,84	0,10	3,0	0,68	0,23
CSX 7	0,02	37,11	4,09	33,84	0,12	3,0	0,80	0,27
OSM 1	0,01	276,41	48,09	4,71	10,20	4,5	4,50	1,00
OSM 2/a	0,01	187,52	53,83	13,40	4,02	2,0	2,00	1,00
OSM 2/b	0,01	130,18	3,69	13,40	0,28	2,0	1,07	0,54
OSM 3	0,02	149,99	50,09	22,82	2,19	2,0	2,00	1,00
GVA 1	0,02	171,56	15,70	3,41	4,60	1,5	1,50	1,00
GVA 2	0,02	66,14	10,35	10,57	0,98	2,5	2,48	0,99
SDO 1	0,01	328,35	10,38	5,16	2,01	1,5	1,50	1,00
SDO 2	0,01	241,37	25,45	5,16	4,93	1,5	1,50	1,00
SDO 3	0,02	113,28	19,17	39,64	0,48	3,2	2,24	0,70
SDO 4	0,02	91,61	26,94	39,64	0,68	3,2	2,66	0,83
SDO 5	0,02	80,67	26,26	39,64	0,66	3,2	2,62	0,82
SDO 6	0,02	83,99	33,41	11,67	2,86	4,2	4,20	1,00
SDO 7	0,02	67,87	28,36	11,67	2,43	4,2	4,20	1,00
CAB 1	0,03	50,12	28,43	38,04	0,75	4,0	3,49	0,87
PAB 1/a	0,03	27,98	40,94	29,31	1,40	3,0	3,00	1,00
PAB 1/b	0,03	22,72	46,38	29,31	1,58	3,0	3,00	1,00
PAB 2	0,03	25,23	62,14	38,04	1,63	4,0	4,00	1,00

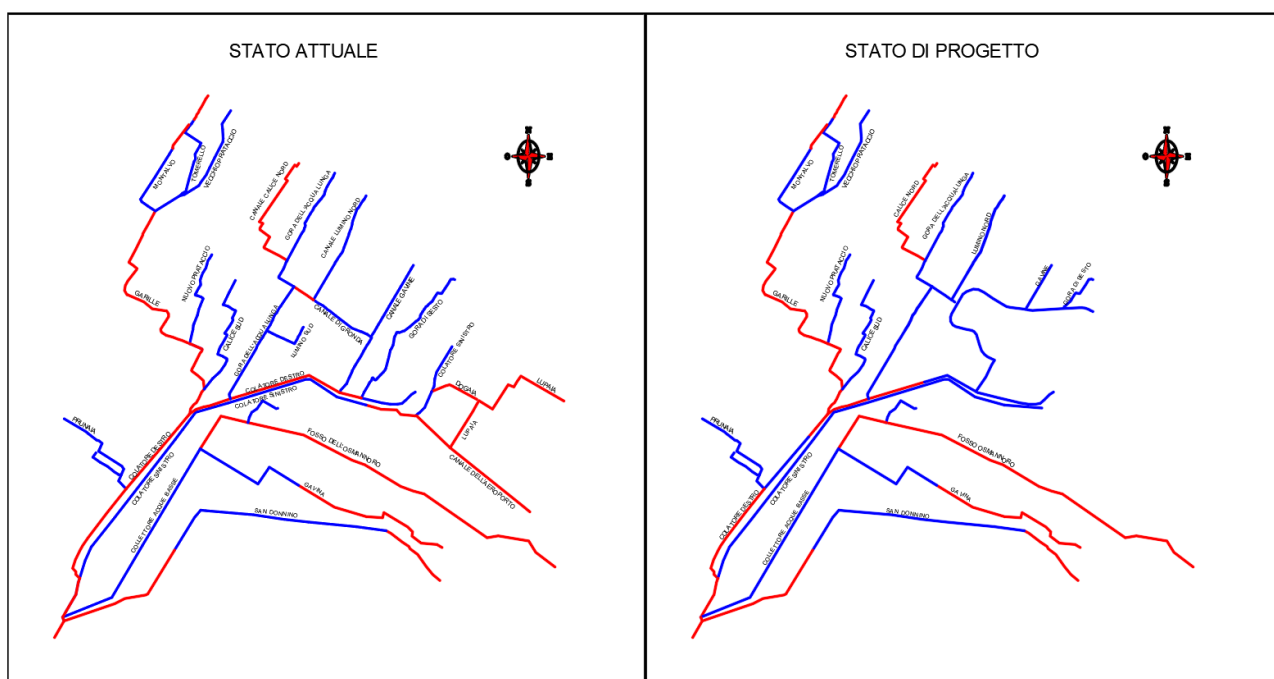


Figura 5.12: Confronto tra stato attuale e stato di progetto per il tempo di ritorno di 200 anni.

6 CONCLUSIONI

L'obiettivo dello studio è stato:

- la verifica del reticolo idraulico di bonifica con riferimento all'attuale quadro conoscitivo territoriale con particolare riferimento alle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica ed all'uso del suolo;
- la verifica del reticolo idraulico modificato a seguito dell'intervento aeroportuale (MasterPlan 2035);
- il confronto tra le due diverse configurazioni analizzate.

Una volta individuato il reticolo di canali da trattare, sono stati aggiornati tutti i parametri geometrici, idrologici, idraulici e di uso del suolo relativi alla configurazione attuale ed i rispettivi cambiamenti dovuti all'ampliamento dell'aeroporto per lo stato di progetto.

Una volta aggiornate le curve di possibilità pluviometrica per i periodi di ritorno di 10, 20, 50 e 200 anni, sono state effettuate le verifiche sia nello stato attuale che di progetto, mediante il metodo dell'invaso in condizioni asincrone servendosi del codice di calcolo HyNet.

Dal confronto tra le due diverse configurazioni, è risultato che, per ciascun periodo di ritorno, non si ha un aggravio delle condizioni idrauliche. In particolare, in Tabella 6.1 viene riportato il confronto tra le portate che si hanno in tre sezioni significative, corrispondenti alle sezioni terminali dei colatori destro e sinistro ed alla sezione terminale dell'intera rete studiata.

Tabella 6.1: Confronto tra le portate nello stato attuale e di progetto in tre sezioni significative del reticolo delle acque basse.

Tempo di ritorno [anni]	Portata [m ³ /s]		Portata [m ³ /s]		Portata [m ³ /s]	
	Colatore destro 8		Colatore sinistro 7		Collettore principale acque basse 2	
	Stato attuale	Stato di progetto	Stato attuale	Stato di progetto	Stato attuale	Stato di progetto
10	16,48	7,41	6,09	2,25	30,19	22,82
20	22,50	11,53	8,06	2,65	38,30	29,19
50	33,30	18,81	11,30	3,28	51,24	39,53
200	55,26	37,76	18,81	4,09	80,79	62,14

Come si può notare, si ha che in tutte le sezioni la portata ottenuta nello stato di progetto è inferiore a quella che si ha nello stato attuale. Inoltre, sebbene in entrambe le configurazioni il tratto finale del colatore destro principale risulta essere insufficiente per il periodo di ritorno di 200 anni, e quello del collettore principale risulta essere insufficiente per i periodi di ritorno di 50 e 200 anni, si ha che la

portata nello stato di progetto sono inferiori di valori che vanno da 11 a 18 m³/s. Si può quindi affermare che nella nuova configurazione del reticolo delle acque basse si ha una diminuzione del rischio idraulico.