



COMUNE DI PARMA

OPERE INFRASTRUTTURALI FUNZIONALI
AL POTENZIAMENTO E ALL'ACCESSIBILITÀ DELLE FIERE
NODO STRADALE ALL'USCITA DEL CASELLO DELL'AUTOSTRADA A1 DI PARMA
CUP: I94E22000520004 CUI: L00162210348202300088 CIG: B45A5886AC

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA:
GEOL. MARCO GHIRARDI

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA:
ING. CECILIA DAMONI

ARCHEOLOGIA:
DOTT.SSA BARBARA SASSI



AR/S ARCHEOSISTEMI Società Cooperativa

CONSULENZA TRASPORTISTICA:
ING. FABIO TORTA
ING. ESPEDITO SAPONARO
ING. CLAUDIO D'ANGELO



TRT Trasporti e Territorio srl

RESPONSABILE UNICO DEL PROGETTO:
ING. MICHELE GADALETA

ASSISTENTE DEL RESPONSABILE UNICO DEL PROGETTO
ING. LUIGI ELIA

PROGETTAZIONE:
ING. FILIPPO VIARO
ING. PAOLO CORCHIA

AMBIENTE E PAESAGGIO
ARCH. SERGIO BECCARELLI

ACUSTICA
ING. GIOVANNI BRIANTI
Tecnico competente in Acustica Ambientale ENTECA n. 6042



Policreo Società di progettazione srl

COORDINAMENTO IN MATERIA DI SICUREZZA E DI SALUTE
DURANTE LA FASE DI PROGETTAZIONE DELL'OPERA:
ING. PAOLO CORCHIA



Policreo Società di progettazione srl

Elaborato

STUDI SPECIALISTICI
IDROLOGIA E IDRAULICA
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Tavola

PR51.25.A.PFTE.02.IDR.RES.001.R00

Scala

OTTOBRE 2025

Data

Rev.	Data	Descrizione
00	OTTOBRE 2025	EMISSIONE

INDICE

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI PROGETTO	4
3. ANALISI DELLA SICUREZZA IDRAULICA	5
4. RETE DI FOGNATURA ACQUE BIANCHE	8
4.1. INDIVIDUAZIONE BACINI TRIBUTARI E ANALISI DELL'USO DEL SUOLO	8
4.2. VALUTAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI IDROLOGICHE	13
4.2.1. Precipitazioni massime di progetto	13
4.2.2. Analisi idrologiche, determinazione delle portate	14
4.3. PROGETTAZIONE E VERIFICHE IDRAULICHE	15
5. VERIFICA DELL'INVARIANZA IDRAULICA E PROGETTAZIONE OPERE DI LAMINAZIONE	19
5.1. METODOLOGIA DI CALCOLO – METODO DELLE SOLE PIOGGE	19
5.2. CALCOLO DEL VOLUME DI LAMINAZIONE	21
6. PIANO DI MANUTENZIONE DELLE RETI ED OPERE IDRAULICHE	23

1. PREMESSA

La presente Relazione idrologica ed idraulica riferisce presupposti e risultati della progettazione delle opere idrauliche a corredo della progettazione delle Opere infrastrutturali funzionali al potenziamento e all'accessibilità delle Fiere, Nodo stradale all'uscita del casello dell'Autostrada A1 di Parma.

L'area di intervento risulta, allo stato attuale, già occupata dal Nodo del Casello dell'Autostrada A1 di Parma con superfici impermeabilizzate per strade e parcheggi e superfici permeabili per le aree interne agli svincoli stradali.

La progettazione tratta le seguenti tematiche:

1. Analisi della pericolosità idraulica dell'area;
2. dimensionamento idrologico e idraulico della rete di evacuazione acque meteoriche;
3. analisi invarianza idrologica e idraulica e dimensionamento opere correlate.

La presente Progettazione delle opere idrauliche è redatta in conformità alle disposizioni del Regolamento di Gestione del Rischio Idraulico del Comune di Parma (RRI) (d.G.C. 140/2020 e d.C.C. 96/2021) ed è sviluppata considerando un tempo di ritorno $TR=50$ anni sia per le reti di drenaggio acque meteoriche sia per le opere di invarianza idrologica ed idraulica.

La progettazione ha origine dallo studio territoriale idromorfologico dell'area esistente e delle sue trasformazioni di progetto, dalla successiva analisi idrologica finalizzata alla definizione delle portate che sollecitano il sistema, dal dimensionamento dei nuovi collettori di drenaggio nonché dalla definizione delle opere di invarianza idraulica. La progettazione interviene su aree già drenate con reti fognarie di cui una parte viene conservata – aree dei parcheggi interessate solo a riqualificazioni delle pavimentazioni – ed una parte viene rifatta a seguito della riconfigurazione dello svincolo. Tutte le acque di drenaggio delle aree dello svincolo convergono al canale Fossetta Alta che, nel tratto di intervento, risulta di competenza del Comune di Parma.

Dai risultati delle analisi condotte esposti nella presente Relazione idrologica e idraulica emerge:

- l'impermeabilizzazione dei suoli rimane pressoché costante nello stato di progetto rispetto alla situazione attuale; l'incremento è di solo il 2% pari a 897mq su un ambito d'intervento di 41.587mq la compatibilità degli interventi con la sicurezza idraulica dell'area di comparto;
- l'ambito di intervento, suddiviso in 3 bacini principali, è caratterizzato da 2 bacini, Ovest ed Est2 con decremento di impermeabilizzazione e solo il bacino Est1, caratterizzato dall'allargamento della viabilità di svincolo, presenta un aumento di impermeabilizzazione;
- il dimensionamento della rete di drenaggio acque meteoriche sviluppato in conformità al Regolamento di Rischio Idraulico, adotta $TR=50$ anni come evento di riferimento e le risultanze confermano il rispetto dei franchi idraulici di sicurezza;
- la rete di drenaggio delle acque meteoriche di progetto prevede nuovi collettori che conferiranno ai medesimi recettori attuali composti dalla rete di drenaggio esistente; per alcune aree è prevista la sola ripavimentazione pertanto, nei rispettivi sottobacini, verrà mantenuta la rete di drenaggio esistente con adeguamento/spostamento delle sole caditoie;
- il recapito terminale delle acque meteoriche rimane quello attuale costituito dal Cavo Fossetta Alta di competenza del Comune di Parma;
- è richiesta, ai fini dell'invarianza idraulica, la realizzazione di un sistema di laminazione delle portate per il bacino Est1 dove si osserva incremento di impermeabilizzazione; la laminazione viene realizzata con tubazioni rettangolari.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI PROGETTO

L'ambito urbano ed infrastrutturale oggetto dell'intervento sviluppato in questa sede è localizzato nel quadrante nord della città di Parma, in corrispondenza del casello autostradale A1, e gravita sul sistema viario che converge sull'intersezione a due livelli regolata, a raso, con un anello di circolazione, cui afferisce il casello stesso, anche successivamente definito come "nodo complesso".

Dal punto di vista morfologico l'area è inserita in territorio di pianura a nord della città di Parma all'esterno del territorio urbanizzato; la quota media dell'area di interesse è dell'ordine di 41 msm e risulta quasi omogenea per l'intera area d'intervento.

L'area ricade in sponda destra del torrente Parma che, nel tratto limitrofo all'intervento, risulta arginato fino alla foce; il sistema dei corsi d'acqua secondario di pianura è caratterizzato dalla presenza del Canale Fossetta Alta che ha origine dalla rete fognaria urbana di Parma, scorre, con soluzione tubata, sotto via San Leonardo per tornare a cielo aperto a valle dello svincolo A1. Il Canale Fossetta presenta una generalizzata insufficienza idraulica sia nella sezione a cielo chiuso cittadina, di competenza del Comune di Parma, sia in quella a cielo aperto di campagna, di competenza del Consorzio di Bonifica Parmense; la scarsa officiosità idraulica delle sezioni del canale è principalmente dovuta al significativo aumento delle portate meteoriche derivante dall'aumento dell'espansione urbanistica degli ultimi cinquant'anni.

L'area dell'attuale Nodo è drenata con una rete fognaria composta da alcuni collettori a cui convergono i contributi raccolti dalle singole caditoie ed il cui recapito terminale avviene nella Fossetta Alta.

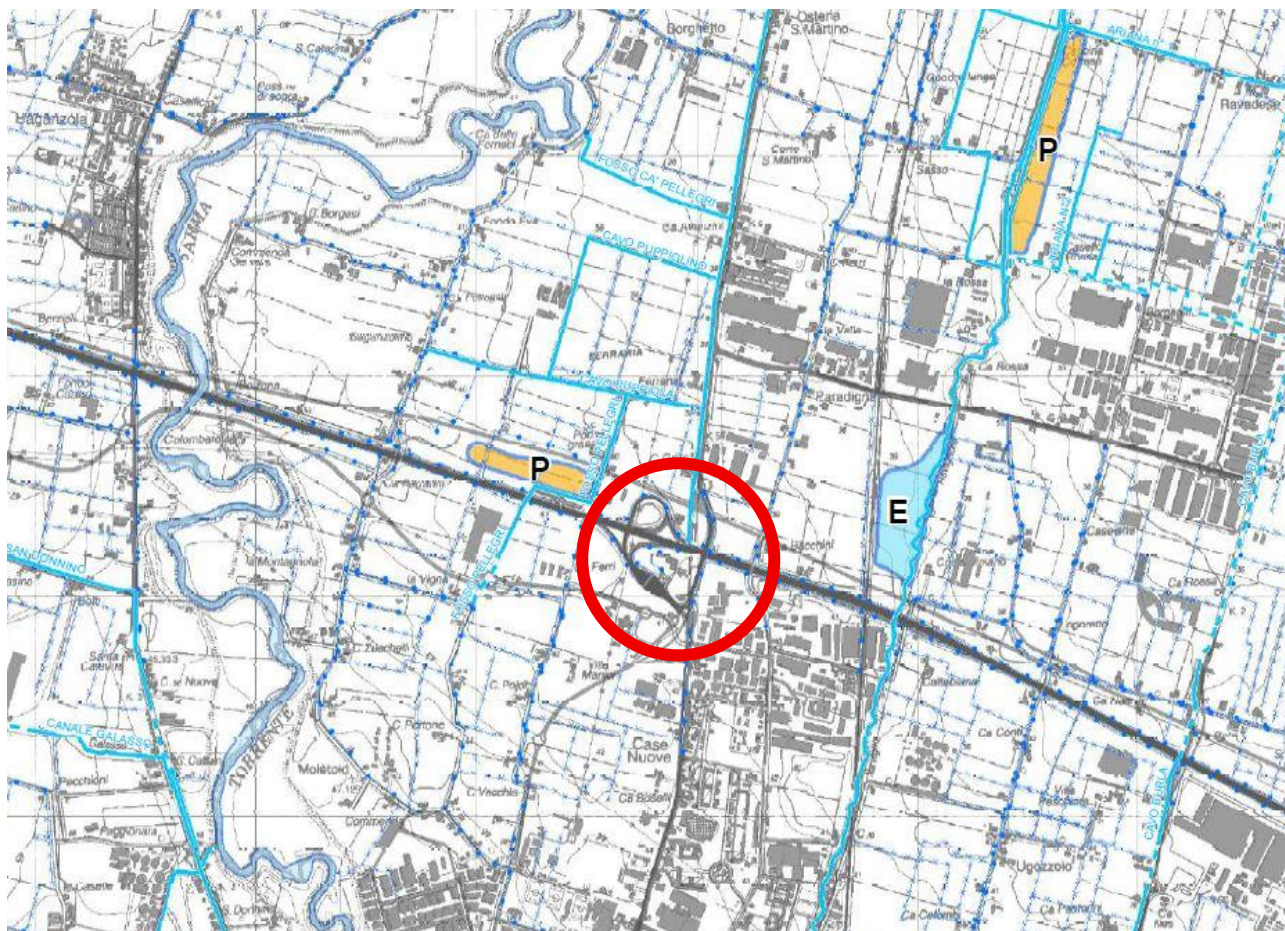


FIGURA 2-1 INDIVIDUAZIONE AREA DI INTERVENTO SU CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO DEL COMUNE DI PARMA

3. ANALISI DELLA SICUREZZA IDRAULICA

L'area di intervento è stata analizzata sotto il profilo della sicurezza idraulica in base agli strumenti di pianificazione esistenti, sia quelli sovraordinati, Piano Assetto Idrogeologico e Piano Gestione Rischio Alluvioni dell'Autorità di bacino del fiume Po, sia delli locali del Regolamento di Rischio Idraulico del Comune di Parma.



FIGURA 3-1 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA (PRGA, AUTORITÀ DI BACINO Po)

Come si evince dalle immagini l'ambito di intervento ricade in area P1 con riferimento al reticolo dei Corsi d'acqua principali (RP) ed in area P2 con riferimento al Reticolo dei corsi secondari di pianura (RSP).

In relazione al Rischio l'ambito ricade in zona R2 dovuta alla presenza di strutture strategiche come è lo stesso casello autostradale A1.

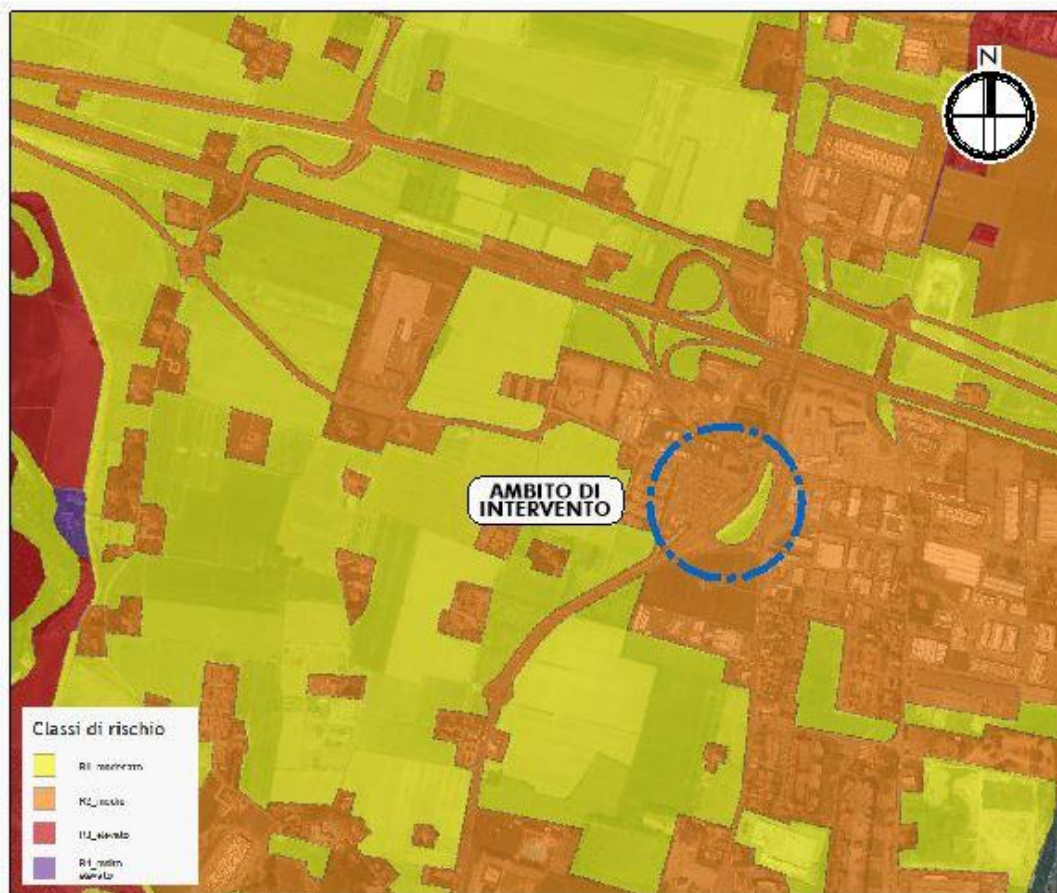


FIGURA 3-2 CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO (PRGA, AUTORITÀ DI BACINO Po)

In relazione al Regolamento di Rischio Idraulico, l'ambito di intervento ricade nelle seguenti perimetrazioni:

- Fasce Fluviali (PAI): fascia C del torrente Parma;
- Pericolosità di alluvione (PGRA): Alluvioni poco frequenti P2 ($100 < TR < 200$ anni)
- Aree di vulnerabilità idraulica (RRI): Alluvioni poco frequenti P2 ($100 < TR < 100$) – Reticolo Canali

L'intervento in progetto riqualifica l'ambito del Nodo viabilistico per favorire l'accessibilità all'Autostrada A1 e alle Fiere di Parma; le opere consistono nel rifacimento di alcuni rami di svincolo per razionalizzare la viabilità senza tuttavia variare in modo sostanziale la permeabilità equivalente dell'area interessata. Altresì non varia in modo sostanziale l'assetto morfologico dell'ambito di intervento.

Si può quindi affermare che pericolosità e rischio idraulico non variano rispetto alla situazione esistente.

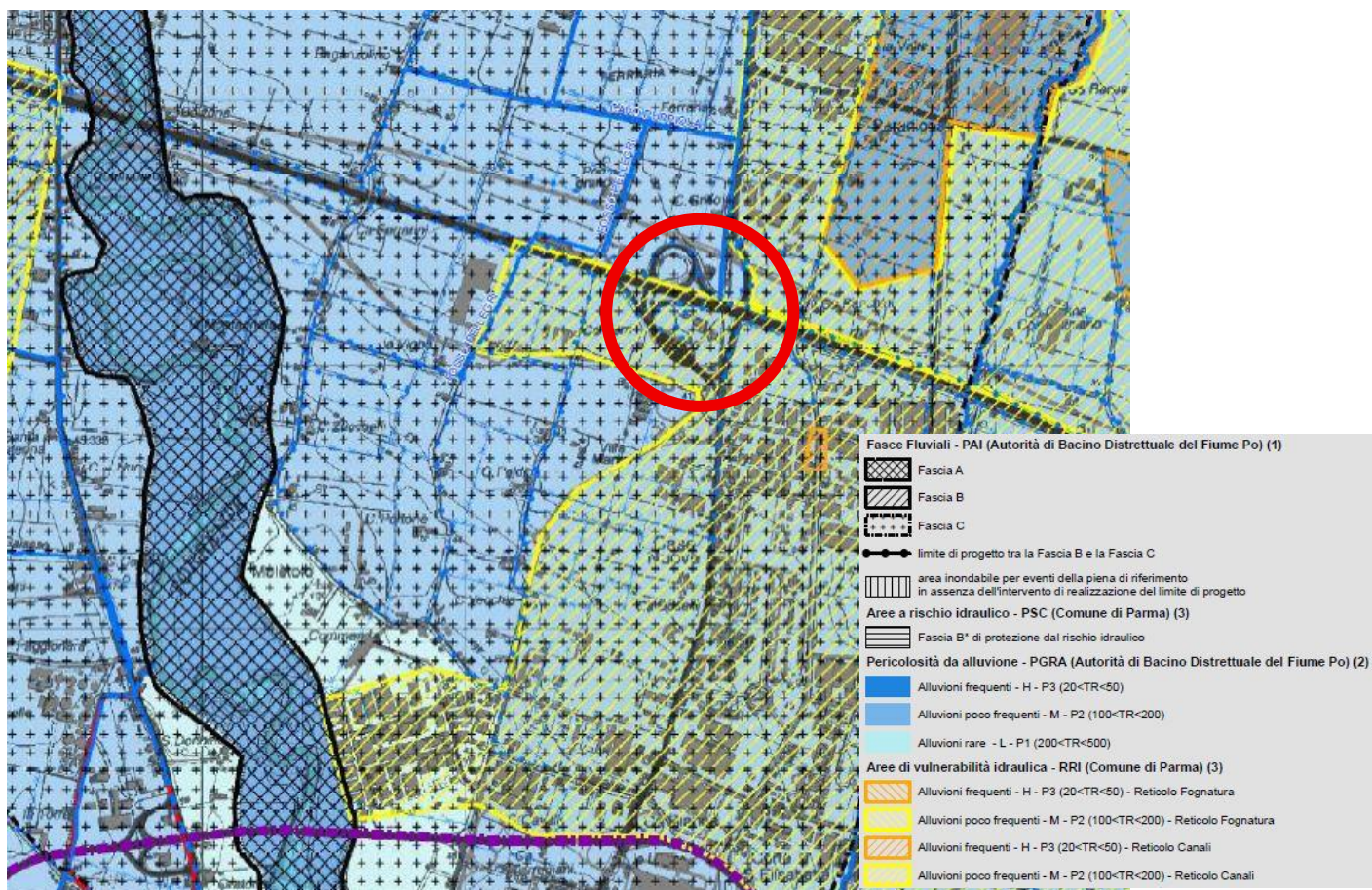


FIGURA 3-3 CARTA DELLE AREE DI VULNERABILITÀ IDRAULICA (RRI, COMUNE DI PARMA)

4. RETE DI FOGNATURA ACQUE BIANCHE

Il dimensionamento della rete di drenaggio delle acque meteoriche è stato sviluppato adottando come evento critico quello corrispondente ad un tempo di ritorno $TR=50$ anni attraverso le seguenti fasi:

- individuazione dei bacini tributari, definizione dell'uso del suolo nello stato di fatto e nello stato di progetto, con particolare riferimento alle sue caratteristiche di permeabilità idraulica;
- valutazione delle sollecitazioni pluviometriche che, per assegnati livelli di probabilità, possono interessare l'ambito di progetto;
- definizione preliminare del reticolo fognario di progetto attraverso dimensionamento in condizioni di moto uniforme; dimensionamento preliminare nodi e collettori;
- valutazione della risposta idrologica dei singoli sottobacini, in termini di portate e volumi di deflusso, in chiusura di ogni singolo sottobacino e determinazione, per le condizioni di progetto, dei singoli idrogrammi caratteristici;
- verifica della risposta idraulica lungo i singoli collettori predimensionati in termini di portate defluenti, tiranti idraulici, velocità di deflusso, sovraccarico idraulico, esondazione.

Le analisi sono state sviluppate, visto il carattere preliminare degli studi, con metodi speditivi: idrologia mediante modello di trasformazione afflussi deflussi; idraulica mediante analisi in moto uniforme.

4.1. INDIVIDUAZIONE BACINI TRIBUTARI E ANALISI DELL'USO DEL SUOLO

L'ambito di intervento è stato suddiviso in bacini e sottobacini in funzione del drenaggio meteorico attuale e di progetto. Ai fini del drenaggio si sono considerate le aree sottese ai nuovi collettori fognari di progetto e quelle la cui morfologia non varia e per le quali non varia nemmeno il sistema di drenaggio che rimane confermato nelle caditoie esistenti e relativi allacci eventualmente spostati di posizione ma non di recapito.

Per ciascun sottobacino viene definita la copertura del suolo nello stato di fatto e di progetto anche al fine di valutare la variazione di permeabilità, in positivo o negativo, e la conseguente eventuale necessità di opere di invarianza idraulica. Ai fini dell'invarianza si è sviluppato il confronto tra la condizione di progetto e quella dello stato di fatto dell'ambito d'intervento trascurando le aree su cui è prevista la sola ripavimentazione.

A macroscale l'ambito è stato suddiviso nei bacini Est ed Ovest individuati geograficamente con riferimento al rilevato del sovrappasso della SS 343 "Asolana"; ancora l'ambito Est è stato suddiviso, con riferimento alla mezzeria della viabilità di svincoli, in Est1 ed Est2: il primo è relativo all'area interna oggetto di allargamento della corsia, il secondo è relativo all'area esterna dove la corsia si mantiene sul sedime esistente.

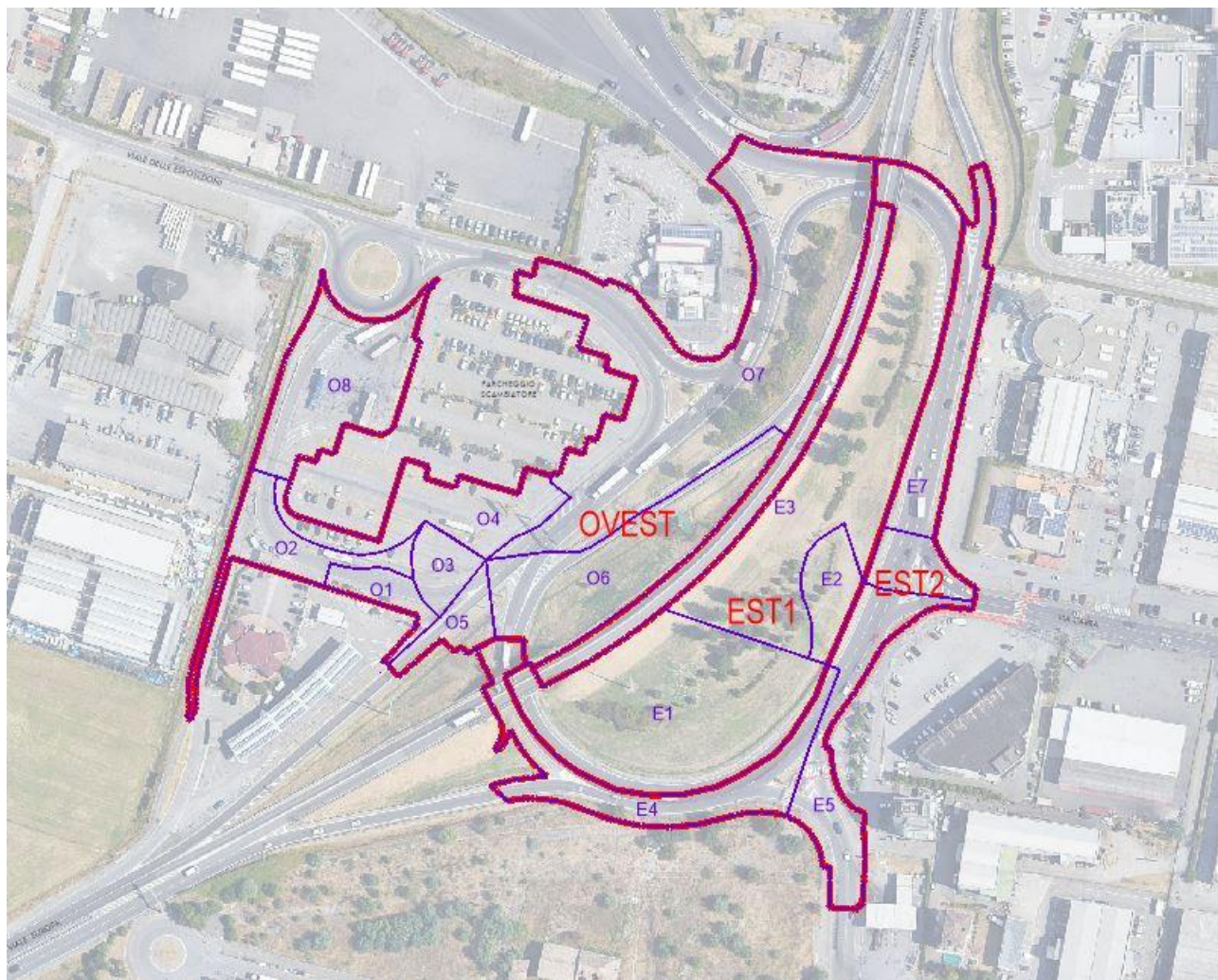


FIGURA 4-1 AMBITO DI INTERVENTO: INDIVIDUAZIONE BACINI PRINCIPALI E SOTTOBACINI

DATI GENERALI	Verde urbano (m ²)		Superfici drenanti (m ²)		Superfici non drenanti (m ²)		Tetti e coperture (m ²)		TOTALE (m ²)	
BACINO	0,25		0,60		0,90		0,90		0,59	
	Sup. reale	Sup. equiv.	Sup. reale	Sup. equiv.	Sup. reale	Sup. equiv.	Sup. reale	Sup. equiv.	Sup. reale	Sup. equiv.
OVEST	6 377	1 594	0	0	14 442	12 998	0	0	20 819	14 592
EST 1	12 601	3 150	0	0	997	897	0	0	13 598	4 048
EST 2	990	248	0	0	6 180	5 562	0	0	7 170	5 810
TOTALE SDF	19 968	4 992	0	0	21 619	19 457	0	0	41 587	24 449

TABELLA 4-1 – AMBITO DI INTERVENTO: ANALISI COPERTURA DEL SUOLO NELLO STATO DI FATTO



FIGURA 4-2 AMBITO DI INTERVENTO: COPERTURA DEL SUOLO NELLO STATO DI FATTO

DATI GENERALI	Verde urbano		Superfici drenanti		Superfici non drenanti		Tetti e coperture		TOTALE	
	0,25		0,60		0,90		0,90		0,62	
BACINO	Sup. reale	Sup. equiv.	Sup. reale	Sup. equiv.	Sup. reale	Sup. equiv.	Sup. reale	Sup. equiv.	Sup. reale	Sup. equiv.
OVEST	7 617	1 904	0	0	13 202	11 882	0	0	20 819	13 786
EST 1	9 095	2 274	0	0	4 503	4 053	0	0	13 598	6 326
EST 2	1 401	350	0	0	5 769	5 192	0	0	7 170	5 542
Totale	18 113	4 528	0	0	23 474	21 127	0	0	41 587	25 655

TABELLA 4-2 – AMBITO DI INTERVENTO: ANALISI COPERTURA DEL SUOLO NELLO STATO DI PROGETTO

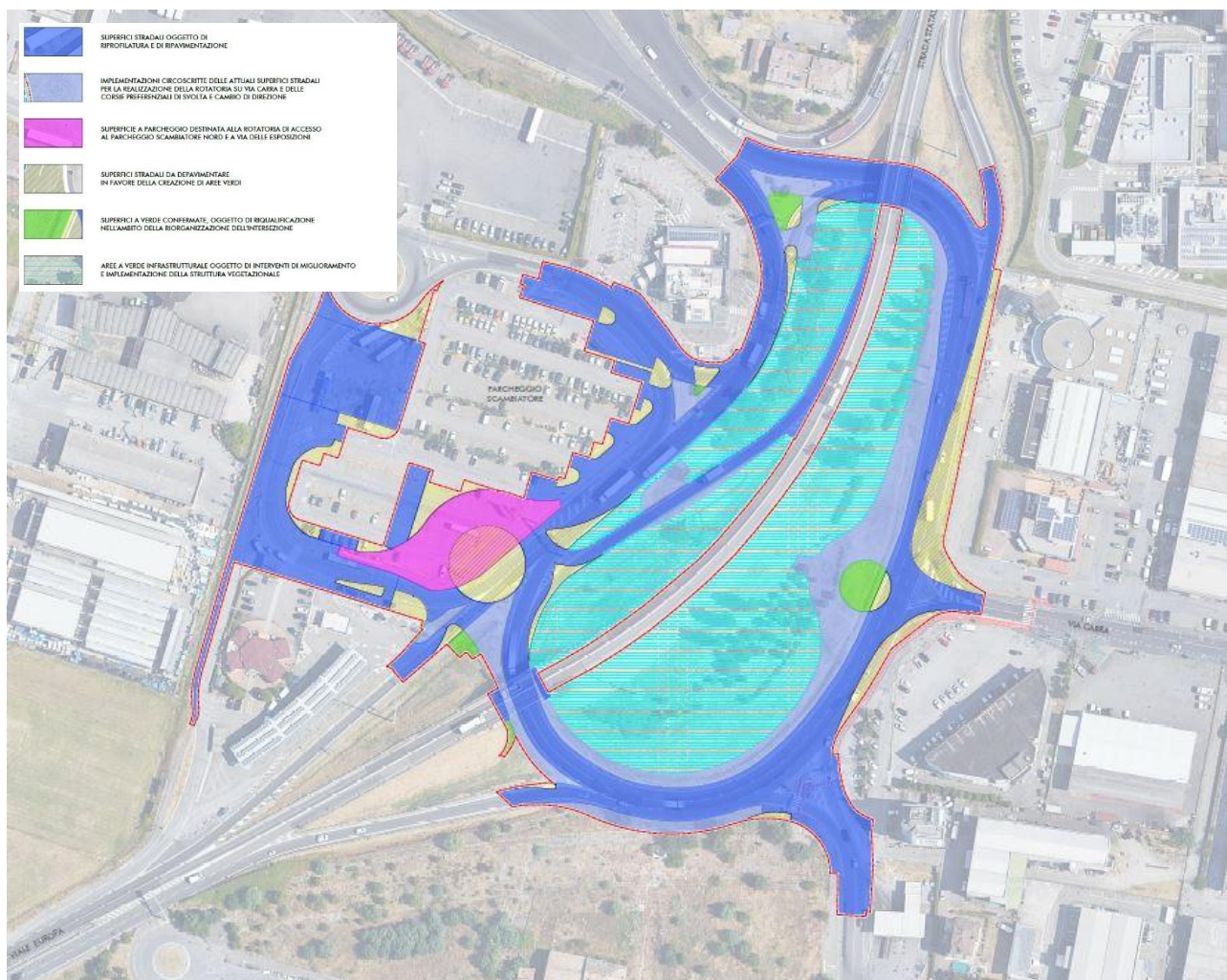


FIGURA 4-3 - AMBITO DI INTERVENTO: COPERTURA DEL SUOLO NELLO STATO DI PROGETTO

Le tabelle permettono le seguenti osservazioni:

- bacino Ovest: si osserva una riduzione della superficie efficace tra stato di fatto e lo stato di progetto pari a 806m², ciò consente di affermare che si riduce l'impermeabilità dei suoli con riduzione del coefficiente di deflusso $F_{SDF}=0.70$ e $F_{PRJ}=0.66$;
- bacino Est 1: si osserva un aumento dell'impermeabilizzazione e quindi un aumento della superficie efficace pari a 2278m² con variazione del coefficiente di deflusso $F_{SDF}=0.30$ e $F_{PRJ}=0.46$;
- bacino Est 2: si osserva una riduzione della superficie efficace tra lo stato di fatto e lo stato di progetto pari a 268m², ciò consente di affermare che si riduce l'impermeabilità dei suoli con riduzione del coefficiente di deflusso $F_{SDF}=0.81$ e $F_{PRJ}=0.77$.

Quanto esposto al fine di affermare che nel bacino Ovest non ci sono apprezzabili variazioni di impermeabilizzazione del suolo in quanto c'è compensazione, tra lo stato di fatto e di progetto, delle superfici impermeabili restituite a verde e di quelle permeabili di nuova pavimentazione. Analogamente avviene per il bacino Est2.

Il bacino Est 1 è invece soggetto ad aumento di impermeabilizzazione e di conseguenza per esso andrà definito un volume di invarianza idraulica.

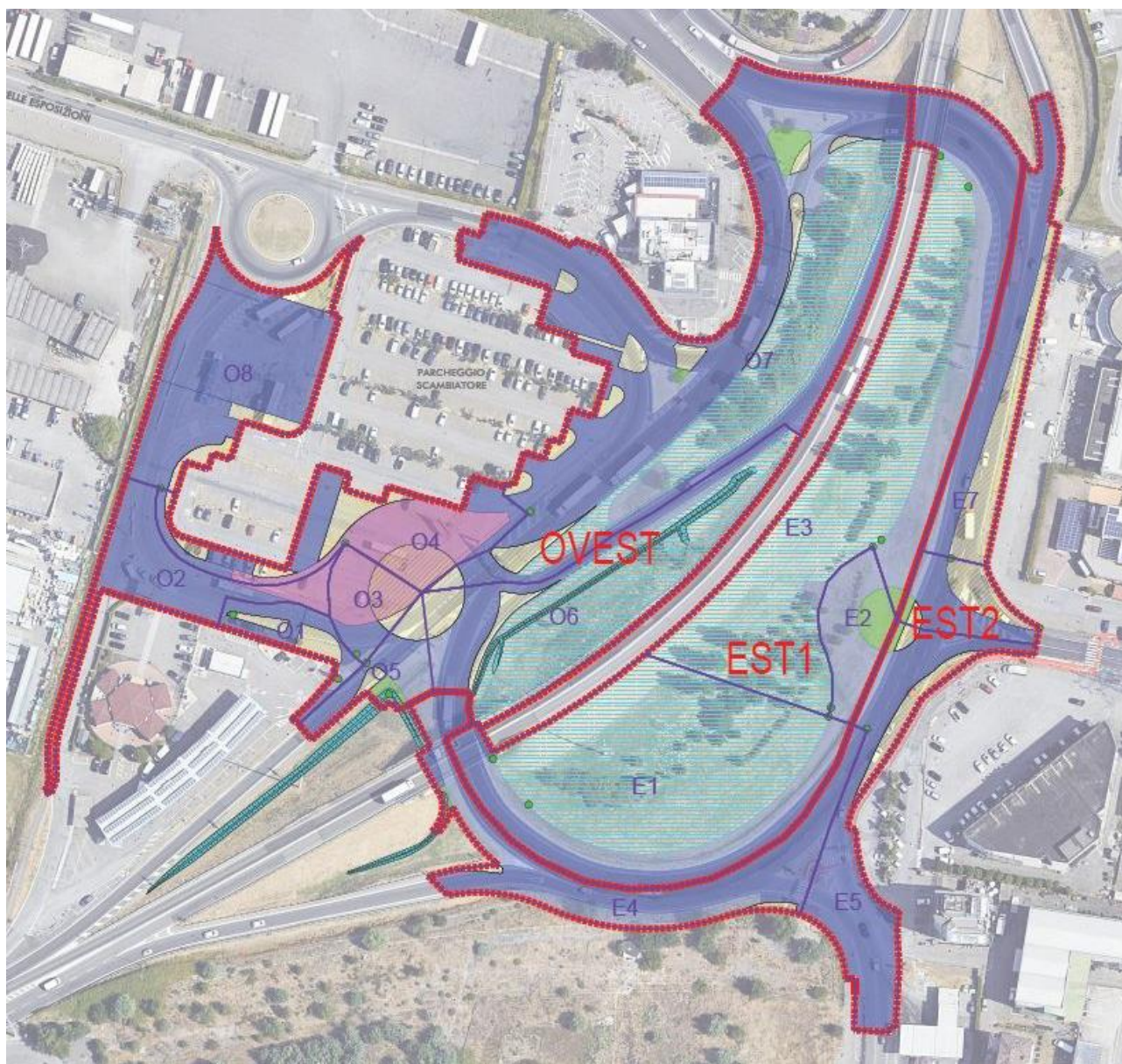


FIGURA 4-4 - AMBITO DI INTERVENTO: USO DEL SUOLO NELLO STATO DI PROGETTO PER I DIFFERENTI SOTTOBACINI

DATI GENERALI	Verde urbano (m ²)		Superfici drenanti (m ²)		Superfici non drenanti (m ²)		Tetti e coperture (m ²)		TOTALE (m ²)	
	0,25		0,60		0,90		0,90		0,71	
BACINO	Sup. reale	Sup. equiv.	Sup. reale	Sup. equiv.	Sup. reale	Sup. equiv.	Sup. reale	Sup. equiv.	Sup. reale	Sup. equiv.
Ovest										
O1	165	41	0	0	435	392	0	0	600	433
O2	0	0	0	0	1 371	1 234	0	0	1 371	1 234
O3	300	75	0	0	262	236	0	0	562	311
O4	135	34	0	0	1 801	1 621	0	0	1 936	1 655
O5	300	75	0	0	279	251	0	0	579	326
O6	1 222	306	0	0	2 890	2 601	0	0	4 112	2 907
O7	3 604	901	0	0	5 450	4 905	0	0	9 054	5 806
O8	458	115	0	0	2 068	1 861	0	0	2 526	1 976
Totale	6 184	1 546	0	0	14 556	13 100	0	0	20 740	14 646

TABELLA 4-3 – ANALISI COPERTURA DEL SUOLO SOTTOBACINI OVEST NELLO STATO DI PROGETTO

DATI GENERALI	Verde urbano		Superfici drenanti		Superfici non drenanti		Tetti e coperture		TOTALE	
	0,25		0,60		0,90		0,90		0,59	
BACINO	Sup. reale	Sup. equiv.	Sup. reale	Sup. equiv.	Sup. reale	Sup. equiv.	Sup. reale	Sup. equiv.	Sup. reale	Sup. equiv.
Est 1										
E1	4 061	1 015	0	0	2 120	1 908	0	0	6 181	2 923
E2	185	46	0	0	747	672	0	0	932	719
E3	4 817	1 204	0	0	3 642	3 278	0	0	8 459	4 482
Est 2										
E4	63	16	0	0	2 203	1 983	0	0	2 266	1 998
E5	347	87	0	0	2 000	1 800	0	0	2 347	1 887
E6	189	47	0	0	513	462	0	0	702	509
E7	1 173	293	0	0	486	437	0	0	1 659	731
Totale	10 835	2 709	0	0	11 711	10 540	0	0	22 546	13 249

TABELLA 4-4 – ANALISI COPERTURA DEL SUOLO SOTTOBACINI EST NELLO STATO DI PROGETTO

4.2. VALUTAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI IDROLOGICHE

4.2.1. Precipitazioni massime di progetto

Per quanto riguarda la valutazione degli afflussi meteorici si fa riferimento ai valori delle curve di pioggia definite, per assegnato tempo di ritorno, nell'ambito del RRI del Comune di Parma.

Distribuzione: Gumbel - durate suborarie						
T (anni)	10	25	50	100	200	500
a (mm ora ⁻ⁿ)	41.96	50.44	56.74	63.00	69.23	77.46
n (-)	0.367	0.350	0.342	0.335	0.329	0.323

TABELLA 4-5 – CURVE SEGNALETRICI DI POSSIBILITÀ CLIMATICA PER DURATE 0<TP<60'

Distribuzione: Gumbel - durate orarie						
T (anni)	10	25	50	100	200	500
a (mm ora ⁻ⁿ)	41.50	49.54	55.51	61.43	67.34	75.13
n (-)	0.279	0.288	0.293	0.297	0.300	0.303

TABELLA 4-6 – CURVE SEGNALETRICI DI POSSIBILITÀ CLIMATICA PER DURATE 1<TP<24 ORE

Le precipitazioni di progetto sono definite dal tempo di ritorno, dalla durata dell'evento di pioggia e dallo ietogramma rappresentativo dell'evento.

Il tempo di ritorno è fissato in TR=50 anni.

La CPP definita dall'Amministrazione Comunale per la ricorrenza statistica TR=50 anni e per durate t<90' è espressa dalla relazione monomia:

$$h = 56,74 t_p^{0,342}$$

dove: h = altezza in mm e t_p = tempo di pioggia in ore.

4.2.2. Analisi idrologiche, determinazione delle portate

La determinazione della portata di progetto che sollecita, per assegnato tempo di ritorno, il sistema scolante è stata effettuata mediante l'applicazione di un modello di trasformazione afflussi deflussi di tipo cinematico. L'ipotesi adottata per il modello di calcolo è che il sistema idrologico sia lineare e invariante nel tempo ovvero che l'idrogramma, per assegnata precipitazione, dipende dalle caratteristiche del bacino. Il tempo di accesso in rete è fissato pari a 10' coerente con le indicazioni del RRI.

La determinazione della pioggia netta, avviene per depurazione della frazione lorda caduta sul terreno considerando che una parte di queste si perde per effetto di infiltrazione e detenzione superficiale.

Si assumono inoltre valide le seguenti ipotesi:

- funzionamento dei collettori autonomo, si trascurano cioè eventuali rigurgiti indotti sui singoli rami da parte dei collettori che seguono a valle;
- valida l'approssimazione di deflusso in moto uniforme;
- comportamento della rete sincrono, ovvero che i diversi collettori raggiungono contemporaneamente il massimo valore della portata.

La portata massima al colmo alla sezione di chiusura del bacino (o di ciascun sottobacino) vale:

$$Q_{\max} = \frac{\phi \cdot i \cdot A}{360} \quad (2)$$

dove:

- Q : portata al colmo di piena in m³/s;
 Φ : coefficiente di afflusso medio del bacino;
 i : intensità media della pioggia per tp=tc, in mm/h;
 S : superficie del bacino in ha.

Di seguito si propongono le risultanze dell'analisi idrologica di trasformazione afflussi-deflussi per lo Stato di progetto.

COLL.	SOTTOB. ENTRANTE	AREA EQUIV.	LUNGHEZZA PERCORSATA	TEMPO CORR	INTENSITÀ PIOGGIA	PORTATA PROG.
		m ²	m	min	mm/h	l/s
COMPARTO OVEST						
01	01	399	45,0	11,11	172	19
02	02	1 195	80,0	11,44	169	56
03	03	426	38,0	10,94	174	21
04	02+03+04	3 000	62,0	12,40	160	133
05	05	434	126,0	13,10	154	19

COLL.	SOTTOB. ENTRANTE	AREA EQUIV.	LUNGHEZZA PERCORSATA	TEMPO CORR	INTENSITÀ PIOGGIA	PORTATA PROG.
		<i>m²</i>	<i>m</i>	<i>min</i>	<i>mm/h</i>	<i>l/s</i>
COMPARTO EST						
E1	E1	2 554	135,0	12,09	163	115
E1	E1					115
E1	E1+E4	4 691		14,50	144	188
E2	E2	625	60,0	11,27	171	30
E3	E3	3 147	130,0	12,02	163	129
E4	E4	2 137	250,0	14,50	144	86
E6	E6	473	40,0	10,99	173	23
E7	E7	1 305	120,0	12,16	162	59

TABELLA 4-7 – AMBITO DI INTERVENTO: DETERMINAZIONE PORTATE MASSIME PER SOTTOBACINI NELLO STATO DI PROGETTO

4.3. PROGETTAZIONE E VERIFICHE IDRAULICHE

La progettazione e verifica numerica delle condizioni di funzionamento idraulico della rete di comparto è stata sviluppata attraverso un modello di calcolo interattivo che utilizza le equazioni del moto uniforme per correnti a pelo libero di Chezy, espresso nella forma di Gauckler-Strickler nel quale la velocità, e quindi la portata defluita entro uno speco, viene determinata in funzione della scabrezza (K_{G-S}), della pendenza del tratto in studio (i) e del raggio idraulico (R) a sua volta funzione dell'area bagnata (A) e del perimetro bagnato (B).

La progettazione prevede la determinazione delle portate massime raggiunte nei diversi nodi della rete in funzione del bacino ad essi sotteso e successivamente la determinazione dei livelli raggiunti nei collettori attraverso un calcolo interattivo input/output imposto nelle equazioni del moto. Portate, velocità e livelli massimi sono quindi disponibili in tutti i nodi in cui è schematizzata la rete ed è quindi possibile verificare che gli stessi non raggiungono mai, come in effetti avviene, il cielo delle tubazioni. Imposte nel modello le informazioni geometrico-idrauliche si è provveduto alla simulazione correggendo e modificando quei dati che non consentivano la convergenza dei risultati e quindi la funzionalità dello schema di rete secondo i criteri di legge.

Nell'ambito delle fasi di analisi del modello si è tenuto conto della laminazione delle portate che verrà realizzata mediante sovradimensionamento delle tubazioni. Ai condotti entro cui si realizza la laminazione è stata imposta una pendenza minima tale da garantire lo scolo delle portate limitando la perdita di volume utile conseguente alla perdita di quota.

Nel caso in studio si adottano i seguenti franchi di sicurezza, espressi in funzione del rapporto tra la massima altezza di deflusso ed il diametro della condotta h/D :

- condotte di diametro $DN < 400\text{mm}$, $h/D = 0.5$,
- condotte di diametro $DN \geq 400\text{mm}$, $h/D = 0.7$.

In prima analisi si sono ipotizzate le dimensioni dei singoli tratti di tubazione e successivamente si è proceduto alla verifica delle stesse che risultano accettabili qualora il grado di riempimento sia inferiore a quello di sicurezza e la velocità sia compresa nell'intervallo $0.5\text{m/s} < v < 2.0\text{m/s}$.

Nell'esecuzione delle analisi idrauliche si sono assunte le seguenti condizioni:

- gli afflussi provengono unicamente da acque meteoriche e non sono pertanto considerati trasporti solidi e materiali flottanti in quanto non prevedibili;
- lo scarico nei recettori è stato considerato "libero" cioè caratterizzato da livelli idrometrici del recettore tali da ricevere le acque della rete simulata senza risentire di fenomeni di rigurgito;
- caditoie e griglie non ostruite e quindi in grado di drenare le portate affluenti.

La progettazione idraulica ha previsto di realizzare diversi collettori funzionali al drenaggio delle acque meteoriche dei vari assi stradali che formano il nodo; i collettori di progetto sostituiscono, prevalentemente, quelli esistenti che risultano inadeguati a ricevere i contributi degli allargamenti o che necessitano di spostamenti funzionali alla nuova conformazione del nodo stradale di svincolo.

I collettori di progetto avranno scarico nella rete esistente riallacciandosi, dove possibile, agli scarichi esistenti; la rete esistente è composta da collettori che raccolgono i contributi del parcheggio nord e dello svincolo e li convogliano al recettore cavo Fossetta Alta. Dove gli interventi stradali di progetto prevedono ripavimentazioni si prevede il ripristino con eventuale spostamento delle caditoie esistenti senza tuttavia agire sulla ree fognaria sottostante; nello specifico i sottobacini O6, O7, O8, E5.

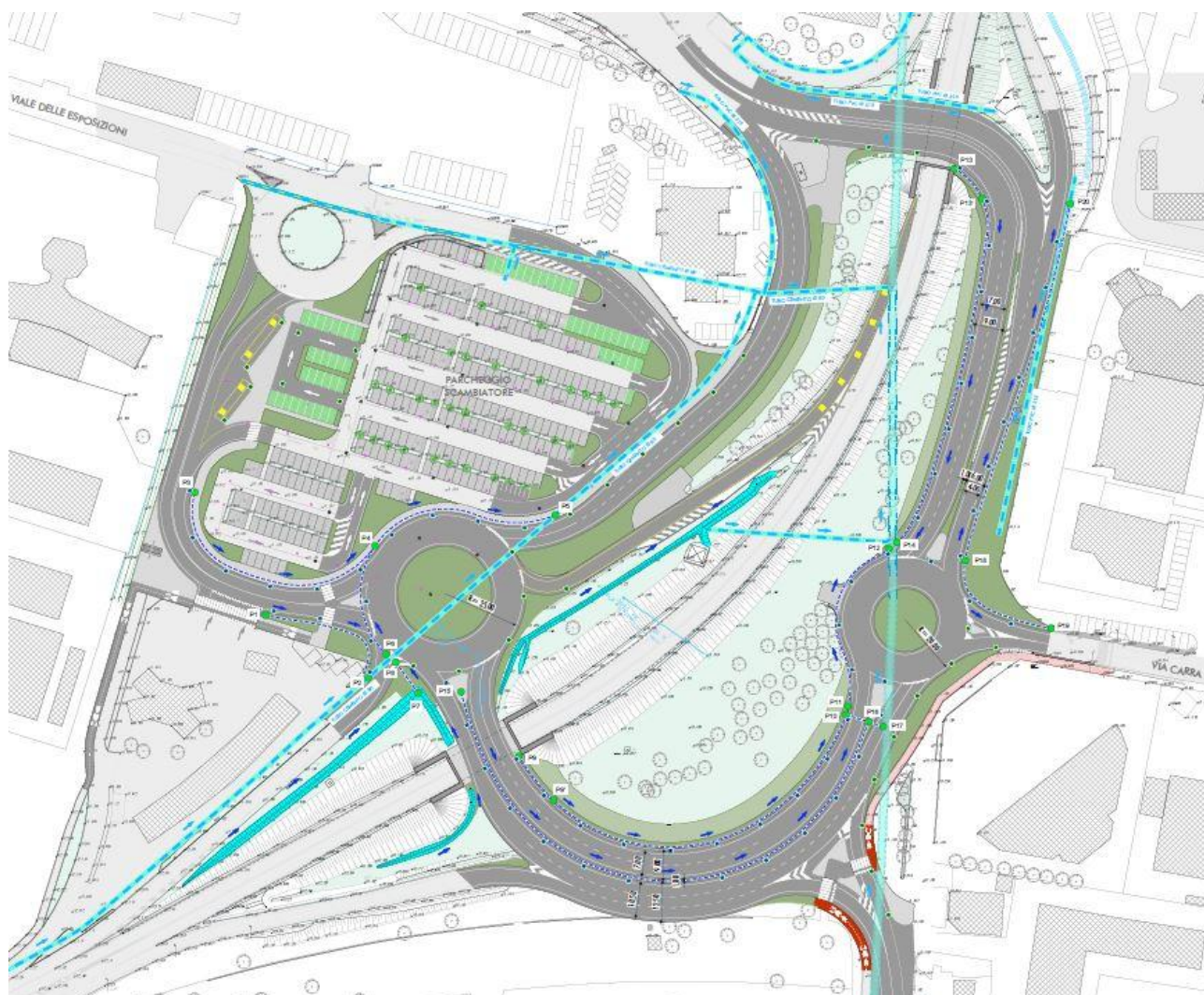


FIGURA 4-5 - AMBITO DI INTERVENTO: INDIVIDUAZIONE DELLA RETE ACQUE BIANCHE DI PROGETTO E DI QUELLA ESISTENTE

COLL.	TRATTO	TIPO	DN	SCABR. Ga-St	PEND.	PORTAT A PROG.	ALT. RIEMP.	RAGGIO IDRO	VEL.	RIEMP.
			mm	m1/2*sec-1	%	l/s	mm	m	m/s	-
COMPARTO OVEST										
O1	P1-P2	PVC SN8	250	100	0,20%	19	135	0,06	0,71	0,57
O2	P3-P4	PVC SN8	400	100	0,20%	56	200	0,10	0,95	0,53
O3	P6-P4	PVC SN8	250	100	0,20%	21	140	0,07	0,72	0,59
O4	P4-P5	PVC SN8	500	100	0,20%	133	295	0,13	1,17	0,63
O5	p7-p8	PVC SN8	250	100	0,20%	19	135	0,06	0,71	0,57
COMPARTO EST										
E1	P9-P10	PVC SN8	500	100	0,20%	115	265	0,13	1,13	0,56

COLL.	TRATTO	TIPO	DN	SCABR. Ga-St	PEND.	PORTAT A PROG.	ALT. RIEMP.	RAGGIO IDRO	VEL.	RIEMP.
			mm	m1/2*sec-1	%	l/s	mm	m	m/s	-
E1	P10-P16	PVC SN8	500	100	0,20%	115	265	0,13	1,13	0,56
E1	P16-P17	PVC SN8	500	100	0,30%	188	325	0,14	1,47	0,69
E2	P11-P12	PVC SN8	315	100	0,20%	30	160	0,08	0,81	0,54
E3	P13-P14	PVC SN8	500	100	0,20%	129	290	0,13	1,16	0,62
E4	P15-P16	PVC SN8	400	100	0,20%	86	260	0,11	1,03	0,69
E6	P18-P19	PVC SN8	250	100	0,20%	23	155	0,07	0,75	0,66
E7	P18-P20	PVC SN8	400	100	0,20%	59	205	0,10	0,96	0,54

TABELLA 4-8 – AMBITO DI INTERVENTO: VERIFICA IDRAULICA DELLA RETE DI PROGETTO

Come sarà meglio esplicitato nel capitolo seguente il solo macro bacino che richiede interventi di laminazione è il bacino E1. Si è scelto di realizzare il volume di laminazione necessario a garantire l'invarianza idraulica attraverso un sovradimensionamento delle tubazioni. Nello specifico le tubazioni dei tratti P9-P10 e P13-P14 saranno realizzate con tubazioni in calcestruzzo armato di dimensioni 100x70cm in cui si realizza la laminazione.

La tabella riportata sopra individua il dimensionamento idraulico di questi 2 tratti per le sole esigenze di deflusso mentre la tabella seguente ne definisce il comportamento idraulico reale all'interno del condotto 100x70cm.

COLL.	TRATTO	TIPO	BASE	DN	SCABR. Ga-St	PEND.	PORT. PROG.	ALT. RIEMP.	RAGGIO IDRO	VEL.	RIEMP.
			mm	mm	m1/2*sec-1	%	l/s	mm	m	m/s	-
E1	P9-P10	CLS	1000	700	75	0,15%	115	160	0,12	0,71	0,23
E3	P13-P14	CLS	1000	700	75	0,15%	129	175	0,13	0,74	0,25

TABELLA 4-9 – AMBITO DI INTERVENTO: VERIFICA IDRAULICA DEI TRATTI DI RETE SOVRADIMENSIONATI PER LA LAMINAZIONE

5. VERIFICA DELL'INVARIANZA IDRAULICA E PROGETTAZIONE OPERE DI LAMINAZIONE

L'intervento di progetto, come dimostrato nei paragrafi precedenti, consiste in una rifunionalizzazione del nodo di svincolo all'uscita di Parma dell'Autostrada A1 che sostanzialmente prevede la riconfigurazione delle rotonde e dei rami di svincolo.

Ai fini dell'impermeabilizzazione dei suoli l'intervento, nel suo complesso, risulta poco influente con un aumento di pavimentazioni in asfalto di 897m² su una superficie complessiva di intervento di 41.587m² pari quindi al 2%.

Ai fini delle analisi di invarianza idraulica si sono indagati i 3 principali bacini in cui è stato suddiviso l'ambito di intervento e per ciascuno dei quali sono state analizzate le coperture del suolo nello stato di fatto e di progetto ed è stata calcolata la superficie efficace (superficie impermeabile equivalente). da cui si evince:

Bacino	Superficie reale	Superficie efficace SDF	Superficie efficace PRJ	Differenza Seff PRJ-SDF
	m ²	m ²	m ²	m ²
OVEST	20.819	14.592	13.786	-806
EST 1	13.598	4.048	6.326	2.278
EST 2	7.170	5.810	5.542	-268

TABELLA 5-1 – AMBITO DI INTERVENTO: VERIFICA DELL'INCREMENTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE DEI SUOLI

E' evidente che solo per il bacino Est 1 si osserva un incremento di impermeabilizzazione mentre negli altri bacini si registra un decremento; il calcolo di invarianza idraulica viene sviluppato per il bacino E1 con determinazione del necessario volume di invaso.

L'invarianza idraulica è stata calcolata con metodo semplificato delle sole piogge.

5.1. METODOLOGIA DI CALCOLO – METODO DELLE SOLE PIOGGE

Il Metodo delle sole piogge si basa sulle seguenti assunzioni:

- l'onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa $Q_e(t)$ nell'invaso di laminazione è un'onda rettangolare avente durata D_e portata costante Q_e pari al prodotto dell'intensità media di pioggia, dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l'area oggetto di calcolo in funzione della durata di pioggia, per la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso; con questa assunzione si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante afferente all'invaso. Conseguentemente l'onda entrante nell'invaso coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento. La portata costante entrante è quindi pari a:

$$Q_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^{n-1}$$

e il volume di pioggia complessivamente entrante è pari a:

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

in cui S è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all'invaso, φ è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino (quindi $S \cdot \varphi$ è la superficie scolante impermeabile dell'intervento), D è la durata di pioggia, a ed n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica.

- l'onda uscente $Q_u(t)$ è anch'essa un'onda rettangolare caratterizzata da una portata costante $Q_{u,lim}$ (laminazione ottimale) e commisurata al limite prefissato in aderenza alle indicazioni sulle portate massime ammissibili di cui all'articolo 8 del regolamento. La portata costante uscente è quindi pari a:

$$Q_{u,lim} = S \cdot u_{lim}$$

e il volume complessivamente uscito nel corso della durata D dell'evento è pari a:

$$W_u = S \cdot u_{lim} \cdot D$$

in cui u_{lim} è la portata specifica limite ammissibile allo scarico.

Sulla base di tali ipotesi semplificative il volume di laminazione è dato, per ogni durata di pioggia considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia. Conseguentemente, il volume di dimensionamento della vasca è pari al volume critico di laminazione, cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione.

Quindi, il volume massimo ΔW che deve essere trattenuto nell'invaso di laminazione al termine dell'evento di durata generica D (invaso di laminazione) è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n - S \cdot u_{lim} \cdot D$$

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando rispetto alla durata D la differenza $\Delta W = W_e - W_u$, si ricava la durata critica D_w per l'invaso di laminazione e di conseguenza il volume di laminazione W_0 :

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - Q_{u,max} \cdot D_w$$

Se si considerano per le varie grandezze le unità di misura solitamente utilizzate nella pratica:

- W_0 in [m³]
- S in [ha]
- a in [mm/ora]
- n in [ore]
- D_w in [ore]
- $Q_{u,lim}$ in [l/s]

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w$$

5.2. CALCOLO DEL VOLUME DI LAMINAZIONE

Ai fini del dimensionamento delle opere di laminazione, essendo il recettore un canale pubblico, si è fatto riferimento a precipitazione meteoriche di ricorrenza TR=50 anni utilizzando le curve di possibilità pluviometrica indicate nel RRI che per il caso specifico sono quelle di durata inferiore all'ora:

$$h_{50} = 56,74 t_p^{0,342} \quad (\text{durate } t < 1 \text{ ora})$$

Il dimensionamento del volume da assegnare alla vasca di laminazione è stato determinato con il metodo delle sole piogge ed è funzione del raffronto tra la portata e volume entrante e la portata e volume uscente.

CALCOLO VOLUME IN INGRESSO

bacino		EST 1 SDF	EST 1 PRJ
superficie lotto	ha	1,3598	1,3598
coefficiente deflusso		0,30	0,47
superficie equivalente	ha	0,4048	0,6326
tempo di corrivazione	ore	0,25	0,25
portata entrante	l/s	159	248
volume entrante	m3	143	223

TABELLA 5-2 – DIMENSIONAMENTO VOLUME IN INGRESSO PER IL BACINO EST 1

CALCOLO VOLUME IN USCITA

bacino		EST 1
portata laminata	l/s	127
portata SDF	l/s	159
volume in uscita	m3	114

TABELLA 5-3 – DIMENSIONAMENTO VOLUME IN USCITA PER IL BACINO EST 1

CALCOLO VOLUME DA INVASARE

bacino		EST 1
durata critica	<i>ore</i>	0,15
volume da invasare netto	<i>m3</i>	120
volume da invasare lordo	<i>m3</i>	160
tempo di svuotamento	<i>ore</i>	1.2

TABELLA 5-4 – DIMENSIONAMENTO VOLUME DA INVASARE PER IL BACINO EST 1

Il volume di laminazione necessario al rispetto dell'invarianza idraulica sul bacino EST 1 vale $W=160mc$ ed è comprensivo della porzione non disponibile riservata alla funzione di deflusso (30%). Il volume è ricavato con sovradimensionamento delle tubazioni adottando un collettore in CA di dimensioni 100x70cm e lunghezza 230m.

Il rilascio portate laminate avverrà attraverso una strozzatura allo scarico realizzata con tubazione PVC250mm che consente il transito di una portata sottobattente di $Q_u=127$ l/s pari a quello dello stato di fatto.

Il tempo di svuotamento è inferiore alle 48 ore richieste.

6. PIANO DI MANUTENZIONE DELLE RETI ED OPERE IDRAULICHE

Si riportano di seguito i sottoprogrammi del programma di manutenzione relativi alle opere di idrauliche, rimandando all'elaborato PR51.25.A.PFTE.09.GES.PIM.001.R00 PIANO DI MANUTENZIONE PRELIMINARE per la descrizione completa del Piano di manutenzione.

Sottoprogramma delle prestazioni:

ELEMENTO	PRESTAZIONI FORNITE DALL'ELEMENTO	CICLO VITA
<i>Rete e manufatti di drenaggio acque meteoriche</i>	Canalette e caditoie a griglia per il drenaggio delle acque Pozzetti prefabbricati in CAV per ispezione sulle tubazioni Tubazioni plastiche per il trasporto delle acque meteoriche	>50anni >50anni >50anni
<i>Tubazione laminazione di</i>	Tubazione in calcestruzzo armato per il contenimento dei volumi idrici e per il deflusso degli stessi	>50 anni
<i>Manufatto regolatore con limitatore di portata</i>	Manufatto per la regolazione delle portate scaricate nel recettore dotato di bocca tarata per portate laminate e soglia sfiorante per le portate eccezionali	Presumibilmente e >25 anni

Sottoprogramma dei controlli:

ELEMENTO	TIPOLOGIA VERIFICHE PERIODICHE	FREQUENZA
<i>Rete e manufatti di drenaggio acque meteoriche</i>	L'attività consiste nell'effettuazione del controllo visivo dello stato delle opere per verificare eventuali danneggiamenti e per la verifica della presenza di materiale depositato nei pozzetti di ispezione	Ogni anno
<i>Tubazione laminazione di</i>	L'attività consiste nell'ispezione per controllo visivo dello stato delle opere per verificare la presenza di materiale depositato nella vasca	Ogni anno
<i>Manufatto regolatore con limitatore di portata</i>	L'attività consiste nel controllo visivo dello stato delle opere e soprattutto per verificare la presenza di materiale depositato nel pozzetto e la presenza di eventuale materiale ostruente la bocca tarata	Ogni 3 mesi

Sottoprogramma interventi di manutenzione:

ELEMENTO	TIPOLOGIA INTERVENTI DI MANUTENZIONE	FREQUENZA
<i>Rete e manufatti di drenaggio acque meteoriche</i>	L'attività consiste nella pulizia e asportazione di materiale depositato nelle caditoie, nelle griglie e nei pozzetti di ispezione mediante spurgo con aspirazione e/o pulizia manuale	annuale
<i>Tubazione di laminazione</i>	L'attività consiste nella pulizia e asportazione di materiale depositato nella vasca mediante spurgo con aspirazione e mediante ausilio di robot in caso di sedimenti non rimovibili	quinquennale
<i>Manufatto regolatore con limitatore di portata</i>	L'attività consiste nella pulizia e asportazione di materiale depositato mediante spurgo con aspirazione e/o pulizia manuale	annuale