

REGIONE PIEMONTE - PROVINCIA DI CUNEO - COMUNE DI FOSSANO

**NUOVA SEDE DELLA STRUTTURA COMPLESSA MAXI-EMERGENZA 118
EMERGENCYMEDICAL TEAM 2 (EMT2)**

CUP: I45F21001500001

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

PROGETTO ARCHITETTONICO/STRUTTURALE

LGA ENGINEERING srl

Dott. Ing. ALBERTO Andrea
Corso Roma 40, 12038, Savigliano (CN)
Ordine Ingegneri Prov. di Cuneo n° A2058

COLLABORATORI

Supervisore
Controllore
Progettista

INDAGINI GEOLOGICHE

GEOLAMBDA Engineering s.r.l.

Ing.DAGUATI Marco
Via A. Diaz n.22
26845 Codogno (LO)

PROGETTO IMPIANTI ED ENERGIA

Studio i4 Engineering s.r.l.

Ing.PANNIER SUFFAIT Luca
Ing.LEONE Andrea
Piazza Carlo Emanuele II n.13
10123 Torino (TO)

PROGETTO ANTINCENDIO

Arch. BORRA Emanuele

Via Francesco Petrarca 20
10123 Torino (TO)

**STAZIONE APPALTANTE
ASL-CN1**

SC Servizio Tecnico via
Carlo Boggio n°12
12100 Cuneo

Legale Rappresentante
Ing. IVO GAMBONE

**RESPONSABILE UNICO
DEL PROCEDIMENTO**

ASL-CN1

Ing. Claudio Riberi

IMPRESA

CODICE ELABORATO

03.01.PFTE.IMP.RCM

TITOLO

Relazione di calcolo impianti meccanici

DATA

06/03/2026

SCALA

2024	007	PFTE	RCM	01	R01
------	-----	------	-----	----	-----

REVISIONI

N°	Data	Descrizione	Eseguito	Verificato	Approvato
00	28/10/2024	Prima Emissione	AM	AM	LPS
01	06/03/2026	Rev 01 - Modifica posizione di accesso al lotto	AM	AM	LPS

INDICE

PREMESSA	4
IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE	5
DATI CLIMATICI ESTERNI DI RIFERIMENTO	5
TEMPERATURE ED UMIDITÀ ESTERNA	5
TEMPERATURE ED UMIDITÀ INTERNA INVERNALE.....	5
TEMPERATURE ED UMIDITÀ INTERNA ESTIVA.	5
RICAMBI D'ARIA ESTERNA (UNI 16798-1)	5
GRADO DI FILTRAZIONE DELL'ARIA	5
CARICHI TERMICI	6
IMPIANTO DI VENTILAZIONE	8
RETI AEREAULICHE – CRITERI DI CALCOLO	8
PERDITE DI CARICO NEI CONDOTTI AEREAULICI.....	10
DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI RICAMBIO ARIA	16
IMPIANTO IDRICOSANITARIO	17
DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI ADDUZIONE ACQUA CALDA E FREDDA SANITARIA	17
DIMENSIONAMENTO BOLLITORE ACS	20
RETE DI SCARICO ACQUE REFLUE	21
UNITÀ DI SCARICO PER APPARECCHI SANITARI (UNI EN 12056-2)	22
DIMENSIONAMENTO DELLE RETI.....	22
RELAZIONE DI CALCOLO RETE IDRICA ANTINCENDIO	23
VINCOLI DI PROGETTO	23
PRINCIPALI RISULTATI DI CALCOLO	24
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA.....	26
PIANO REGOLATORE GENERALE COMUNE DI FOSSANO	26
CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA.....	26
ANALISI IDROLOGICA.....	27
PROGETTO STRADA	27
METODOLOGIA.....	28

ESTRAZIONE DEI PARAMETRI E CALCOLO DELLA CPP	29
DETERMINAZIONE DELLE CURVE SEGNALATRICI DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA (CPP)	30
PIOGGE SUBORARIE	31
ANALISI IDRAULICHE	32
DIMENSIONAMENTO PLUVIALI.....	32
COEFFICIENTE UDOMETRICO	32
RETE DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE DA PIAZZALI E COPERTURE	33
STANDARD PROGETTUALI.....	33
DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.....	33
METODO RAZIONALE.....	35
DIMENSIONAMENTO COLLETTORI.....	35
DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI DISSABBIATURA E SEPARAZIONE OLI	40
RECAPITO FINALE – DIMENSIONAMENTO BACINO DI LAMINAZIONE/INFILTRAZIONE	41
VALVOLA DI REGOLAZIONE DELLA PORTATA.....	46
RETE SMALTIMENTO ACQUE REFLUE	47
DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI PUNTA.....	47
DESCRIZIONE RETE.....	48
IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO.....	48
 RIFERIMENTI LEGISLATIVI	 50
 GENERALITÀ.....	 50
LEGGI E NORME PRINCIPALI O SUCCESSIVE MODIFICHE	50

Premessa

Oggetto della presente relazione di calcolo è il Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica per la realizzazione degli impianti meccanici a servizio della nuova Sede EMT2, di proprietà dell'A.S.L. CN1, che sorgerà a Fossano (CN), in via Monsignor Angelo Soracco. Il progetto riguarda i seguenti impianti:

- impianto di climatizzazione invernale ed estiva;
- impianto di ventilazione meccanica;
- impianto idricosanitario e di produzione ACS a servizio dei locali accessori (spogliatoi/servizi igienici);
- rete di scarico acque reflue;
- rete di raccolta e smaltimento acque meteoriche;
- impianto idrico antincendio.

Il progetto è stato condotto con l'obiettivo di dare vita ad un sistema tecnologico che coniughi nel modo più appropriato ed integrato le seguenti esigenze:

- benessere ambientale;
- qualità ed elevati livelli di sicurezza ed affidabilità;
- ridotti consumi energetici;
- facilità di gestione e manutenzione;
- rispetto dell'ambiente mediante contenimento e controllo delle fonti inquinanti;
- concertazione ed integrazione dei sistemi impiantistici tra di loro e con l'organismo edilizio.

Impianto di climatizzazione

Il dimensionamento dell'impianto di climatizzazione invernale ed estiva si è basato sull'analisi dei carichi termici prodotti mediante modellazione energetica dell'edificio di nuova realizzazione. Si riportano nei successivi paragrafi i dati di input per la modellazione energetica.

DATI CLIMATICI ESTERNI DI RIFERIMENTO

- Provincia: Cuneo
- Comune: Fossano
- Gradi Giorno DPR 412/93: 2637
- Zona climatica: E
- Periodo di riscaldamento: dal 15 ottobre al 15 aprile - 183gg
- Categoria edificio DPR 412/93: E.2 Edifici adibiti ad uffici e assimilabili.

TEMPERATURE ED UMIDITÀ ESTERNA

- Invernale -9,1°C
- Estiva 29°C / 55% u.r.

TEMPERATURE ED UMIDITÀ INTERNA INVERNALE.

- Bagni 24°C
- Locali occupati 20°C / 50% u.r.
- Tolleranza temperatura ± 2 °C

TEMPERATURE ED UMIDITÀ INTERNA ESTIVA.

- Bagni 26°C
- Locali occupati 26°C / 50% u.r.
- Tolleranza temperatura ± 2 °C

RICAMBI D'ARIA ESTERNA (UNI 16798-1)

- Servizi igienici 8,0 Vol/h
- Magazzini max (8/s persona; 0,8 l/s mq)
- Uffici max (8/s persona; 0,8 l/s mq)

GRADO DI FILTRAZIONE DELL'ARIA

Zone condizionate:

- filtri piani 70% colorimetrico (G4)
- filtri a tasche 85% colorimetrico (F7)

CONFORMITÀ AI REQUISITI CAM 2022

Infine, il progetto dovrà altresì essere conforme ai criteri CAM 2022 emanati con decreto 23/06/2022, in

particolare ai criteri riguardanti gli aspetti impiantistici ed energetici, di cui si riporta di seguito un elenco.

- Punto 2.3.5.5 – Servizi per infrastrutture tecnologiche
- Punto 2.3.7 – Approvvigionamento energetico
- Punto 2.3.9 – Risparmio idrico
- Punto 2.4.1 – Diagnosi energetica
- Punto 2.4.2 – Prestazione energetica
- Punto 2.4.4 - Ispezionabilità e manutenzione degli impianti di riscaldamento e condizionamento
- Punto 2.4.5 – Aerazione, ventilazione e qualità dell'aria
- Punto 2.4.6 – Benessere termico
- Punto 2.5.12 – Tubazioni in PVC e in PP

Per tutti i punti sopra elencati si rimanda alla relazione specialistica CAM per una verifica puntuale di come il criterio sia rispettato nel progetto ed al capitolato speciale d'appalto degli impianti meccanici per quanto riguarda le specifiche sui materiali. Gli elaborati grafici, la relazione di calcolo e la relazione energetica (ex Legge 10) illustrano inoltre le scelte progettuali legate al rispetto del decreto CAM sopra discusso.

CARICHI TERMICI

L'impianto di climatizzazione è stato dimensionato a partire dai carichi termici desunti dalla modellazione energetica dell'edificio in progetto. Per la costruzione del modello energetico si sono utilizzati i dati di input riportati nei paragrafi precedenti e considerando le condizioni termoigrometriche richieste dall'edificio oggetto di progettazione, in funzione della sua collocazione geografica e della destinazione d'uso. La modellazione energetica ha prodotto dunque i carichi termici, invernali ed estivi, riportati nella tabella che segue. La stessa tabella riporta anche le unità di climatizzazione adottate in progetto.

CARICHI TERMICI INVERNALI							UNITA' INTERNE	
Piano	Descrizione	Φtr [W]	Φve [W]	Φrh [W]	Φhl [W]	Φhl(+15%) [W]	tipologia	Capacità in riscaldamento [W]
1	Ufficio 8	1432	305	0	1737	1998	cassetta 4 vie	3200
1	Sala regia	434	333	0	768	883	cassetta 4 vie	2500
1	Sala riunioni/conferenze	1519	5717	0	7236	8321	cassetta 4 vie	4 x 3200
1	Ufficio 1	1276	343	0	1619	1862	cassetta 4 vie	2500
1	Anti WCH	56	413	0	469	540	cassetta 4 vie	2500
1	Cabina wc*4 U	70	510	0	580	667	cassetta 4 vie	2500
1	Uffico 2	1630	571	0	2201	2531	cassetta 4 vie	3200
1	WCH	55	410	0	465	535	cassetta 4 vie	2500
1	Ufficio 5	462	169	0	630	725	cassetta 4 vie	2500
1	Anti wc U	77	576	0	653	751	cassetta 4 vie	2500
1	Cabina wc*4 D	72	550	0	622	716	cassetta 4 vie	2500
1	Refettorio	962	2758	0	3720	4278	cassetta 4 vie	2 x 3200
1	Ufficio 7	702	384	0	1086	1249	cassetta 4 vie	2500
T	Ufficio PT 5 postazioni	193	395	0	588	676	cassetta 4 vie	2500
1	Corridoio Distribuzione	1192	0	0	1192	1370	cassetta 4 vie	2500
1	Sala simulazioni 3	1674	865	0	2539	2919	cassetta 4 vie	6,4
T	Spogliatoio uomini	262	739	0	1001	1151	cassetta 4 vie	2500
T	WC1	65	387	0	452	519	cassetta 4 vie	2500
1	Meeting 1	138	319	0	457	526	cassetta 4 vie	2500
1	Meeting 2	312	977	0	1290	1483	cassetta 4 vie	2500
T	WC2	64	385	0	449	516	cassetta 4 vie	2500
T	Anti wc 2	14	388	0	402	462	cassetta 4 vie	2500
1	Corridoio Distribuzione	564	235	0	798	918	cassetta 4 vie	2500
1	Sala simulazioni 1	809	449	0	1257	1446	cassetta 4 vie	2500
1	Sala simulazioni 2	259	383	0	642	738	cassetta 4 vie	2500
T	anti WC1	131	169	0	300	345	cassetta 4 vie	2500
T	Spogliatoio donne	47	388	0	435	500	cassetta 4 vie	2500
1	Ufficio 6	373	169	0	542	623	cassetta 4 vie	2500
T	Disimpegno	736	245	0	981	1128	cassetta 4 vie	2500
1	Anti wc D	62	462	0	524	603	cassetta 4 vie	2500
1	Ufficio 4	505	245	0	750	863	cassetta 4 vie	2500
1	Ufficio 3	728	218	0	946	1088	cassetta 4 vie	2500
T	Magazzino PT	9177	13279	0	22456	25825	canalizzata	2 x 25000
T	EMT2	10686	15899	0	26584	30572	canalizzata	2 x 31500

CARICHI TERMICI ESTIVI									UNITA' INTERNE	
Piano	Locale	Qlrr	QTr	Qv	Qc	Qgl,sen	Qgl,lat	Qgl	tipologia	Capacità in riscaldamento
		[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]		[W]
1	Ufficio 8	100	212	592	678	881	700	1581	cassetta 4 vie	2800
1	Sala regia	0	81	565	1079	1036	689	1725	cassetta 4 vie	2200
1	Sala riunioni/conferenze	0	380	9714	16604	11401	15296	26697	cassetta 4 vie	4 x 2800
1	Ufficio 1	77	290	666	707	975	765	1740	cassetta 4 vie	2200
1	Anti WCH	0	15	694	138	196	651	847	cassetta 4 vie	2200
1	Cabina wc*4 U	-	-	-	-	-	-	-	cassetta 4 vie	2200
1	Ufficio 2	100	258	967	956	1142	1139	2282	cassetta 4 vie	2800
1	WCH								cassetta 4 vie	2200
1	Ufficio 5	30	69	290	373	363	399	762	cassetta 4 vie	2200
1	Anti wc U	-	-	-	-	-	-	-	cassetta 4 vie	2200
1	Cabina wc*4 D	-	-	-	-	-	-	-	cassetta 4 vie	2200
1	Refettorio	0	275	1744	4875	3532	3361	6893	cassetta 4 vie	2 x 2800
1	Ufficio 7	30	117	651	735	672	861	1533	cassetta 4 vie	2200
T	Ufficio PT 5 postazioni	0	26	754	679	571	887	1458	cassetta 4 vie	2200
1	Corridoio Distribuzione	0	255	1697	2762	2729	1986	4715	cassetta 4 vie	2200
1	Sala simulazioni 3	82	332	1649	1549	1714	1898	3612	cassetta 4 vie	2 x 2800
T	Spogliatoio uomini	0	33	1241	290	389	1174	1564	cassetta 4 vie	2200
T	WC1	-	-	-	-	-	-	-	cassetta 4 vie	2200
1	Meeting 1	0	38	543	619	435	765	1200	cassetta 4 vie	2200
1	Meeting 2	0	85	1642	1489	1232	1984	3216	cassetta 4 vie	2200
T	WC2	0	9	80	151	124	116	240	cassetta 4 vie	2200
T	Anti wc 2	0	0	105	144	133	116	249	cassetta 4 vie	2200
1	Corridoio Distribuzione	0	144	474	646	637	626	1263	cassetta 4 vie	2200
1	Sala simulazioni 1	82	111	772	588	655	899	1554	cassetta 4 vie	2200
1	Sala simulazioni 2	0	71	659	561	493	798	1291	cassetta 4 vie	2200
T	anti WC1	-	-	-	-	-	-	-	cassetta 4 vie	2200
T	Spogliatoio donne	0	0	395	539	497	436	933	cassetta 4 vie	2200
1	Ufficio 6	0	62	290	373	326	399	726	cassetta 4 vie	2200
T	Disimpegno	0	76	416	347	376	464	840	cassetta 4 vie	2200
1	Anti wc D	0	19	935	255	297	913	1210	cassetta 4 vie	2200
1	Ufficio 4	30	92	496	448	492	574	1066	cassetta 4 vie	2200
1	Ufficio 3	45	133	417	500	592	501	1093	cassetta 4 vie	2200
T	Magazzino PT	0	955	18795	24922	26108	18563	44672	canalizzata	2 x 22400
T	EMT2	2034	1631	24989	32825	36851	24628	61479	canalizzata	2x 28000

Impianto di ventilazione

RETI AERAILICHE – CRITERI DI CALCOLO

Per la progettazione delle reti di distribuzione dell'aria sono stati considerati i seguenti parametri fondamentali: portata e velocità dell'aria, disponibilità di spazio, sistemi di immissione dell'aria in ambiente, perdite di carico, livello sonoro ammissibile, perdite o guadagni di energia termica attraverso le pareti dei condotti, sistemi di coibentazione, sistemi di staffaggio, propagazione di fumo e/o fuoco, costi di intervento e costi di gestione. Le reti sono state dimensionate con il metodo della perdita di carico costante considerando una velocità massima in partenza dalle Unità di rinnovo aria pari a 5 m/s.

Tale metodo consiste nel calcolare le dimensioni dei canali partendo dal ramo principale, con una velocità prefissata che tenga conto, per esempio, delle esigenze di rumorosità, e proseguendo nell'assegnare a tutti i diversi tronchi successive dimensioni tali che, per la portata convogliata, la perdita di carico sia sempre costante ed uguale al valore iniziale. Tale metodo comporta di equilibrare poi le diverse diramazioni con serrande di taratura, in modo da garantire a monte di tutti i terminali la pressione statica occorrente alla diffusione della portata d'aria di progetto.

L'analisi delle reti di canali si pone come obiettivo quello di ricavare le pressioni statica e totale che deve fornire il ventilatore o il condizionatore, allo scopo di garantire la portata d'aria richiesta in corrispondenza di ogni terminale della rete. Tale analisi prevede innanzitutto una suddivisione della rete in segmenti, che debbono essere studiati singolarmente. Per ciascuno di essi, note le relative dimensioni della sezione in seguito all'applicazione di uno dei metodi di dimensionamento disponibili, è necessario provvedere al calcolo

della perdita di pressione totale, dovuta ai fenomeni di attrito nei tratti di canale rettilinei, di turbolenza nelle accidentalità e nelle eventuali apparecchiature montate (silenziatori, batterie ecc.) nonché ai fenomeni fluidodinamici legati all'accoppiamento tra ventilatore e rete (Fan System Effect), come esplicitato nella seguente equazione:

$$\Delta p_{ti} = \Delta p_{fi} + \sum_{j=1}^m \Delta p_{fij} + \sum_{k=1}^n \Delta p_{fik} \quad (1.1)$$

per $i = 1, 2, \dots, n_{mn} + n_{vl}$

dove:

Δp_{ti} = variazione di pressione totale per il segmento i , Pa

Δp_{fi} = perdita di pressione dovuta all'attrito per il segmento i , Pa

Δp_{fij} = perdita di pressione totale dovuta al pezzo speciale j -esimo, includente il Fan System Effect (FSE), per il segmento i , Pa

Δp_{fik} = perdita di pressione dovuta alla k -esima apparecchiatura, per il segmento i , Pa

m = numero di pezzi speciali contenuti nel segmento i

n = numero di apparecchiature contenute nel segmento i

n_{mn} = numero di segmenti di rete presenti a monte del ventilatore (con riferimento al senso di moto dell'aria)

n_{vl} = numero di segmenti di rete presenti a valle del ventilatore (con riferimento al senso di moto dell'aria)

Note le perdite di pressione totale di ogni segmento, si procede quindi al calcolo della perdita totale di ogni percorso individuabile tra ciascun terminale di aspirazione, ripresa o estrazione e ciascun terminale di mandata, sommando anche le perdite di pressione totale di tali terminali, come esplicitato nella seguente equazione:

$$P_i = \sum_{e \in F_m} (\Delta p_{ti} + \Delta p_{ti}) + \sum_{e \in F_v} (\Delta p_{ti} + \Delta p_{ti}) \quad (1.2)$$

Dove:

F_{mn} = serie di segmenti a monte del ventilatore

F_{vl} = serie di segmenti a valle del ventilatore

P_t = pressione o prevalenza totale richiesta al ventilatore, Pa

Δp_{ti} = perdita di pressione totale del terminale di ripresa/estrazione o mandata T_i , posto all'estremo del ramo i -esimo, Pa

e = simbolo che lega i segmenti di rete in percorsi compresi tra i terminali di ripresa/estrazione ed i terminali di mandata dell'aria

Si individuerà in questo modo un percorso più sfavorito, caratterizzato dalla perdita di pressione totale massima, che sarà quella richiesta al ventilatore; la pressione statica richiesta sarà ovviamente data dalla pressione totale meno quella dinamica. Al fine di avere ad ogni terminale la portata di progetto è però necessario garantire a monte di esso una pressione totale pari a quella di progetto. Questo significa in altri termini che i terminali appartenenti ai percorsi con perdita complessiva inferiore a quella massima riscontrata risulteranno "sbilanciati", se non si provvede ad aumentare le perdite di pressione dei percorsi a cui essi appartengono, fino ad ottenere una perdita complessiva del singolo percorso pari a quella massima riscontrata.

Questa azione è nota come "bilanciamento del circuito", che può essere ottenuto restringendo

opportunamente le sezioni dei segmenti della rete, oppure inserendo opportunamente delle perdite di carico "artificiali", costituite dalle note serrande di regolazione, oppure ancora utilizzando ambedue i metodi.

Questa maniera di procedere è anche detta "metodo delle pressioni totali", in quanto si basa esclusivamente sullo studio delle variazioni di pressione totale nel circuito.

Quando il ventilatore è contenuto all'interno di una "CTA", è noto che al costruttore della macchina si deve fornire la "pressione statica utile", che è quella richiesta dal circuito. Sarà poi il costruttore a tener conto delle ulteriori perdite di pressione dovute ai componenti della macchina, ai fini della scelta della "sezione ventilante". In questo caso può essere utile ragionare in termini di variazioni (o perdite) di pressione statica di ogni segmento, per arrivare col calcolo direttamente alla pressione statica utile da richiedere al costruttore della CTA. In questo caso, il modo di procedere è perfettamente analogo a quello visto per il "metodo delle pressioni totali", con l'unica differenza che, per la sola parte di rete di mandata, si calcolano le perdite o variazioni di pressione statica dei segmenti in luogo delle perdite o variazioni di pressione totale. In questa maniera, nel calcolo della pressione statica richiesta da ogni percorso individuabile, si dovrà conteggiare per i terminali di mandata la relativa perdita di pressione statica, in luogo della perdita di pressione totale.

PERDITE DI CARICO NEI CONDOTTI AERAILICI

Le perdite di carico nelle reti di canali sono costituite dalle trasformazioni irreversibili di energia meccanica in calore. Esse si dividono in perdite di carico per attrito e in perdite dinamiche.

Le **perdite per attrito** si verificano nei tratti di canale rettilineo e possono essere calcolate mediante l'equazione di Darcy:

$$\Delta p_f = \frac{f \cdot L}{D_h} \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2} \quad (2.1)$$

Dove:

Δp_f = perdita di carico per attrito, in termini di pressione totale, [Pa]

f = coefficiente di attrito, adimensionale dato dal diagramma di Moody

L = lunghezza del canale, [m]

D_h = diametro idraulico, [m]

V = velocità, [m/s]

ρ = densità, [kg/m³]

In quest'ultima si può osservare che esse sono proporzionali alla lunghezza del canale, alla pressione dinamica in esso esistente ed al coefficiente di attrito della superficie interna del canale, mentre sono inversamente proporzionali al diametro "idraulico" del condotto. Il coefficiente di attrito può essere ricavato con apposite equazioni, come la formula di Colebrook semplificata, che tengono conto dell'influenza su di esso della scabrezza della superficie, del diametro "idraulico" e del numero di Reynolds.

$$f' = 0.11 \cdot \left(\frac{\varepsilon}{D_h} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25} \quad (2.2)$$

se $f' \geq 0.018$ allora $f = f'$

se $f' < 0.018$ allora $f = 0.85 \cdot f' + 0.0028$

I coefficienti di attrito calcolati con la (2.2) sono contenuti entro l' 1.6% di quelli ottenuti dalla formula di Colebrook.

Il numero di Reynolds può essere calcolato mediante la seguente equazione:

$$(2.3) \quad Re = \frac{D_k \cdot V}{\nu}$$

Dove:

n = viscosità cinematica, [m²/s]

Per aria standard, il numero di Reynolds può essere calcolato con la seguente formula:

$$Re = 66400 \cdot D_k \cdot V \quad (2.4)$$

La scabrezza della superficie dipende dal materiale del canale, nonché dal suo trattamento superficiale: i diversi valori di scabrezza sono caratteristici di diversi materiali e tipi di canali, nonché di eventuali loro diversi rivestimenti interni e sono valori tabellari. Il diametro "idraulico", per un condotto circolare, coincide col suo diametro interno, mentre, per i condotti a sezione rettangolare, è possibile risalire, tramite apposita equazione (eq. (2.5)), ad un diametro del condotto circolare "equivalente", che può essere introdotto nelle equazioni per il calcolo del coefficiente di attrito e della perdita per attrito, al posto del diametro "idraulico".

$$(2.5) \quad D_e = \frac{1.30 \cdot (a \cdot b)^{0.625}}{(a + b)^{0.250}}$$

Dove:

De = diametro del condotto circolare equivalente al rettangolare, per uguale lunghezza, perdita per attrito, portata d'aria, m

a = lunghezza di un lato della sezione rettangolare del condotto, m

b = lunghezza del lato adiacente della sezione rettangolare del condotto, m

Il diametro equivalente D_e così definito può essere introdotto nelle equazioni (2.1), (2.2), per il calcolo della perdita di carico per attrito nei canali a sezione rettangolare o quadrata.

Il numero di Reynolds è un parametro di importanza rilevante, che consente di individuare il tipo di moto di un fluido. Nelle normali applicazioni dei canali aria (condizionamento, estrazioni, ventilazione) il tipo di moto si colloca nella cosiddetta categoria del "regime turbolento di transizione", per la quale valgono le equazioni di calcolo del coefficiente di attrito sopra citate.

Le perdite di pressione dinamiche sono invece caratteristiche di pezzi speciali e apparecchiature e sono chiamate anche perdite "localizzate", in quanto vengono attribuite localmente alla singola causa di perdita e provocano pertanto delle discontinuità nell'andamento delle pressioni totale e statica del circuito. Tali perdite sono proporzionali alla pressione dinamica, calcolata in un'opportuna sezione di riferimento del pezzo speciale o apparecchiatura, tramite un coefficiente che è caratteristico della singola causa di perdita.

Esistono in letteratura tecnica delle tabelle che, per ogni tipo di causa di perdita localizzata o "accidentalità", forniscono i valori di tale coefficiente. In coda al capitolo sono riportati alcuni esempi di queste tabelle.

Perdite di carico per attrito

Esse sono dovute alla viscosità del fluido e sono il risultato di uno scambio di momento tra molecole in moto laminare e tra particelle individuali di strati di fluido adiacenti, che si muovono a velocità differenti, in moto turbolento. Le perdite per attrito si manifestano per tutta la lunghezza del canale.

Classi di rugosità per condotti che convogliano aria		
Materiale	Classe di rugosità	Δp [mm]
Canali in PVC Canali in lamiera d'alluminio	molto lisci	0,03
Canali in lamiera zincata Canali in acciaio inox	lisci	0,09
Tubi flessibili metallici Tubi flessibili non metallici Condotti in cemento non lisciati	molto rugosi	3,00

Perdite di carico dinamiche (o localizzate)

Le perdite di carico dinamiche, dette anche localizzate, sono causate da perturbazioni del moto del fluido, dovute ad apparecchiature montate sui canali e/o ai pezzi speciali della rete, che modificano la direzione e/o l'area del flusso d'aria. I pezzi speciali includono entrate ed uscite nella/dalla rete, curve, allargamenti/riduzioni, giunzioni/diramazioni. Tali perdite possono essere calcolate tramite i coefficienti di perdita di carico localizzata.

Coefficienti di perdita di carico localizzata o dinamica

Le perdite di carico localizzate si calcolano mediante l'uso del coefficiente adimensionale C. Tale coefficiente rappresenta il rapporto tra la perdita di carico localizzata e la pressione dinamica nella sezione di riferimento:

$$(2.6) \quad C = \frac{\Delta p_j}{\left(\frac{\rho \cdot V^2}{2} \right)} = \frac{\Delta p_j}{p_v}$$

dove:

C = coefficiente di perdita di carico localizzata, adimensionale

Δp_j = perdita di pressione totale, Pa

ρ = densità, kg/m³

V = velocità, m/s

p_v = pressione dinamica, Pa

Nella realtà, le perdite di pressione dinamiche non sono effettivamente concentrate in un punto del canale e non si possono separare dalle perdite distribuite. Tuttavia, nel calcolo si fanno delle ipotesi semplificative, in base alle quali le perdite dinamiche si assumono concentrate in una sezione del pezzo speciale detta "di riferimento" e non comprendono le perdite per attrito; quest'ultime sono considerate presenti solo su tratti di canale rettilineo di sufficiente lunghezza. In particolare, la lunghezza da considerare per il calcolo della

perdita per attrito è quella misurata tra il centro di un pezzo speciale e quello del successivo. Per pezzi speciali molto prossimi tra di loro (distanti meno di sei diametri idraulici), il percorso del flusso d'aria attraversante la coppia di pezzi è molto diverso da quello utilizzato per la determinazione dei coefficienti di perdita. Purtroppo, non esistono ad oggi dati attendibili per tale situazione particolare. Per tutti i pezzi speciali, ad eccezione delle giunzioni/diramazioni, la perdita di pressione totale può essere calcolata con la formula:

$$(2.7) \Delta p_j = C_0 \cdot p_{v,0}$$

dove il pedice 0 è relativo alla sezione trasversale in corrispondenza della quale si intende calcolata la pressione dinamica. La perdita dinamica è basata sulla reale velocità nel condotto; questo significa che, nei canali rettangolari, non dovrà essere usata la velocità nel condotto circolare equivalente, bensì quella effettiva che si verifica nel condotto reale a sezione rettangolare. Per pezzi speciali aventi area della sezione variabile, per esempio riduzioni od allargamenti, è possibile riferire il coefficiente di perdita in corrispondenza della sezione desiderata, una volta che esso sia noto per una data sezione; per esempio, per convertire un coefficiente di perdita dalla sezione 0 alla generica sezione i, è possibile utilizzare la seguente relazione:

$$(2.8) \quad C_i = \frac{C_0}{\left(\frac{V_i}{V_0}\right)^2}$$

dove V è la velocità nelle rispettive sezioni. Per le giunzioni/diramazioni, la perdita di pressione attraverso il percorso principale (detto anche "main" nella terminologia ASHRAE), sono calcolate come:

$$(2.9) \Delta p_j = C_{c,s} \cdot p_{v,c}$$

Per la perdita di pressione totale attraverso il percorso secondario ("branch", nella terminologia ASHRAE), si utilizza la seguente relazione:

$$(2.10) \Delta p_j = C_{c,b} \cdot p_{v,c}$$

dove $p_{v,c}$ è la pressione dinamica nella sezione comune c, e $C_{c,s}$ e $C_{c,b}$ sono i coefficienti di perdita rispettivamente per il percorso principale e secondario, ciascuno riferito alla pressione dinamica nella sezione c. Per convertire i coefficienti di perdita localizzata per l'uso con la pressione dinamica nelle sezioni sul percorso principale e secondario, si può utilizzare la seguente equazione:

$$(3.12) \quad C_i = \frac{C_{c,i}}{\left(\frac{V_i}{V_c}\right)^2}$$

dove:

C_i = coefficiente di perdita localizzata, riferito alla pressione dinamica nella nuova sezione, adimensionale

C_{c,i} = coefficiente di perdita localizzata per il percorso principale ($C_{c,s}$) o secondario ($C_{c,b}$), riferito alla

pressione dinamica nella sezione comune, adimensionale

V_i = velocità nella nuova sezione, alla quale C_i è riferito, m/s

V_c = velocità nella sezione comune, m/s

Il significato dei pedici è il seguente:

b = sezione della giunzione/diramazione sul percorso secondario (branch)

s = sezione della giunzione/diramazione sul percorso principale (main)

c = sezione della giunzione/diramazione sulla sezione comune.

L'unione di due flussi d'aria paralleli, in moto a velocità differenti, è caratterizzata dalla miscelazione turbolenta di essi, accompagnata da perdite di pressione. Nel corso di tale miscelazione ha luogo uno scambio di momento tra le particelle in moto a velocità differente, risultante nell'equalizzazione della distribuzione di velocità nel flusso d'aria comune. Il flusso con velocità più alta perde una parte della propria energia cinetica, trasmettendola al flusso con velocità più bassa. La perdita di pressione totale è pertanto sempre di grande entità e positiva per il flusso a velocità più alta, e cresce col crescere della quantità di energia ceduta al flusso a velocità più bassa. Conseguentemente, il coefficiente di perdita localizzata, definito con l'equazione (3.7), sarà sempre positivo. Dopo la miscelazione, il flusso a velocità più bassa aumenta la sua energia. Pertanto, per il flusso a velocità più bassa, la perdita di pressione totale e quindi il coefficiente di perdita localizzata possono essere negativi.

Tabelle dei coefficienti di perdita di carico dinamica o localizzata

Esistono in gran numero nella letteratura tecnica tabelle che, in funzione del tipo di pezzo speciale o di causa di perdita, forniscono i relativi coefficienti adimensionali per il calcolo della perdita di carico totale. Non essendo nelle finalità della presente trattazione fornire tutta la casistica disponibile, nel seguito si riportano, a titolo di esempio, solo alcune tabelle. Per un maggiore approfondimento, si rimanda quindi alla letteratura tecnica specializzata.

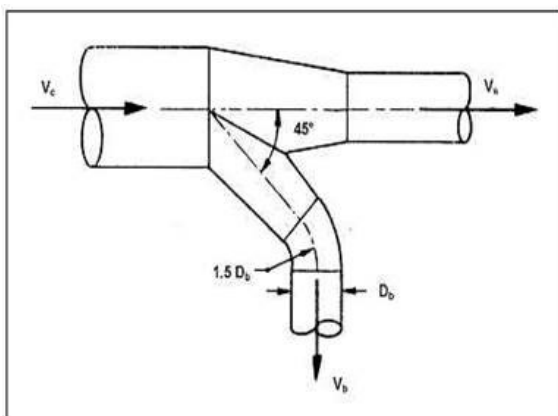
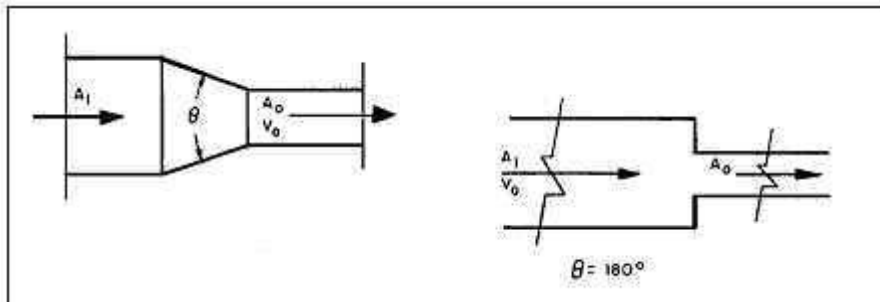


Fig. 1.7Diramazione divergente a 45°.

Percorso principale (main)										
V_s/V_c	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
$C_{c,s}$	0.14	0.06	0.05	0.09	0.18	0.30	0.46	0.64	0.84	1.0
Percorso secondario (branch)										
V_b/V_c	0.2	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	

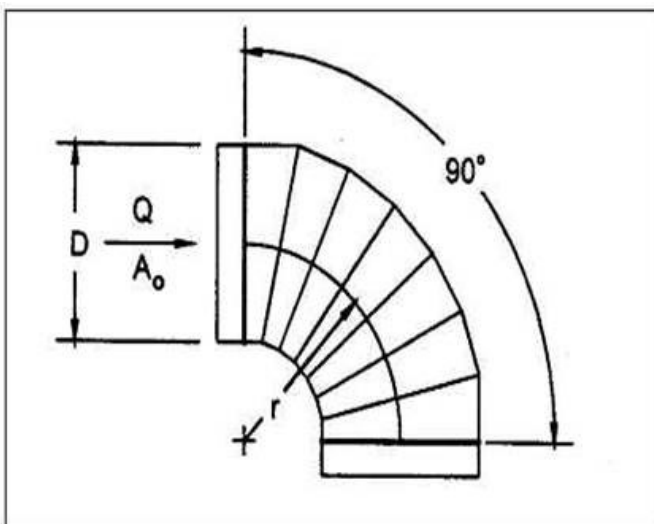
$C_{c,b}$	0.76	0.60	0.52	0.50	0.51	0.52	0.56	0.61	0.68
V_b/V_c	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0
$C_{c,b}$	0.86	1.1	1.4	1.8	2.2	2.6	3.1	3.7	4.2



C0

A_1/A_0	q						
	10°	15° - 40°	50° - 60°	90°	120°	150°	180°
2	0.05	0.05	0.06	0.12	0.18	0.24	0.26
4	0.05	0.04	0.07	0.17	0.27	0.35	0.41
6	0.05	0.04	0.07	0.18	0.28	0.36	0.42
10	0.05	0.05	0.08	0.19	0.29	0.37	0.43

Fig.2 Riduzione circolare e rettangolare con relativa tabella.



D, mm	75	150	230	300	380	450	690	1500
C_0	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.03

Fig. 3 Gomito circolare, 7 settori, 90°, $r/D = 2.5$.

N.B. Le informazioni riportate in questo capitolo sono prese dalla sezione “Help on-line” Mc4Suite di cui è stato utilizzato il modulo Duct per il dimensionamento e il calcolo della rete aeraulica del progetto. La metodologia di calcolo qui descritta è alla base del dimensionamento della rete aeraulica a progetto.

DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI RICAMBIO ARIA

Le portate di ricambio aria sono determinate in accordo alla normativa UNI 16798:2019-1. La portata di ricambio adottata a progetto in ogni ambiente è la maggiore fra la portata specifica per persona e la portata specifica per superficie.

La ventilazione meccanica nell’edificio è affidata a n.5 unità indipendenti come indicato nelle tabelle seguenti, che riportano i vaoli di portata di ricambio di progetto, ambiente per ambiente, con indicazione dei locali in cui è prevista immissione+estrazione, sola estrazione (servizi igienici) o sola immissione (corridoi e disimpegni).

Piano	Descrizione	V	S	h	affollamento max	Tassi di ricambio (cat III, LPB, non adapted person) - tab. B.10 UNI EN 16798-1		Ricambio a persona (qp)	Ricambio al mq (qm)	Portate di ricambio di progetto (max tra qp e qm)	Immissione	Estrazione	Sistema
		[m ³]	[m ²]	[m]	[np]	[l/s persona]	[l/s mq]	[l/s]	[l/s]	[mc/h]	[mc/h]	[mc/h]	
1	Ufficio 8	138	47,51	2,90	4	8	0,8	32	38	137	140	140	1
1	Sala regia	93	31,94	2,90	4	8	0,8	32	26	115	120	120	1
1	Sala riunioni/conferenze	443	152,77	2,90	144	8	0,8	1152	122	4147	4150	4150	2
1	Ufficio 1	155	53,46	2,90	4	8	0,8	32	43	154	155	155	1
1	Anti WCH	16	5,53	2,90	1	8	0,8	8	4	29	0	0	1
1	Cabina wc*4 U	23	7,82	2,90	4	8	0,8	32	6	115	0	185	1
1	Ufficio 2	172	59,28	2,90	6	8	0,8	48	47	173	175	175	1
1	WCH	16	5,57	2,90	1	8	0,8	8	4	29	0	130	1
1	Ufficio5	61	20,98	2,90	1	8	0,8	8	17	60	65	65	1
1	Anti wc U	23	7,77	2,90	2	8	0,8	16	6	58	0	0	1
1	Cabina wc*4 D	24	8,44	2,90	4	8	0,8	32	7	115	0	200	1
1	Refettorio	275	94,92	2,90	40	8	0,8	320	76	1152	1155	1155	1
1	Ufficio 7	116	39,89	2,90	4	8	0,8	32	32	115	120	120	1
T	Ufficio PT 5 postazioni	138	25,86	5,35	5	8	0,8	40	21	144	145	145	3
1	Corridoio	237	81,85	2,90	5	8	0,8	40	65	236	260	0	1
1	Sala simulazione 3	260	89,75	2,90	6	8	0,8	48	72	258	260	260	1
T	Spogliatoio uomini	75	13,95	5,35	5	8	0,8	40	11	144	145	145	3
T	WC1	16	6,58	2,40	6	8	0,8	48	5	173	0	130	3
1	Meeting 1	48	16,57	2,90	4	8	0,8	32	13	115	120	120	1
1	Meeting 2	98	33,8	2,90	12	8	0,8	96	27	346	350	350	1
T	WC2	16	6,58	2,40	1	8	0,8	8	5	29	0	130	3
T	Anti wc 2	11	4,41	2,40	1	8	0,8	8	4	29	0	0	3
1	Corridoio	141	48,7	2,90	5	8	0,8	40	39	144	260	0	1
1	Sala simulazioni 1	108	37,23	2,90	4	8	0,8	32	30	115	120	120	1
1	Sala simulazioni 2	92	31,77	2,90	4	8	0,8	32	25	115	120	120	1
T	anti WC1	11	4,41	2,40	1	8	0,8	8	4	29	0	0	3
T	Spogliatoio donne	85	15,96	5,35	5	8	0,8	40	13	144	145	145	3
1	Ufficio 6	61	21	2,90	2	8	0,8	16	17	60	65	65	1
T	Disimpegno	136	25,41	5,35	4	8	0,8	32	20	115	260	0	3
1	Anti wc D	21	7,09	2,90	1	8	0,8	8	6	29	0	0	1
1	Ufficio 4	68	23,5	2,90	1	8	0,8	8	19	68	70	70	1
1	Ufficio 3	98	33,93	2,90	1	8	0,8	8	27	98	100	100	1
T	Magazzino PT	4431	738,42	6,00	10	8	0,8	80	591	2127	2130	2130	4
T	EMT2	5836	972,59	6,00	10	8	0,8	80	778	2801	2805	2805	5

Sistema	Zona servita	Portata d'aria immessa	Portata d'aria estratta
		[mc/h]	[mc/h]
1	Uffici P1	3655	3650
2	Sala conferenze P1	4150	4150
3	Uffici PT	695	695
4	Magazzino	2130	2130
5	EMT2	2805	2805

Impianto idricosanitario

Gli impianti idricosanitari sono dimensionati secondo i criteri e i requisiti di seguito indicati.

DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI ADDUZIONE ACQUA CALDA E FREDDA SANITARIA

Il dimensionamento delle tubazioni di acqua calda e fredda sanitaria è stato effettuato mediante il metodo delle unità di carico indicato dalla norma UNI 9182:2010.

Unità di carico (UC) per le utenze degli edifici ad uso pubblico e collettivo (alberghi, uffici, ospedali, ecc.)

prospetto D.2

Apparecchi singoli

Apparecchio	Alimentazione	Unità di carico		
		Acqua fredda	Acqua calda	Totale acqua calda + acqua fredda
Lavabo	Gruppo miscelatore	1,50	1,50	2,00
Bidet	Gruppo miscelatore	1,50	1,50	2,00
Vasca	Gruppo miscelatore	3,00	3,00	4,00
Doccia	Gruppo miscelatore	3,00	3,00	4,00
Vaso	Cassetta	5,00	-	5,00
Vaso	Passo rapido o flussometro	10,00	-	10,00
Orinatoio	Rubinetto a vela	0,75	-	0,75
Orinatoio	Passo rapido o flussometro	10,00	-	10,00
Lavello	Gruppo miscelatore	2,00	2,00	3,00
Lavatoio di cucina	Gruppo miscelatore	3,00	3,00	4,00
Pilozzo	Gruppo miscelatore	2,00	2,00	3,00
Vuotatoio	Cassetta	5,00	-	5,00
Vuotatoio	Passo rapido o flussometro	10,00	-	10,00
Lavabo a canale (per ogni posto)	Gruppo miscelatore	1,50	1,50	2,00
Lavapiedi	Gruppo miscelatore	1,50	1,50	2,00
Lavapadelle	Gruppo miscelatore	2,00	2,00	3,00
Lavabo clinico	Gruppo miscelatore	1,50	1,50	2,00
Beverino	Rubinetto a molla	0,75	-	0,75
Doccia di emergenza	Comando a pressione	3,00	-	3,00
Idrantino Ø 3/8"	Solo acqua fredda	2,00	-	2,00
Idrantino Ø 1/2"	Solo acqua fredda	4,00	-	4,00
Idrantino Ø 3/4"	Solo acqua fredda	6,00	-	6,00
Idrantino Ø 1"	Solo acqua fredda	10,00	-	10,00

Dalle unità di carico per le specifiche utenze si sono ricavate le portate ai singoli apparecchi sanitari.

Utenze delle abitazioni private e degli edifici collettivi (alberghi, ospedali, scuole, caserme, centri sportivi e simili)

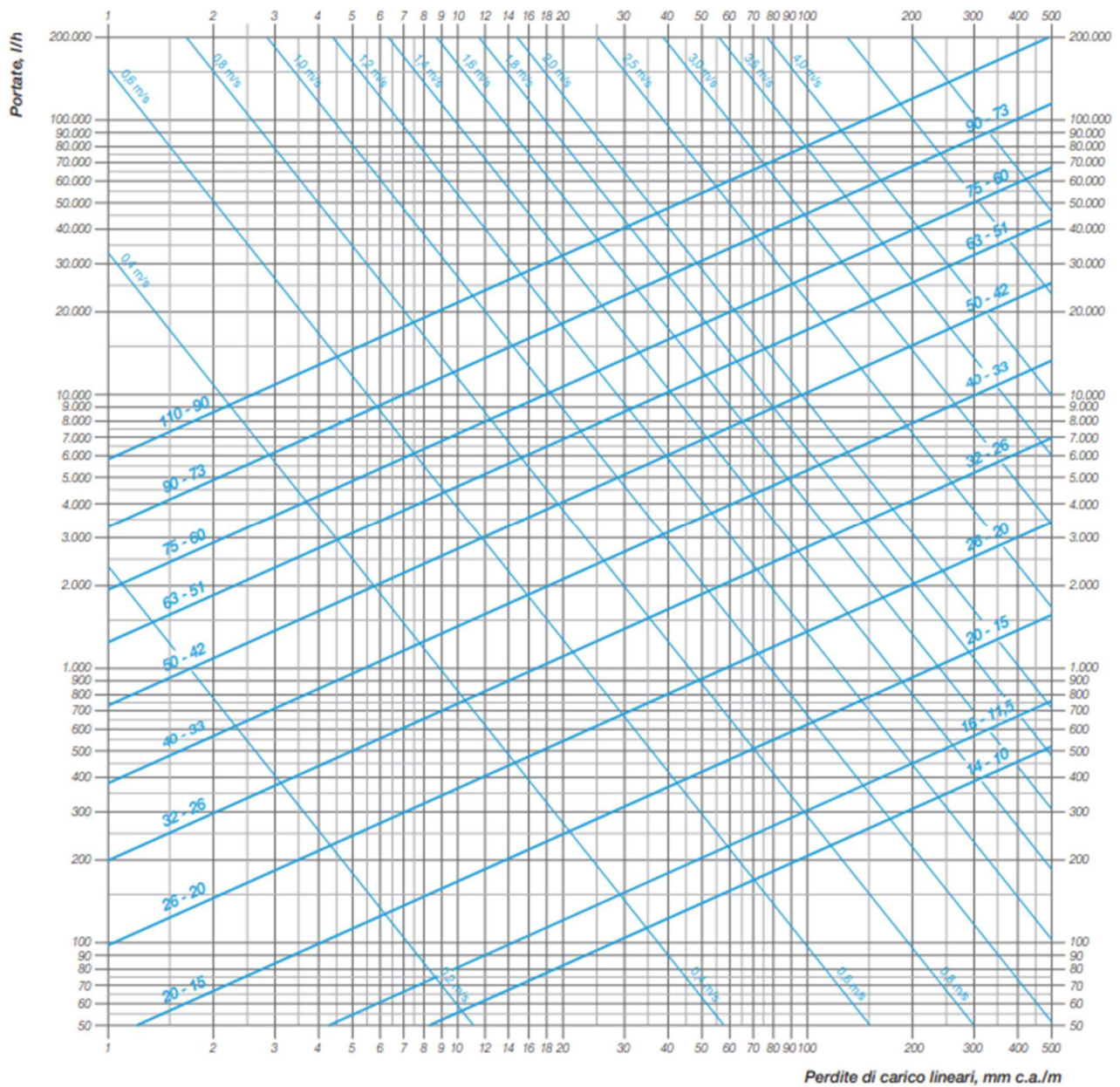
prospetto D.3

Vasi con cassette

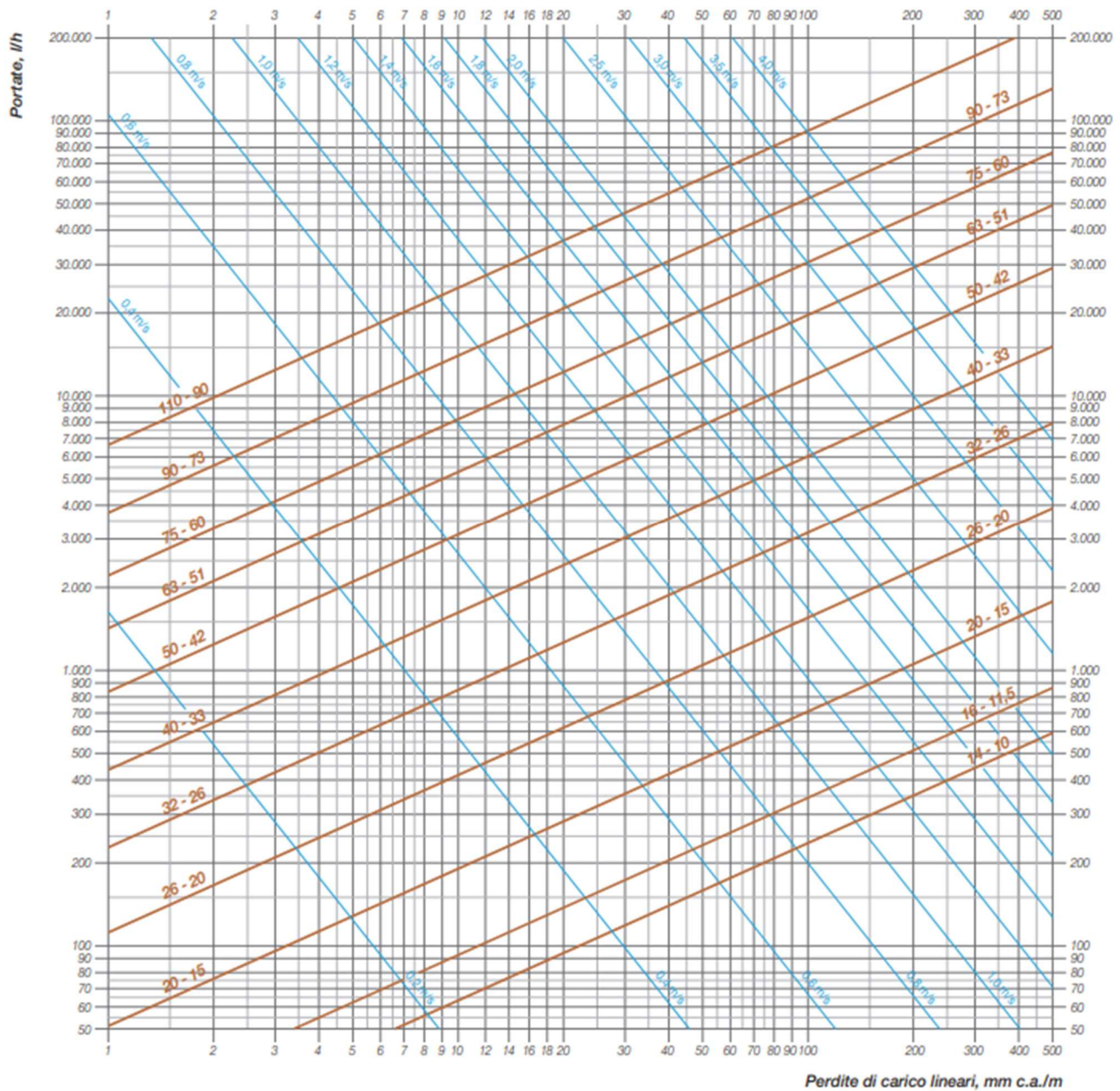
Unità di carico UC	Portata l/s	Unità di carico UC	Portata l/s	Unità di carico UC	Portata l/s
6	0,30	120	3,65	1 250	15,50
8	0,40	140	3,90	1 500	17,50
10	0,50	160	4,25	1 750	18,80
12	0,60	180	4,60	2 000	20,50
14	0,68	200	4,95	2 250	22,00
16	0,78	225	5,35	2 500	23,50
18	0,85	250	5,75	2 750	24,50
20	0,93	275	6,10	3 000	26,00
25	1,13	300	6,45	3 500	28,00
30	1,30	400	7,80	4 000	30,50
35	1,46	500	9,00	4 500	32,50
40	1,62	600	10,00	5 000	34,50
50	1,90	700	11,00	6 000	38,00
60	2,20	800	11,90	7 000	41,00
70	2,40	900	12,90	8 000	44,00
80	2,65	1 000	13,80	9 000	47,00
90	2,90			10 000	50,00
100	3,15				

Nel dimensionamento delle tubazioni si è considerata di una perdita di carico massima di 100-120 mm/m per ogni tratto della rete, utilizzando i grafici che si riportano di seguito, tratti dai quaderni Caleffi.

Perdite di carico continue TUBI MULTISTRATO - Temperatura acqua = 10°C



Perdite di carico continue TUBI MULTISTRATO - Temperatura acqua = 50°C



DIMENSIONAMENTO BOLLITORE ACS

La capacità di accumulo e il calore orario richiesto per la produzione di acqua calda sanitaria sono stati determinati utilizzando il metodo fornito dalla norma UNI 9182:2010 e adottando i parametri della tabella di seguito riportate.

SPOGLIATOI DI STABILIMENTI E SIMILI			
Qt	48 348	[kJ]	Cal. Totale per risc. acqua nel periodo di punta
C	462	[l]	Consumo nel periodo di punta
tu	40,0	[°C]	temperatura di utilizzo
tf	15,0	[°C]	temperatura acqua fredda
ta	45,0	[°C]	temperatura accumulo
Qh	6,7	[kW]	Calore orario richiesto (Potenza scambiatore)
tpr	1,5	[h]	periodo di preriscaldamento
tpu	0,5	[h]	periodo di punta
Qa	36 261	[kJ]	Calore da accumulare
V	289	[l]	Volume bollitore
N _{a1}	2,0	[n]	Numero di docce
N _{a2}	6,0	[n]	Numero di rubinetti (lavabi e lavapiedi)
F	0,70	[-]	Fattore di contemporaneità

UFFICI E SIMILI			
Qt	13 081	[kJ]	Cal. Totale per risc. acqua nel periodo di punta
C	125	[l]	Consumo nel periodo di punta
tu	40,0	[°C]	temperatura di utilizzo
tf	15,0	[°C]	temperatura acqua fredda
ta	45,0	[°C]	temperatura accumulo
Qh	1,0	[kW]	Calore orario richiesto (Potenza scambiatore)
tpr	2,0	[h]	periodo di preriscaldamento
tpu	1,5	[h]	periodo di punta
Qa	7 475	[kJ]	Calore da accumulare
V	60	[l]	Volume bollitore
N _{a1}		[n]	Numero di servizi - produzione
N _{a2}	5,0	[n]	Numero di servizi - dirigenza
F	1,00	[-]	Fattore di contemporaneità

Dai dati sopra esposti risultano necessari circa 300 litri di accumulo con una potenza istantanea di circa 8 kW. Si utilizza pertanto a progetto un bollitore di 300 litri di capacità utile, dotato di serpentino e resistenza elettrica aggiuntiva di emergenza da 3 kW. Il calore necessario per l'alimentazione del serpentino sarà prodotto mediante una pompa di calore aria-acqua dedicata, di potenza nominale pari a 10 kW. Si osservi che nei calcoli sopra evidenziati si sono utilizzati i valori suggeriti da Quaderno Caleffi per quel concerne le durate dei periodi di punta e di preriscaldamento, dei consumi e del fattore di contemporaneità in quanto ritenuta una fonte autorevole in materia di impianti idricosanitari.

Rete di scarico acque reflue

Le tubazioni di scarico delle acque nere sono state dimensionate mediante il metodo delle unità di scarico previsto dalla norma UNI EN 12056-2. Le unità di scarico considerate a progetto sono riportate di seguito.

UNITÀ DI SCARICO PER APPARECCHI SANITARI (UNI EN 12056-2)

Lavabo:	Sistema I: 0,5 l/s	Sistema II: 0,3 l/s
Doccia senza tappo:	Sistema I: 0,6 l/s	Sistema II: 0,4 l/s
Vaso con cassetta 9 l:	Sistema I: 2,5 l/s	Sistema II: 2,0 l/s
Lavello da cucina:	Sistema I: 0,8 l/s	Sistema II: 0,6 l/s
Lavastoviglie (domestica):	Sistema I: 0,8 l/s	Sistema II: 0,6 l/s
Lavatrice carico max 12 kg:	Sistema I: 1,5 l/s	Sistema II: 1,2 l/s

Diramazioni di scarico apparecchi: sistema I (grado di riempimento uguale al 50%).

Collettori di scarico interni ai fabbricati: sistema II (grado di riempimento uguale al 70%).

DIMENSIONAMENTO DELLE RETI

Dalle unità di scarico delle specifiche utenze si sono ricavate le portate di scarico dei singoli apparecchi sanitari, da cui si è determinata la portata di progetto per tutti i collettori di raccolta, interni ed esterni, come riportato nelle tabelle sottostanti.

Nel dimensionamento si è considerato un coefficiente di contemporaneità pari a 1, come indicato dalla normativa vigente, per la categoria *Uffici*.

Tabella 3:

Appartamenti e uffici (intensità di scarico variabile in tempi brevi)	Ristoranti, hotel, ospedali, scuole
$Q_r = 0.5 \sqrt{Q_i}$	$Q_r = 0.7 \sqrt{Q_i}$
Centri sportivi, bagni pubblici	Industrie, laboratori (intensità di scarico costante per lungo tempo)
$Q_r = 1 \sqrt{Q_i}$	$Q_r = 1.2 \sqrt{Q_i}$

Tabella 2:

Unità di scarico dei diversi apparecchi

Tipi di apparecchi idrosanitari	Unità di scarico DU in l/s
- orinatoio a canale a parete (per persona)	0,2
- lavamani, lavabo - bidet - orinatoio	0,5
- piatto doccia	0,6
- vasca da bagno - lavello da cucina semplice e doppio - lavastoviglie domestica - lavatoio per lavanderia - lavatrice fino a 6 kg - pozzetto a pavimento con uscita e 50	0,8
- pozzetto a pavimento con uscita e 63	1,0
- vasca da bagno idromassaggio - lavatrice da 7 kg a 12 kg - pozzetto a pavimento con uscita 75	1,5
- WC con scarico 6 l	2,0
- WC con scarico 9 l	2,5
- vuotatoio	

Nel dimensionamento dei collettori interni ed esterni si è fatto riferimento alle tabelle riportate di seguito.

Dimensionamento dei collettori di acque usate

- Diramazioni di scarico degli apparecchi.

La seguente tabella serve per dimensionare le diramazioni di raccolta degli apparecchi fino alla colonna di scarico. I quantitativi massimi di acque usate ammessi per i diversi diametri e le varie pendenze corrispondono ad un'altezza di riempimento $h/d = 0,5$ (50%).

 h/d=0,5	pendenze in %				
	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%
e mm	portata Q in l/s				
34/40*	0,11	0,15	0,19	0,22	0,24
44/50*	0,21	0,30	0,37	0,43	0,48
57/63*	0,43	0,61	0,75	0,87	0,98
69/75*	0,72	1,03	1,26	1,46	1,64
83/90**	1,05	1,53	1,88	2,18	2,44
101/110***	1,95	2,79	3,42	3,96	4,43

* solo per scarichi senza WC.

** con allacciamento max. 2 WC da 6 l e 2 spostamenti a 45°

*** con allacciamento max. 6 WC e 3 spostamenti a 45°

- Collettori di scarico interni ai fabbricati

La seguente tabella serve per dimensionare i collettori di scarico e gli altri allacciamenti installati nelle zone inferiori dei fabbricati (garage, cantine, magazzini, locali infrastrutturali in genere).

I quantitativi massimi di acque usate ammessi per i vari diametri e le diverse pendenze corrispondono ad un'altezza di riempimento $h/d = 0,7$ (70%).

 h/d=0,7	pendenze in %				
	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	3,0%
e mm	portata Q in l/s				
57/63*	0,9	1,2	1,4	1,6	1,7
69/75*	1,7	2,0	2,4	2,6	2,9
83/90*	2,5	3,0	3,5	4,0	4,3
101/110	4,5	5,5	6,4	7,1	7,8
115/125	6,5	8,0	9,2	10,3	11,3
147/160	13,0	16,0	18,5	21,0	23,0
187/200	23,8	29,2	33,7	37,7	41,4
234/250	43,2	53,0	61,2	68,5	75,0
295/315	79,8	97,8	113,0	126,5	138,6

* solo per scarichi senza WC.

Relazione di calcolo rete idrica antincendio

VINCOLI DI PROGETTO

Tipo di calcolo:	Hazen – Williams	
Tipo di alimentazione:	Gruppo di pompaggio	
Capacità minima riserva idrica:	47,2 m ³	
Tipo di rete:	Ordinaria	
Livello di pericolosità:	2	
Durata minima riserva idrica:	60	min

Terminali previsti	Pressione residua	Portata minima
--------------------	-------------------	----------------

	minima [bar]	[l/min]
<i>Idranti soprassuolo</i>	3,00	300,0
<i>Idranti a parete</i>	2,00	120,0

PRINCIPALI RISULTATI DI CALCOLO

Alimentazione

Dati	Area favorita	Area sfavorita	u.m.
<i>Pressione disponibile</i>	10,29	10,28	bar
<i>Portata disponibile</i>	787,3	668,5	l/min

Terminali

Dati	Area favorita	Area sfavorita
<i>Numero idranti in funzione</i>	4	4
<i>Numero totale idranti / naspi</i>	17	

Dati	Idrante favorito	Idrante sfavorito	u.m.
<i>Numero</i>	58	49	
<i>Perdita totale</i>	4,24	10,04	bar
<i>Pressione residua</i>	8,61	2,23	bar
<i>Portata</i>	120,00	120,00	l/min

Riserva idrica

Dati	Valore	u.m.
<i>Capacità effettiva</i>	47,5	m ³
<i>Durata minima idranti</i>	60	min

Attacchi autopompa

n. nodo	Tipo attacco	DN attacco
12	Doppio	70

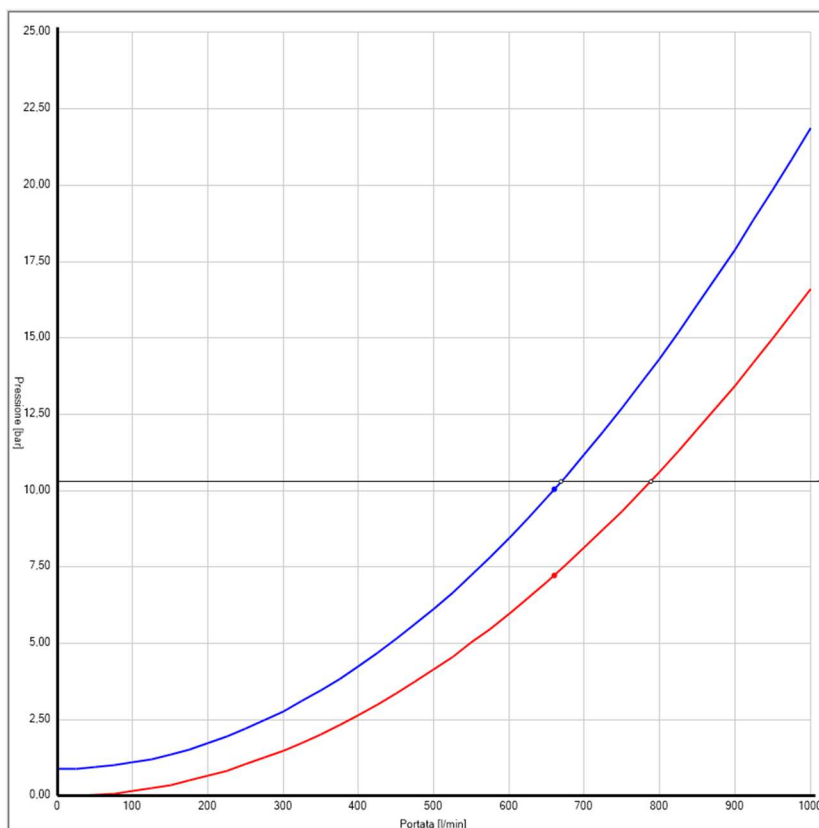
Curva di domanda

Dati	Area favorita	Area sfavorita	u.m.
Altezza erogatori	0,0	9,1	m
Pressione	7,23	10,04	bar
Portata	660,0	660,0	l/min

Gruppo di pompaggio

Dati	Area favorita	Area sfavorita	u.m.
Portata al punto di lavoro	787,3	668,5	l/min
Pressione al punto di lavoro	10,29	10,28	bar

Grafico curve di domanda/alimentazione



Relazione idrologica-idraulica

PIANO REGOLATORE GENERALE COMUNE DI FOSSANO

Carta di Sintesi della Pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica

È stata esaminata la carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica del PRG del Comune di Fossano del quale viene qui fornito uno stralcio.

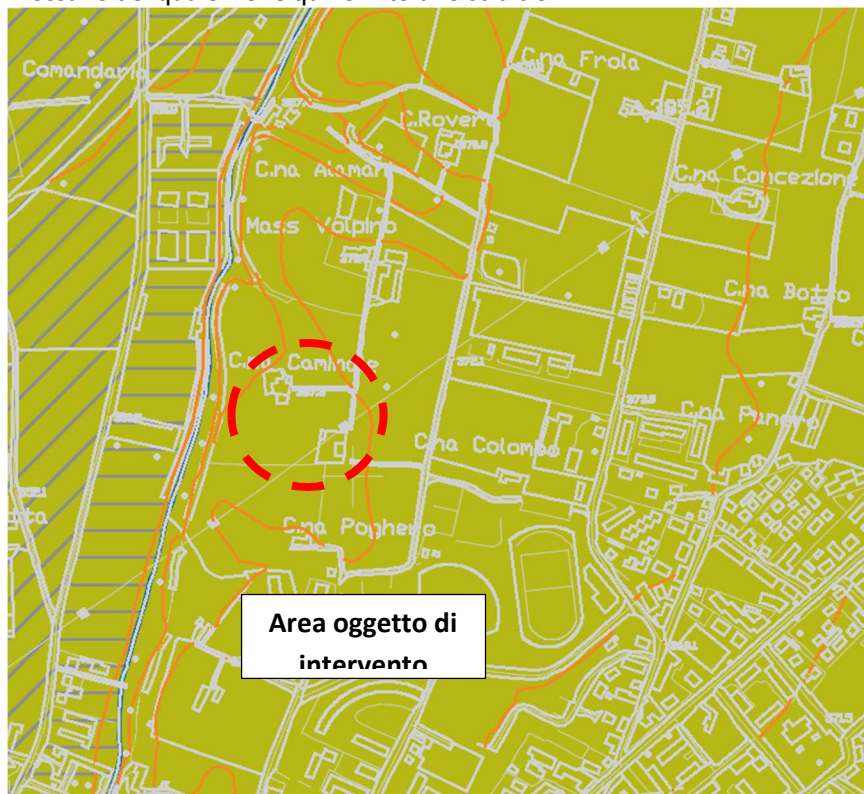


Figura 1 - Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica - PRG Comune di Fossano

	CLASSE I – Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche: gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11/03/88.
	CLASSE II – Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate al D.M. 11/03/88 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante. Tali interventi non dovranno, in alcun modo, incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionarne la propensione all'edificabilità.
	CLASSE II a – Aree interessate da problematiche geotecniche superabili nell'ambito del progetto relativo alle fondazioni e caratterizzate da acclività da moderata a sensibile (da 5° a 20°), in assenza di elementi geologici intrinseci tali da originare propensione al dissesto.
	CLASSE II b – Aree caratterizzate da problematiche di modesti allagamenti prevalentemente a bassa energia con altezze d'acqua inferiori a 0,5 metri.
	CLASSE II c – Aree caratterizzate da problematiche legate alla falda superficiale che possono essere superate con norme apposite relativamente alle opere interrate; presenza di falda freatica saliente a profondità uguale o inferiore a 3 metri da p.c.

L'area oggetto di intervento ricade in classe IIa.

ANALISI IDROLOGICA

I dati idrologici necessari per la stima delle curve di possibilità pluviometrica inferiore all'ora sono le altezze di pioggia relative degli eventi di breve durata e forte intensità.

Le curve di possibilità pluviometrica per l'area della città di Torino sono state ricavate sulla base dei dati pluviometrici raccolti dalle stazioni di misura di ARPA Piemonte pubblicati nell'ambito del progetto STRADA.

Progetto Strada



A conclusione del progetto STRADA - Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici per la gestione dei rischi naturali, a cui Arpa Piemonte partecipa in qualità di partner, termina lo studio per la caratterizzazione delle precipitazioni nella regione Piemonte che ha prodotto il nuovo Atlante delle piogge intense.

L'Atlante consente di ricavare, in un qualsiasi punto del territorio regionale, le quantità di precipitazioni per differenti frequenze di accadimento che rappresentano lo strumento essenziale nella progettazione idraulica e nella valutazione probabilistica delle portate di piena.

Il primo atlante veniva realizzato nel 1998 utilizzando le misure di precipitazione rilevate tra il 1928 e il 1985 dalle stazioni meccaniche dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN).

Lo sviluppo di reti meteorologiche automatiche avvenuto negli ultimi 20 anni consente oggi di disporre di un'informazione pluviometrica di maggior dettaglio spazio-temporale rispetto al passato. L'analisi statistica ha utilizzato tutta la base dati disponibile comprensiva delle stazioni meccaniche funzionanti dal 1913 al 2002 e di quelle automatiche della rete regionale realizzata a partire dal 1987.

Le informazioni pluviometriche sono consultabili su base cartografica attraverso l'applicazione webgis Atlante piogge intense, realizzata dal Sistema Informativo Ambientale di Arpa. E' accessibile dalla homepage del Geoportale nella colonna di sinistra, sotto la voce Applicazioni, oppure direttamente dal seguente indirizzo:

http://webgis.arpa.piemonte.it/atlante_pioggia_webapp/

Il servizio Atlante delle piogge intense consente di ricavare in un qualsiasi punto del territorio regionale le linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per assegnato tempo di ritorno per le durate da 10 minuti a 24 ore che rappresentano lo strumento essenziale nella progettazione idraulica e nella valutazione probabilistica delle portate di piena. L'analisi statistica ha utilizzato tutta la base dati disponibile comprensiva delle stazioni storiche del Servizio Idrografico e Mareografico nazionale funzionanti dal 1913 al 2002 e delle stazioni della rete regionale realizzata a partire dal 1987.

Metodologia

La curva di probabilità pluviometrica media consente di valutare l'altezza massima di pioggia di assegnata durata che può verificarsi in una determinata zona e viene generalmente espressa per mezzo della formula monomia

$$P(d) = ad^n \quad (1)$$

L'altezza di pioggia P è espressa in funzione della durata d dell'evento meteorico a meno di due parametri:

- il coefficiente pluviale orario a , che rappresenta l'altezza media di pioggia caduta in un intervallo di tempo pari ad un'ora;
- l'esponente di invarianza di scala n , che governa l'andamento della curva e l'entità della dipendenza dalla durata della precipitazione.

La determinazione dei coefficienti della curva di probabilità pluviometrica è stata effettuata considerando le medie pesate delle massime precipitazioni per le varie durate. Queste ultime sono state determinate applicando il Kriging ordinario ad una griglia di interpolazione a maglia quadrata (250 m) partendo dalle serie storiche disponibili. Il kriging ordinario è stato applicato, per ciascuna durata, ad ogni anno di osservazione, ottenendo una serie sintetica di mappe annuali contenenti i valori stimati di massimi di precipitazione alle varie durate in ogni nodo della griglia. A valle dell'applicazione del kriging, ogni nodo è dunque caratterizzato da diverse serie sintetiche di massimi annui di precipitazione (una per ciascuna durata). La stima dei parametri a e n della curva, avviene a partire da tali serie di massimi annuali di altezza di pioggia, per cui è stato possibile ottenere le mappe di a ed n rappresentative di tutti i punti della griglia di interpolazione. La dipendenza delle precipitazioni dal tempo di ritorno può essere ricostruita moltiplicando la relazione (1) per un fattore di crescita K_T .

$$P(d, T) = ad^n K_T \quad (2)$$

Relativamente a tale fattore si può procedere alla sua stima locale (ossia su ogni punto griglia) a partire dalle serie storiche ricostruite con il kriging sequenziale per le varie durate. Tale impostazione consente di procedere a dettagliate analisi locali sulla appropriatezza dei vari modelli probabilistici con cui è possibile determinare l'altezza di pioggia relativa ad una determinata durata e ad un determinato periodo di ritorno avvalendosi della curva di probabilità pluviometrica media precedentemente determinata (1).

Assumendo che le precipitazioni estreme possano essere descritte dalla legge di Gumbel il fattore di crescita è espresso dalla relazione:

$$K_T = \left\{ 1 - CV \left[0.45 + \frac{\sqrt{6}}{\pi} \right] \ln \ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right\} \quad (3)$$

dove K_T è funzione del solo tempo di ritorno, assumendo il coefficiente di variazione delle piogge CV come il valore medio dei CV determinati per ciascuna durata.

Lo stesso procedimento è applicabile per le precipitazioni di durata sub-oraria; in questo caso, però, la formula analitica per il calcolo dell'altezza di pioggia relativa ad una determinata durata e ad un determinato periodo di ritorno è la seguente:

$$P(d, T) = \left(a \left(\frac{1 + B \cdot d}{1 + B} \right)^{\frac{(n-1)(1+B)}{B}} \right) d K_T \quad (4)$$

Dove a ed n sono gli stessi delle durate standard mentre B è una costante pari a 136.495 Il fattore di crescita Kt verrà determinato sempre attraverso l'espressione (3) utilizzando il valore di CV ottenuto per la serie di pioggia di durata oraria.

Estrazione dei parametri e calcolo della CPP

Di seguito si riportano gli esiti dell'estrazione dei dati dal sistema informativo di Arpa Piemonte in formato grafico e tabellare ed il calcolo dei parametri medi della curva di possibilità pluviometrica per l'area in oggetto.

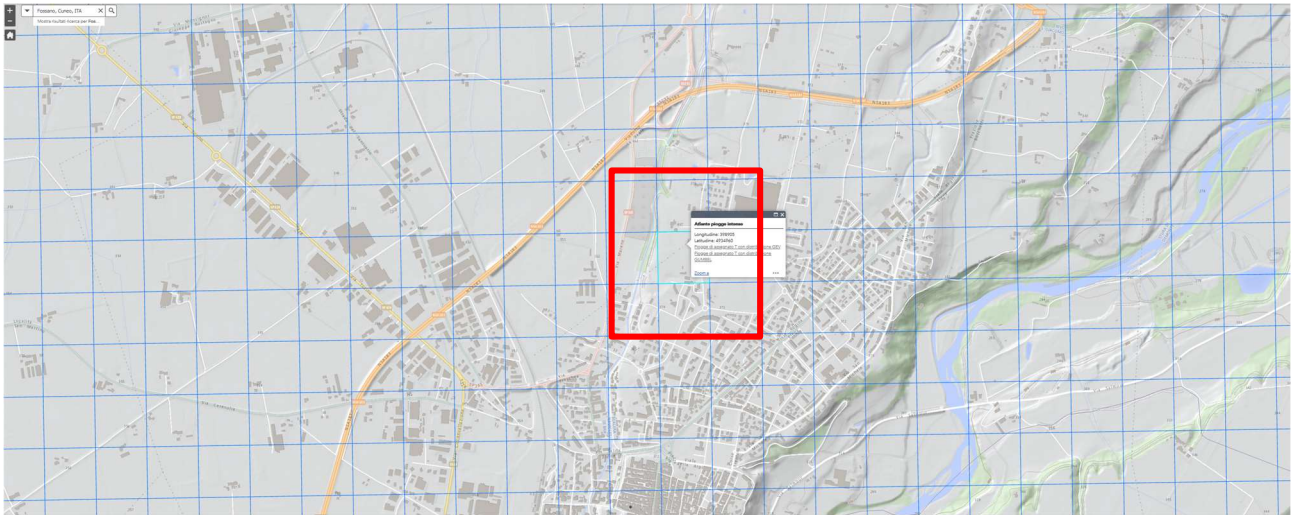


Figura 2 - progetto STRADA, immagine cartografica del webgis

Si riporta di seguito la media dei parametri estratti dal database in riferimento alle celle

Tabella 1 - progetto STRADA, media dei dati estratti dalle celle

a*	25.490
n	0.320

Determinazione delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica (CPP)

La curva di possibilità pluviometrica di progetto adottata per l'intera area è caratterizzata da parametri a ed n ottenuti come media dei parametri forniti dal Progetto STRADA in riferimento ai tempi di ritorno di progetto per il dimensionamento delle opere di smaltimento delle acque di piattaforma e per le opere di drenaggio ed attraversamento del corpo stradale.

Tabella 2: Stima dei parametri delle curve di possibilità climatica

TR	2	5	10	20	50	100	200
Kt	0.941	1.256	1.465	1.665	1.924	2.118	2.312
a	22.36	29.84	34.81	39.56	45.71	50.32	54.93
n	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31

Si riportano di seguito i valori caratteristici delle curve di possibilità climatica in riferimento alle formulazioni precedentemente esposte per gli eventi di durata superiore ed inferiore all'ora.

Tabella 3 - valori caratteristici delle cpp ottenute con il metodo STRADA

Atlante piogge intense in Piemonte - Gumbel							
TR	2	5	10	20	50	100	200
10 minuti	12.6	16.8	19.6	22.3	25.8	28.4	31
20 minuti	15.8	21.1	24.6	28	32.3	35.6	38.9
30 minuti	18	24	28	31.8	36.8	40.5	44.2
1 ora	22.4	29.9	34.8	39.6	45.7	50.3	54.9
3 ore	31.5	42	49	55.7	64.3	70.8	77.3
6 ore	39	52.1	60.7	69	79.8	87.8	95.8
12 ore	48.4	64.6	75.3	85.6	98.9	108.9	118.9
24 ore	60	80.1	93.4	106.2	122.7	135.1	147.4

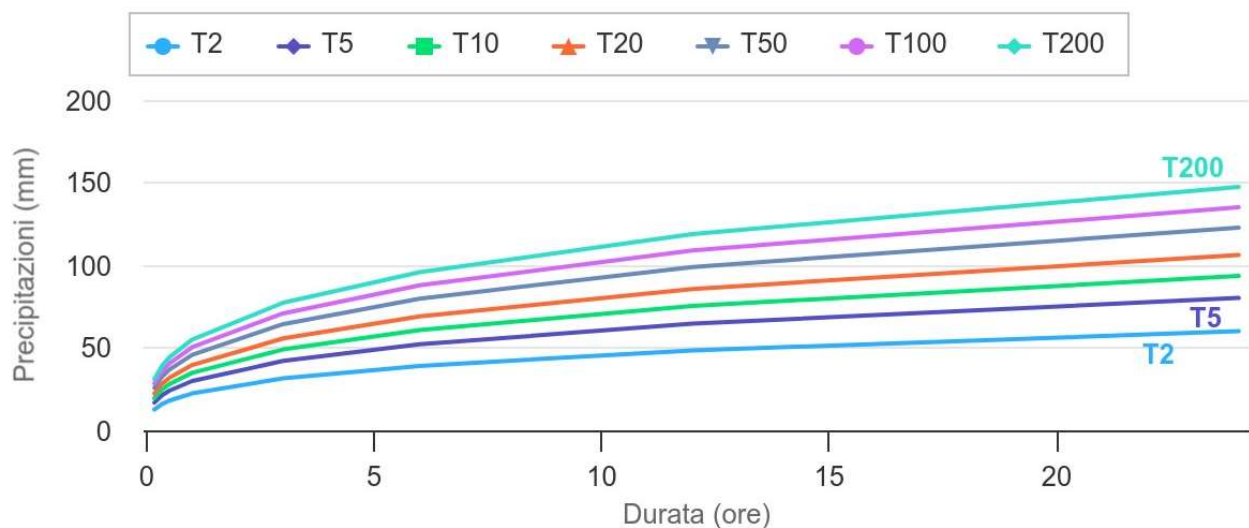


Figura 3 - Curve di possibilità pluviometrica per vari tempi di ritorno

Piogge suborarie

Un aspetto che può condizionare l'affidabilità del calcolo della precipitazione di progetto riguarda l'informazione sulla base della quale vengono ricavate le LSPP.

Questa informazione per la maggior parte dei siti è costituita dai dati consistenti nelle altezze massime annuali di precipitazione per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore (Tab. III, sez. B, parte I degli Annali Idrologici) e in alcuni valori di altezza di pioggia e relativa durata per precipitazioni di notevole intensità e di breve durata (Tab. V, sez. B, parte I degli Annali Idrologici). È ben noto che per questi ultimi valori non c'è alcuna garanzia che il valore riportato per una certa durata sia il massimo annuale (Moisello, 1998). Per queste brevi durate, inoltre, i valori pubblicati sono sempre in numero molto inferiore a quelli relativi alle durate da 1 a 24 ore.

Per le stazioni oggetto di studio, infatti, sono disponibili le registrazioni dei massimi annui di pioggia di durata pari a 15 e 30 minuti, ma per un numero limitato di anni (25 anni per il pluviometro di Amandola e 18 per il pluviometro di Montemonaco). La limitatezza del campione non consente, pertanto, di poter procedere a proiezioni statistiche su questa tipologia di dato.

Una delle possibilità a disposizione del progettista è quella di estrapolare le altezze di pioggia per durate inferiori all'ora da CPP stimate sui massimi di durata da 1 a 24 ore, tuttavia tale procedura ha dimostrato di portare ad una sovrastima sensibile della precipitazione (Ciaponi, 2005).

Negli anni sono stati condotti numerosi studi volti all'individuazione di metodologie alternative, e al contempo scientificamente robuste, finalizzate alla determinazione delle altezze di pioggia suborarie in funzione di parametri più comunemente registrati dai servizi pluviografici nazionali ed internazionali.

A tal fine, è già stato indicato come piuttosto promettente (Calenda et al., 1993) l'utilizzo della proprietà osservata da Bell (1969) in base alla quale i rapporti rd tra le altezze di pioggia h_d di durata d molto breve e l'altezza di pioggia oraria h_1 (1 ora) **sono relativamente poco dipendenti dalla località e dal tempo di ritorno**. La buona stabilità dei rapporti al variare della località parrebbe in effetti confermata, almeno per quanto riguarda i valori medi dei massimi annuali, anche con riferimento ai dati misurati in alcune località italiane.

Tabella 4 - Rapporti fra i valori medi dei massimi annuali delle altezze di pioggia di diverse durate

STAZIONE	$rd = h_d/h_1$			
	5 min	10 min	15 min	30 min
Cascina Scala (PV)	0.28	0.47	0.60	0.79
Milano Monviso [Piga et al. 1990]	0.32	0.49	0.60	0.81
Roma Macao [Calenda et al. 1993]	0.28	0.44	0.54	0.76
USA [Bell 1969]	0.29	-	0.57	0.79
Australia [Bell 1969]	0.30	-	0.57	0.78
URSS [Bell 1969]	0.26-0.32	-	0.53-0.61	0.75-0.83
Valori medi	0.29	0.47	0.58	0.79

Come possibile rilevare dalla Tabella 4, i valori non si scostano molto anche per aree geografiche ed epoche di conduzione delle analisi estremamente differenti tra loro. Nello studio in esame, in ogni caso, in relazione alla vicinanza geografica della zona di conduzione dello studio, **sono stati selezionati i parametri proposti da Calenda (1993)**.

ANALISI IDRAULICHE

Nel presente paragrafo vengono fornite le analisi svolte al fine di effettuare:

- Il dimensionamento dei pluviali;
- Il dimensionamento della rete di smaltimento delle acque meteoriche;
- Il dimensionamento del bacino di infiltrazione;
- Il dimensionamento della rete di smaltimento di acque reflue;
- Il dimensionamento dell'impianto di depurazione dei reflui;

Dimensionamento Pluviali

Il dimensionamento idraulico dei pluviali è stato effettuato conformemente alla norma UNI EN 12056-3.

Coefficiente udometrico

Il tempo di corrivazione per l'ingresso al pluviale è stato assunto pari a 2 minuti.

Il Tempo di ritorno è stato assunto pari a 50 anni.

Coefficiente di deflusso delle coperture pari a 1

L'intensità di pioggia per uno scroscio di 2 minuti è stata valutata tramite lo studio di Calenda, precedentemente citato, che porta a stimare una intensità pari a **177 mm/h**. Di seguito si propone la formulazione del coefficiente udometrico.

$$u = \frac{10000}{3600} \Phi \cdot i$$

Si stima pertanto un coefficiente udometrico per il dimensionamento delle coperture pari a **490 l/(s x ha)**.

Si prevede di adottare 8 pluviali in PVC Diametro 160 mm.

In questo modo la superficie massima per singolo pluviale presenta una estensione di circa 318 mq a cui corrisponde una **portata da smaltire di circa 16 l/s**.

Assumendo un grado di riempimento f pari a 0.33, desumibile dal prospetto 8 della norma UNI EN 12056-3 e dall'applicazione dell'indicata equazione di Wyly Eaton, **la portata massima smaltibile per singolo pluviale è pari a 37 l/s** risultando, quindi, verificato.

Rete di smaltimento acque meteoriche da piazzali e coperture

Standard progettuali

Il dimensionamento della rete di collettamento delle acque meteoriche è stato condotto sotto le seguenti ipotesi:

- Metodo razionale per la trasformazione afflussi-deflussi;
- Tempo di corrivazione t_c pari a 5 minuti;
- Moto uniforme nelle condotte;
- Massimo riempimento ammissibile dei collettori pari al 70%;
- Tempo di ritorno di dimensionamento pari a 20 anni;
- Velocità minima non inferiore a 0,5÷0,6 m/s;
- Velocità massima non superiore a 5 m/s.
- Tubazioni in materiale plastico (PVC/Pe.AD.)

Descrizione delle opere in progetto

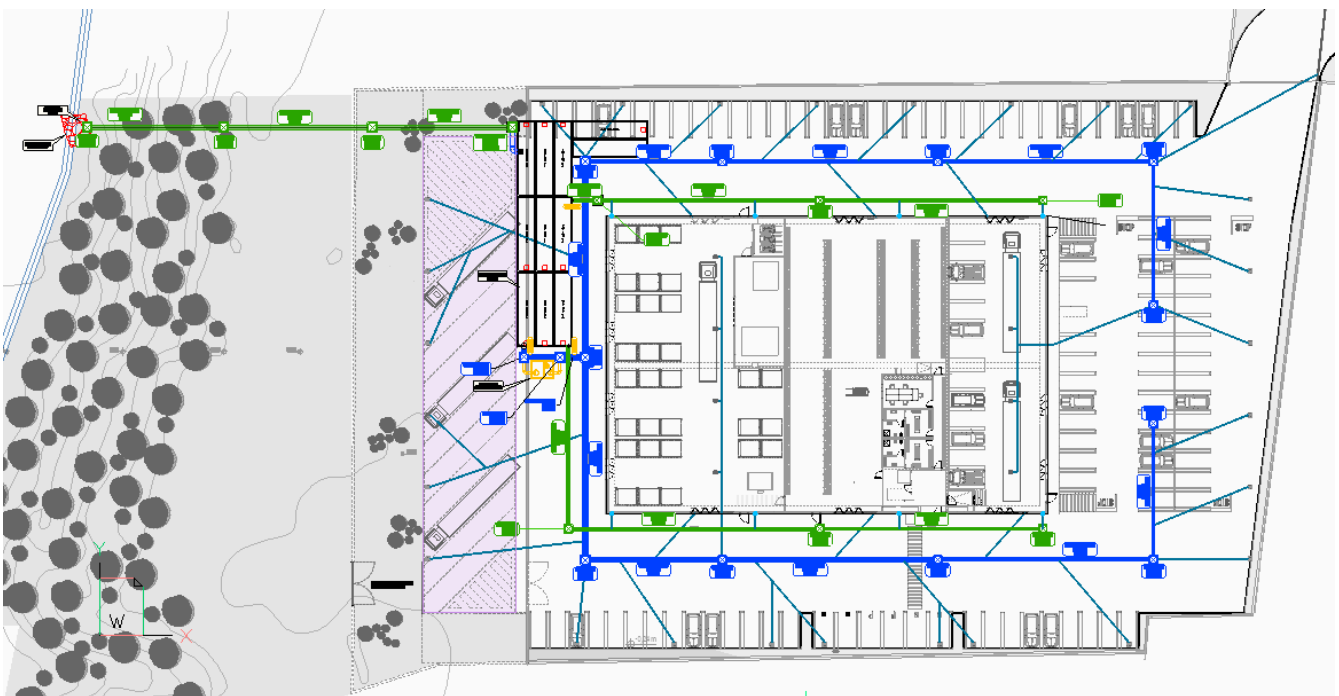


Figura 4 - Stralcio planimetria di progetto opere idrauliche

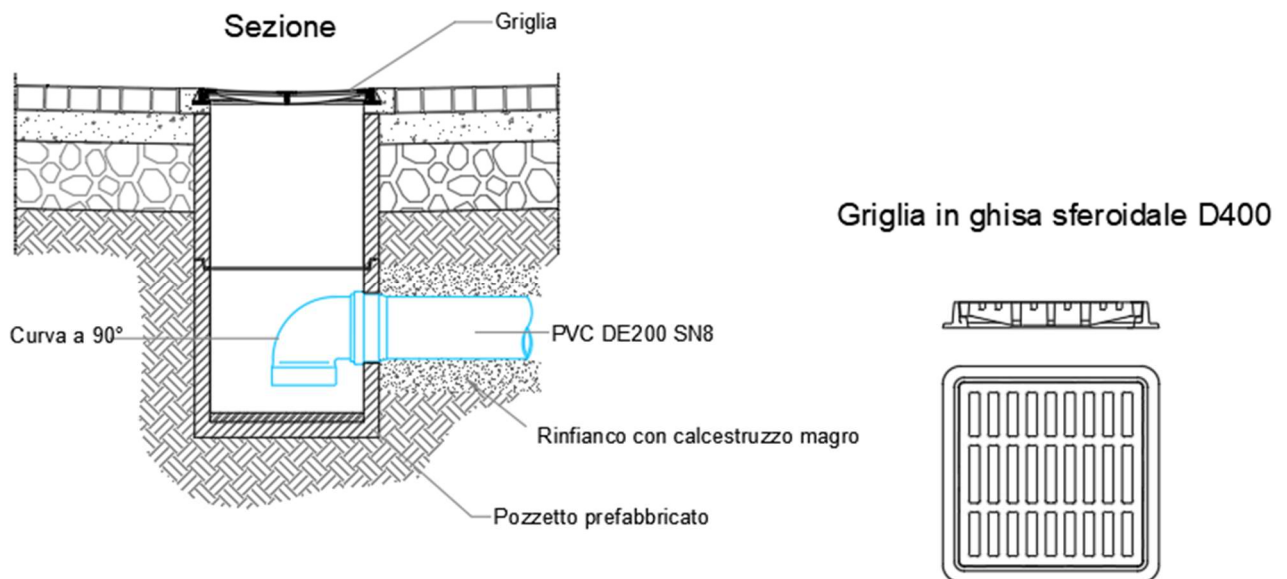
La quota di finito dei piazzali è individuata a quota +0.30 m rispetto allo stato di fatto.

Raccolta

La raccolta delle acque è effettuata a mezzo di:

- Caditoie o Bocche di Lupo prefabbricate in c.a. disposte in corrispondenza degli impluvi del piazzale;
- Pluviali DE100 in PVC a servizio delle coperture.

Tutti gli elementi di raccolta sono connessi alla rete a mezzo di tubazioni in PVC DE160



Collettamento

Il sistema di collettamento è realizzato a mezzo di una rete a gravità realizzata a mezzo di tubazioni in PVC di diametri compresi tra il DE315 e il DE630 con pendenza minima pari allo 0.2%.

Il sistema convoglia in un bacino di laminazione (che verrà analizzato nei seguenti paragrafi) in 3 punti distinti. Il manufatto in progetto è costituito da un sistema di vasche prefabbricate. La regolazione della portata è realizzata a mezzo di una valvola basculante in acciaio inox da installarsi sulla forometria di uscita del manufatto.

2 scarichi competono alla rete di smaltimento dei tetti del fabbricato.

Lo scarico restante compete alla rete di smaltimento dei piazzali. Per questi ultimi è stata prevista la posa di un separatore di olii a coalescenza a monte dei due recapiti nel bacino.

Recapito finale

Il recapito finale è costituito dalla bealera del "Naviglio di Bra".

La morfologia del sito di intervento (con pendenza marcatamente in direzione est) è tale per cui ad oggi le acque di ruscellamento superficiale sono naturalmente convogliate nel canale in esame.

La trasformazione del lotto, pertanto non altera, il recapito delle acque meteoriche di ruscellamento superficiale rispetto allo stato di fatto

Metodo Razionale

Di seguito viene fornita la formula utilizzata per la valutazione della portata defluente da un sottobacino servito da un ramo di fognatura:

$$Q = S \cdot i \cdot \phi \cdot t_c$$

dove:

- S = Estensione delle aree drenate dal ramo
- i = intensità di pioggia per t=t_c;
- ϕ = Coefficiente di deflusso, assunto pari a 1 per le coperture, 0,9 per asfalti ed aree pavimentate, 0.2 per aree a verde.

Come precedentemente indicato, il dimensionamento è stato condotto per TR 20 anni e per un tempo di corrivazione della rete assunto pari a 5 minuti che, tenuto conto del metodo di valutazione delle piogge suborarie proposto da Calenda, porta a valutare una intensità di pioggia di progetto pari a **153 mm/h**.

Dimensionamento collettori

Definiti i parametri pluviometrici e il metodo di trasformazione afflussi/deflussi, si effettua il dimensionamento delle opere idrauliche in progetto. La verifica idraulica degli specchi in progetto, viene effettuata valutando le altezze idriche e le velocità relative alle portate di progetto tramite l'espressione di Chézy:

$$V = k \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

e l'equazione di continuità

$$Q = \sigma V$$

dove K, il coefficiente di scabrezza, è stato valutato secondo la formula di Gauckler-Strickler:

$$K = K_s R^{1/6}$$

ottenendo:

$$Q = A K_s R^{2/3} i^{1/2}$$

dove:

- Q la portata (m³/s)
- i la pendenza media della canalizzazione (m/m);
- A la sezione idrica (m²);
- K_s il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, pari a 90 (tubazione in materiale plastico ed acciaio);
- R il raggio idraulico pari al rapporto tra sezione idrica e perimetro bagnato (m).

Tabella 5 - Parametri di input per la verifica delle tubazioni in moto uniforme applicando il metodo razionale

Scabrezza secondo Manning	n	0.011
Scabrezza secondo Strickler		90
Coefficiente di deflusso coperture	φ	1
coefficiente di deflusso asfalto	φ	0.9
coefficiente di deflusso area verde	φ	0.9
tempo di corrivazione	$t [min]$	5
tempo di corrivazione	$t [h]$	0.08
intensità di pioggia	$i [mm/h]$	153

Nella seguente tabella viene fornito il dimensionamento delle tubazioni condotto in condizioni di moto uniforme. In verde sono evidenziati i collettori che costituiscono la rete di smaltimento acque delle coperture mentre in blu sono indicate le tubazioni costituenti la rete di smaltimento acque dei piazzali. La superficie indicata in tabella è la Superficie impermeabile equivalente servita dal tratto di collettore. Tale valore viene ottenuto moltiplicando l'estensione effettiva dell'area per il coefficiente di deflusso in relazione al tipo di superficie.

Tabella 6 - Aree scolanti

		SUPERFICIE	SUPERFICIE	Φ	U (TR=20, t=5min)	Q	Φ medio (imp. area)
		mq	ha	-	l/s ha	l/s	-
AREA A1	VERDE	232.0	0.02	0.2	85.1	2.0	
	PARCHEGGI	0.0	0.00	0.7	297.7	0.0	
	ROADS	538.0	0.05	0.9	382.8	20.6	
	TOTALE	770.0	0.08	-	-	22.6	0.69
AREA A2	VERDE	67.0	0.01	0.2	85.1	0.6	
	PARCHEGGI	0.0	0.00	0.7	297.7	0.0	
	ROADS	669.0	0.07	0.9	382.8	25.6	
	TOTALE	736.0	0.07	-	-	26.2	0.84
AREA A3	VERDE	67.0	0.01	0.2	85.1	0.6	
	PARCHEGGI	0.0	0.00	0.7	297.7	0.0	
	ROADS	592.0	0.06	0.9	382.8	22.7	
	TOTALE	659.0	0.07	-	-	23.2	0.83
AREA A4	VERDE	45.0	0.00	0.2	85.1	0.4	
	PARCHEGGI	0.0	0.00	0.7	297.7	0.0	
	ROADS	529.0	0.05	0.9	382.8	20.3	
	TOTALE	574.0	0.06	-	-	20.6	0.85
AREA A5	VERDE	58.0	0.01	0.2	85.1	0.5	
	PARCHEGGI	0.0	0.00	0.7	297.7	0.0	
	ROADS	530.0	0.05	0.9	382.8	20.3	
	TOTALE	588.0	0.06	-	-	20.8	0.83
AREA A6	VERDE	364.0	0.04	0.2	85.1	3.1	
	PARCHEGGI	0.0	0.00	0.7	297.7	0.0	
	ROADS	475.0	0.05	0.9	382.8	18.2	
	TOTALE	839.0	0.08	-	-	21.3	0.60
AREA A7	VERDE	204.0	0.02	0.2	85.1	1.7	
	PARCHEGGI	0.0	0.00	0.7	297.7	0.0	
	ROADS	528.0	0.05	0.9	382.8	20.2	
	TOTALE	732.0	0.07	-	-	21.9	0.70
AREA A8	VERDE	118.0	0.01	0.2	85.1	1.0	
	PARCHEGGI	0.0	0.00	0.7	297.7	0.0	
	ROADS	593.0	0.06	0.9	382.8	22.7	
	TOTALE	711.0	0.07	-	-	23.7	0.78
AREA A9	VERDE	222.0	0.02	0.2	85.1	1.9	
	PARCHEGGI	0.0	0.00	0.7	297.7	0.0	
	ROADS	460.0	0.05	0.9	382.8	17.6	
	TOTALE	682.0	0.07	-	-	19.5	0.67

		SUPERFICIE	SUPERFICIE	Φ	U (TR=20, t=5min)	Q	Φ medio (imp. area)
		mq	ha	-	l/s ha	l/s	-
AREA A10	VERDE	59.0	0.01	0.2	85.1	0.5	
	PARCHEGGI	0.0	0.00	0.7	297.7	0.0	
	ROADS	462.0	0.05	0.9	382.8	17.7	
	TOTALE	521.0	0.05	-	-	18.2	0.82
AREA A11	VERDE	61.0	0.01	0.2	85.1	0.5	
	PARCHEGGI	0.0	0.00	0.7	297.7	0.0	
	ROADS	449.0	0.04	0.9	382.8	17.2	
	TOTALE	510.0	0.05	-	-	17.7	0.82
AREA A12	VERDE	277.0	0.03	0.2	85.1	2.4	
	PARCHEGGI	0.0	0.00	0.7	297.7	0.0	
	ROADS	397.0	0.04	0.9	382.8	15.2	
	TOTALE	674.0	0.07	-	-	17.6	0.61
AREA A13	VERDE	204.0	0.02	0.2	85.1	1.7	
	PARCHEGGI	0.0	0.00	0.7	297.7	0.0	
	ROADS	528.0	0.05	0.9	382.8	20.2	
	TOTALE	732.0	0.07	-	-	21.9	0.70
AREA C1	VERDE	0.0	0.00	0.2	85.1	0.0	
	PARCHEGGI	0.0	0.00	0.7	297.7	0.0	
	TETTI	635.0	0.06	1.0	425.3	27.0	
	TOTALE	635.0	0.06	-	-	27.0	1.00
AREA C2	VERDE	0.0	0.00	0.2	85.1	0.0	
	PARCHEGGI	0.0	0.00	0.7	297.7	0.0	
	TETTI	635.0	0.06	1.0	425.3	27.0	
	TOTALE	635.0	0.06	-	-	27.0	1.00
AREA C3	VERDE	0.0	0.00	0.2	85.1	0.0	
	PARCHEGGI	0.0	0.00	0.7	297.7	0.0	
	TETTI	635.0	0.06	1.0	425.3	27.0	
	TOTALE	635.0	0.06	-	-	27.0	1.00
AREA C4	VERDE	0.0	0.00	0.2	85.1	0.0	
	PARCHEGGI	0.0	0.00	0.7	297.7	0.0	
	TETTI	635.0	0.06	1.0	425.3	27.0	
	TOTALE	635.0	0.06	-	-	27.0	1.00

Tabella 7 - Tabella di dimensionamento collettori smaltimento meteoriche

	Verifica tubazioni per TR19 Verifica tubazioni per TR20											
	Aree	Coefficiente di deflusso	Superficie scolante	Superficie equivalente	Pendenza	Portata tratto	Velocità della corrente	Tirante idrico	Diametro nominale	Diametro interno	Grado di riempimento	Franco idraulico
		fi	S	S _{tot,eq}	j	Q	v	y	DN	DI	GR	Franco
		-	m²	m²	m/m	l/s	m/s	cm	mm	m	%	cm
T1.1-T1.2	C1	1.00	635	635	0.002	26.99	0.72	0.17	315	0.27	61	11
T1.2-T1.3	C1+C2	1.00	635	635	0.002	26.99	0.73	0.14	400	0.34	42	20
T2.1-T2.2	C3	1.00	635	635	0.002	26.99	0.72	0.17	315	0.27	61	11
T2.2-T2.3	C3+C4	1.00	635	635	0.002	26.99	0.73	0.14	400	0.34	42	20
P1.1-P1.2	A3	0.83	659	547	0.004	23.25	0.91	0.12	315	0.27	45	15
P1.2-P1.3	A3+A2+A1	0.78	2165	1697	0.004	72.11	1.20	0.21	400	0.34	62	13
P1.3-P1.4	A4+A3+A2+A1	0.80	2739	2184	0.004	92.85	1.28	0.22	500	0.43	50	21
P1.4-P1.5	A5+A4+A3+A2+A1	0.80	3327	2672	0.004	113.60	1.35	0.24	500	0.43	57	18
P1.5-P1.6	A6+A5+A4+A3+A2+A1	0.76	4166	3176	0.004	134.99	1.41	0.24	630	0.53	44	30
P1.6-P1.7	A7+A6+A5+A4+A3+A2+A1	0.75	4898	3688	0.004	156.77	1.46	0.26	630	0.53	48	27
P2.1-P2.2	A8	0.78	711	555	0.004	23.57	0.91	0.12	315	0.27	45	15
P2.2-P2.3	A9+A8	0.73	1393	1012	0.004	43.00	1.06	0.15	400	0.34	45	19
P2.3-P2.4	A10+A9+A8	0.75	1914	1439	0.004	61.16	1.15	0.17	500	0.43	40	26
P2.4-P2.5	A11+A10+A9+A8	0.77	2424	1857	0.004	78.93	1.22	0.18	630	0.53	33	36
P2.5-P2.6	A12+A11+A10+A9+A8	0.73	3098	2268	0.004	96.41	1.29	0.20	630	0.53	37	34
P2.6-P2.7	A13+A12+A11+A10+A9+A8	0.73	3830	2780	0.004	118.19	1.36	0.22	630	0.53	41	31

La tabella evidenzia come tendenzialmente i vincoli su velocità e riempimenti siano rispettati.

Si ritiene, pertanto che la verifica sia soddisfatta.

Dimensionamento Impianto di dissabbiatura e separazione oli

La portata da trattare è stata determinata calcolando la portata generata dai primi 5 minuti di precipitazione sui piazzali.

L'area complessiva di trasformazione è pari a 8728 m² ed è stato valutato un coefficiente di deflusso medio complessivo pari a 0.74, con una superficie impermeabile equivalente di circa 6500 m².

Tenuto conto che il volume di acqua di prima pioggia corrisponde ai 5 mm di pioggia caduti nei primi 15 minuti di evento meteorico è possibile valutare la portata di trattamento tramite la seguente relazione

$Q = A * h / t$ che risulta essere pari a **34 l/s**.

Il manufatto prefisso in progetto è un dissabbiatore/disoleatore a coalescenza con capacità massima di trattamento pari a 50 l/s.

La portata eccedente tale valore bypasserà il manufatto venendo collettata direttamente nel manufatto di laminazione.

La capacità di trattamento eccedente, oltre i 34 l/s strettamente necessari, potrà essere sfruttata per eventuali espansioni future del centro.

Recapito finale – Dimensionamento bacino di laminazione/infiltrazione

Il calcolo del volume (V) da assegnare alla vasca di laminazione, è stato condotto risolvendo per incrementi finiti di tempo, l'equazione differenziale di continuità di un serbatoio, applicata alla situazione in esame. La procedura prevede, per diverse durate dell'evento piovoso, la scrittura dell'equazione di continuità con riferimento al volume di controllo costituito dalla vasca:

$$\frac{dW(t)}{dt} = Q_e(t) - Q_u(t)$$

In tale equazione con W(t) si è indicato il volume invasato nella trincea al tempo t, e con Q_e(t) e Q_u(t) le portate, in ingresso ed in uscita al tempo t, dalla vasca medesima.

La portata in ingresso, variabile temporalmente, è costituita dall'idrogramma generato dalle acque meteoriche cadute sulle superficie da drenare. L'idrogramma di afflusso adottato presenta una forma rettangolare secondo la formula di Turazza, con picco corrispondente al tempo di corrivazione delle superfici scolanti.

Il valore di picco dell'idrogramma è stato ottenuto, per ciascuna durata di pioggia considerata, con la seguente espressione:

$$Q_{e_max} = \varphi \cdot A \cdot a \cdot d^{n-1} \text{ [m}^3/\text{s]}$$

nella quale:

- φ coefficiente di deflusso medio del lotto, assunto pari a 0.8
- A superficie drenata [m²];
- d [h] durata dell'evento piovoso;

Per il calcolo della massima portata concessa all'uscita e del tempo di ritorno di progetto si è fatto riferimento, in assenza di indicazioni normative locali o regionali, al PTC2 della città metropolitana di Torino.

Il piano indica che il tempo di ritorno del manufatto deve essere pari a 50 anni e che la valutazione della massima portata di runoff del lotto deve essere stimata a partire da una valutazione del runoff ante-operam.

Al paragrafo 4.1 dell'elaborato DS6 del PTC2 "DISPOSIZIONI TECNICO-DISPOSIZIONI TECNICO- NORMATIVE IN MATERIA DI DIFESA NORMATIVE IN MATERIA DI DIFESA DEL SUOLO DEL SUOLO" si riporta che *[..]tutti gli interventi di nuova urbanizzazione o di trasformazione urbanistica si applica in generale il principio dell'invarianza idraulica. Per trasformazione del territorio a invarianza idraulica si intende la trasformazione di un'area che non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa.*

Nel caso in cui il corpo idrico ricevente sia ritenuto in condizioni critiche (ovvero un bacino e relativo tronco di chiusura per il quale non sono ammessi ulteriori apporti) o particolarmente critiche (ovvero un bacino e relativo tronco di chiusura in cui si evidenzia la necessità inderogabile di interventi di riequilibrio idraulico) si applica il criterio dell'attenuazione idraulica. Per trasformazione del territorio ad attenuazione idraulica si intende la trasformazione di un'area che determini una riduzione della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa. La riduzione della portata deve essere pari almeno al 50% rispetto alla portata in condizione ante-operam.

Per la stima della portata di runoff si è ipotizzato:

- tempo di corrivazione 10 min. $i = 134 \text{ m/h}$
- area verde – coeff. Di deflusso pari a 0.2.

Applicando il modello razionale si stima un coefficiente di deflusso di circa 74 l/(s*ha) con una portata di runoff complessiva di circa 80 l/s .

Cautelativamente è stata applicata la decurtazione del 50% valida per ipotesi di ATTENUAZIONE IDRAULICA in caso di corpo idrico in condizioni critiche.

La portata massima in uscita è stata pertanto imposta a 40 l/s .

A seguire, per ogni durata considerata dell'evento piovoso, è stato costruito l'idrogramma di afflusso alla trincea $Q_e(t)$, discretizzando il tempo in intervalli temporali, e dalla soluzione dell'equazione di continuità alle differenze finite sono stati valutati, istante per istante, il valore del tirante all'interno della trincea disperdente e il volume in essa invasato.

Variando quindi la durata dell'evento piovoso iterativamente è stato possibile determinare la durata critica alla quale corrisponde il massimo valore del tirante idrico e quindi il massimo volume di invaso necessario per lo strato in esame.

Dati di input*Tabella 8 - Superfici scolanti*

Nome superficie	Area (mq)	Coeff. Defl. ϕ	Tc (min)
area scolante	11268	0.8	5

Tabella 9 – Dati bacino di infiltrazione

Perimetro base	160	[m]
Area di base	269	[mq]

Risultati TR50:

Tabella 10 - Risultati del calcolo espressi in funzione del tempo di precipitazione T_p – TR50

T_p		h	0.08	0.17	0.33	0.50	0.67	0.83	1.00	1.67	2.00	3.33	5.00	10.0	15.0
		min	5	10	20	30	40	50	60	100	120	200	300	600	900
Max portata entrante	l/s		442	336	230	186	151	129	114	80	71	50	38	23	18
Max portata infiltrazione	l/s		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max portata pompaggio	m		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	35
Max livello in vasca	mc		0.41	0.62	0.81	0.94	0.96	0.97	0.97	0.88	0.81	0.44	0.01	0.01	0.01
Volume di afflusso	mc		133	201	276	334	362	388	412	483	511	598	679	841	954
Volume max. riemp. vasca	mc		110	167	219	253	258	260	261	237	218	117	2	3	3
Volume infiltrato totale	mc		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Volume pompaggio totale	mc		133	201	276	334	362	388	412	483	511	598	679	841	954

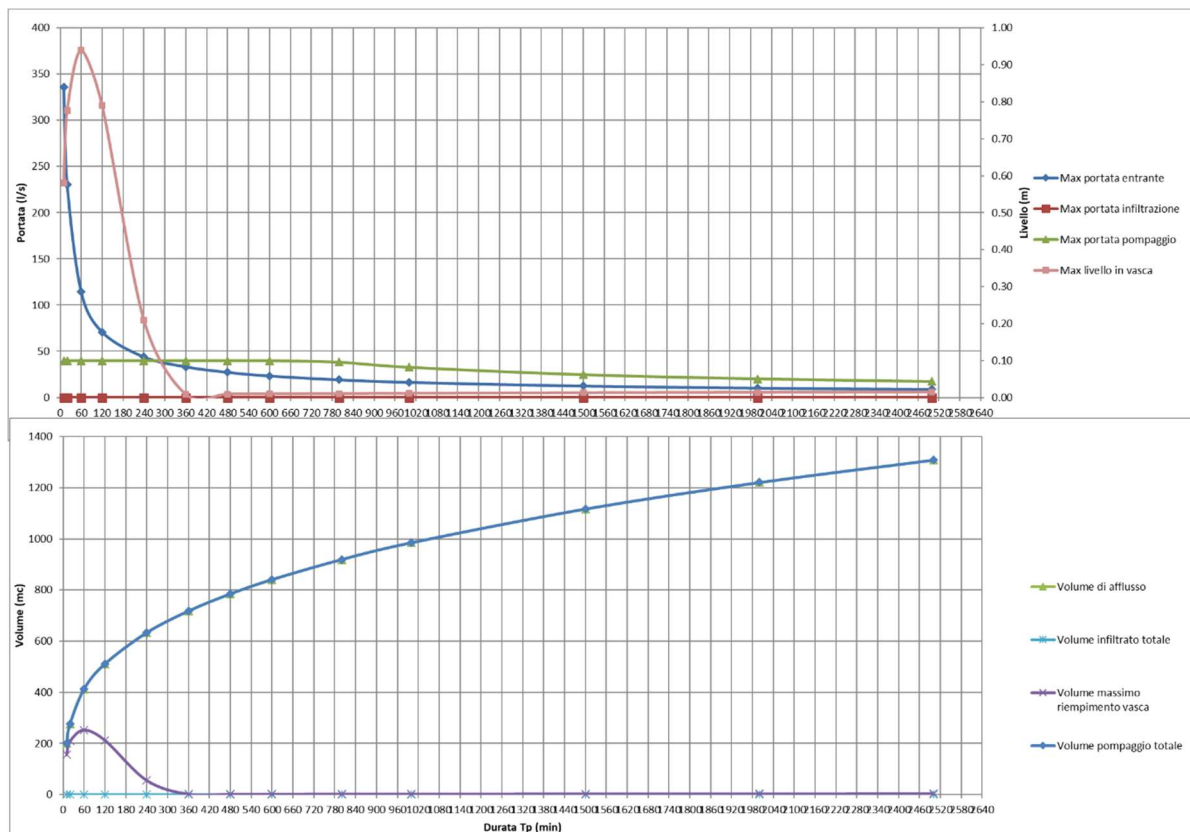


Figura 5.4 - risultati del calcolo per diversi tempi di precipitazione – TR50

Come si può osservare dai risultati rappresentati nei precedenti grafici e riportati in formato tabellare in tabella, per un evento meteorico con **tempo di ritorno di 50 anni** la vasca raggiunge il massimo riempimento nel caso di precipitazione di circa **60 min** di durata. Il volume massimo accumulato nel bacino è di circa **261 m³**, che corrisponde ad un livello di **0.97 m**.

Risultati TR200:

Tabella 11 - Risultati del calcolo espressi in funzione del tempo di precipitazione Tp – TR200

Tp		h	0.08	0.17	0.33	0.50	0.67	0.83	1.00	1.67	2.00	3.33	5.00	10.0	15.0
		min	5	10	20	30	40	50	60	100	120	200	300	600	900
Max portata entrante	l/s		266	404	277	223	181	155	138	97	85	60	45	28	21
Max portata infiltrazione	l/s		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max portata pompaggio	m		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Max livello in vasca	mc		0.47	0.73	0.98	1.15	1.19	1.22	1.24	1.21	1.17	0.86	0.35	0.01	0.01
Volume di afflusso	mc		159	242	332	402	435	466	495	580	614	719	815	1011	1146
Volume max. riemp. vasca	mc		126	197	264	310	321	329	334	326	314	231	94	3	3
Volume infiltrato totale	mc		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Volume pompaggio totale	mc		159	242	332	402	435	466	495	580	614	719	815	1011	1146

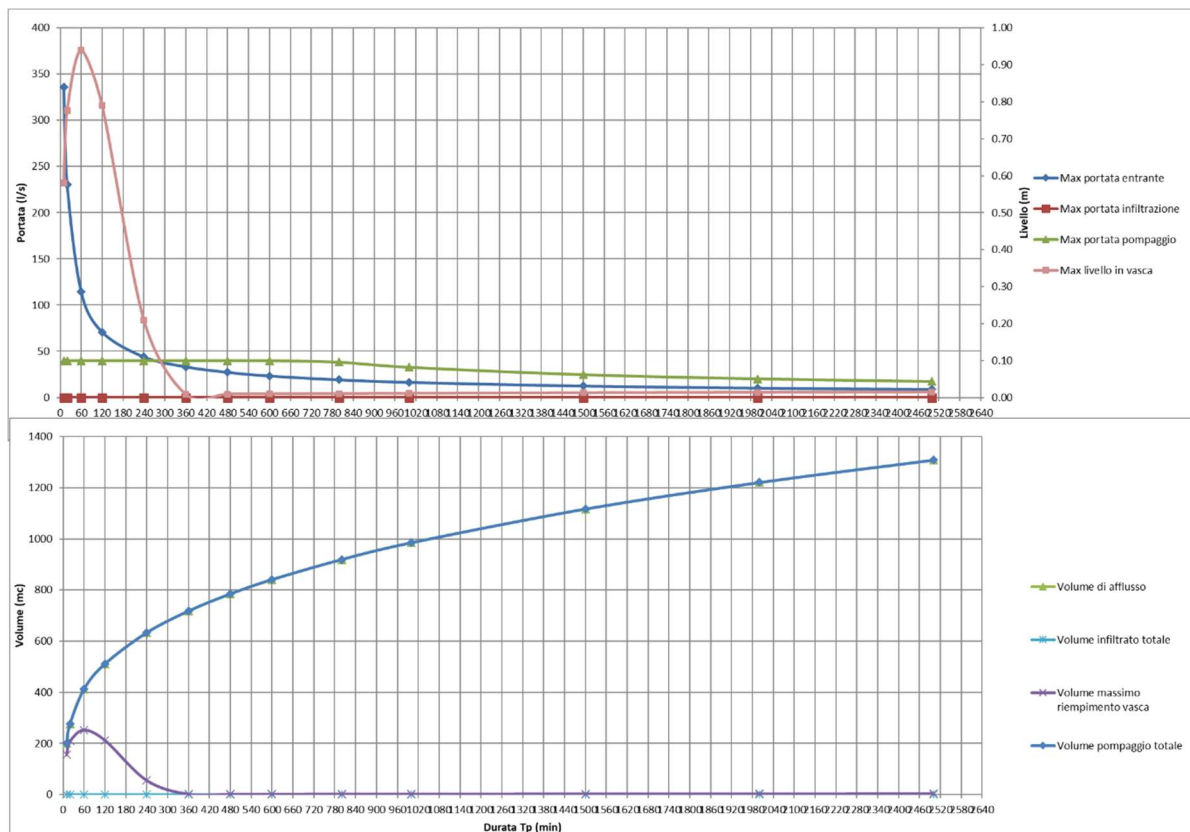


Figura 5.4 - risultati del calcolo per diversi tempi di precipitazione – TR200

Come si può osservare dai risultati rappresentati nei precedenti grafici e riportati in formato tabellare in tabella, per un evento meteorico con **tempo di ritorno di 200 anni** la vasca raggiunge il massimo riempimento nel caso di precipitazione di circa **60 min** di durata. Il volume massimo accumulato nel bacino è di circa **334 m³**, che corrisponde ad un livello di **1.24 m**.

Il fondo vasca è stato collocato altimetricamente a quota -3.50 rispetto alla quota 0 di progetto.

In base ai riempimenti calcolati è possibile valutare che, rispetto alla tubazione più profonda in ingresso in vasca (quota -1.81 rispetto allo 0), il franco rispetto a quest'ultima è:

- superiore a 50 cm per TR50;
- superiore a 20 cm per TR200.

Valvola di regolazione della portata

La regolazione della portata diretta verso lo scarico è realizzata tramite l'inserimento sulla forometria in uscita dalla vasca di una valvola automatica di regolazione della portata. La tipologia prevista è costituita da un corpo in acciaio inox AISI304. La chiusura progressiva dell'orifizio di scarico all'aumentare del livello consente di mantenere costante la portata a valle.



Valvola automatica di regolazione portata in uscita

In caso di fallanza del funzionamento del sistema a causa di fattori aleatori e non prevedibili, è stata prevista la realizzazione di un bypass di troppo pieno PVC DE630 posto a quota superiore a tutte le condotte di ingresso in vasca.

Rete smaltimento acque reflue

Nel nuovo edificio è prevista la presenza di 250 addetti stimati dal conteggio delle postazioni. Le acque reflue scaricate dal nuovo insediamento, non essendo presenti lavorazioni di tipo industriale che richiedano l'impiego di acqua, sono assimilabili a domestiche ai sensi della legge regionale 13/90.

Nella stima degli Abitanti Equivalenti (AE) si è assunto un valore di 1 AE ogni 3 dipendenti, valore in linea con quelli suggeriti dalla letteratura di settore.

Ipotizzando, per eccesso, la presenza di 250 addetti su 3 turni è stata valutata la portata nera media transitante in rete.

Addetti a turno	Portata pro capite [l/(ab*g)]	Portata totale su 3 turni [mc/g]	Q media [l/s]
250	100	75	0.9

Definizione della portata di punta

Adottando i criteri di calcolo della norma UNI 12056-2:2001, si ottiene una portata di punta pari a circa 2.9 l/s, portata che è stata anche utilizzata nella verifica della rete.

	UNITA DI SCARICO
Bagno P1 C01	14.6
Bagno P1 C02	11
Cucina P1 C03	1.6
Bagno PT C04	6.1

$$Q = K \cdot \sqrt{\sum DU}$$

Con k = 0.5

	l/s
SOMMA GLOBALE EDIFICIO	2.9

Descrizione rete

La rete principale è costituita da tubazioni in PVC SN8 DE200 (pendenza 0.5%) che a partire dal lato SUD raccolgono gli scarichi lungo il lato meridionale per conferire in una stazione di sollevamento che rilancia le acque reflue verso il pozzetto di rottura posto sul limite della viabilità pubblica di via Saracco per poi allacciarsi alla condotta PVC De315 in direzione Fossano.

Applicando la formula di Chezy si è valutato che la portata di 3 l/s defluisce nel collettore di scarico con un riempimento del 22% e una velocità di 0,6 m/s. **Il collettore è pertanto verificato.**

Impianto di sollevamento

Le portate di dimensionamento sono riportate nel paragrafo precedente.

Per individuare le caratteristiche di funzionamento dell'impianto di sollevamento è necessario determinare la prevalenza totale della pompa, che dipende sia dalle caratteristiche meccaniche della stessa, sia dalle caratteristiche dell'impianto idraulico in cui essa è inserita (condotta di mandata, organi di intercettazione, etc.). La prevalenza totale è data dalla seguente relazione, somma della prevalenza geodetica, delle perdite di carico continue e delle perdite di carico concentrate:

$$H = \Delta H_{ggg} + J L + \Delta Y_c$$

ove:

- H [m] è la prevalenza totale, dislivello manometrico tra l'aspirazione e la mandata della pompa;
- ΔH_{ggg} [m] è il dislivello geodetico tra il livello minimo di avvio delle pompe e l'asse della tubazione (quota di sbocco);
- L [m] è la lunghezza della condotta premente;
- J [m/m] è la cadente piezometrica lungo la condotta premente;
- $\Sigma \Delta Y_c$ [m] rappresenta la somma delle perdite di carico localizzate, dovute a singolarità ed ostruzioni presenti nell'impianto.

Nel presente lavoro, le perdite di carico continue sono state calcolate con la formula di Darcy:

$$J = \frac{\beta Q^2}{D^5}$$

ove Q [m³/s] è la portata, D [mm] il diametro interno della stessa e β il coefficiente di scabrezza, calcolato tramite K Stricker = 90.

Le perdite di carico localizzate sono invece state calcolate attraverso la seguente relazione, in funzione della velocità media in condotta:

$$\Delta Y_c = \sum \xi \frac{v^2}{2g}$$

ove g è l'accelerazione di gravità ed ξ è un coefficiente che dipende dalla particolare tipologia di perdita di carico: nel presente studio sono state considerate perdite di imbocco, sbocco, curve, valvole.

La seguente tabella riassume le caratteristiche delle due stazioni di pompaggio previste.

L'impianto di sollevamento previsto è realizzato a mezzo di due elettropompe sommergibili in configurazione 1+1R.

	Q (l/s)	H geodetica (m)	H tot (design head) (m)	Mandata D (mm)	pumps
Stazione di sollevamento	3	2.7	3.2	90	1+ 1R

Ipotizzando il rendimento della pompa pari a 0.68 ed il rendimento del motore pari a 0.57 si valuta un rendimento totale di 0.57.

calcolo potenza di una pompa per sollevamento liquami

	ro [kg/m ³]	g [m/s ²]	Q [m ³ /s]	H [m]	
P =	1000	9.81	0.003	3.2	= 0.2 Kw
		0.57			
		[-]			
		eta tot.			

La potenza assorbita dalla pompa per il sollevamento in progetto è pari a 0.2 kW

Riferimenti legislativi

GENERALITÀ

La scelta e l'installazione dei componenti dovrà essere effettuata secondo i criteri indicati dalle norme UNI e CEI.

Tutti i componenti impiegati (materiali ed apparecchi) nella realizzazione degli impianti elettrici devono essere idonei al tipo di ambiente in cui saranno installati e dovranno avere caratteristiche costruttive tali da resistere alle azioni meccaniche corrosive termiche e ai problemi legati all'umidità, che potrebbero verificarsi durante il normale esercizio di funzionamento.

Tutti i materiali e gli apparecchi devono essere rispondenti alle prescrizioni di sicurezza delle Norme CEI e possedere il marchio CE rispondenti alla "Direttiva Bassa Tensione", se ammessi a tale regime (lavorare entro i limiti di tensione : 50-1000V c.a. o 75-1500V c.c.).

LEGGI E NORME PRINCIPALI O SUCCESSIVE MODIFICHE

Leggi e Norme per climatizzazione la ventilazione

- Decreto Legislativo 10 giugno 2020, n. 48 "Attuazione della direttiva (UE) 2018/844 del Parlamento Attuazione della direttiva (UE) 2018/844 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 30 maggio 2018, che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica"
- DM 26 giugno 2015 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici.
- DM 26 giugno 2015 - Metodologie di calcolo delle prestazioni e requisiti minimi.
- DM 26 giugno 2015 - gli Schemi per la relazione tecnica di progetto.
- Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n. 28 "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE"
- Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee – Legge comunitaria 2009. Testo approvato dal Senato il 12 maggio 2010.
- Decreto Ministeriale 26 giugno 2009 "Linee Guida Nazionali per la Certificazione Energetica"
- Decreto Del Presidente Della Repubblica 2 aprile 2009 , n. 59 "Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.
- Decreto Legislativo 30 maggio 2008, n. 115 ""Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE".
- D.Lgs 311 del 29/12/2006 "Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia"
- Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia"
- Piano di azione nazionale per le energie rinnovabili (direttiva 2009/28/CE)
- Legge 09/01/1991, n.10 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia"
- UNI/TS 11300-1 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale;
- UNI/TS 11300-2 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua

calda sanitaria; e successive integrazioni.

- UNI/TS 11300-3: Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva.
- UNI/TS 11300-4 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria.
- UNI/TS 11300-5 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 5: Calcolo dell'energia primaria e della quota da fonti rinnovabili.
- UNI/TS 11300-6 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 6: Fabbisogno energetici di ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili.
- UNI EN ISO 13790 Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento
- UNI EN ISO 6946 Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo.
- UNI EN ISO 10077-1 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 1: Generalità.
- UNI EN ISO 10077-2 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo numerico per i telai.
- UNI EN ISO 13786 Prestazione termica dei componenti per edilizia – Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo.
- UNI EN ISO 13789 Prestazione termica degli edifici - Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione - Metodo di calcolo.
- UNI EN ISO 13370 Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo.
- UNI EN ISO 10211 Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali – Calcoli dettagliati.
- UNI EN ISO 14683 Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica -Metodi semplificati e valori di riferimento.
- UNI EN ISO 13788 Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale - Metodo di calcolo.
- UNI EN 13363-1 Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 1: Metodo semplificato.
- UNI EN 13363-2 Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 2: Metodo di calcolo dettagliato.
- UNI 11235 Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde.
- UNI 10339 Impianti aeraulici a fini di benessere - Generalità, classificazione e requisiti - Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura
- UNI EN 13779 Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione.
- UNI EN 15242 Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici, comprese le infiltrazioni.
- UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici.
- UNI 10351 Materiali da costruzione - Conduttività termica e permeabilità al vapore.
- UNI 10355 Murature e solai - Valori di resistenza termica e metodo di calcolo.
- UNI EN 410 Vetro per edilizia - Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate.
- UNI EN 673 Vetro per edilizia - Determinazione della trasmittanza termica (valore U) - Metodo di calcolo.
- UNI EN ISO 7345 Isolamento termico - Grandezze fisiche e definizioni.
- UNI 8065 Trattamento dell'acqua negli impianti termici ad uso civile.

- UNI EN 303-5 Caldaie per riscaldamento - Caldaie per combustibili solidi, con alimentazione manuale e automatica, con una potenza termica nominale fino a 300 kW - Parte 5: Terminologia, requisiti, prove e marcatura.
- UNI 10339:1995 "Impianti aeraulici ai fini del benessere. Generalità classificazione e requisiti. Regole per la richiesta di offerta"
- UNI EN 13779:2008 "Ventilazione degli edifici non residenziali – Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e climatizzazione"
- UNI EN 15242:2008 "Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici, comprese le infiltrazioni"
- UNI EN 15251:2008 "Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica"
- DPCM 23/12/2003, attuazione dell'art.51, comma 2 L.16/01/2003, n.3 in materia di "tutela della salute dei non fumatori"

Banche dati e norme di supporto

- UNI 10349:1994 "Riscaldamento e raffrescamento degli ambienti. Dati climatici"
- UNI 10351:1994 "Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore".
- UNI 10355:1994 "Murature e solai. Valore della resistenza termica e metodo di calcolo"
- UNI EN 410:2011 "Vetro per edilizia – Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate"
- UNI EN 673:2011 "Vetro per edilizia - Determinazione della trasmittanza termica (valore U) - Metodo di calcolo"
- UNI EN ISO 7345:1999 "Isolamento termico – Grandezze fisiche e definizioni"
- UNI EN 832:2001 "Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento – Edifici residenziali"
- UNI EN ISO 7730:2006 "Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale"
- UNI EN ISO 15927-1:2004 "Prestazione termoigrometrica degli edifici – Calcolo e presentazione dei dati climatici – Medie mensili dei singoli elementi meteorologici"
- UNI EN 15316-1:2008 "Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 1: Generalità"
- UNI EN 15316-2-3:2008 "Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 2-3: Sistemi di distribuzione del calore negli ambienti"
- UNI 10379:2005 "Riscaldamento degli edifici. Fabbisogno energetico convenzionale normalizzato."
- Raccomandazione CTI – Esecuzione della certificazione energetica – Dati relativi all'edificio

Rumorosità degli impianti

- Decreto Legislativo 10.04.2006, n. 195 "Attuazione della direttiva 2003/710/CE relativa all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (rumore)
- Legge 26.10.1995 n.447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico"
- D.P.C.M. 01.03.91 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno"
- D.P.C.M. 14.11.97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"
- D.P.C.M. 5.12.97 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"
- UNI 8199 "Misura in opera e valutazione del rumore prodotto negli ambienti degli impianti di riscaldamento, condizionamento e ventilazione"