AEROPORTO DI SALERNO COSTA D'AMALFI

PROGETTO ESECUTIVO

REALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI PER LO SVILUPPO DELL'AEROPORTO (FASE 1 DEL PROGRAMMA DEGLI INTERVENTI)

IDRAULICA DI PIATTAFORMA
RELAZIONE DI DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE IDRAULICHE

IL PH PROGETTAZIONE

Ing. Andrea Guglielmi
Ord. Ing. Napoli N. 16488

IL PROGETTISTA

Ing. Fabio Grande
Ing. Flavio Antonini
Ing. Franco Bocchetto

ASSOCIAZIONE DI IMPRESE

De Sanctis Costruzioni S.p.A.
Edil Moter S.r.l.
S.F.E. Elettroimpianti S.r.l.

RIFERIMENTO ELABORATO													DATA:	REVISIONE	
	DIRETTORIO						FILE							n.	data
	codice commessa				N.Prog.		settore			n. progressivo			Febbraio 2022	5	Febbraio 2022
	0	0	0	9	0	3	I	D	R	0	0	1			

IL PH MANUTENZIONE

Ing. Chiara Iannizzaro

IL PH TERMINAL
Raffaele De Stefano

IL PH AREA DI MOVIMENTO
Raffaele De Stefano

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Andrea Guglielmi
Ord. Ing. Napoli N. 16488

ACCOUNTABLE MANAGER

Dott. Rinaldo Monteneri

Sommario

1 PREMESSA 1
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 2
3 LO STATO ATTUALE 3
4 INTERVENTI DI PROGETTO 7
4.1 Opere di regimentazione ed allontanamento acque meteoriche di dilavamento delle superfici pavimentate della pista di volo RWY 05/23 9
4.2 Opere di regimentazione ed allontanamento acque meteoriche di dilavamento delle superfici pavimentate del raccordo D 10
4.3 Opere di regimentazione ed allontanamento acque meteoriche di dilavamento delle superfici pavimentate del raccordo E 11
4.4 Opere di regimentazione ed allontanamento acque meteoriche di dilavamento delle superfici del piazzale Apron Est 12
4.5 Opere di raccolta acque meteoriche di dilavamento delle superfici dell'Antiblast testata 23 13
5 METODOLOGIA DI CALCOLO PER LA DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO 17
5.1 Metodologia di dimensionamento e verifica dei dispositivi idraulici 18
6 DETERMINAZIONE DEL VELO IDRICO 21
7 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA RETE DRENANTE 23
7.1 Trincee drenanti opere di smaltimento acque meteoriche aree di sedime aeroportuale non pavimentate 23
7.2 Caratteristiche realizzative delle trincee drenanti 24
7.3 Principi metodologici ai fini della verifica idraulica delle trincee drenanti 25
7.4 Verifica Idraulica Trincee drenanti 30
8 TRATTAMENTO DELLE ACQUE METEORICHE DI PRIMA PIOGGIA 34
8.1 Premesse – Inquadramento normativo 34
8.2 Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia 38
9 VERIFICA STATICA DELLE TUBAZIONI 46
9.1 Carichi sulla tubazione 47
9.1 Verifica statica con il metodo di Marston-Spangler 50
10 ALLEGATI DI CALCOLO 56

1 PREMESSA

La presente relazione descrive l'approccio metodologico adottato per il dimensionamento delle opere idrauliche relative ai principali interventi previsti nell'ambito del Progetto Definitivo riguardante gli **"Interventi per lo sviluppo dell'Aeroporto di Salerno Pontecagnano (LIRI)".**

Figura 1 – Vista aerea aeroporto di Salerno Costa D'Amalfi

La presente relazione illustra gli interventi e/o le nuove opere di sistemazione idraulica che mirano prioritariamente alla regimentazione e all'allontanamento delle acque meteoriche di dilavamento delle superfici pavimentate.

La nuova rete idraulica in progetto prevista lungo i bordi delle shoulders della pista di volo RWYs05/23, dei raccordi "D" ed "E", nonché del piazzale Apron Est, è concepita al fine di garantire la captazione, secondo il minor tempo di corrivazione ed in ragione della configurazione plano-altimetrica assunta dalle nuove sovrastrutture, di tutte quante le acque meteoriche di dilavamento superficiale che, successivamente, vengono allontanate dalle aree operative e/o di sicurezza ed infine convogliate "a gravità" al ricettore finale, nella fattispecie identificato nei due torrenti che si sviluppano a margine del sedime aeroportuale, denominati Torrente Diavolone e Torrente Volta Ladri.

Si deve far presente, che le cosiddette acque meteoriche di "prima pioggia" provenienti dal dilavamento delle superfici pavimentate subiscono, prima di essere convogliate ai ricettori finali, opportuni interventi di trattamento quali dissabbiatore, grigliatura e disoleatura, che

verranno effettuate mediante gli impianti di trattamento, in ottemperanza a quanto prescritto dalla normativa vigente in materia D. Lgs. 152/2006 ovvero di:

1. dissabbiatura in continuo mediante opportuna vasca di sedimentazione così da eliminare il carico trasportato di solidi sospesi sedimentabili;
2. disoleatura in continuo mediante vasca dotata di opportuni filtri a coalescenza disposti all'interno delle vasche che consentono la separazione fisica del carico di liquidi leggeri quali grassi e/o olii e/o idrocarburi che accidentalmente fossero presenti sulle aree pavimentate e dilavate dalle acque di prima pioggia.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la redazione del presente Progetto Definitivo si è tenuto in considerazione della rispondenza alla Normativa vigente, agli standard, prescrizioni e raccomandazioni in materia di "safety and sicurity" aeroportuale nonché ai criteri tecnico-funzionali contenuti nella regolamentazione tecnica di settore, per come emanata dai competenti Enti ed Organismi internazionali e nazionali, tra cui:

1. European Aviation Safety Agency – Certification Specification and Guidance Material for Aerodrome design Issue 4, 8 December 2017
2. ENAC – Ente Nazionale Aviazione Civile- Regolamento per la Costruzione e l'Esercizio degli Aeroporti II edizione del 21 ottobre 2003 - Emendamento 9 del 23 ottobre 2014;
3. D. Lgs. del 03/04/2006 n° 152 "Testo unico ambientale ";
4. R.24-08-1982 N°59 Norma per la tutela delle acque dall'inquinamento;
5. Circolare MIn.LL.PP.N.11633. 1974- Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto;
6. "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico", adottato il 17/10/2002 con delibera di Comitato Istituzionale n. 80 e s.m.i.;
7. UNI EN 124: Dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione utilizzate da pedoni e da veicoli. Principi di costruzione, prove di tipo, marcatura, controllo di qualità
8. UNI EN 1917: Pozzetti e camere di ispezione di calcestruzzo non armato, rinforzato con fibre di acciaio e con armature tradizionali;
9. UNI EN 1433: "Canalette di drenaggio per aree soggette al passaggio di veicoli e pedoni - Classificazione, requisiti di progettazione e di prova, marcatura e valutazione di conformità;
10. UNI EN 1563: "Fonderia - Getti di ghisa a grafite sferoidale";

11. UNI EN 12201-2:2013: Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua, e per scarico e fognature in pressione - Polietilene (PE);
12. UNI EN 858-1:2005 "Impianti di separazione per liquidi leggeri;
13. UNI EN 858-2:2004 "Impianti di separazione per liquidi leggeri. Scelta delle dimensioni nominali, installazione, esercizio e manutenzione";

3 LO STATO ATTUALE

L'Aeroporto di Salerno - Pontecagnano (Codice ICAO: LIRI), è classificato come "Aeroporto civile aperto al traffico commerciale nazionale e internazionale" ed è situato a circa 15Km a sud est dalla città di Salerno.

Secondo quanto riportato dall'AIP - ITALIA (Aeronautica Information Publication) pubblicato dall'ENAV, nell'aggiornamento del 26/06/2014, le coordinate geografiche del "punto di riferimento" dell'Aeroporto ("ARP") sono:

40° 37' 12" N 14° 54' 45" E

con una quota sul livello medio mare di 36,30m.

L'orientamento magnetico dell'attuale pista di volo (QFU) è 067°/247° originando il sistema di piste RWYs05/23. La larghezza della pista è pari a 45,00m a cui si aggiungono due fasce laterali antipolvere, shoulders, larghe 7,50m ciascuna. La pista di volo è pavimentata con sovrastruttura del tipo flessibile in conglomerato bituminoso ed ha configurazione trasversale a doppia falda.

Attualmente la pista RWYs 05/23 è classificata, nel rispetto dell'Annesso 14 ICAO (settima edizione – luglio 2016) e del vigente "Regolamento ENAC per la costruzione e l'esercizio degli aeroporti" (seconda edizione – ottobre 2003, emendamento 9 del 23 ottobre 2014) con il codice alfanumerico **"3C".**

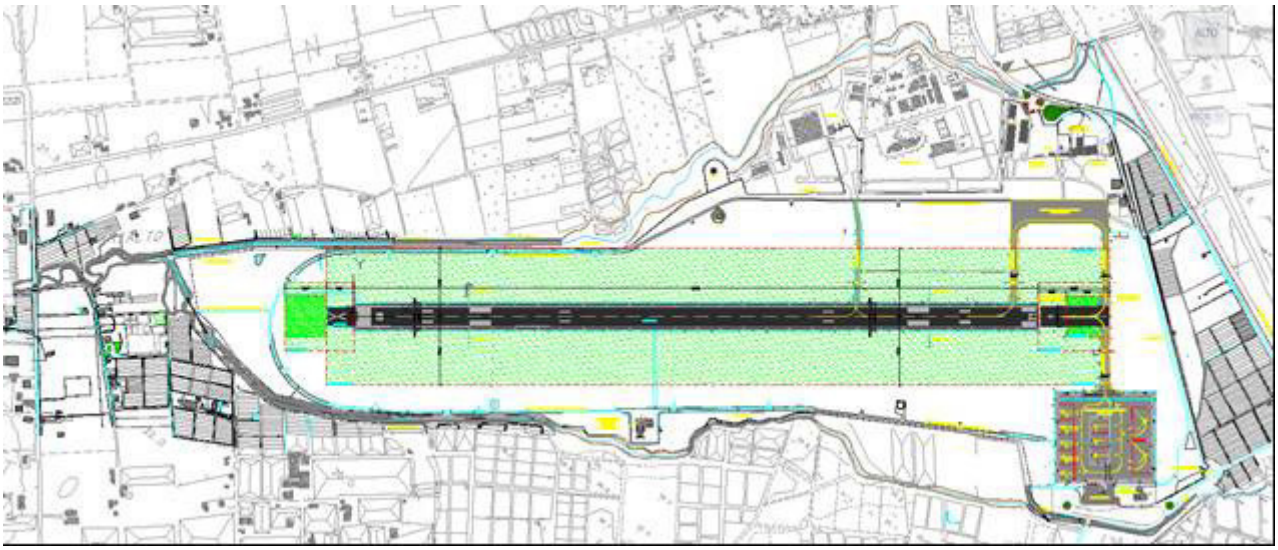


Figura 3.1 – Infrastruttura di volo – Stato Attuale

Per il collegamento della pista ai piazzali Est ed Ovest si fa uso dei seguenti raccordi:

- **Raccordo D**

Questo raccordo è in posizione ortogonale alla pista. Ha una lunghezza di 125 m ed una larghezza di 18 m. La pavimentazione è di tipo flessibile e la sua configurazione trasversale è del tipo a doppia falda. La TWY D è utilizzabile solo da aeromobili con interasse inferiore a 18 m.

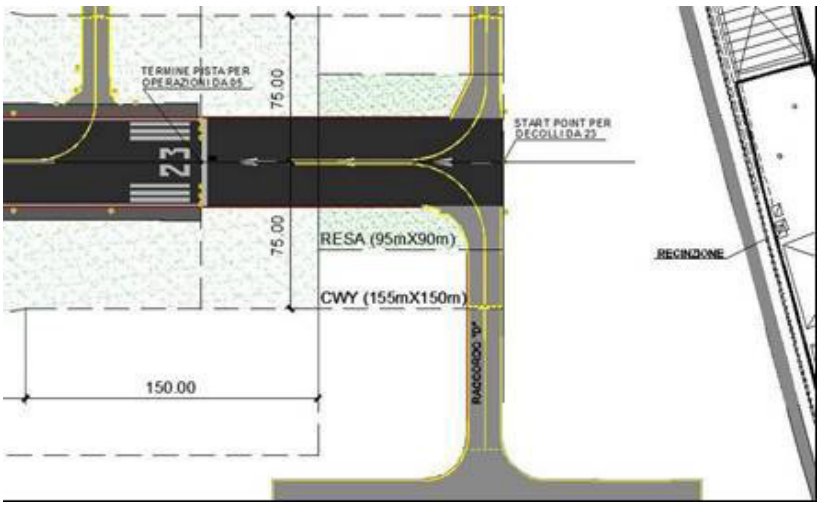


Figura 3.2 – Raccordo D – Stato Attuale

- **Raccordi A e B:**

Questi raccordi hanno entrambi una lunghezza di 150 m ed una larghezza di 15 m. La pavimentazione è di tipo flessibile e la sua configurazione trasversale è del tipo a doppia falda.

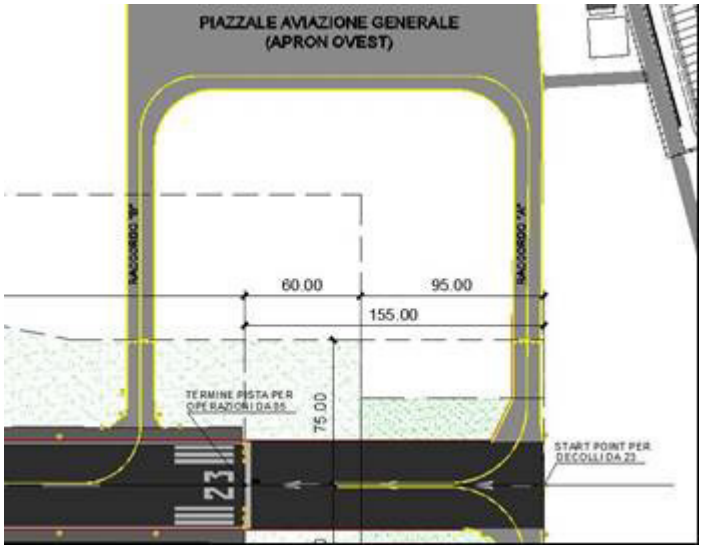


Figura 3.3 – Raccordi A e B – Stato Attuale

- **Raccordo C:**

Questo raccordo collega la pista di volo all'area militare, al nucleo dei Carabinieri ed all'Aeroclub.

Tale raccordo ha lunghezza complessiva di circa 350m ed una larghezza di 10 m. La TWY C è riservata solo al traffico diretto all'area militare e all'Aeroclub di Salerno.

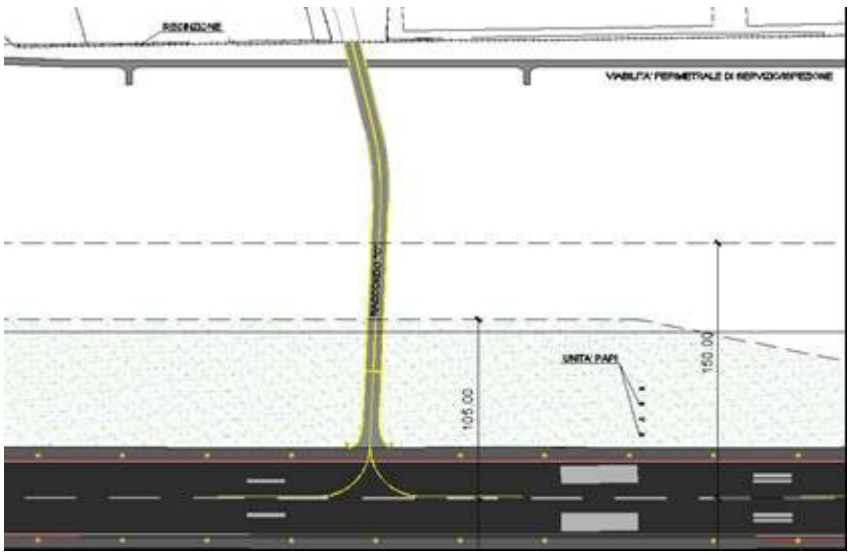


Figura 3.4 – Raccordo C – Stato Attuale

Piazzali aeromobili

Nell'aeroporto di Salerno – Costa D'Amalfi sono presenti due piazzali di sosta aeromobili. Essi sono ubicati simmetricamente rispetto alla pista di volo lato testata 23 e sono destinati all'aviazione Commerciale (Piazzale Est) ed all'aviazione generale/aeroclub (piazzale ovest).

Piazzale EST:

Questo piazzale, situato a circa 160 m dell'asse della pista di volo RWY's 05/23 sul lato testata 23, è usato prevalentemente dall'aviazione commerciale, ma è usato anche per la sosta degli aeromobili di aviazione generale.

Ha una superficie di circa 45.500 mq in conglomerato bituminoso.

Piazzale OVEST:

Questo piazzale, situato a circa 200 m dell'asse della pista di volo RWY's 05/23 sul lato testata 23, è adibito prevalentemente all'attività della scuola di volo e dell'aeroclub. Ha una superficie di circa 12.000 mq in conglomerato bituminoso.

Viabilità perimetrale

La viabilità perimetrale si sviluppa lungo l'intero perimetro del sedime aeroportuale. Ha una larghezza media rispetto alla sua lunghezza complessiva di circa 5 m.

A partire dal piazzale est la viabilità perimetrale si dirama sia in direzione nord che in direzione sud.

Procedendo **dall'Apron Est in direzione sud**, la viabilità perimetrale costeggia la recinzione perimetrale in uno sviluppo sostanzialmente parallelo alla pista di volo RWY's 05/23. La larghezza della strada perimetrale è mediamente di 4m; lungo tale percorso sono presenti delle piazzole di scambio per consentire l'incrocio di due mezzi che la percorrono, in condizioni di sicurezza, nonché di rampe pavimentate per il superamento dei fossi di guardia, lato pista di volo, presenti per raccolta delle acque di piattaforma. In prossimità dell'edificio dei VVFF dalla viabilità perimetrale si dirama un tratto di viabilità di servizio, avente larghezza media di 5,0 m, che collega la stessa alla pista di volo RWY's 05/23. In corrispondenza della testa 05 la viabilità in esame presenta altre due diramazioni: la prima per agevolare gli interventi di ispezione e manutenzione del sentiero luminoso di avvicinamento, la seconda sempre parallela alla pista di volo ma circa 50 m dalla RWY center line permette il collegamento con la pista di volo.

Sempre a partire **dall'Apron Est in direzione nord** la viabilità perimetrale, che costeggia la recinzione perimetrale, ha una larghezza mediamente di 6m. Data la sua maggiore ampiezza non sono presenti piazzole di scambio e rampe di cavalco dei fossi.

L'attuale assetto del sistema idraulico è frutto di diversi interventi integrativi che si sono succeduti nel corso dei decenni.

Dal punto di vista idraulico, le suddette infrastrutture presentano un sistema di raccolta costituito da fognoli asolati ubicati lungo il margine delle pavimentazioni. Occorre osservare che i suddetti fognoli sono in uno stato di conservazione degradato. In diversi punti, infatti, sono stati riscontrati evidenti segni di deterioramento del calcestruzzo costituente il corpo del manufatto e dei profili angolari metallici a protezione dell'asolatura.

Le acque raccolte dai fognoli asolati vengono poi recapitate, mediante tubazioni in cls Ø500-Ø800, verso i ricettori finali, costituiti dai torrenti Diavolone e Volta Ladri. Allo stato attuale le acque raccolte, tuttavia, non vengono sottoposte ad alcun processo di trattamento.

Figura 3.5 – Planimetria Idraulica – Stato Attuale

4 INTERVENTI DI PROGETTO

In particolare gli interventi previsti nel Progetto Esecutivo, che saranno dettagliatamente esposti nel seguito, sono:

a) Demolizioni ed opere di pulizia delle aree di interesse (nuove aree annesse)
b) Prolungamento della pista di volo RWYs 05/23
c) Riqualifica delle infrastrutture di volo esistenti
d) Realizzazione di un nuovo raccordo di uscita rapida
e) Potenziamento e riconfigurazione del raccordo D
f) Riconfigurazione dell'Apron EST
g) Nuove RESA lato THR05 e lato THR23
h) Sistemazione nuove aree di Strip
i) Riqualifica delle aree di Strip esistenti

j) Deviazione e prolungamento delle strade di servizio perimetrali
k) Deviazione e prolungamento della recinzione aeroportuale
l) Nuovo varco di emergenza
m) Riconfigurazione del varco est
n) Riqualifica/adeguamento dei canali Diavolone e Volta Ladri

Il complesso d'interventi per la realizzazione delle opere di sistemazione/regimentazione idraulica previsti in progetto mirano prioritariamente a:

- raccogliere e regimentare le acque afferenti alle aree pavimentate della pista di volo RWY 05/23, del raccordo "D", del raccordo "E" e del piazzale Apron EST in ragione della conformazione plano-altimetrica che tali sovrastrutture assumeranno in seguito agli interventi previsti nell'ambito del progetto definitivo;

- allontanare le stesse sino al recapito finale, nei torrenti Diavolone e Volta Ladri, dopo aver subito gli opportuni trattamenti previsti dalla normativa vigente.

In ragione di quanto previsto dal Regolamento ENAC per la "Costruzione e l'Esercizio degli Aeroporti" con particolare riferimento al rapido smaltimento delle acque di dilavamento delle superfici pavimentate si è optato per la realizzazione delle seguenti opere e/o manufatti idraulici:

- Regimentazione e allontanamento delle acque meteoriche di dilavamento delle nuove superfici pavimentate della pista di volo RWY 05/23;
- Regimentazione e allontanamento delle acque meteoriche di dilavamento delle nuove superfici pavimentate del raccordo D;
- Regimentazione e allontanamento delle acque meteoriche di dilavamento delle nuove superfici pavimentate del raccordo E;
- Regimentazione e allontanamento delle acque meteoriche di dilavamento delle superfici pavimentate del piazzale Apron EST.

Si provvede ad esplicitare nel seguito il complesso di interventi e/o opere di sistemazione idraulica concepiti in fase di progettazione.

4.1 Opere di regimentazione ed allontanamento acque meteoriche di dilavamento delle superfici pavimentate della pista di volo RWY 05/23

Gli interventi previsti nel presente Progetto Definitivo prevedono un prolungamento della pista di volo, lato testata 05, di 367m.

Per quanto riguarda l'andamento altimetrico longitudinale, non solo del prolungamento ma dell'intera pista di volo RWYs 05/23, è stato studiato un nuovo profilo le cui pendenze sono in accordo con la normativa di riferimento. Il profilo longitudinale, a seguito dello studio che si riferisce alla verifica ostacoli superfici di avvicinamento e transizione RWY 05.

In tale ottica, per conformare il complesso di opere idrauliche esistenti alla nuova configurazione altimetrica e ai parametri idrologici utilizzati nel dimensionamento, è stato concepito un nuovo sistema di raccolta delle acque meteoriche di dilavamento a servizio dell'intero sviluppo dell'infrastruttura.

La larghezza del corpo portante della pista di volo nel tratto di prolungamento resterà invariata rispetto a quanto presente allo stato attuale, ossia 45 m. La sezione trasversale ha una configurazione a doppia falda, con pendenza trasversale, pari all'1,5%, mantenuta sostanzialmente costante per tutto lo sviluppo della pista, fatta eccezione per i tratti nei quali si ha l'intersezione con i raccordi. In adiacenza al nuovo corpo portante saranno realizzate due fasce antipolvere larghe 7.50 m ciascuna, atte a mitigare ogni pericolo di fuoriuscita di pista del velivolo e ad evitare l'ingestione di detriti od altri oggetti da parte degli aeromobili.

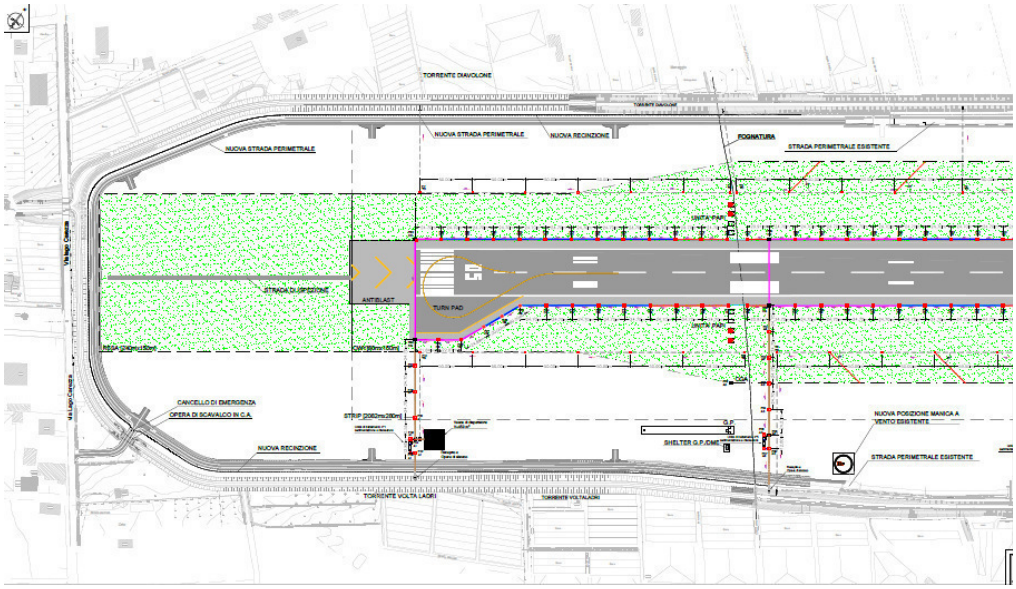


Figura 4.1 – Planimetria Idraulica Pista di volo RWY 05/23 – Stato Futuro

Il sistema di raccolta delle acque di dilavamento della pista di volo RWY 05/23 sarà costituito da un sistema di zanelle continuo collegate da pozzetti ogni 24,70 mt; i pozzetti aventi classe di portanza E600 (soletta, pareti, fondo) dotati di chiusino in ghisa sferoidale di classe E600. Nel processo di ruscellamento superficiale le acque vengono dunque captate dalle zanelle e successivamente addotte verso le caditoie e dunque all'interno dei pozzetti d'intercettazione. Da questi ultimi le acque vengono poi allontanate mediante tubazioni spiralate in PEAD con acciaio (dim int., Φ400, Φ500, Φ600, Φ800, Φ855) che corrono lateralmente al piano di posa delle zanelle. Le acque raccolte verranno poi allontanate mediante collettori di allontanamento, verso i ricettori finali previo opportuno processo di trattamento.

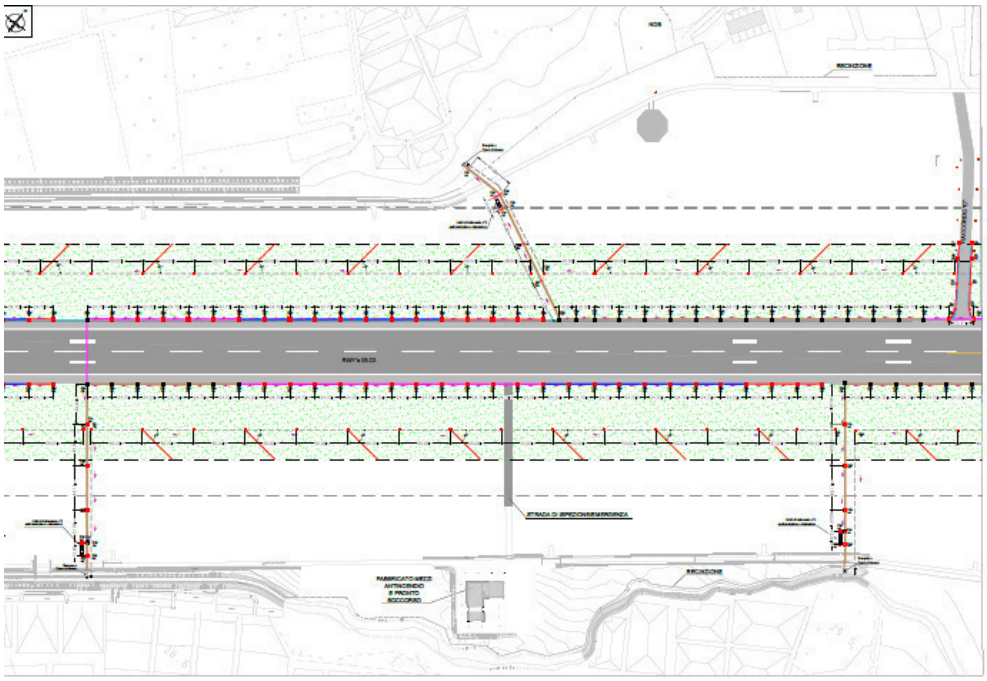


Figura 4.2 – Planimetria Idraulica Pista di volo RWY 05/23 – Stato Futuro

4.2 Opere di regimentazione ed allontanamento acque meteoriche di dilavamento delle superfici pavimentate del raccordo D

Gli interventi in progetto consistono in un potenziamento del raccordo con larghezza minima del corpo portante di 15 m, che insieme alle due shoulders diviene pari a minimo 25 m e una configurazione trasversale della piattaforma di tipo a mono falda con pendenza sempre al di sotto dell'1,5%.

Allo stato attuale è presente un dispositivo di raccolta delle acque meteoriche costituito da un fognolo asolato. Tale dispositivo si trova sul ciglio sinistro del corpo portante. Gli interventi previsti in progetto sono la demolizione di questo dispositivo di raccolta e la posa in opera di un nuovo sistema di raccolta delle acque meteoriche posto all'interno della shoulder sinistra.

Figura 4.3 – Planimetria Idraulica Raccordo D – Stato Futuro

Il sistema di raccolta delle acque meteoriche sarà il medesimo, formato dalle zanelle longitudinale posizionate all'interno della shoulder interrotte da pozzetti aventi classe di portanza E600 (soletta, pareti, fondo) posti ad interasse paria circa 24 m, dotati di chiusino in ghisa sferoidale di diametro d = 800 mm di classe E 600. Da questi ultimi le acque di pioggia vengono allontanate e recapitati nei ricettori finali mediante le tubazioni spiralati in polietilene rinforzato con acciaio di diametro variabile tra un minimo di d = 400 mm ed un massimo d = 500 mm.

4.3 Opere di regimentazione ed allontanamento acque meteoriche di dilavamento delle superfici pavimentate del raccordo E

Il raccordo di uscita veloce, che sarà denominato "Echo", avrà un corpo portante di larghezza, nel tratto in rettilineo, pari a 15,0 m. La configurazione trasversale della piattaforma sarà di tipo a mono falda con pendenza dell'1,0%. Il corpo portante del raccordo sarà

affiancato, per tutto il suo sviluppo, da fasce laterali antipolvere. La larghezza complessiva del raccordo sarà pari a 25 m.

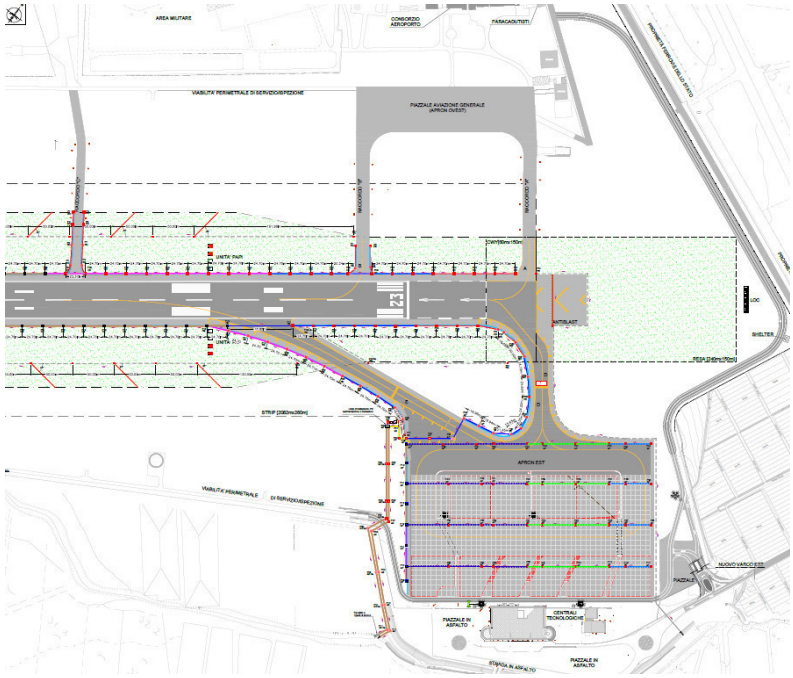


Figura 4.4 – Planimetria Idraulica Raccordo E – Stato Futuro

Il presidio idraulico di raccolta delle acque di dilavamento previsto per questa infrastruttura sarà costituito anche in questo caso da un sistema di zanelle posizionate all'interno della fascia antipolvere, interrotte da pozzetti ad interasse di circa 24 m dotati dagli elementi (soletta, pareti, fondo) con le stesse caratteristiche. I diametri dei collettori saranno variabili, da un minimo di 400 mm ad un massimo di 600 mm).

Le acque raccolte saranno recapitate ai recettori finali previo opportuno processo di trattamento.

4.4 Opere di regimentazione ed allontanamento acque meteoriche di dilavamento delle superfici del piazzale Apron Est

La riconfigurazione del piazzale est viene è legata ad una funzionalizzazione degli spazi di rullaggio e di sosta, al fine di agevolare le operazioni ad esso legate in condizioni di massima sicurezza.

Il sistema di raccolta previsto è costituito da:

- Quattro dorsali interne al piazzale costituite da canalette F900 in PE/PP con griglia a fessura in ghisa sferoidale e sezione ovoidale della medesima classe di portanza (altezza interna 35cm, 70cm, 90cm). Visto lo sviluppo delle superfici scolanti si è optato per questo tipo

di manufatto che abbina alle caratteristiche prestazionali idrodinamiche, un minor costo e una maggiore facilità di esecuzione rispetto alle tradizionali canalette grigliate in cls. Le dorsali di raccolta saranno suddivise in tratti mediante elementi di allaccio. Saranno posizionati inoltre elementi di ispezione (mediamente ogni 40m) caratterizzati da classe di portanza F900 e dotati di caditoia in ghisa sferoidale della medesima classe di portanza. L'ampia sezione di tali manufatti permette la raccolta ed il collettamento delle acque del piazzale senza ricorrere a condotte di allontanamento. Inoltre la sezione ovoidale aumenta le velocità di scorrimento per bassi valori di portata, migliorando dunque le capacità autopulenti ed evitando così il deposito sul fondo delle canalette di materiale e idrocarburi che accidentalmente potrebbero sversarsi sul piazzale di sosta durante le operazioni di manutenzione degli aeromobili.

- Un sistema di raccolta bordo shoulder del piazzale Apron Est costituito da un sistema di zanelle di tipo prefabbricato intervallate, mediamente ogni 20 mt, da pozzetti aventi classe di portanza F900 (soletta, pareti, fondo) dotati di caditoie in ghisa sferoidale della medesima classe di portanza. Nel processo di ruscellamento superficiale le acque vengono dunque captate dalle zanelle e successivamente addotte verso le caditoie e dunque all'interno dei pozzetti d'intercettazione. Da questi ultimi le acque vengono poi allontanate mediante tubazioni in PEAD (dim int. Φ300, Φ400, Φ600, Φ800) che corrono sotto il piano di posa delle zanelle. Le acque raccolte verranno poi allontanate mediante collettori di allontanamento, costituiti da tubazioni in PEAD, verso i ricettori finali previo opportuno processo di trattamento.

4.5 Opere di raccolta acque meteoriche di dilavamento delle superfici dell'Antiblast testata 23

Per la raccolta delle acque di dilavamento della superficie dell'antiblast lato testata 23 si è optato per un sistema di raccolta costituito da canalette F900 in PE/PP con griglia a fessura in ghisa sferoidale e sezione circolare della medesima classe di portanza (altezza interna 35cm). La scelta è ricaduta su questo tipo di manufatto poiché abbina alle caratteristiche prestazionali idrodinamiche, un minor costo e una maggiore facilità di esecuzione rispetto alle tradizionali canalette grigliate in cls.

Il sistema di canalette afferenti l'Antiblast 23 sarà collegato alla trincea drenante posta a protezione dell'infrastruttura lato RESA testata 23, in modo da collettare le acque raccolte verso il medesimo recapito finale.

Tipologia Costruttiva Dei Manufatti Di Raccolta

Canalette in PE/PP con griglia a fessura

Le canalette di raccolta saranno della tipologia caratterizzata da sistema di captazione a fessura in ghisa sferoidale con larghezza 26 mm; sezione di deflusso circolare od ovoidale per aumentare le velocità di scorrimento e garantire proprietà autopulenti del fondo canale. Gli elementi saranno formati da un corpo canale in PP-PE con coni ingresso acqua in PP-PE adattati al canale e dotati di base livellante per una posa semplificata e conformi alla norma UNI EN 1433 per supportare classi di carico fino alla F 900.

Le sezioni interne saranno delle seguenti dimensioni interne:

- sezione circolare (Antiblast 23 Apron Est): d = 350 mm, lunghezza 2m, altezza esterna 600mm;
- sezione ovoidale (Apron Est): 465x700mm, lunghezza 2m, altezza esterna: 1070 mm;
- sezione ovoidale (Apron Est): 600x 900mm, lunghezza 2m, altezza esterna: 1270 mm.

I diversi elementi saranno dotati di maschiatura con guarnizione integrata per un perfetto collegamento a tenuta stagna dei canali nonché di dadi a farfalla per garantire un perfetto accoppiamento. Il sistema si completa con pozzetti d'ispezione universali e per il collegamento con tubazioni esterne.

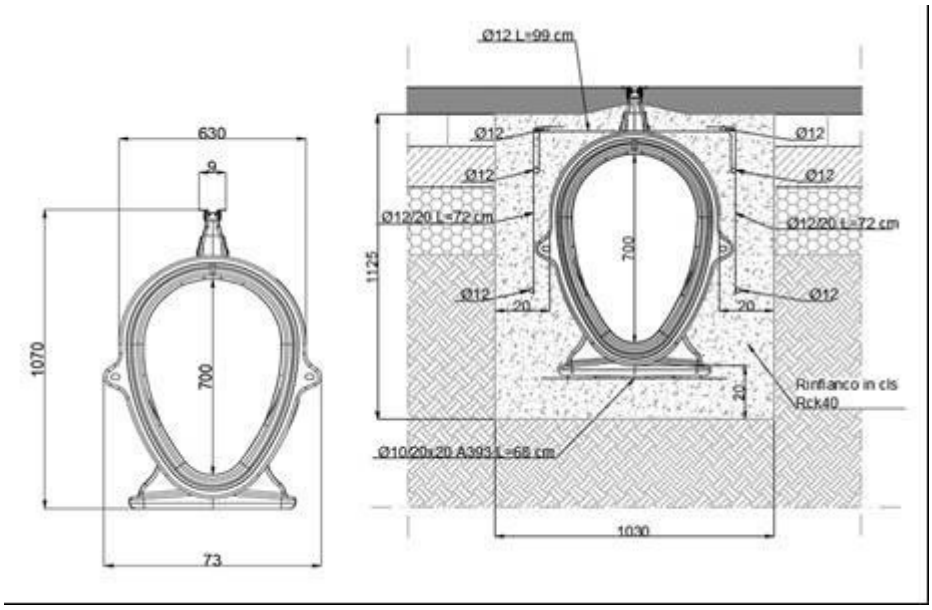


Figura 4.5 – Particolare delle canalette in PE/PP con griglia a fessura

Tubazioni spiralate in polietilene rinforzato con acciaio

Le tubazioni per la raccolta ed il collettamento delle acque meteoriche sono dei tubi spiralati in polietilene rinforzato con acciaio., hanno una resistenza meccanica estremamente elevata e da pesi contenuti. Il tubo è realizzato mediante un processo di avvolgimento ad elica del polietilene e dell'acciaio opportunamente sagomato con profilo ad omega. La sezione del tubo resulta essere composta da uno strato interno in polietilene, da una parete esterna strutturata in polietilene e da un'anima di acciaio zincata ricoperta completamente da un primere a base polietilenica che garantisce la perfetta omogeneità e saldabilità con le due parati.

L'abbinamento dei due tubi unitamente alla scelta del profilo ad omega conferiscono caratteristiche e performance nettamente superiori ai tubi strutturati in materiale termoplastico. La presenza dell'acciaio consente di realizzare tubi con valori di resistenza allo schiacciamento fini a 20 kN/m2, di ridurre il diametro con evidenti benefici in termini di minore impatto ambientale e di facilità di posa, di garantire un miglior comportamento del tubo nel lungo periodo con particolare riferimento alla formazione sotto carico constante con valori di creep ration nettamente inferiori ai tubi realizzati in polietilene.

In presenza di un manufatto delle caratteristiche innovative, Uniplast ha conferito l'incarico della stesura della nuova norma europea EN 13476. Si riporta in tabella i diametri utilizzati:

DN	DI
mm	mm
465	400
580	500
700	600
930	800
1000	855

Tabella 4.1 – Diametri interni utilizzati per lo smaltimento delle acque meteoriche

Tipologia Costruttiva Dei Manufatti Di confluenza/intercettazione/ispezione

In corrispondenza dei punti di confluenza delle tubazioni spiralati in polietilene rinforzato con acciaio dei collettori di allontanamento sono stati previsti pozzetti di ispezione/intercettazione in c.a.

La chiusura di tali pozzetti è realizzata mediante telaio quadro di 1^ categoria con predisposizione per l'alloggiamento del dispositivo di coronamento, con chiusino, avente dimensione dell'apertura interna pari a Ø600 per pozzetti dim. int. cm 80x80 e Ø800 per la restante tipologia di pozzetti previsti in progetto, rispondente alla norma UNI EN 124, in ghisa sferoidale (classe di resistenza E600) e dimensioni esterne 1,0 x 1,0 m.

Occorre precisare che in ottemperanza a quanto previsto dalla normativa di riferimento per i pozzetti ricadenti all'interno dell'area di sicurezza afferente le nuove sovrastrutture (STRIP) è stata prevista la realizzazione di uno scivolo da realizzarsi con calcestruzzo magro.

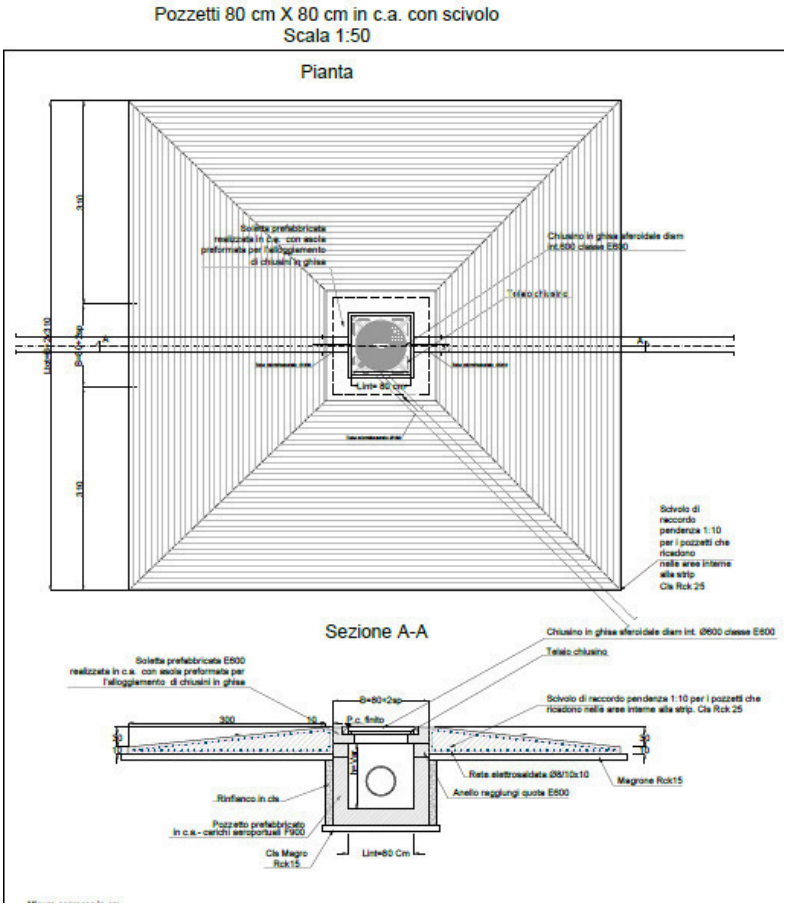


Figura 4.6 – Particolare pozzetti in c.a.

5 METODOLOGIA DI CALCOLO PER LA DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO

Per la stima delle portate al colmo di piena necessaria per il dimensionamento del sistema di drenaggio e smaltimento acque meteoriche è stato utilizzato il metodo razionale.

Alla base di tale procedura vi sono le seguenti assunzioni:

- la massima piena avviene per precipitazioni meteoriche con durata pari al tempo di corrivazione del bacino;
- il picco di piena ha il medesimo tempo di ritorno della precipitazione che lo ha generato;
- la formazione delle piene ed il suo trasferimento lungo il reticolo idrografico avviene senza la formazione di invasi significativi; nel caso si formino invasi significativi il colmo di piena calcolato con questa metodologia sarà sovrastimato.

La portata al colmo di piena è espressa dalla formula:

$$Q = c \times h \times S / 3{,}6 \times t_c$$

dove:

- c = coefficiente di deflusso del bacino;
- h = altezza massima di pioggia per una durata pari al tempo di corrivazione (mm);
- S = superficie del bacino (km^2);
- t_c = tempo di corrivazione del bacino (ore).

Il tempo di corrivazione è determinato, facendo riferimento al percorso idraulico più lungo fino alla sezione di chiusura considerata, mediante la relazione:

$$t_c = t_a + t_r \text{ (ore)}$$

con

- ta = tempo di accesso alla rete;
- tr = tempo di rete

Il tempo di rete, pari alla somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione seguendo il percorso idraulico più lungo.

Per il dimensionamento del sistema di drenaggio delle acque meteoriche di dilavamento il tempo di accesso alla rete è assunto pari a 5 minuti.

Il tempo di rete è calcolato, in prima approssimazione, considerando una velocità di scorrimento v_i=1,0 m/s; in base a tale valore si calcola la portata di progetto. Si può quindi

determinare, in moto uniforme la velocità di scorrimento del collettore così da calcolare un nuovo tempo di rete. Tale procedura iterativa ha termine quando le differenze tra i risultati relativi a due passi successivi sono trascurabili.

Il coefficiente di deflusso ϕ è assunto pari a:

- 1 (pavimentazioni in calcestruzzo, aree asfaltate e coperture);
- 0.3 aree a verde .

5.1 Metodologia di dimensionamento e verifica dei dispositivi idraulici

Il dimensionamento e la verifica dei dispositivi costituenti la rete di raccolta delle acque meteoriche sono state condotte mediante l'approccio in moto uniforme di Chezy basato sull'equazione di seguito riportata, risolvibile per via iterativa una volta noti i dati fondamentali di progetto:

$$Q = K_s R_H^{2/3} A i^{1/2} (m^3 / s)$$

dove:

- Q = portata di progetto (m^3/s);
- K_s = coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler ($m^{1/3}/s$);
- A = area della sezione bagnata (m^2);
- R_H = raggio idraulico (m);
- i = pendenza motrice coincidente con la pendenza del fondo (m/m).

Il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler è stato assunto pari a:80 $m^{1/3}/s$ per le tubazioni in PEAD.

Nella verifica si considera un grado di riempimento massimo pari a :

- $\frac{H}{D} \leq 0.5 \, per \; tubazioni \; DN \leq 500$
-
- $\frac{H}{D} \leq 0.8 \, per \; tubazioni \; DN \geq 500$

La verifica idraulica riguardante le canalette in PE/PP con griglia a fessura del tipo ACO Q_{max} è stata condotta mediante l'ausilio del software di progettazione Hydro, sviluppato da ACO in collaborazione con il Dipartimento di Idraulica dell'Università di Kiel e fornito gratuitamente

dalla stessa azienda produttrice, che permette di simulare in maniera accurata il flusso di fluidi all'interno di canali.

In particolare nei metodi classici che utilizzano le equazioni di moto stazionario uniforme la portata smaltibile da un assegnato canale di drenaggio è direttamente legata alla pendenza longitudinale **i** per cui le sezioni dei canali vengono sovrastimate per pendenze prossime allo zero (nel caso limite di i=0 la sezione diventa infinita) e sottostimate per pendenze elevate (>1%), con aumento inutile dei costi per i=0 ed un rischio di insufficienza per (>1%).

Tale problema viene risolto mediante l'ausilio delle equazioni differenziali di moto stazionario non uniforme a flusso variabile che sono risolte con un metodo alle differenze finite alla base dell'algoritmo che viene utilizzato nell'implementazione del software Hydro.

L'equazione consente una corretta analisi della portata e della velocità dell'acqua in un canale mediante apporti continui distribuiti lungo tutta la lunghezza, permettendo un calcolo accurato anche nel caso di installazioni senza pendenza. Il programma consente, inoltre, l'inserimento di afflussi laterali in diversi punti.

La portata e la velocità dell'acqua ed il profilo della curva di deflusso all'interno del canale rappresentano gli output. Il programma genera un grafico in cui viene riportato il profilo idraulico di corrente, specifico in funzione dei dati di progetto. La portata e la velocità di deflusso sono rappresentate per tutta la lunghezza del canale di drenaggio.

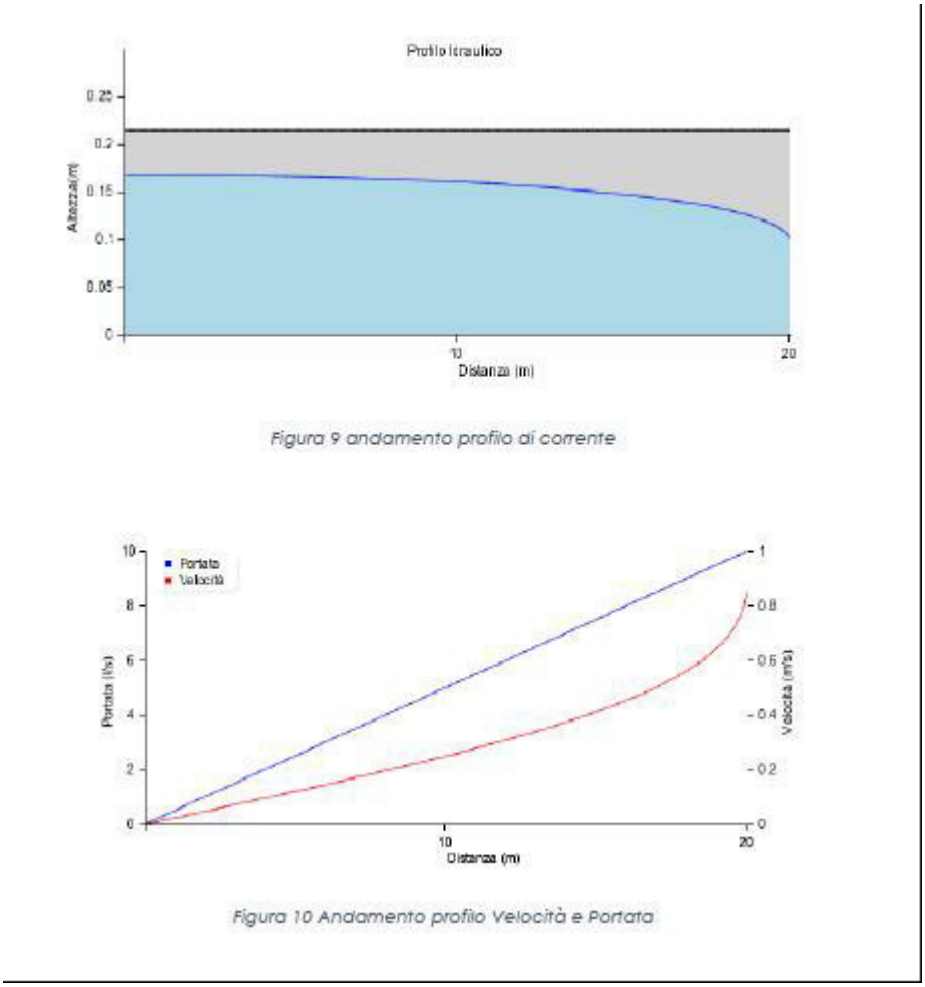


Figura 5.1– Output del software di progettazione Hydro

In allegato vengono riportati in formato tabellare le caratteristiche geometriche, le portate drenate ed i risultati della verifica delle Canalette in PE/PP con griglia a fessura del tipo ACO Qmax 350,700 e 900, eseguita mediante l'utilizzo del software Hydro

Su entrambi i lati per l'intero sviluppo della pista aeroportuale in maniera continua è posizionata all'interno della fascia Shoulder una zanella in calcestruzzo, avente la sezione di deflusso di forma pressoché semicircolare di larghezza 0,56 m e la profondità di 0,03 m, necessaria a collettare le acque di dilavamento della piata. Il dimensionamento è stato effettuato mediante l'espressione di Chezy, imponendo una pendenza media di 1,09%, pari alla pendenza media della pista ed un coefficiente di Stikler pari a 80 $m^{1/3}/s$. Quindi la portata massima che può smaltire la zanella è pari a 4,25 l/s. Il passo degli scarichi della zanella nel sistema di condotte che recapita le acque ai relativi impianti di trattamento è pari a d = 24,35 m.

Considerando l'evento con tempo di ritorno di Tr = 25 anni e la durata di prima pioggia pari a tc = 5 minuti si valuta che l'intensità critica è pari a 144,86 mm/ore. Tenendo conto quindi dell'intensità di pioggia, del coefficiente di deflusso meteorico pari ad 1 e della larghezza di semi carreggiata della pista è stata definita la portata che si genera sul manto stradale della pista fra 2 scarichi pari a Q = 29 l/s.

Con tale impostazione la quantità di acqua che supera il riempimento massimo della zanella si distribuisce sulla zona verde della strip che ha una pendenza di 0,5%.

Per quanto sopra determinato si è ritenuto accettabile che l'eccedenza della quantità d'acqua rispetto alla capacità di raccolta della zanella (29 l/s – 4,25 l/s) possa essere contenuta nella porzione di Shoulder non interessata dal transito di aeromobili durante gli eventi di pioggia intensa. In tal modo si ottiene un incremendo della sezione idrica scolante verso l'esterno della zanella.

6 DETERMINAZIONE DEL VELO IDRICO

Il processo di deflusso dalla piattaforma pavimentata (aeroportuale e stradale) verso gli elementi marginali è da considerare con attenzione dato i problemi che il velo idrico può porre in fase di atterraggio di decollo e rullaggio nel caso di infrastrutture aeroportuali ed alla circolazione per quelle stradali.

I fenomeni meteorici specie se di breve e forte intensità possono produrre un deflusso superficiale di non trascurabile entità, il quale se non controllato con adatte disposizioni, può causare inconvenienti di rilievo.

Per quello che concerne le infrastrutture aeroportuali così come riportato nella Circolare ENAC APT-10A, si distinguono le seguenti condizioni di piattaforma:

- Pista asciutta (dry)- pista priva di contaminanti ed umidità visibile entro la lunghezza e la larghezza disponibili;
- Pista umida (dampl) una pista è considerata tale quando la sua superficie non è asciutta, ma l'umidità non è tale da conferirle un aspetto lucido;
- Pista bagnata (wet) pista non classificabile né come asciutta, né come contaminata (pista la cui superficie è coperta da uno strato d'acqua non superiore a 3 mm o sulla quale vi sia umidità sufficiente a renderla riflettente, senza tuttavia aree significative di acqua stagnante);
- Pista contaminata (contaminated runway) quando oltre il 25% della superficie (anche sommando più aree) entro la lunghezza e la larghezza disponibili è coperta da: uno strato d'acqua di spessore superiore a 3 mm (c.d. standing water) o slush o neve non compattata equivalenti a più di 3 mm d'acqua, neve compressa o compattata fino a diventare una massa

solida resistente ad ulteriori compressioni che si mantiene compatta o si rompe in frammenti se raccolta (compacted snow); ghiaccio (incluso wet ice).

L'espressione "contaminazione" si riferisce alla presenza, sulla pista, di agenti originati da precipitazioni atmosferiche quali neve, slush, ghiaccio o acqua; sono esclusi contaminanti di altra natura quali i depositi di gomma o di olio legati all'utilizzo dell'infrastruttura o la presenza di FOD

Il Regolamento per la Costruzione e l'Esercizio degli Aeroporti (RCEA) prevede che, nei casi in cui la pista risulti bagnata (Wet) o interessata da "contaminazione (contaminated runway) ne vengano rilevate le condizioni della superficie al fine di comunicare ai piloti di volo in decollo e atterraggio sullo scalo, le informazioni relative a natura, spessore e diffusione del film d'acqua o del contaminante, in quanto tali dati, confrontati con i parametri contenuti nell' Airplane Flight Manual e correlati con gli altri dati di carattere meteorologico (ivi compresi i dati anemometrici), possono consentire al pilota una stima delle prestazioni attese.

Per quanto sopra, ferma restando la facoltà del pilota di decidere se effettuare operazioni su una pista contaminata sulla base delle informazioni disponibili, è compito del Gestore compiere valutazioni accurate e tempestive sulle condizioni della pista al fine di fornire all'ente ATS le informazioni da diramare ai piloti perché possano utilizzarle per decidere sull'opportunità di operare su una determinata infrastruttura.

Nel caso delle infrastrutture stradali il velo idrico sulla sede stradale deve essere contenuto entro prefissati valori (esso non dovrebbe superare i 6 mm [Rooseboom ed altri, 1986]), per non condizionare l'aderenza dei pneumatici, per questo motivo è necessario assegnare un'opportuna pendenza trasversale alla sede stradale.

In generale l'altezza del velo liquido dipende, oltre che dalla pendenza trasversale della piattaforma, dall'intensità di precipitazione, dal percorso che compie l'acqua per raggiungere il bordo della carreggiata e/o della pista e dalla larghezza della piattaforma e dunque dalla circostanza che il tratto di piattaforma sia in rettifilo (in genere scola metà carreggiata/pista per lato) o in curva (scola solo da una parte).

Il valore del velo idrico massimo hmax [mm], viene determinato attraverso un'espressione derivata da alcune esperienze condotte in Gran Bretagna dal Road Research Laboratory nella seguente forma:

$$Hmax = \sqrt{Leff \cdot p \cdot i^{-0.2}}$$

dove :

L_{eff} = lunghezza del percorso dell'acqua in metri prima di raggiungere le canalizzazioni a lato della carreggiata/pista,

può essere calcolata sulla base della seguente formula:

$$Leff = L_c \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{i_l}{i_{tr}}\right)^2}$$

Con

I= pendenza della piattaforma lungo la linea di corrente ricavata come risultante delle pendenze trasversali e longitudinali i_{tr} e i_l

$$i = \left(i_l^2 + i_{tr}^2\right)^2$$

L_c = larghezza della carreggiata (m);

p = intensità di pioggia (mm/h) nel nostro caso riferita ad un Tempo di Ritorno pari a 25 anni

In allegato vengono riportati formato tabellare il valore del velo Idrico atteso rispettivamente sulla Pista, i Raccordi, l'Apron e le strade Perimetrali Nord, Est e Sud.

7 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA RETE DRENANTE

Al fine di provvedere al drenaggio delle aree Strip delle infrastrutture in progetto è stato previsto un sistema di tubazioni fessurate per captare e allontanare le acque meteoriche di ruscellamento provenienti dalle aree a verde di strip. Nella fattispecie del caso in esame lo smaltimento delle acque sul suolo è consentito dall'Art.103 del D.Lgs. 152/2006.

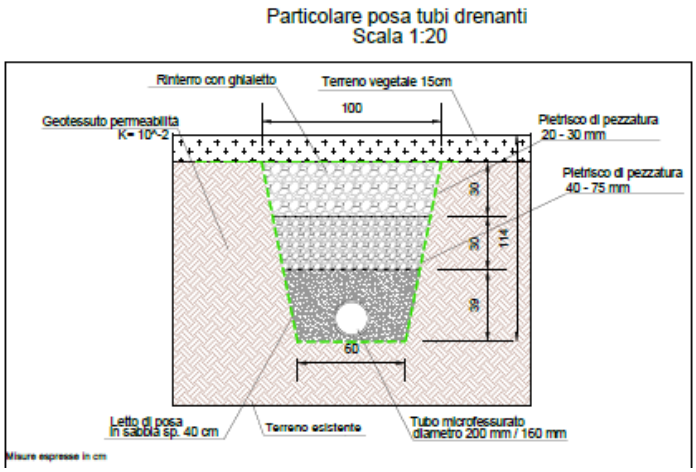
La sagoma trasversale prevista per le aree di sicurezza è stata pertanto studiata in modo da allontanare le acque dal corpo portante della pista di volo ed indirizzarle all'interno delle trincee drenanti le quali creano una via di deflusso delle acque preferenziale.

7.1 Trincee drenanti opere di smaltimento acque meteoriche aree di sedime aeroportuale non pavimentate

Vista la caratterizzazione litologica del sito in questione, costituito da strati prevalentemente limo-argillosi con intercalazioni sabbiose, si è ritenuto opportuno prevedere, lungo i bordi Est ed Ovest della pista di volo RWY 05/23, delle trincee drenanti destinate all'invaso delle acque meteoriche di ruscellamento nonché all'allontanamento delle stesse verso i recapiti finali costituiti dai torrenti Diavolone e Volta Ladri.

7.2 Caratteristiche realizzative delle trincee drenanti

Le trincee drenanti per lo scopo cui sono destinate dovranno essere realizzate mediante scavo a sezione trasversale trapezia avente la base piccola b = 0,6 m e quella grande B = 1,0m dove verrà alloggiata una tubazione di polietilene alta densità (PEAD) fessurate avente superficie liscia prevista dalla norma UNI EN 12201-2 di diametro variabile tra d = 160 mm e d = 200 mm; le fessure drenanti saranno realizzati perpendicolarmente all'asse del tubo, occupando parte della circonferenza, alternandole tra loro in modo da ridurre la conseguente perdita di resistenza allo schiacciamento, la larghezza delle fessure sarà pari a 4 – 8 mm.



Particolare trincea drenante

La tubazione viene posata su un letto di posa di sabbia di spessore di circa s = 0,40 m e successivamente rinfiancata con pietrisco di pezzatura variabile fra d = 0,04 m e d = 0,075 m e chiudere la trincea con pietrisco di pezzatura compresa fra d = 0,020 m e d = 0,030 m. Tutta la trincea viene chiusa con la posa in opera di un tessuto non tessuto necessario ad agevolare il drenaggio verticale e facilitare il moto di filtrazione laterale verso la trincea, oltre ad evitare l'intasamento del dreno, intasamento che potrebbe avvenire a causa del trasporto solido. La parte superiore della trincea viene ricoperta con uno strato di terreno vegetale di h = 0,15 m.

Onde consentire il flusso dell'acqua circolante nel terreno ed impedire la formazione di sovrappressioni idrauliche Il geotessuto dovrà presentare una permeabilità pari ad almeno:
Kgt= 10*Ks (condizione di flusso ciclico) ovvero= $10*10^{-3}=10^{-2}$.

7.3 Principi metodologici ai fini della verifica idraulica delle trincee drenanti

Per la corretta caratterizzazione della geometria e dei parametri idraulici delle trincee drenanti ovvero:

- Dimensioni delle trincee;
- Ubicazione plano-altimetrica delle trincee;

occorre dapprima definire:

a) il modello di risposta del terreno;

b) i dati caratteristici del bacino con definizione delle superfici tributarie in considerazione della morfologia del sedime.

Modello di risposta del terreno

Lo ietogramma netto, ovvero l'afflusso meteorico depurato dell'assorbimento del terreno, è stato ottenuto implementando il Metodo della curva d'infiltrazione o metodo CN (Curve number), che come noto è di carattere empirico.

Questo metodo, messo a punto dal Dip. Dell'Agricoltura degli Stati Uniti (U.S.D.A. – S.C.S.) è noto con la denominazione "Curve Number" ed è largamente diffuso anche grazie all'enorme mole di dati disponibili in letteratura e facilmente accessibili per la sua applicazione.

La metodologia di calcolo in questione si basa sull'equazione:

$$R = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

dove:

- R è il ruscellamento superficiale o pioggia efficace;
- I_a rappresenta le perdite iniziali (accumulo superficiale, acqua intercettata dalla vegetazione, infiltrazione iniziale prima che si origini il ruscellamento) in genere $I_a=\beta Scn$ con $\beta=0.2$;
- S identifica la capacità massima di immagazzinamento idrico negli strati superficiali del terreno (piccoli invasi superficiali, ricarica della frangia capillare, ecc.).

Un evento di piena determina che il valore del deflusso superficiale sia proporzionale a quello precipitato P, depurato dell'assorbimento iniziale I_a, in ragione del rapporto tra il volume specifico infiltrato F (ricavato dal bilancio di massa $F = P - I_a - R$) ed il volume specifico S, che caratterizza la massima ritenzione potenziale del terreno, legato a I_a dall'espressione verificata

sperimentalmente I_a = 0,2xS (I_a che rappresenta processi differenti quali l'intercettazione della vegetazione, l'accumulo nelle depressioni superficiali e l'imbibimento iniziale del terreno non è facilmente stimabile con indagini specifiche).

Il volume specifico di ruscellamento R risulta pertanto funzione di P e di S che è a sua volta funzione di:

- caratteristiche idrologiche del suolo (tab. 6.1);
- uso del suolo (copertura vegetale) (tab. 6.2);
- grado di umidità precedente l'evento piovoso (tab. 6.3).

Tipo	CARATTERISTICHE DEI SUOLI	
A	(Ruscellamento di modesta entità). Suoli con alte velocità d'infiltrazione anche se completamente bagnati; suoli formati da strati sabbiosi e ghiaiosi di spessore elevato, ben drenati, caratterizzati da alti coefficienti di permeabilità.	- sabbie profonde -terriccio marnoso profondo -aggregati limosi e sabbiosi
B	Suoli con moderate velocità di infiltrazione anche se completamente bagnati, di spessore abbastanza elevato, abbastanza drenati; suoli di tessitura da moderatamente grossolana a moderatamente fine, caratterizzati da un moderato coefficiente di permeabilità.	- sabbie argillose - terriccio marnoso sottile.
C	Suoli con basse velocità d'infiltrazione anche se completamente bagnati; principalmente costituiti da uno strato che ostacola la percolazione dell'acqua nel terreno sottostante; suoli di tessitura da moderatamente fine a fine, caratterizzati da bassi coefficienti di permeabilità.	- argille sabbiose -suoli poveri di contenuti organici -suoli ricchi di componenti argillosi
D	(Ruscellamento di notevole entità). Suoli con modestissime velocità d'infiltrazione; principalmente suoli argillosi rigonfiabili oppure suoli situati poco al di sopra di una falda permanente; suoli con strati o lenti argillose in prossimità o in superficie; suoli di piccolo spessore con materiale impermeabile sottostante. Suoli caratterizzati da bassissimi coefficienti di permeabilità.	-suoli con tendenza al rigonfiamento in presenza di umidità, argille plastiche, suoli salini.

Classificazione idrologica dei suoli secondo l'U.S.D.A. - S.C.S

L'effetto combinato delle caratteristiche idrologiche del suolo, del uso del suolo come copertura vegetale e del grado di umidità di un evento piovoso precedente è rappresentato globalmente dal parametro CN che è legato alla capacità di immagazzinare idrica negli strati superficiali del terreno inedificato come:

$$S_{CN} = 25{,}4\ ((1000/CN)-10)$$

Dove S è espresso in mm. L'espressione finale dell'equazione del volume di ruscellamento diventa:

$$R = (P - 5{,}08\ ((1000/CN) - 10))^{\wedge 2} /(P + 20{,}32\ ((1000/CN) - 10))$$

In base al tipo di copertura vegetale, alla morfologia della superficie e alla classe idrologica del suolo, permette di ricavare i valori di CN riferiti ad una classe di umidità media del suolo (classe II).

Valori del parametro CN (adimensionale)	← Tipo idrologico Suolo →			
↓ Tipologia di Uso del Territorio	A	B	C	D
Coltivazioni, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	68	71	78	81
Coltivazioni, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo: cattive condizioni	66	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area imperm. 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m^2 (area imperm. 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500÷1000 m^2 (area imperm. 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000÷1500 m^2 (area imperm. 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali , lotti di 1500÷2000 m^2 (area imperm. 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000÷5000 m^2 (area imperm. 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000÷10000 m^2 (area imperm. 12%)	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade, ...	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strade battute in terra	72	82	87	89

Valori di CNII in funzione delle classi idrologiche dei suoli, del tipo di copertura e della morfologia della superficie. I valori riportati corrispondono alla classe di umidità II (fonte U.S.D.A. - S.C.S.). Evidenziati sono i valori di CNII presi a riferimento nella trattazione

La risposta del terreno è un fenomeno di tipo dinamico che oltre ad essere correlato a tutti i fattori sopra esposti (classe idrologica del suolo, tipo di copertura, uso e morfologia della superficie), dipende dallo stato di imbibimento del terreno prima dell'evento pluviometrico considerato.

Le condizioni di umidità vengono espresse, in modo quali/quantitativo, in base ad un indice di pioggia, ovvero la pioggia totale caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena.

A tal fine in tab. 6.3 vengono identificate tre classi di appartenenza AMC I, II, e III, che rappresentano rispettivamente terreno inizialmente asciutto, mediamente imbibito e fortemente imbibito.

Condizioni di umidità del terreno	**Precipitazione cumulata nei 5 giorni precedente l'evento di cui si vuole calcolare il ruscellamento (mm)**	
	Stagione di riposo	**Stagione vegetativa**
I	meno di 15	meno di 35
II	da 15 a 30	da 35 a 50
III	più di 30	più di 50

Tabella 7.3 – Entità degli eventi piovosi antecedenti per la stima delle condizioni di umidità del terreno (U.S.D.A. - S.C.S)

Noto il valore di CNII per le condizioni medie di imbibimento, deducibile dalle relazioni e dalle tabelle riportate, i valori delle classi AMC I e III si possono valutare rispettivamente tramite le relazioni:

terreno iniziale asciutto $CN_I = CN_{II} /2,38 – 0,0138\ CN_{II}$
terreno fortemente imbibito $CN_I = CN_{II} /0,43 + 0,0057\ CN_{II}$

La prassi consolidata di applicazione del metodo SCS-CN rivolta alla determinazione delle portate massime di piena, è ormai orientata verso la scelta di condizioni intermedie per lo stato di umidità del terreno.

Pertanto, stabilito il tipo di suolo (Tab 6.1) e il tipo di copertura dalla Tab 6.2, si determina il valore del CNII da cui si ricava il valore dell'Scn.

Infine sulla base della relazione che definisce il ruscellamento (R) in funzione del CNII si riesce a stimare il coefficiente di deflusso Φ=R/Pt (pioggia efficace/pioggia totale lorda) da utilizzare nella formula razionale per la stima della portata al colmo.

Dati caratteristici dei bacini sottesi alle trincee drenanti

La sistemazione e corretta ubicazione delle trincee drenanti passa attraverso la definizione delle linee di compluvio dei bacini o superfici tributarie sottese.

Tale assunto progettuale scaturisce in relazione alla funzione cui sono destinate le trincee ovvero di garantire la captazione ed allontanamento delle:

a) acque di deflusso superficiale durante le fasi transitorie di saturazione degli strati superficiali e di quelle provenienti per filtrazione laterale nonché di risalita capillare;

b) acque derivanti dal ruscellamento superficiale per effetto della saturazione degli strati corticali.

Pertanto, nell'ambito della delimitazione delle superfici tributarie sottese alle singole trincee si è avuto cura di:

- definire l'andamento plano-altimetrico di ciascuna area di bacino sottesa alla singola trincea;
- tracciare le cosiddette linee di massima pendenza e di conseguenza quelle di compluvio, attraverso l'ausilio di piani quotati e curve di livello, tenuto conto anche delle sistemazioni plano altimetriche delle aree di sicurezza (STRIP) adiacenti al corpo del rilevato di prolungamento pista di volo

Va osservato che, le normative vigenti in materia impongono, per ragioni di sicurezza degli aeromobili, condizioni di portanza e cedimenti controllati dell'area di STRIP. Per i soddisfacimenti di tali caratteristiche, fino ad una distanza di 75m dall'asse pista è stata predisposta una stabilizzazione a legante idraulico cui va aggiunto un ricoprimento con terreno vegetale a spessore variabile (da 10cm fino a 15cm). La sezione trasversale dell'area a verde è stata inoltre sagomata in modo tale da avere un compluvio ad una distanza pari a 76m dall'asse pista.

Nel caso in esame, dunque, per i motivi su esposti, la trincea drenante è stata posizionata parallelamente alla pista ad una distanza di 76m, in modo tale da captare le acque di ruscellamento nel punto più depresso del compluvio e sfruttare quindi la bassa capacità di infiltrazione del terreno per raccogliere le acque di scorrimento superficiale. Questa disposizione dà luogo pertanto a bacini scolanti di forma regolare.

7.4 Verifica Idraulica Trincee drenanti

In totale si prevedono dorsali drenanti che corrono lungo i lati Est ed Ovest della pista di volo RWY 05/23 e lungo il raccordo D lato RESA 23.

La determinazione delle portate pluviali che una rete idraulica deve smaltire non è esercizio banale; anche se è conosciuta la superficie del bacino servito e si dispone di sicuri dati sulle piogge cadute nella località, raccolti durante un lungo periodo di tempo.

Le difficoltà sono dovute all'influenza di elementi così numerosi che non vi è possibilità, per il dimensionamento idraulico, di giungere ad una formula che li contenga tutti, o comunque di giungere ad una soluzione di natura deterministica, senza fare assunzioni di tipo statistico od empirico.

Gli elementi influenti il problema sono svariati, come si è detto; alcuni sono insiti nel territorio costituente il bacino, cioè la permeabilità, la rugosità, la forma, l'estensione, la pendenza, la vegetazione, lo stato di imbibizione del suolo precedente alla pioggia, altri dipendono dalle caratteristiche della pioggia stessa, quali l'intensità, la durata, le variazioni di intensità durante la precipitazione, le variazioni di intensità da un punto all'altro del bacino, altri ancora dipendono dalla sistemazione urbanistica, cioè essenzialmente dal rapporto tra la parte coperta dalle costruzioni edilizie o da manti stradali impermeabili, rispetto alle aree sistemate a giardini, altri ancora dipendono dalle dimensioni e dalle pendenze dei canali costituenti la rete.

Riassumendo, il calcolo delle portate di pioggia passa attraverso tre fondamentali stadi processuali:

−determinazione dell'afflusso meteorico lordo;

−determinazione dell'afflusso meteorico netto;

−trasformazione degli afflussi in deflussi.

La determinazione dell'afflusso meteorico netto φ (che tiene conto delle perdite cioè quella parte d'acqua che evapora, che viene intercettata o trattenuta sul suolo e che penetra per infiltrazione) è importante perché piccole variazioni di esso producono variazioni della portata affluente, di gran lunga maggiori da quelli prodotti dalla diversità dei vari metodi di calcolo utilizzati per la determinazione della portata stessa. Nel caso specifico, considerando che le aree in esame riguardano superfici non pavimentate e parzialmente permeabili, il calcolo è stato effettuato seguendo il metodo SCS-CN prima esposto.

Come modello di trasformazione degli afflussi e deflussi è stato utilizzato il metodo cinematico della corrivazione.

Tale metodologia tiene conto del metodo della corrivazione, con considerazioni puramente cinematiche e che si basa sulle seguenti ipotesi:

- La trasformazione della piena è dovuta unicamente ad un trasferimento della massa liquida;
- Ogni goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende solo dal punto in cui è caduta la goccia;
- La portata defluente è data dalla somma delle portate provenienti dalle diverse parti del bacino, che si presentano nello stesso istante alla sezione di chiusura.

Nel caso in questione, il problema che si pone è la determinazione del tempo di corrivazione t_c.. Noti i parametri a (mm ore ^-n) e n della equazione di possibilità pluviometrica si può determinare l'altezza di pioggia espressa in mm, $h_{t,T}= a*t^n$, valutando che il tempo di pioggia è uguale al tempo di corrivazione $t=t_c$. Calcolando l'altezza di pioggia corrispondente al medesimo tempo di corrivazione, mediante il metodo empirico di Turazza, si definisce il coefficiente udometrico u (l/secxha) pari a:

$$u= 0,1157 \times (\Phi x h)/ t_C$$

Calcolato il coefficiente udometrico u e l'estensione delle aree tributarie S(ha) si può determinare la portata massima al colmo $Q_c(m^3/s)$:

$$Q_C = (u \times S)/1000$$

Determinazione del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione (tempo che impiega la particella d'acqua idraulicamente più lontana per giungere alla sezione di chiusura o controllo) per le aree afferenti ai bacini tributari di che trattasi è stato determinato mediante formule sperimentali quali la formula di:

Ongaro $tc = 0.18\ 3\sqrt{(S \times L)}$

dove

- S = Estensione del bacino (km^2);
- L = Lunghezza dell'asta principale (km);

Ventura $tc = 0.315\ 2\sqrt{(S)}$

dove

- S = estensione del bacino (km^2);

Pasini $tc = 0.24\ 3\sqrt{(S \times L)}$

dove

- S = estensione del bacino (km^2);
- L = lunghezza asta principale (km)

Calcolando il tempo di corrivazione con le formule presentate in precedenza, si determina l'altezza di pioggia, il coefficiente udometrico u e la portata affluente Q_C.

Il criterio di dimensionamento di tutti i sistemi d'infiltrazione va eseguito confrontando le portate in arrivo al sistema (quindi l'idrogramma di piena di progetto) con la capacità d'infiltrazione del terreno e con l'eventuale volume invasato nel sistema; tale confronto può essere espresso con la seguente equazione di continuità, che rappresenta il bilancio delle portate entranti e uscenti per il mezzo filtrante, in cui per semplicità è stata trascurata l'evaporazione:

$$(Q_p - Q_f)*\Delta t = \Delta W$$

indicando con:

- Q_p - portata critica influente;
- Q_f - portata infiltrazione;
- Δt - intervallo di tempo pari al tempo di corrivazione
- ΔW - variazione del volume invasato nel mezzo filtrante nell'intervallo Δt.

Per quanto riguarda i metodi di determinazione dell'idrogramma di piena, e quindi della portata Q_p, si fa riferimento in genere a un tempo di ritorno di 2 anni; nei casi in cui si temano pesanti conseguenze di eventuali allagamenti, si può giungere a tempi di ritorno anche di 5 - 10 anni [Jonason, 1984]. Ulteriore parametro da fissare è la durata dell'evento di pioggia, che assume notevole importanza in tutti quei casi in cui entra in gioco la capacità d'invaso del sistema d'infiltrazione. In linea di massima vanno scelte brevi durate (da 10 minuti a 1 ora nel caso in questione il tempo $t=t_c$ tempo di corrivazione), e quindi elevate intensità di pioggia, nel caso di suoli molto permeabili, e al contrario lunghe durate (da qualche ora a 1 giorno), e quindi basse intensità di pioggia, nel caso di suoli con permeabilità modesta [Jonason, 1984].

La capacità d'infiltrazione nel sottosuolo è stata stimata mediante la legge di Darcy:

$$Q_f = K \times J \times A$$

con:

- Q_f portata d'infiltrazione [m³/s];
- $K = 10^{-6}$ m/s - permeabilità (o coefficiente di permeabilità);
- J = cadente piezometrica [m/m];
- A superficie netta d'infiltrazione [m²]

In tabella sono riportati i valori di K per alcuni suoli tipici [Francani, 1988]. Al fine di tener conto che gli strati di terreno in questione si trovano spesso in condizioni insature, è opportuno ridurre del 50% il valore della permeabilità che compare nella legge di Darcy [Sieker, 1984]. La cadente piezometrica J può essere posta pari a 1 qualora il tirante idrico sulla superficie filtrante sia trascurabile rispetto all'altezza dello strato filtrante e del livello di falda sia convenientemente al di sotto del fondo disperdente (qual è il caso in questione).

Tipo di suolo	K (m/s)	Permeabilità
ciottoli, ghiaia (senza elementi fini)	>10^-2	elevata
sabbia, sabbia e ghiaia	10^-2 – 10^-5	buona
sabbia fine, limo, argilla con limo e sabbia	10^-5 – 10^-9	cattiva
argilla omogenea	10^-9 – 10^-11	impermeabile

Tabella 7.4 – Permeabilità di alcuni suoli tipici

Noto pertanto il valore di portata filtrante q per metro lineare di dreno, moltiplicato infine tale valore per la lunghezza totale del dreno si ottiene il valore della portata che per moto di filtrazione viene recapitato dal dreno verso il sottosuolo nel tempo t_c.

Noto il valore di portata totale smaltita dal dreno nel tempo $\Delta t=t_c$ (tempo di corrivazione) moltiplicato questo per il tempo t_c si ottiene il volume di acqua smaltito dal dreno nel sottosuolo.

Per il calcolo del volume immagazzinato dal dreno nel tempo t_c assunto il valore di n (porosità) pari a 0.4 per cui As (area effettiva di immagazzinamento) = A (area geometrica del dreno)*n da cui è stato successivamente desunto il valore del volume efficace di immagazzinamento delle trincee drenanti.

La verifica pertanto è stata effettuata considerando per ciascun tronco di trincea drenante:

$$Vi + V_f > V_c$$

V_i - volume immagazzinato nel tempo t_c

V_f - volume smaltito per infiltrazione nello stesso tempo t_c

V_c - volume in arrivo al dreno nel tempo t_c

Va comunque osservato che le trincee in progetto sono state concepite per scaricare le portate accumulate nei recapiti finali, identificati nei torrenti Diavolone e Volta Ladri. Pertanto, oltre alle capacità di laminazione e dispersione nel sottosuolo delle acque raccolte va tenuto in considerazione che le trincee sono idraulicamente collegate al recapito finale.

8 TRATTAMENTO DELLE ACQUE METEORICHE DI PRIMA PIOGGIA

8.1 Premesse – Inquadramento normativo

In via del tutto cautelativa al fine di ottemperare a quanto previsto dalle vigenti norme in materia di disciplina degli scarichi, depurazione delle acque reflue e protezione ambientale da inquinamento delle risorse idriche (Testo Unico Ambiente D.Lgs. n. 152/2006), nell'ambito del progetto si è previsto il trattamento delle cosiddette acque di "prima pioggia" di dilavamento delle superfici pavimentate.

Le acque di prima pioggia sono identificate nei primi 5 mm di acqua meteorica di dilavamento uniformemente distribuita su tutta la superficie scolante servita dal sistema di drenaggio. Per il calcolo delle relative portate si assume che tale valore si verifichi in un periodo di tempo di 15 minuti. I coefficienti di afflusso alla rete si considerano pari ad 1 per le superfici pavimentate o impermeabilizzate. Restano escluse dal computo suddetto le superfici eventualmente coltivate.

Trattandosi principalmente di acque meteoriche di dilavamento ed essendo le superfici pavimentate interessate da solo movimenti di aeromobili e mezzi di rampa in via del tutto qualitativa, l'inquinamento assorbito da tali acque può essere costituito dalle seguenti sostanze:

- solidi sospesi;
- eventuale presenza di liquidi leggeri.

Il dilavamento generato dal ruscellamento sulle superfici pavimentate produce prevalentemente la presenza nel refluo di particelle di granulometria piccola e di solidi grossolani.

L'eventuale presenza di liquidi leggeri e/o sostanze oleose, grassi, all'interno delle acque di dilavamento può essere causata solo e soltanto in seguito a sversamenti accidentali.

Alcuni studi in materia fanno rilevare come, precipitazioni di notevole intensità, rimuovano solo parzialmente il carico di inquinanti che si accumulano sulle superfici pavimentate durante il periodo secco e come il carico inquinante sia peraltro fortemente variabile in funzione del numero di giorni secchi intercorrenti tra due precipitazioni.

Alla luce di tali considerazioni lo studio fa rilevare, per avere un ordine di grandezza, che le acque meteoriche di dilavamento, possono presentarsi con le concentrazioni di inquinanti riportate nella seguente tabella A:

Parametro	Concentrazione mg/l
Solidi sospesi totali	10 - 12
COD	10 - 15
Azoto Inorganico	0,5
Azoto totale	1,0
Fosforo totale	0,3
Cloro	0,3

Tabella A – Concentrazioni medie di inquinanti in acqua piovana dilavante

I limiti indicati nella Tabella "A" risultano dunque mediamente già inferiori ai limiti di emissione trascritti nelle tabelle 1, 2 e 3 (quest'ultima sotto riportata) di cui all'allegato 5 del D.Lgs. 152/2006 e pur tuttavia si è ritenuto necessario in fase progettuale, ai fini del rilascio delle giuste autorizzazioni allo scarico delle acque meteoriche, di provvedere a trattare opportunamente le acque raccolte.

Numero parametro	Sostanza	Unità di misura	Scarico in acque superficiali	Scarico in pubblica fognatura
1	pH		5,5 – 9,5	5,5 – 9,5
2	temperatura	°C	(1)	(1)
3	colore		non percettibile con diluizione 1:20	non percettibile con diluizione 1:40
4	odore		non deve essere causa di molestie	non deve essere causa di molestie
5	materiali grossolani		assenti	assenti
6	Solidi sospesi totali (2)	mg/L	**< 80**	**< 200**
7	BOD5 (come O2) (2)	mg/L	< 40	< 250
8	**COD (come O2) (2)**	mg/L	**< 160**	**< 500**
9	Alluminio	mg/L	< 1	< 2,0
10	Arsenico	mg/L	< 0,5	< 0,5
11	Bario	mg/L	< 20	-
12	Boro	mg/L	< 2	< 4
13	Cadmio	mg/L	< 0,02	< 0,02
14	Cromo totale	mg/L	< 2	< 4
15	Cromo VI	mg/L	< 0,2	< 0,20
16	Ferro	mg/L	< 2	< 4
17	Manganese	mg/L	< 2	< 4
18	Mercurio	mg/L	< 0,005	< 0,005
19	Nichel	mg/L	< 2	< 4
20	Piombo	mg/L	< 0,2	< 0,3
21	Rame	mg/L	< 0,1	< 0,4
22	Selenio	mg/L	< 0,03	< 0,03
23	Stagno	mg/L	< 10	
24	Zinco	mg/L	< 0,5	< 1,0
25	Cianuri totali (come CN)	mg/L	< 0,5	< 1,0
26	Cloro attivo libero	mg/L	< 0,2	< 0,3
27	Solfuri (come S)	mg/L	< 1	< 2
28	Solfiti (come SO2)	mg/L	< 1	< 2

29	Solfati (come SO3) (3)	mg/L	< 1000	< 1000
30	Cloruri (3)	mg/L	< 1200	< 1200
31	Fluoruri	mg/L	< 6	< 12
32	**Fosforo totale (come P) (2)**	**mg/L**	**< 10**	**< 10**
33	Azoto ammoniacale	mg /L	< 15	< 30
34	Azoto	mg/L	< 0,6	< 0,6
35	Azoto	mg /L	< 20	< 30
36	**Grassi e olii animali/vegetali**	**mg/L**	**< 20**	**< 40**
37	**Idrocarburi totali**	**mg/L**	**< 5**	**< 10**
38	Fenoli	mg/L	< 0,5	< 1
39	Aldeidi	mg/L	< 1	< 2
40	Solventi organici aromatici	mg/L	< 0,2	< 0,4
41	Solventi organici azotati (4)	mg/L	< 0,1	< 0,2
42	Tensioattivi totali	mg/L	< 2	< 4
43	Pesticidi fosforati	mg/L	< 0,10	< 0,10
44	Pesticidi totali (esclusi i fosforati) (5)	mg/L	< 0,05	< 0,05
	tra cui:			
45	- aldrin	mg/L	< 0,01	< 0,01
46	- dieldrin	mg/L	< 0,01	< 0,01
47	- endrin	mg/L	< 0,002	< 0,002
48	- isodrin	mg/L	< 0,002	< 0,002
49	Solventi clorurati (5)	mg/L	< 1	< 2
50	*Escherichia coli* (6)	UFC/100mL	Nota	
51	Saggio di tossicità acuta (7)		Il campione non è accettabile quando dopo 24 ore il numero degli organismi immobili è uguale o maggiore del 50% del totale	il campione non è accettabile quando dopo 24 ore il numero degli organismi immobili è uguale o maggiore del 80% del totale

Tabella 3 di cui all'Allegato 5 del D.Lgs 152/2006: Valori limiti di emissione in acque superficiali e in fognatura

8.2 Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia

Nel presente progetto si prevede l'adozione di un sistema di trattamento delle acque meteoriche di dilavamento delle superfici pavimentate di tipo continuo (funzionante unicamente a gravità).

Il sistema è costituito dai seguenti elementi, tutti di tipo prefabbricato:

- Pozzetto separatore a cui afferisce l'intera portata dilavante le superfici pavimentate. In tale manufatto avviene la separazione tra le acque di prima pioggia, destinate al trattamento, e quelle di seconda pioggia, che possono essere recapitate direttamente al ricettore finale, rappresentato rispettivamente per gli impianti di trattamento VPP1,VPP2,VPP4,VPP5,VPP6 dal Torrente Voltaladri e per quello VPP3 dal Torrente Diavolone.
- Sedimentatore statico dove avviene la separazione a gravità degli olii liberi e delle sostanze sedimentabili contenuti nelle acque di prima pioggia.
- Il separatore olii con filtro a coalescenza, in cui la separazione della frazione oleosa avviene sfruttando sia le differenze di peso specifico tra acqua e olio che il fenomeno della coalescenza, per cui le goccioline d'olio disperse in acqua (liquidi non miscibili) tendono progressivamente ad aggregarsi tra loro. All'entrata del separatore un deflettore di calma in acciaio inox tubo devia l'acqua verso il basso, determinando un acquietamento delle acque ed un'uniforme distribuzione del flusso nella vasca. Per effetto del loro diverso peso specifico, le particelle più leggere (olii) salgono in superficie, mentre l'acqua defluisce dall'apertura d'uscita posta in basso, dalla parte opposta dell'ingresso. Le particelle leggere che si sono separate e raccolte in superficie formano uno strato galleggiante di spessore crescente che dovrà essere periodicamente rimosso. Poiché l'acqua in uscita contiene ancora particelle d'olio di dimensioni piccolissime non fisicamente separabili, prima di uscire dal separatore viene fatta passare attraverso il filtro a coalescenza, in maglia di polipropilene. Questo dispositivo fluido-dinamico migliora e facilita la separazione delle sostanze oleose, in modo particolare di quelle microparti che per le loro ridottissime dimensioni tenderebbero a rimanere ingabbiate tra le molecole d'acqua, e quindi a fuoriuscire con essa, senza fermarsi nel disoleatore, come fanno invece, galleggiando, le parti più grandi. Il fenomeno, reso possibile sfruttando la diversa tensione superficiale degli olii rispetto all'acqua, viene amplificato dall'elevata superficie del pacco lamellare che costituisce il filtro e dal fatto che esso viene fatto lavorare in controcorrente. Le acque trattate fuoriescono dal dispositivo attraverso un sifone dotato di otturatore a galleggiante che si chiude in caso di raggiungimento del volume massimo di stoccaggio degli olii e /o in caso di evento eccezionale (rovesciamento di autocisterne) - il riversamento degli stessi oli all'interno degli scarichi e di conseguenza nel recapito finale . Vengono così garantiti effluenti con concentrazione di idrocarburi inferiore a 5 mg/l.

Il dimensionamento del sistema di trattamento delle acque di prima pioggia è condotto secondo quanto previsto dalle norme UNI EN 858-1:2005 "Impianti di separazione per liquidi leggeri. Parte 1: principi di progettazione, prestazione e prove sul prodotto, marcatura e controllo qualità" e UNI EN 858-2:2004 "Impianti di separazione per liquidi leggeri. Scelta delle dimensioni nominali, installazione, esercizio e manutenzione".

Conformemente a quanto indicato nella norma UNI EN 858-1:2005, le parti che compongono gli impianti di separazione sono due (vedi **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**1):

- Sedimentatore: parte di impianto in cui il materiale (fango, limo, sabbia) sedimenta
- Separatore: parte dell'impianto che separa, trattenendolo, il liquido leggero dalle acque reflue. Il separatore può essere di Classe I (per concentrazioni di olio residuo allo scarico < 5 mg/l) o di Classe II (per concentrazioni di olio residuo allo scarico < 100 mg/l) e può essere dotato di bypass (dispositivo che consente il passaggio di una portata in eccesso).

Componenti		Contenuto massimo ammissibile di oli residuo (mg/l)	Lettera codice
Sedimentatore			S
Separatore	Classe II	100 (tecnica di separazione tipica a gravità)	II
	Classe I	100 (tecnica di separazione tipica a gravità)	I

Tipologia di componenti di un impianto separatore

Le dimensioni nominali preferenziali NS per impianti di separazione di liquidi leggeri sono 1, 3, 5, 6, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 300, 400 e 500 l/s e vanno scelte approssimando per eccesso le dimensioni ottenute dalla formula seguente (punto 4.3.1 della UNI EN 858-2:2005):

$$NS = \left(Q_{pp} + f_x Q_s\right) f_d$$

dove:

- NS - rappresenta la dimensione nominale del separatore;
- Q_{pp} - la portata massima dell'acqua di prima pioggia in l/s;
- Q_s - la portata massima delle acque reflue in l/s
- f_x - il fattore di impedimento che dipende dalla natura dello scarico;
- f_d - il fattore di massa volumetrica del liquido leggero in oggetto.

Poiché gli impianti in studio trattano solo acqua piovana, si ha $Q_s = 0$ e quindi la precedente relazione diventa:

$$NS = Q_{pp} \times f_d$$

Per quanto riguarda il valore da assegnare al coefficiente fd, essi sono riportati in Tabella 8.3in funzione di alcuni particolari inquinanti e della tipologia di disoleatore.

Il disoleatore previsto in progetto è del tipo S II I P essendo composto in serie da un sedimentatore, da un disoleatore di classe I e da un disoleatore di classe II.

Dall'analisi della seguente, si osserva che il coefficiente fd, per un disoleatore di tipo S II I P, è sempre pari ad 1; pertanto la dimensione nominale del disoleatore è pari alla portata massima che lo stesso può trattare.

prospetto A.1

Liquido leggero	Massa volumica a temperatura da 15 °C a 20 °C (g/cm^3)	Separabilità	Classe			Osservazioni	
			S-II-P	S-I-P	S-II-I-P	Solubilità massima in acqua in particolari condizioni	Altro
Amilacetato di acido acetico	0,876	Si	2	1,5	1	2,5 g/l	a)
Etilestere di acido acetico (Etilacetato)	0,9	Limitata	3	2	1	86,0 g/l	Dopo un certo tempo, decomposizione in acido acetico e acqua
Metilacetato di acido acetico	da 0,930 a 0,934	Limitata	3	2	1	292 g/l	a) particolarmente in vani chiusi
n-butil estere dell'acido acetico	0,876	Limitata	2	1,5	1	7 g/l	Dopo un certo tempo, decomposizione in acido acetico e acool etilico
Acetone	0,791	No	-	-	-	Illimitata	-
Olio d'ambra	0,8	Si	1	1	1	-	-
Alcool amilico	0,815	Limitata	1	1	1	27 g/l	Miscele con acqua dannose
Benzene	0,87	Si	2	1,5	1	1,8 g/l	a)
Alcool butilico	0,81	Limitata	1	1	1	90 g/l	a)
Olio di catrame	da 0,86 a 0,89	Si	2	1,5	1	0,2 g/l	-
Olio di cresolo	1,03	No	-	-	-	20 g/l	-
Cicloesanolo	0,968	No	-	-	-	56,7 g/l	-
Cicloesano	da 0,778 a 0,779	Si	1	1	1	Quasi insolubile	a)
Decalina (decaidro-naftalene)	da 0,870 a 0,896	Si	2	1,5	1	Quasi insolubile	-
Olio combustibile, gasolio	0,85	Si	1	1	1	Quasi insolubile	-
Dietil etere	0,714	Limitata	1	1	1	75 g/l	Emissione di gas di dietil etere
Diossano	0,10306	No	-	-	-	Illimitata	a) In caso di concentrazione elevata
Alcool etilico	0,789	No	-	-	-	Illimitata	a) In caso di concentrazione elevata
Etilbutirrato (n-etiletere di acido butirrico)	0,879	Limitata	2	1,5	1	6,2 g/l	a)
Etilmetilchetone	0,805	No	-	-	-	Ben solubile	-
Etilestere di acido formico	da 0,919 a 0,921	Limitata	3	2	1	110 g/l	a)
Metilestere di acido formico	da 0,969 a 0,971	Limitata	3	2	1	3 000 g/l	a)
Olio combustibile, extra leggero	<0,86	Si	1	1	1	Quasi insolubile	-
Olio combustibile, leggero	0,87	Si	2	1,5	1	-	-
Olio combustibile, medio	0,92	Si	3	2	1	-	-
Olio combustibile, pesante	da 0,94 a 0,99	Limitata fino a ~0,96 g/cm^3	3	2	1	Quasi insolubile	-
Benzina pesante	da 0,70 a 0,75	Si	1	1	1	Quasi insolubile	-

Valore da assegnare al coefficiente di massa volumica f_d (UNI EN858-2)

prospetto A.1 (Continua)

Liquido leggero	Massa volumica a temperatura da 15 °C a 20 °C (g/cm^3)	Separabilità	f_d			Osservazioni	
			S-II-P	S-I-P	S-II-I-P	Solubilità massima in acqua in particolari condizioni	Altro
Eptano	0,684	Si	1	1	1	Quasi insolubile	a)
Esano	0,659	Si	1	1	1	Quasi insolubile	a)
Alcool isoamilico	0,813	Limitata	1	1	1	30 g/l	
Alcool isobutilico	0,806	Limitata	1	1	1	95 g/l	a) in giornate calde
Alcool isopropilico	0,785	No	-	-	-	Illimitata	a)
Cherosene (benzina per aviazione)	0,8	Si	1	1	1	-	a) Se esposto alle radiazioni solari
Olio leggero → olio combustibile, leggero							
Benzina leggera → benzina							
Olio di catrame da lignite → olio di catrame							
Olio lubrificante	da 0,89 a 0,9	Si	2	1,5	1	Quasi insolubile	-
Alcool metilico	da 0,790 a 0,791	No	-	-	-	Illimitata	a)
Metilcicloesanolo	da 0,91 a 0,94	Si	3	2	1	-	-
Olio di trementina	da 0,86 a 0,87	Si	2	1,5	1	-	a) in caso di temperature più elevate
Olio di paraffina	da 0,88 a 0,94	Si	3	2	1	Quasi insolubile	-
Pentano	da 0,625 a 0,626	Si	1	1	1	0,36 g/l	a)
Benzina, miscela di marche	da 0,77 a 0,79	Si	1	1	1	-	a)
Benzina di marca	da 0,68 a 0,75	Si	1	1	1	-	a)
Benzina per auto da gara	0,78	Si, ma controllare la formula	1	1	1	-	a)
Petrolio	0,8	Si	1	1	1	Quasi insolubile	-
Olio di pino → olio di trementina							
Etilestere di acido propionico	da 0,889 a 0,891	Si	2	1,5	1	22 g/l	a)
Alcool propilico	0,804	No	-	-	-	Illimitata	-
Propilbutirrato	0,88	Si	2	1,5	1	≈0,3 g/l	-
Tetralina (tetraidronaftalene)	da 0,967 a 0,969	Limitata	3	2	1	-	-
Benzina per prove e collaudi	da 0,764 a 0,794	Si	1	1	1	Quasi insolubile	-
Toluene	da 0,866 a 0,867	Si	2	1,5	1	Quasi insolubile	a)
Carburante per autotrazione → gasolio e petrolio							
Olio per trasformatori (oli di isolamento) - non contenenti PCB - contenenti PCB PCB = policlorobifenili	≈0,82	Si No	1 -	1 -	1 -	-	-
Xilene	da 0,862 a 0,875	Si	2	1,5	1	0,2 g/l	a)

a) Possibile formazione di atmosfera esplosiva sopra il livello dell'acqua.

Gli impianti di separazione devono comprendere, inoltre, un sedimentatore, in forma di unità separata o come parte integrante del separatore, il cui volume può essere stabilito come indicato nella Tabella seguente

Quantità di fango		Volume minimo del sedimentatore
Nessuna	• condensato	Non richiesto
Ridotta	• acque reflue di trattamento con volume di fango definito • tutte le aree di raccolta dell'acqua piovana in cui sono presenti piccole quantità di limo prodotto dal traffico o similari, vale a dire bacini di raccolta in aree di stoccaggio carburante e stazioni di rifornimento coperte	$\frac{100\ NS}{f_d}$
Media	• stazioni di rifornimento, autolavaggi manuali, lavaggio di componenti • aree di lavaggio bus • acque reflue da garage, aree di parcheggi veicoli • centrali elettriche, impianti e macchinari	$\frac{200\ NS}{f_d}$
Elevata	• impianti di lavaggio per veicoli da cantiere, macchine da cantiere, macchine agricole • aree di lavaggio autocarri • autolavaggi automatici, vale a dire self-service	$\frac{300\ NS}{f_d}$

Dimensionamento del sedimentatore

Il caso in esame ricade nell'ambito di "quantità di fango ridotta" e, dunque, il volume minimo del sedimentatore risulta pari a 100 NS / fd.

Per quanto riguarda le tubazioni di raccordo dei vari componenti il sistema di trattamento, il punto 6.3.5 della norma stabilisce i seguenti diametri nominali minimi, in funzione del valore NS del disoleatore.

DN	DN $_{min}$
NS<3	100
3<NS<6	125
6<NS<10	150
10<NS<20	200
20<NS<30	250
30<NS<100	300
NS>3	400

Diametri nominali minimi delle tubazioni

La Normativa vigente definisce acque meteoriche di prima pioggia le acque corrispondenti, per ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio; ai fini del calcolo delle portate si stabilisce che tale valore si verifichi in 15 minuti; i coefficienti di deflusso si assumono pari ad 1 per le superficie coperte, lastricate o impermeabilizzate.

Il calcolo della portata di prima pioggia, corrispondente alla taglia NS del sistema di trattamento da adottare, è condotto, perciò, applicando la seguente relazione

$$Q = NS = \frac{c \cdot S \cdot h}{60 \cdot t_c} = \frac{1 \cdot S_{imp} \cdot 5}{60 \cdot 15} \left(l/s\right)$$

dove:

S_{perm} = area del bacino occupato da superfici impermeabili (m^2);

Si riportano di seguito in forma tabellare i risultati del dimensionamento degli impianti di trattamento. La tabella sotto riportata definisce la capacità per la unità di trattamento prevista.

Impianto di Prima Pioggia	Φ	i (mm/ora)	Area Drenata (ha)	Q_{pp} (mc/s)	NS (l/s)
VPP1	1	20	2.20	0.12	120
VPP2	1	20	3.59	0.20	200
VPP3	1	20	4.69	0.26	300
VPP4	1	20	2.85	0.16	200
VPP5	1	20	1.66	0.09	100
VPP6	1	20	6.31	0.35	400

Tabella 8.7 – La capacità della vasca per l'unità di trattamento

Va osservato che l'impianto n.3 è stato dimensionato per accogliere e trattare anche le portate di dilavamento del futuro Apron Ovest.

9 VERIFICA STATICA DELLE TUBAZIONI

Il comportamento statico delle condotte interrate si distingue in base alla loro rigidezza: mentre nelle condotte rigide si verifica una modesta deformazione prima della rottura che fa sì che il criterio di dimensionamento sia quello che fa capo al massimo carico di collasso, nelle condotte flessibili si possono verificare deformazioni significative molto prima di giungere alla rottura. In questo caso il criterio di dimensionamento si basa sull'individuazione della massima ovalizzazione che il tubo può subire, da confrontare con la massima ovalizzazione ammissibile. La distinzione tra condotte rigide e condotte flessibili si basa sulla determinazione del coefficiente di elasticità "n":

$$n = \frac{E_{terr}}{E_{tubaz}} \left(\frac{r}{s}\right)^3$$

dove:

E_{terr} = modulo elastico del terreno;

E_{tubaz} = modulo elastico del materiale costituente la tubazione;

r = raggio della tubazione;

s = spessore della tubazione

Si ha:

n ≥ 1: Condotta "flessibile";

n < 1: "Condotta "rigida".

Le condotte in PEAD possono essere sempre classificate come "condotte flessibili", dal momento che il coefficiente di elasticità "n" ad esse competente risulta ai fini pratici maggiore di 1 per qualsiasi tipo di terreno e per qualsiasi dimensione del tubo.

9.1 Carichi sulla tubazione

Gli sforzi a cui è soggetta una tubazione interrata non sono facilmente quantificabili. Le principali componenti che determinano il carico sulla condotta sono il riempimento di terreno ed eventuali sovraccarichi accidentali statici e dinamici.

Il peso del terreno di riempimento della trincea sopra la tubazione, viene schematizzato come un sovraccarico uniformemente distribuito e i carichi dinamici vengono ripartiti tra il terreno e la tubazione in funzione dei rispettivi moduli di elasticità; tanto maggiore è il modulo di elasticità della tubazione rispetto al terreno più questa assume una maggiore aliquota del carico gravante e si comporta quindi come una tubazione rigida.

Nel caso di tubazione a comportamento flessibile, la rottura sopraggiunge quando le deformazioni hanno raggiunto livelli inaccettabili per il comportamento idraulico e la continuità dei giunti.

Un metodo affidabile valido da anni basato su basi teoriche o pratiche, è il metodo di Marston-Spangler, con cui si effettua la verifica statica di una tubazione interrata determinando i carichi statici e dinamici che insistono su di essa, il carico idraulico, e le reazioni del terreno, valutando le tensioni gravanti sulla tubazione e verificando che non venga raggiunto lo stato limite di rottura o deformazione.

<u>Carichi dovuto a rinterro</u>

L'azione dovuta al rinterro dipende dalla condizione della trincea di posa, che può essere stretta o larga o infinita.

- Trincea stretta $B \leq 3\ D_e$ con $B < H/2$
- Trincea larga $3D_e < B < 10\ D_e$ con $B < H/2$
- Trincea infinita $B \geq 10\ D_e$ con $B \geq H/2$

Dove:

H - profondità della generatrice superiore del tubo, in m;

B - larghezza della trincea alla profondità H, in m;

D_e - diametro esterno del tubo, in m;

Nel caso di uno scavo in trincea stretta, il carico del terreno gravante sulla unità di lunghezza di tubo, può essere espresso dalla formula, in N/m:

$$p_o = C\gamma_t D_e B$$

In cui:

C - coefficiente di carico del terreno;

γ_t - peso specifico del materiale di riempimento gravante sul tubo, in N/m^3;

De - diametro esterno del tubo, in m;

B – larghezza dello scavo misurata in corrispondenza dell'estradosso superiore della tubazione , in m;

Nel caso di trincea stretta il peso di rinterro gravante sul cielo della tubazione risulta diminuito per l'azione di attrito al contatto tra terreno indisturbato e rinterro, tale azione viene assunta dal coefficiente di carico statico del terreno C, di cui la formulazione è come segue:

$$C = \frac{1 - e^{\left(\frac{-2k\mu H}{B}\right)}}{2k\mu}$$

In cui:

H - altezza della copertura misurata dall'estradosso superiore del tubo, in m;

μ - coefficiente di attrito tra materiale di riempimento e quello del fianco dello scavo;

K - coefficiente di spinta attiva del terreno di riempimento.

Nel caso si trincea larga o indefinita, viene meno la collaborazione attritiva delle pareti della trincea, poiché esse sono molto distanti dal prisma di terreno direttamente gravante sul cielo della tubazione. In tal caso il carico dovuto a rinterro è pari a :

$$Q_t = \gamma_t H D_e$$

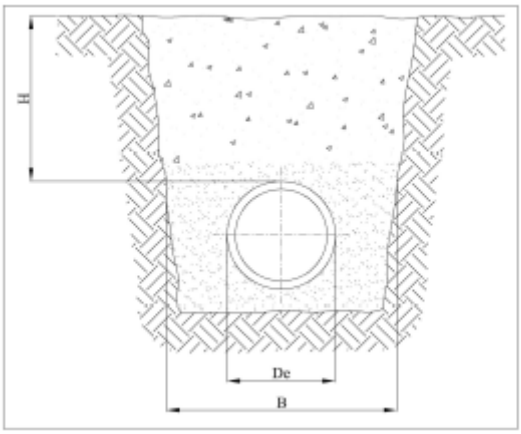
In cui:

Q_t - carico da rinterro sull'unità di lunghezza del tubo, in kN/m;

γ_t - peso del volume del terreno di riempimento della trincea kN/m3;

D_e - diametro esterno della tubazione;

H - altezza del terreno di riempimento della trincea sopra la generatrice superiore del tubo.



Azione dell'acqua

Se il tubo è posto in un terreno interessato da una falda freatica superficiale, occorre considerare anche la spinta provocata dall'acqua sulle pareti del tubo. Il carico è calcolato come:

$$Q_w = \gamma_w \left(H - H_1 + \frac{D_e}{2}\right) D_e$$

Dove:

Q_w - carico generato dalla spinta dell'acqua sull'unità di lunghezza del tubo, in kN/m;

γ_w - peso unitario dell'acqua, in kN/m^3;

H - profondità della somma del tubo rispetto alla superficie del terreno, in m;

H_1 - profondità della somma del tubo rispetto alla superficie libera della falda, in m;

D_e - diametro esterno del tubo, in m.

Azione dei sovraccarichi verticali

Per determinare quale sia l'estensione di tubazione soggetta ai carichi verticali si deve valutare la modalità di diffusione dei carichi superficiali nel terreno. A tal fine si utilizza la formula di Boussinesque che fornisce la tensione verticale in un punto del terreno, inteso come semispazio continuo omogeneo e isotropo, provocata da un carico statico verticale applicato in superficie, la formulazione è la seguente:

$$\sigma_z = \frac{3Q}{2\pi H^2}\left[\frac{1}{1+\left(\frac{r}{H}\right)^2}\right]^{\frac{5}{2}}$$

Dove:

σ_z - tensione verticale (Pa);

Q - carico superficiale totale ($Q = Q_t + Q_s$) (N);

H - altezza di copertura (m);

r - distanza orizzontale dal punto di carico (m);

La tensione si considera ugualmente distribuita su una larghezza pari al diametro orizzontale del tubo e di lunghezza unitaria. Il carico P_t unitario espresso in N/m, diviene quindi:

$$p_t = \sigma_z D_e$$

Nel caso di carico puntuale applicato sulla verticale della tubazione, caso di tensione massima, r = 0 e quindi il carico unitario per unità di lunghezza risulta:

$$p_t = \frac{3QD_e}{2\pi H^2}$$

I valori così calcolati, costituiscono tensioni provocate da un carico statico, quest'ultimi vanno incrementati con un coefficiente dinamico ω, che tiene conto della natura dinamica dell'applicazione del carico. La tensione si considera ugualmente distribuita su una larghezza pari al diametro orizzontale del tubo e di lunghezza unitaria, perciò il carico dinamico può essere espresso come:

$$p_t = \sigma_z D_e \omega$$

Dove:

ω - coefficiente dinamico.

9.1 Verifica statica con il metodo di Marston-Spangler

Dopo aver calcolato i carichi che agiscono sulla tubazione, la verifica viene eseguita con il metodo di Marston-Spangler.

Nel caso di una condotta flessibile la verifica statica risulta soddisfatta se il rapporto tra la deformazione Δ del diametro orizzontale e il diametro esterno D risulta inferiore al 5%.

L'analisi del sistema strutturale tubo flessibile-terreno è stata sviluppata nell'Università dello Iowa da Spangler e Marston. L'equazione di Spangler è stata poi modificata sulla base degli studi di Barnard ed altri nella forma comunemente accettata per il calcolo della deformazione dei tubi flessibili.

L'equazione di Spangler modificata si presenta come il rapporto tra il carico gravante sulla tubazione e la rigidezza della tubazione in relazione con la rigidezza del terreno, la relazione viene espressa dalla seguente formula:

$$\Delta_v = \frac{(d_1 p_0 + p_t) K_x}{8SN + 0.061E'}$$

Δv - deformazione, in m

d_1 - fattore di autocompattazione (1,5 per compattazioni moderate e 2 per compattazioni medie con limitata altezza di copertura)

p_o - carico del terreno, in N/m

p_t - carico dovuto al traffico, in N/m

K_x - costante di fondo

SN - rigidezza circonferenziale a lungo termine, riferita al diametro, in Pa

E' - modulo secante del terreno, in Pa

Il termine Kx, costante di fondo, che compare al numeratore nella formula della deformazione è legato al valore dell'angolo di supporto, anche chiamato angolo di sostegno, come rappresentato nella figura di seguito. I valori della costante Kx, funzione dell'angolo di supporto, sono riportati nella tabella seguente.

Angolo 2α	**0°**	**90°**	**120°**	**180°**
K_x	0,110	0,096	0,090	0,083

Tabella 9.1 - Valori della costante di fondo in funzione dell'angolo di supporto

Al crescere dell'angolo, decresce il valore della costante e quindi della deformazione. I valori di K_x sono interpolabili linearmente. La diminuzione della deformazione tra l'appoggio puntuale e l'appoggio massimo è del 24,5%. Per qualsiasi tubo flessibile (ma anche per quelli rigidi, per i quali l'appoggio riveste la stessa importanza) è quindi opportuno creare un letto di posa che permetta un angolo d'appoggio tra 90° e 120°. La condizione di massimo appoggio viene raggiunta eseguendo un'accurata compattazione del materiale di rinfianco fino ad un'altezza di circa 0,30 m sopra l'estradosso del tubo.

La rigidezza circonferenziale deve essere fornita dal produttore in base alle prove di laboratorio e calcoli secondo la norma UNI EN ISO 9969, ed è espressa dalla formula:

$$SN = \frac{EI}{D_e^3}$$

Dove:

E - modulo elastico del materiale del tubi per la durata stabilita, espresso in kN/m^2;

D_e - diametro medio del tubo, in m;

I – momento di inerzia della parete del tubo per unità di lunghezza, in m^4/m, in cui per uno spessore medio s si definisce:

$$I = \frac{s^3}{12}$$

Si tenga in considerazione che il modulo elastico E per verifiche a lungo termine va ridotto secondo le indicazioni del produttore dei tubi. In assenza di dati, il valore a lungo termine E va ridotto del 30-50% rispetto al valore assunto a breve termine.

Il modulo secante E' è una costante per tutti i diametri di tubo ed è funzione della natura del terreno e del grado di compattazione del terreno stesso. La classificazione generalmente adottata per la definizione del materiale è quella indicata nella norma americana ASTM 2487 e riportata nella tabella di seguito.

	Materiale alla rinfusa	Materiale compattato		
INDICE PROCTOR		**< 85%**	**85÷90%**	**> 95%**
DENSITA' RELATIVA		**< 40%**	**40÷70%**	**> 70%**
TIPO DI TERRENO	**E' (N/mm²)**			
Terreno con bassa granulometria LL > 50	0	0	0	0,35
Suoli con media ed alta plasticità	(è raccomandata un'analisi particolareggiata)			
Terreno coesivo a bassa granulometria LL>50. Suoli con media e bassa plasticità con meno del 25% di particelle grossolane	0,35	1,38	2,76	6,9
Terreno a bassa granulometria LL>50. Suoli con bassa o media plasticità, con più del 25% di particelle grossolane. Suoli con granulometria grossolana con più del 12% di particelle fini	0,69	2,76	6,9	13,8
Terreno con garnulometria grossolana,con meno del 12% di particelle fini	0,69	6,9	13,8	20,7
Misto di cava (crushed rock)	6,9	20,7	20,7	20,7
Accuratezza in termini di differenza tra deformazione calcolata e reale (in %)	± 2 %	± 2 %	± 2 %	± 0,5 %

Tabella 9.2 - Valori del modulo di resistenza del terreno

Nella formula per il calcolo della deformazione appare il modulo di resistenza del terreno, o modulo secante, valutato con la formulazione proposta di seguito:

$$E' = e\,r$$

Dove:

e - modulo elastico del terreno

r - raggio della tubazione.

La deformazione relativa δ è accettabile se:

$$\delta = \frac{\Delta_v}{D_e} \leq \delta_{lim}$$

In cui:

De - diametro esterno della tubazione, in m;

δ_{lim} - deformazione limite (%).

Nel presente progetto, il sistema di drenaggio delle acque meteoriche dilavanti le superfici pavimentate rispettivamente della RWY's 05-23, raccordo D, raccordo E, è realizzato mediante l'utilizzo di tubazioni in PEAD in classe di resistenza SN8. Per quanto concerne quello relativo all'Apron Est, si è adottato un sistema di canalette a fessura del tipo ACO Qmax realizzate MDPE classe di resistenza F900.

L'approccio metodologico seguito per la valutazione della risposta statica delle tubazioni ai carichi agenti, è stato quello di effettuare un'analisi critica, focalizzando l'attenzione sui tratti più sollecitati, ovvero i tratti in attraverso della RWY's 05-23 e dell'Apron, in quanto, le sezioni in condizioni meno gravose si assumono automaticamente verificate.

Per la verifica del sistema di drenaggio dell'Apron ai carichi di tipo aeroportuale, si è fatto riferimento alle prescrizioni operative e di messa in opera fornite dal produttore ACO Passavant S.p.a., il quale ne garantisce la resistenza ai carichi di tipo F900. Nella tabella seguente si riportano le raccomandazioni tecniche fornite dallo stesso nello specifico per il rinfianco in calcestruzzo ed il rinforzo in acciaio.

Product	Load Class	Concrete Grade	Concrete surround (Dimension X and Z)	
QMAX 225	D400	C20/25	150mm	No Reinforcement
QMAX 225	E600	C30/37 (or C32/40)	150mm	No Reinforcement
QMAX 225	F900	C30/37 (or C32/40)	200mm	Top Reinforcement only T10 bars
QMAX 350	D400	C20/25	150mm	No Reinforcement
QMAX 350	E600	C30/37 (or C32/40)	150mm	No Reinforcement
QMAX 350	F900	C30/37 (or C32/40)	200mm	Top Reinforcement only T10 bars
Qmax 550	D400	C20/25	150mm	No Reinforcement
Qmax 550	E600	C20/25	200mm	No Reinforcement
Qmax 550	F900	C30/37 (or C32/40)	200mm	Top Reinforcement only T10 bars
Qmax 700	D400	C20/25	150mm	No Reinforcement
Qmax 700	E600	C30/37 (or C32/40)	200mm	Top Reinforcement only T10 bars
Qmax 700	F900	C30/37 (or C32/40)	200mm	Full Reinforcement T12 top, T12 sides, A393 mesh base
Qmax 900	C250	C20/25	200mm	No Reinforcement
Qmax 900	D400	C30/37 (or C32/40)	200mm	Top Reinforcement only T12 bars
Qmax 900	F900	C30/37 (or C32/40)	200mm	Full Reinforcement T16 top, T12 sides, A393 mesh base
QMAX 900 Q-Slot Edge	F900	C30/37 (or C32/40)	200mm	Top Reinforcement only T12 bars

Tabella. 9.3 : Raccomandazioni tecniche per il rinfianco in calcestruzzo e i rinforzo in acciaio

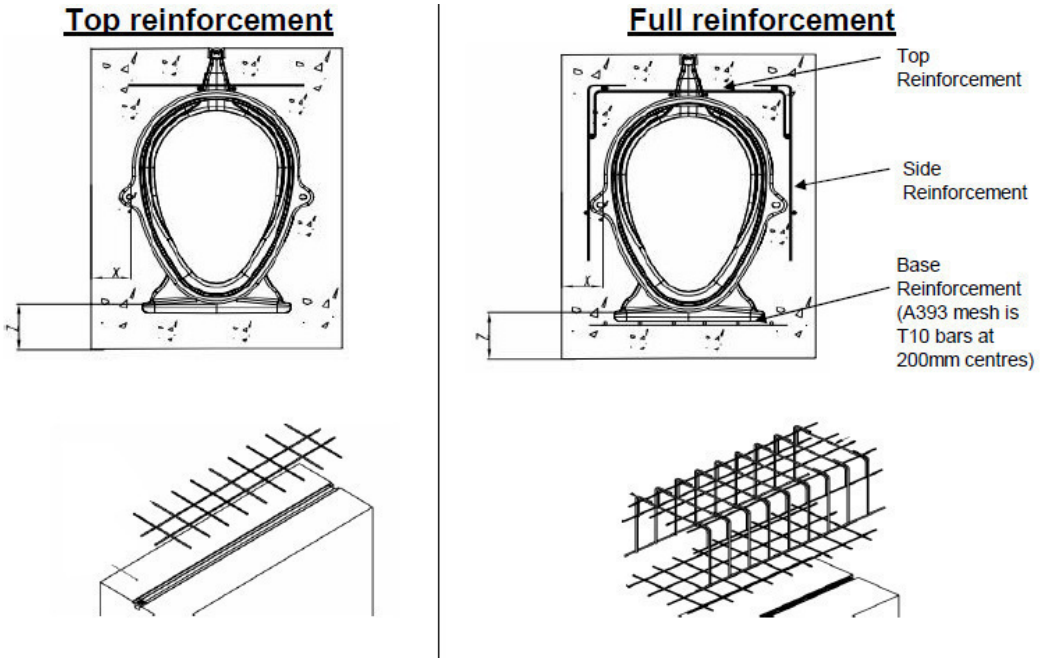


Figura.9.1 - Posizionamento dei rinforzi in acciaio

Per quanto concerne la verifica statica delle tubazioni in corrispondenza degli attraversamenti della pista di volo RWY's 05-23, si è utilizzato il programma messo a disposizione dalla Industrie Polieco – M.P.B. S.r.l. "Ecocalc 2011" versione 6.0.0, come rappresentata nel progetto definitivo.

In particolare si è proceduto con l'individuazione della sezione più critica al fine di valutare la verifica in corrispondenza della zona più sollecitata, ovvero la dorsale di attraversamento A3. Tale sezione, evidenzia un ricoprimento di 1,07m in corrispondenza di 10 m di distanza dall'asse pista, sezione in cui si presume massima la sollecitata indotta dal carico dovuto al passaggio della gamba di forza dell'aeromobile in fase di decollo e /o atterraggio. È stata scelta questa sezione, in quanto, i calcoli vanno eseguiti per le sezioni di testa dei tubi, ossia quelle con minor spessore di ricoprimento, che spesso conducono a valori maggiori delle deformazioni rispetto alle sezioni finali degli stessi tubi.

La verifica effettuata è stata svolta presupponendo una posa della tubazione in una trincea larga, assenza di falda ed in condizioni a lungo termine, è noto infatti che i materiali plastici presentano un decadimento nel tempo delle caratteristiche meccaniche. Una volta che la verifica a lungo termine ha dato esito positivo, quella a breve termine risulta automaticamente verificata. L'ipotesi di trincea larga è verificata dal fatto che la larghezza della trincea deve

essere almeno pari a 2 volte la dimensione del diametro (come da raccomandazioni del manuale tecnico della azienda produttrice), dato che il diametro della tubazione in esame è un PEAD DN 700 mm, risulta dalle formulazioni esplicitate nel presente paragrafo che si ricade in una verifica in trincea larga.

Il carico agente sulla tubazione è stato definito a partire dal carico che maggiormente sollecita la sezione della sovrastruttura in esame. In particolare è stato preso come riferimento l'aeromobile B737-800, in quanto è l'aeromobile più discriminante tra tutte le tipologie di aeromobili che interessano la sovrastruttura. Si presuppone che il carico più critico sia quello trasmesso dal carrello posteriore, a cui si associa 85% del Maximum design taxi weight fornito dalle case costruttrici, amplificato del 60% per tener in considerazione l'azione dinamica.

Spangler		
Dati di ingresso	**Quantità**	**Unità di misura**
Diametro esterno del tubo	700,00	(mm)
Rigidezza circonfer. del tubo	3,20	(kN/m²)
Costante di flessione del tubo	1,50	
Peso specifico del terreno	17200,00	(N/m³)
Angolo di attrito del terreno di riempimento	33,00	(°)
Coeff. di attrito tra riporto e trincea	0,65	
Modulo secante del terreno (E')	13,80	(N/mm²)
Costante di fondo	0,09	
Larghezza di trincea su generatrice superiore	1,40	(m)
Altezza di ricopertura del tubo su estradosso	1,07	(m)
Carico per ruota prodotto dal traffico	591,00	(kN)
Distanza orizzontale dal carico	0,00	(m)
Rigidezza	a lungo termine	
Carichi esterni	Terreno + Traffico	
Tipo di trincea	Larga Terrapieno	

Dati di uscita	**Quantità**	**Unità di misura**
Carico calcolato	185.411,000	(N/m)
Deformazione lineare	19,910	(mm)
Deformazione % rispetto a diametro originale	2,840	(%)

La verifica svolta con il software Ecocalc 2011 (come da progetto definitivo), risulta soddisfatta, in quanto la deformazione subita dalla tubazione risulta essere inferiore al limite ammissibile per le tubazioni spiralate in polietilene rinforzato con acciaio.

Deformazione della tubazione= 2.80 % < Deformazioni ammissibile =5% → verifica soddisfatta

10 ALLEGATI DI CALCOLO

Tr	25	anni	
a	48,54		
n	0,28		t>1ora
n	0,56		t<1ora
tc	5	min	
v	1	m/s	

Tratto RWY - LATO OVEST

Pozzetto		lunghezza (L)	larghezza (l)	superficie tratto	superficie totale	Diametro	pendenza	Scabrezza
partenza	arrivo	m	m	ha		mm	m/m	[$m^{1/3}s^{-1}$]
P01CD	P02CD	24,7	30	0,074			0,022	85
						400		
P02CD	P05CD	74,1	30	0,222	0,2964	400	0,010	85
P05CD	P13CD	196,92	30	0,591	0,88716	500	0,012	85
P13CD	P24CD	270,36	30	0,811	1,69824	600	0,010	85
						600		
P24CD	P39CD	355,3	30	1,066	2,76414	800	0,009	85
P39CD	P01A3	120	2	0,024	2,78814	800	0,005	85

ta	v	tr	tc	h	i	ceff. Deflusso φ	A	portata (Q)	Diametro	Tirante idrico	Velocità	Grado riempimento
ore	m/s	ore	ore	mm	mm/ora		ha	m3/s	m	m	m/s	%
0,083	1	0,0069	0,0902	12,6183	140	1	0,074	0,029	0,4	0,080	1,67	20
0,083	1,67	0,0041	0,0874	12,4012	142	1	0,074	0,029	0,4	0,080	1,67	20
0,083	2,67	0,0103	0,0936	12,8839	138	1	0,296	0,113	0,4	0,190	1,79	48
0,083	1,79	0,0153	0,0987	13,2688	134	1	0,296	0,111	0,4	0,190	1,79	48
0,083	2,79	0,0294	0,1128	14,3002	127	1	0,887	0,312	0,5	0,300	2,50	60
0,083	2,5	0,0329	0,1162	14,5411	125	1	0,887	0,308	0,5	0,300	2,5	60
0,083	3,5	0,0449	0,1283	15,3685	120	1	1,698	0,565	0,6	0,420	2,69	70
0,083	2,69	0,0585	0,1418	16,2562	115	1	1,698	0,541	0,6	0,410	2,67	68
0,083	2,67	0,0589	0,1422	16,2843	114	1	1,698	0,540	0,6	0,410	2,67	68
0,083	3,67	0,0697	0,1531	16,9684	111	1	2,764	0,851	0,8	0,450	2,90	57
0,083	2,90	0,0883	0,1716	18,0889	105	1	2,764	0,809	0,8	0,440	2,87	55
0,083	2,87	0,0892	0,1725	18,1433	105	1	2,764	0,808	0,8	0,440	2,87	55
0,083	3,87	0,0747	0,1581	17,2771	109	1	2,788	0,846	0,8	0,550	2,29	69
0,083	2,29	0,1263	0,2097	20,2367	97	1	2,788	0,748	0,8	0,500	2,23	63
0,083	2,23	0,1297	0,2131	20,4198	96	1	2,788	0,742	0,8	0,500	2,23	63
						Portata vasca P3		**0,742**				

Pozzetto		lunghezza (L)	larghezza (l)	superficie tratto	superficie totale	Diametro	pendenza	Scabrezza
partenza	arrivo	m	m	ha		mm	m/m	
P40CD	P44CD	100	30	0,30	0,30	400	0,009	85
		100	30					
P44CD	P52CD	198	30	0,59	0,89		0,009	85
						500		
P52CD	P58CD	148	30	0,44	1,34	600	0,009	85
P58CD	P54CS	60	0		1,34			
P25CS	P28CS	74	30	0,22	0,24		0,012	85
P28CS	P36CS	198	30	0,59	0,83		0,012	85
P36CS	P48CS	296	30	0,89	1,72		0,009	85
P48CS	P54CS	148	30	0,44	2,17	800	0,009	85
P54CS	P04A2	155	2	0,03	3,54	800	0,006	85

ta	v	tr	tc	h	i	ceff. Deflusso ©	A	portata (Q)	Diametro	Tirante idrico	Velocità	Grado riempimento
ore	m/s	ore	ore	mm	mm/ora		ha	m3/s	m	m	m/s	%
0,083	1	0,0278	0,111	14,182	127,6	1	0,30	0,106	0,4	0,20	1,74	50
0,083	1,74	0,016	0,099	13,316	134,1	1	0,30	0,112	0,4	0,20	1,74	50
0,083	2,74	0,030	0,114	14,352	126,4	1	0,89	0,314	0,5	0,33	2,23	66
0,083	2,23	0,037	0,120	14,834	123,2	1	0,89	0,306	0,5	0,33	2,23	66
0,083	3,23	0,038	0,122	14,921	122,6	1	1,34	0,456	0,6	0,38	2,48	63
0,083	2,48	0,050	0,133	15,702	117,8	1	1,34	0,438	0,6	0,37	2,45	61
0,083	2,45	0,051	0,134	15,742	117,6	1	1,34	0,437	0,6	0,37	2,45	61
0,083	3,45	0,041	0,124					0,437	0,6	0,37	2,45	61
0,083	1	0,021	0,104	13,660	131,4	1	0,22	0,081	0,4	0,16	1,81	40
0,083	1,81	0,011	0,095	12,968	136,9	1	0,22	0,085	0,4	0,16	1,81	40
0,083	2,81	0,027	0,110	14,116	128,1	1	0,82	0,290	0,5	0,29	2,47	58
0,083	2,47	0,031	0,114	14,379	126,3	1	0,82	0,286	0,5	0,29	2,47	58
0,083	3,47	0,045	0,129	15,405	119,6	1	1,70	0,566	0,6	0,43	2,56	72
0,083	2,56	0,062	0,145	16,460	113,5	1	1,70	0,537	0,6	0,42	2,55	70
0,083	2,55	0,062	0,145	16,475	113,5	1	1,70	0,537	0,6	0,42	2,55	70
0,083	3,55	0,056	0,139	16,101	115,5	1	2,15	0,690	0,8	0,40	2,76	50
0,083	2,76	0,072	0,155	17,114	110,1	1	2,15	0,657	0,8	0,39	2,73	49
0,083	2,73	0,073	0,156	17,163	109,9	1	2,15	0,656	0,8	0,39	2,73	49
0,083	6,18	0,062	0,145	16,476	113,4	1	3,52	1,108	0,8	0,64	2,57	80
0,083	2,57	0,149	0,232	21,427	92,3	1	3,52	0,902	0,8	0,55	2,51	69
0,083	2,51	0,152	0,236	21,610	91,7	1	3,52	0,896	0,8	0,54	2,5	68
0,083	2,5	0,153	0,236	21,641	91,6	1	3,52	0,895	0,8	0,54	2,5	68
						Portata vasca P2		**0,895**				

Pozzetto		lunghezza (L)	larghezza (l)	superficie tratto	superficie totale	Diametro	pendenza	Scabrezza
partenza	arrivo	m	m	ha		mm	m/m	
P55CS	P56CS	20,7	30	0,062			0,002	85
						400		
P56CS	P60CS	123,5	30	0,371	0,433	500	0,002	85
						500		
P60CS	P65CS	123,5	30	0,371	0,803	600	0,002	85
						600		
P65CS	P66CS	20,81	30	0,062	0,062	400	0,003	85

ta	v	tr	tc	h	i	ceff. Deflusso ©	A	portata (Q)	Diametro	Tirante idrico	Velocità	Grado riempimento
ore	m/s	ore	ore	mm	mm/ora		ha	m3/s	m	m	m/s	%
0,083	1	0,0058	0,089	12,531	141	1	0,0621	0,024	0,4	0,130	0,66	33
0,083	0,66	0,0087	0,092	12,763	139	1	0,0621	0,024	0,4	0,130	0,66	33
0,083	1,66	0,0241	0,107	13,919	130	1	0,43	0,156	0,5	0,350	1,06	70
0,083	1,06	0,0378	0,121	14,883	123	1	0,43	0,148	0,5	0,340	1,06	68
0,083	1,06	0,0378	0,121	14,883	123	1	0,43	0,148	0,5	0,340	1,06	68
0,083	2,06	0,0361	0,119	14,767	124	1	0,80	0,276	0,6	0,450	1,22	75
0,083	1,22	0,0612	0,144	16,429	114	1	0,80	0,254	0,6	0,420	1,20	70
0,083	1,20	0,0620	0,145	16,480	113	1	0,80	0,253	0,6	0,420	1,20	70
0,083	1,00	0,0058	0,089	12,533	141	1	0,06	0,024	0,4	0,120	0,78	30
0,083	0,78	0,0074	0,091	12,661	140	1	0,06	0,024	0,4	0,120	0,78	30

Pozzetto		lunghezza (L)	larghezza (l)	superficie tratto	superficie totale	Diametro	pendenza	Scabrezza
partenza	arrivo	m	m	ha		mm	m/m	
P71CD	P73CD	49,4	30	0,148			0,007	85
						400		
P73CD	P82CD	222,3	30	0,667	0,82	500	0,007	85
						500		
P82CD	P83CD	24,7	30	0,074	0,89	600	0,007	85
						600		
P83CD	P80CS	95	0	0,000	0,89	600	0,004	85

ta	v	tr	tc	h	i	ceff. Deflusso ©	A	portata (Q)	Diametro	Tirante idrico	Velocità	Grado riempimento
ore	m/s	ore	ore	mm	mm/ora		ha	m3/s	m	m	m/s	%
0,083	1	0,0137	0,097	13,15	135	1	0,1482	0,056	0,4	0,150	1,34	38
0,083	1,34	0,0102	0,094	12,88	138	1	0,1482	0,057	0,4	0,150	1,34	38
0,083	2,34	0,0323	0,116	14,50	125	1	0,82	0,284	0,5	0,340	1,98	68
0,083	1,98	0,0381	0,121	14,91	123	1	0,82	0,278	0,5	0,340	1,98	67
0,083	1,976	0,0382	0,122	14,91	123	1	0,82	0,278	0,5	0,340	1,98	67
0,083	2,98	0,0276	0,111	14,17	128	1	0,89	0,315	0,6	0,320	2,06	53
0,083	2,06	0,0400	0,123	15,03	122	1	0,89	0,301	0,6	0,310	2,03	52
0,083	2,03	0,0406	0,124	15,07	122	1	0,89	0,301	0,6	0,310	2,03	52
0,083	3,03	0,0359	0,119	14,75	124	1	0,89	0,306	0,6	0,380	1,66	63
0,083	1,66	0,0657	0,149	16,72	112	1	0,89	0,277	0,6	0,350	1,61	58
0,083	1,61	0,0675	0,151	16,83	112	1	0,89	0,276	0,6	0,350	1,61	58
						Portata vasca P1		**0,276**				

ta	v	tr	tc	h	i	ceff. Deflusso ©	A	portata (Q)	Diametro	Tirante idrico	Velocità	Grado riempimento
ore	m/s	ore	ore	mm	mm/ora		ha	m3/s	m	m	m/s	%
0,083	1	0,0206	0,104	13,66	131	1	0,2223	0,081	0,4	0,180	1,46	45
0,083	1,46	0,0141	0,097	13,18	135	1	0,2223	0,084	0,4	0,180	1,46	45
0,083	2,46	0,0223	0,106	13,79	130	1	0,59	0,215	0,5	0,270	1,96	54
0,083	1,96	0,0280	0,111	14,20	128	1	0,59	0,210	0,5	0,270	1,96	54
0,083	1,96	0,0280	0,111	14,20	128	1	0,59	0,210	0,5	0,359	1,08	60
0,083	2,96	0,0223	0,106	13,79	131	1	0,75	0,273	0,5	0,320	2,08	64
0,083	2,08	0,0317	0,115	14,46	126	1	0,71	0,249	0,5	0,300	2,04	60
0,083	2,04	0,0324	0,116	14,51	125	1	0,71	0,248	0,5	0,300	2,04	60
0,083	3,04	0,0240	0,107	13,91	130	1	1,06	0,380	0,6	0,350	2,28	58
0,083	2,28	0,0320	0,115	14,48	126	1	1,06	0,368	0,6	0,340	2,26	57
0,083	2,26	0,0323	0,116	14,50	125	1	1,06	0,368	0,6	0,340	2,26	57
0,083	3,26	0,0261	0,109	14,06	128	1	1,00	0,356	0,6	0,330	2,23	55
0,083	2,23	0,0289	0,112	14,26	127	1	1,00	0,352	0,6	0,330	2,23	55
0,083	4,84	0,0455	0,129	15,41	120	1	2,39	0,795	0,8	0,570	2,07	71
0,083	2,07	0,1066	0,190	19,15	101	1	2,39	0,670	0,8	0,510	2,01	64
0,083	2,01	0,1096	0,193	19,31	100	1	2,39	0,665	0,8	0,510	2,01	64

DRENAGGIO RACCORDO E

Pozzetto		L	Diametro	Pendenza	Scabrezza	Tc	i	Aimp	Aper	Φ	Q	Tirante idrico	Velocità	Grado Riempimento
partenza	arrivo	(m)	(m)	(m/m)		(ore)	(mm/ora)	(ha)	(ha)		(mc/s)	(m)	(m/s)	(%)
P01RE	P03RE	38	0.4	0.019	0.013	0.094	137.45	0.252	0.207	0.68	0.12	0.17	2.23	43.49
			0.4	0.019	0.013	0.088	141.38	0.252	0.207	0.68	0.12	0.18	2.26	44.55
P03RE	P06RE	60	0.5	0.015	0.013	0.105	131.00	0.374	0.324	0.67	0.17	0.21	2.24	41.27
			0.5	0.015	0.013	0.095	136.47	0.374	0.324	0.67	0.18	0.21	2.27	42.21
P06RE	P08RE	40	0.5	0.012	0.013	0.107	130.03	0.46	0.324	0.71	0.20	0.24	2.15	48.09
			0.5	0.012	0.013	0.101	133.37	0.46	0.324	0.71	0.21	0.24	2.17	48.81
			0.5	0.012	0.013	0.101	133.39	0.46	0.324	0.71	0.21	0.24	2.17	48.81
P08RE	P15CS	144.47	0.6	0.006	0.013	0.133	117.82	0.85	0.324	0.81	0.31	0.34	1.84	57.18
			0.6	0.006	0.013	0.110	128.08	0.85	0.324	0.81	0.34	0.36	1.88	60.32
			0.6	0.006	0.013	0.117	124.68	0.85	0.324	0.81	0.33	0.36	1.87	59.31

DRENAGGIO RACCORDO D

Pozzetto		L	Diametro	Pendenza	Scabrezza	Tc	i	Aimp	Aper	Φ	Q	Tirante idrico	Velocità	Grado Riempimento
partenza	arrivo	(m)	(m)	(m/m)		(ore)	(mm/ora)	(ha)	(ha)		(mc/s)	(m)	(m/s)	(%)
P01RD	P02RD	40	0.4	0.0035	0.013	0.094	137.10	0.19		1.00	0.07	0.22	1.05	53.76
			0.4	0.0035	0.013	0.094	137.44	0.19		1.00	0.07	0.22	1.05	53.93
P02RD	P03AP	140	0.5	0.0035	0.013	0.133	118.01	0.58	0.0166	0.98	0.19	0.35	1.32	69.18
			0.5	0.0035	0.013	0.134	117.37	0.58	0.0166	0.98	0.19	0.34	1.32	68.93
P03AP	P05AP	40	0.5	0.0035	0.013	0.134	117.36	0.58	0.1474	0.86	0.20	0.36	1.33	72.45
			0.5	0.0035	0.013	0.132	118.44	0.58	0.1474	0.86	0.21	0.37	1.34	73.00
			0.5	0.0035	0.013	0.132	118.45	0.58	0.1474	0.86	0.21	0.37	1.34	73.00
P05AP	P06AP	25.6	0.5	0.0035	0.013	0.132	118.17	0.58		0.86	0.21	0.36	1.34	72.90
			0.5	0.0035	0.013	0.132	118.24	0.58		0.86	0.21	0.36	1.34	72.94
P06AP	P08AP	57	0.5	0.0035	0.013	0.148	112.50	0.02		1.00	0.213	0.38	1.34	75.22
			0.5	0.0035	0.013	0.160	108.76	0.02		1.00	0.213	0.38	1.34	75.01

DRENAGGIO APRON

Pozzetto		L	Diametro	Pendenza	Scabrezza	Tc	i	Φ	A	Q	Tirante idrico	Velocità	Grado Riempimento
partenza	arrivo	(m)	(m)	(m/m)		(ore)	(mm/ora)		(ha)	(mc/s)	(m)	(m/s)	(%)
P09AP	P10AP	18	0.3	0.006	0.013	0.022	262.52	1.00	0.02	0.01	0.09	0.83	28.62
			0.3	0.006	0.013	0.023	257.43	1.00	0.02	0.02	0.09	0.84	28.82
P10AP	P12AP	50	0.6	0.006	0.013	0.19	101.64	1.00	1.43	0.40	0.41	1.95	68.02
			0.6	0.006	0.013	0.180	103.31	1.00	1.43	0.41	0.41	1.95	68.87
P12AP	P14AP	49	0.8	0.006	0.013	0.193	100.03	1.00	2.86	0.79	0.51	2.32	63.81
			0.8	0.006	0.013	0.186	101.85	1.00	2.86	0.81	0.52	2.33	64.59
P14AP	P16AP	48	0.8	0.008	0.013	0.199	98.81	1.00	4.26	1.17	0.62	2.78	77.88
		48	0.8	0.008	0.013	0.190	100.73	1.00	4.26	1.19	0.63	2.79	79.33
P16AP	P08AP	7	0.9	0.011	0.013	0.192	100.30	1.00	5.62	1.57	0.64	3.40	74.79
			0.9	0.011	0.013	0.191	100.60	1.00	5.62	1.57	0.64	3.40	75.39

Calcolo del velo idrico

RWY					
L_c	i_{tr}	i_{long}	i	L_{eff}	H_{max}
(m)	(m/m)	(m/m)	(m/m)	(m)	**(mm)**
30	0.015	0.0007	0.0150	30.22	**4.40**
30	0.015	0.0017	0.0151	30.23	**4.40**
30	0.015	0.0089	0.0174	30.26	**4.34**
30	0.015	0.0097	0.0179	30.27	**4.33**
30	0.015	0.0117	0.0190	30.28	**4.30**

Raccordo E					
L_c	i_{tr}	i_{long}	i	L_{eff}	H_{max}
(m)	(m/m)	(m/m)	(m/m)	(m)	**(mm)**
25	0.01	0.0061	0.0117	25.15	**4.07**
25	0.01	0.0118	0.0155	25.19	**3.97**
25	0.01	0.0084	0.0131	25.16	**4.03**

Raccordo D					
L_c	i_{tr}	i_{long}	i	L_{eff}	H_{max}
(m)	(m/m)	(m/m)	(m/m)	(m)	**(mm)**
25	0.01	0.0001	0.0100	25.12	**4.14**

Apron					
L_c	i_{tr}	i_{long}	i	L_{eff}	H_{max}
(m)	(m/m)	(m/m)	(m/m)	(m)	**(mm)**
50	0.006	0.008	0.0100	50.25	**5.22**
50	0.006	0.0075	0.0096	50.24	**5.24**
50	0.006	0.005	0.0078	50.19	**5.35**
50	0.006	0.008	0.0100	50.25	**5.22**
50	0.006	0.0075	0.0096	50.24	**5.24**
50	0.006	0.0063	0.0087	50.22	**5.29**

Perimetrale Nord					
L_c	i_{tr}	i_{long}	i	L_{eff}	H_{max}
(m)	(m/m)	(m/m)	(m/m)	(m)	**(mm)**
7	0.025	0.0189	0.0313	7.11	**2.42**
7	0.025	0.02863	0.0380	7.13	**2.37**
7	0.025	0.00095	0.0250	7.09	**2.47**
7	0.025	0.00715	0.0260	7.09	**2.46**
7	0.025	0.02072	0.0325	7.11	**2.41**
7	0.025	0.00211	0.0251	7.09	**2.47**

Perimetrale Sud					
L_c	i_{tr}	i_{long}	i	L_{eff}	H_{max}
(m)	(m/m)	(m/m)	(m/m)	(m)	(mm)
3	0.025	0.00339	0.0252	3.04	**1.61**
3	0.025	0.0199	0.0320	3.05	**1.58**
3	0.025	0.00621	0.0258	3.04	**1.61**
3	0.025	0.01226	0.0278	3.04	**1.60**
3	0.025	0.00782	0.0262	3.04	**1.61**
3	0.025	0.01145	0.0275	3.04	**1.60**
3	0.025	0.0022	0.0251	3.04	**1.61**
3	0.025	0.02209	0.0334	3.05	**1.57**
3	0.025	0.01554	0.0294	3.04	**1.59**
3	0.025	0.00717	0.0260	3.04	**1.61**

Perimetrale Est					
L_c	i_{tr}	i_{long}	i	L_{eff}	H_{max}
(m)	(m/m)	(m/m)	(m/m)	(m)	(mm)
3	0.025	0.0063	0.0258	3.04	1.61
3	0.025	0.0077	0.0262	3.04	1.61
3	0.025	0.0074	0.0261	3.04	1.61
3	0.025	0.0035	0.0252	3.04	1.61
3	0.025	0.0037	0.0253	3.04	1.61
3	0.025	0.0033	0.0252	3.04	1.61
3	0.025	0.020	0.0320	3.05	1.58
3	0.025	0.0121	0.0278	3.04	1.60

Dimensionamento sistema di drenaggio aco q_{max}

Indice pluviometrico

tp	0.167	i [l/(s*ha)]
i [mm/h]	107	297.5
Φ	1	

Caratteristiche Linee Drenaggio

Linea	ACO Qmax	Lunghezza (m)	Larghezza (m)	Area Drenata (mq)	Q drenata sigole aree (l/s)
1	350	50	50	2500	74.30
	700	99	50	4947.5	221.36
	900	143	50	7158	434.11
Linea	ACO Qmax	Lunghezza (m)	Larghezza (m)	Area Drenata (mq)	Q drenata sigole aree (l/s)
2	350	50	50	2500	74.30
	700	99	50	4947.5	221.36
	900	143	50	7158	434.11
Linea	ACO Qmax	Lunghezza (m)	Larghezza (m)	Area Drenata (mq)	Q drenata sigole aree (l/s)
3	350	50	50	2500	74.30
	700	99	50	4947.5	221.36
	900	143	50	7158	434.11
Linea	ACO Qmax	Lunghezza (m)	Larghezza (m)	Area Drenata (mq)	Q drenata sigole aree (l/s)
4	350	50	50	2500	74.30
	700	99	50	4947.5	221.36
	900	143	50	7158	434.11