



**POLITECNICO DI MILANO**  
**AREA TECNICO EDILIZIA**

Piazza Leonardo da Vinci, 32 – 20133 MILANO

Cod. lav. 823\_10

**Restauro, ristrutturazione e adeguamento normativo dell'Edificio 4 del  
Campus Leonardo – sede del D.I.I.A.R. – Lotto 1**

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**ELABORATI GENERALI**

**Responsabile del Procedimento:** arch. Riccardo Licari - A.T.E.

**Responsabile del Progetto:** ing. Gianluca Noto – A.T.E. ....

**Progetto opere civili e strutture:** Studio Tecnico Associato Brambilla Colombo  
ing. Maurizio Colombo ®  
ing. Ferdinando Brambilla  
arch. Adriana Campanile  
ing. Marco Solari

**Progetto Impianti Meccanici:** ing. Giuseppe Maddaloni

**Progetto Impianti Elettrici** ing. Fabio Innao – A.T.E.

**Coordinatore per la sicurezza  
in fase di progettazione:** arch. Diana Bruno – A.T.E.

Verifiche acustiche ing. Michele Damiano Vivacqua

Tipo documento								n° documento					titolo documento
P	E	.	D	.	E	G	-	0	2	.	R	1	RELAZIONE GENERALE
Emissione								20 febbraio 2012					
Revisione 1								20 maggio 2012					
Nome file								PE_D_EG_002_0_R1_RELAZIONE_GENERALE					
Redatto					Verificato					Approvato			
G.N.					G.N.					G.N.			

<b>PREMESSA .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 SINTESI MOTIVAZIONI E FINALITÀ (RISTRUTTURAZIONE INTERO EDIFICIO).....</b>	<b>6</b>
1.1.1 DESCRIZIONE GENERALE ED ESIGENZE DEL DIPARTIMENTO (RISTRUTTURAZIONE INTERO EDIFICIO).....	6
1.1.2. CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO ESISTENTE (RISTRUTTURAZIONE INTERO EDIFICIO).....	9
1.1.3 DESCRIZIONE GENERALE SOLUZIONI PROGETTUALI ANALIZZATE (INTERO EDIFICIO) .....	13
<b>2 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 GENERALITA' .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 PIANO RIALZATO .....</b>	<b>18</b>
2.2.1 ALA EST .....	19
2.2.2 ALA NORD .....	22
<b>2.3 PIANO PRIMO.....</b>	<b>25</b>
<b>2.4 PIANO SECONDO .....</b>	<b>27</b>
<b>2.6 COPERTURE .....</b>	<b>29</b>
<b>3 CENNI STORICI.....</b>	<b>30</b>
<b>3.1 IL POLITECNICO DI MILANO.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2 L'EDIFICIO 4 – EX INGEGNERIA INDUSTRIALE .....</b>	<b>34</b>
<b>4 INDAGINI E RILIEVI ESEGUITI .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1 INDAGINI SULLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLA MURATURA ..</b>	<b>38</b>
<b>4.2 PROVE DI CARICO .....</b>	<b>39</b>
<b>4.3 CAMPAGNA D'INDAGINE SULLE CARATTERISTICHE STRUTTURALI.....</b>	<b>40</b>
<b>5 PROGETTO – CRITERI PER L'EFFETTUAZIONE DELLE SCELTE PROGETTUALI .....</b>	<b>55</b>
<b>5.1 RESTAURO E IL RECUPERO FORMALE E ARCHITETTONICO DELL'EDIFICIO.....</b>	<b>56</b>
5.1.1 SOPRALZO ALA EST.....	56
5.1.2 L'ALA EST.....	57
5.1.3 IL CORPO SERVIZI .....	60
5.1.4 IL CAPANNONE NORD.....	62
5.1.5 IL PIANO SEMINTERRATO .....	66
5.1.6 LE PAVIMENTAZIONI .....	67
5.1.7 GLI INFISSI ESTERNI .....	69
5.1.8 GLI INFISSI INTERNI .....	71
<b>5.2 RIDISTRIBUZIONE FUNZIONALE DEGLI SPAZI.....</b>	<b>72</b>



<b>5.3</b>	<b>MESSA A NORMA STRUTTURE .....</b>	<b>73</b>
<b>5.4</b>	<b>MESSA A NORMA IN MATERIA DI PREVENZIONE INCENDI.....</b>	<b>73</b>
<b>5.5</b>	<b>MIGLIORAMENTO DEL “COMFORT” TERMICO E DELLE CONDIZIONI IGIENICO SANITARIE .....</b>	<b>76</b>
<b>5.6</b>	<b>CONTENIMENTO DEI CONSUMI ENERGETICI.....</b>	<b>76</b>
5.6.1	RIDUZIONE DEI VOLUMI DA CONDIZIONARE .....	76
5.6.2	MIGLIORAMENTO CARATTERISTICHE ISOLANTI DELL’INVOLUCRO .....	77
5.6.3	SCELTE RELATIVE AGLI IMPIANTI MECCANICI .....	87
5.6.4	SCELTE RELATIVE AGLI IMPIANTI ELETTRICI.....	88
<b>5.7</b>	<b>MIGLIORAMENTO E CONTROLLO DEL “COMFORT” ACUSTICO .....</b>	<b>88</b>
5.7.1	REQUISITI ACUSTICI PASSIVI .....	88
<b>5.8</b>	<b>MIGLIORAMENTO E CONTROLLO DEL “COMFORT” LUMINOSO.....</b>	<b>89</b>
<b>5.9</b>	<b>MIGLIORAMENTO DELLA ACCESSIBILITÀ DEGLI SPAZI .....</b>	<b>89</b>
<b>5.10</b>	<b>MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA DEGLI SPAZI .....</b>	<b>89</b>
<b>5.11</b>	<b>ESTETICA E RINNOVO DELLE FINITURE .....</b>	<b>90</b>
<b>5.12</b>	<b>MANUTENZIONE .....</b>	<b>91</b>
<b>6</b>	<b>PROGETTO – DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI .....</b>	<b>92</b>
<b>6.1</b>	<b>OPERE CIVILI.....</b>	<b>92</b>
6.1.1	DEMOLIZIONI .....	92
6.1.2	SCAVI E REINTERRI .....	93
6.1.3	ONERI DI DISCARICA.....	93
6.1.4	SOTTOFONDI E MASSETTI.....	93
6.1.5	COPERTURE .....	93
6.1.6	INFISSI IN LEGNO .....	93
6.1.7	INFISSI METALLICI .....	94
6.1.8	PARETI INTERNE MOBILI .....	94
6.1.9	ARREDI TECNICI.....	95
6.1.10	MURATURE .....	95
6.1.11	CARTONGESSI.....	95
6.1.12	INTONACI .....	96
6.1.13	ISOLAMENTI TERMO-ACUSTICI .....	96
6.1.14	OPERE DI PROTEZIONE AL FUOCO .....	96
6.1.15	IMPERMEABILIZZAZIONI .....	97
6.1.16	OPERE DA LATTONIERE .....	97
6.1.17	CARPENTERIE METALLICHE .....	97
6.1.18	IMPIANTI ELEVATORI .....	97
6.1.19	PAVIMENTAZIONI, RIVESTIMENTI, OPERE DA FALEGNAME, OPERE DA FABBRO, CONTROSOFFITTI, OPERE DA IMBIANCHINO E VERNICIATORE .....	97
<b>6.2</b>	<b>STRUTTURE.....</b>	<b>98</b>
6.2.1	FONDAZIONI.....	98

6.2.2	STRUTTURE PORTANTI VERTICALI E SCALE.....	98
6.2.3	ORIZZONTAMENTI ESISTENTI .....	99
6.2.4	NUOVI ORIZZONTAMENTI .....	100
6.2.5	COPERTURE .....	100
<b>6.3</b>	<b>IMPIANTI MECCANICI .....</b>	<b>102</b>
6.3.1	GENERALITÀ .....	102
6.3.2	CENTRALE FRIGORIFERA.....	102
6.3.3	CIRCUITI DI DISTRIBUZIONE SECONDARIA ACQUA CALDA E REFRIG. ....	103
6.3.4	IMPIANTO CONDIZIONAMENTO LABORATORIO STRADE.....	103
6.3.5	IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO UFFICI ED AULE.....	104
6.3.6	PREDISPOSIZIONI ALLE ALIMENTAZIONI DEI FUTURI LOTTI.....	104
6.3.7	PREDISPOSIZIONI PER ESTRAZIONI CAPPE .....	105
6.3.8	IMPIANTO ARIA COMPRESSA LABORATORI.....	105
<b>6.4</b>	<b>IMPIANTI ELETTRICI .....</b>	<b>106</b>
6.4.1	OGGETTO DEI LAVORI .....	106
6.4.2	RISPONDENZA DISPOSIZIONI DI LEGGE E DI NORMA .....	106
6.4.3	FONTI DI ALIMENTAZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA.....	107
6.4.4	INTERVENTI DI SMANTELLAMENTO .....	107
6.4.5	IMPIANTO F.M. E DI ILLUMINAZIONE .....	107
6.4.6	IMPIANTO DI CABLAGGIO STRUTTURATO .....	110
6.4.7	IMPIANTO DI RIVELAZIONE INCENDIO E DI EVACUAZIONE SONORA .....	110
6.4.8	IMPIANTI SPECIALI .....	111
<b>6.5</b>	<b>ASSISTENZE MURARIE .....</b>	<b>112</b>
<b>6.6</b>	<b>SICUREZZA .....</b>	<b>112</b>
<b>6.7</b>	<b>TEMPI .....</b>	<b>112</b>
<b>6.8</b>	<b>ORGANIZZAZIONE DEL PROGETTO .....</b>	<b>112</b>
<b>6.9</b>	<b>AUTORIZZAZIONI E ASSENTIMENTI .....</b>	<b>113</b>

## PREMESSA

Il presente documento illustra il progetto esecutivo relativo alla *Restauro, ristrutturazione e adeguamento normativo dell'Edificio 4- sede del D.I.I.A.R. - del Campus Leonardo del Politecnico di Milano – Piazza Leonardo da Vinci, 32.*

Con la sigla *D.I.I.A.R.* (o *DIIAR*) si intende *Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale, Infrastrutture Viarie e Rilevamento.*

L'intervento nasce dalle condizioni fatiscenti in cui versa l'Edificio 4, i cui locali non vengono ristrutturati ormai da parecchi decenni. Parte dell'edificio, inoltre, era occupato dal Dipartimento di Energia, recentemente trasferito presso un nuovo edificio della sede di Bovisa. Il trasferimento di cui sopra consente la razionalizzazione e rifunzionalizzazione degli spazi che saranno occupati interamente dal DIIAR che attualmente è dislocato presso n°4 edifici diversi. L'intervento consente la messa a norma degli spazi che verranno ristrutturati e la realizzazione di tutti i nuovi impianti a servizio.

Gli obiettivi principali dell'intervento sono:

- il restauro e il recupero formale e architettonico dell'edificio;
- la redistribuzione funzionale degli spazi adeguandoli alle mutate esigenze del Dipartimento;
- la messa a norma dell'edificio dal punto di vista strutturale, con riferimento all'antisismica;
- la messa a norma dell'edificio dal punto di vista della prevenzione incendi;
- il miglioramento del "comfort" ambientale sia durante il periodo estivo che durante il periodo invernale e delle condizioni igienico sanitarie mediante la realizzazione di impianti di raffrescamento e di condizionamento dell'aria;
- il contenimento dei consumi energetici;
- il miglioramento del "comfort" acustico;
- il miglioramento del "comfort" luminoso;
- il miglioramento della accessibilità degli spazi e l'adeguamento alle normative vigenti in materia;
- il miglioramento della sicurezza degli spazi dal punto di vista antinfortunistico;
- il restauro e rinnovo delle finiture.

Quanto sopra verrà approfondito di seguito nella presente relazione.

L'intervento oggetto della presente relazione è il primo lotto della ristrutturazione che riguarda l'intero edificio. Il primo lotto riguarda per la maggior parte dell'estensione dello stesso, gli spazi precedentemente occupati dal Dipartimento di Energia e spazialmente le porzioni est e nord dell'edificio, come meglio specificato di seguito e negli elaborati grafici allegati.

# 1. FINALITA' DELL'INTERVENTO E SCELTA DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI

## 1.1 SINTESI MOTIVAZIONI E FINALITÀ (RISTRUTTURAZIONE INTERO EDIFICIO)

L'Edificio 4 è sito all'interno del Campus Leonardo del Politecnico di Milano, sede "storica" dello stesso Politecnico inaugurata nel 1927. Il campus è un quadrilatero in cui i nove edifici originari sono disposti intorno al grande cortile rettangolare centrale. L'Edificio 4 è posto centralmente sul fronte nord.

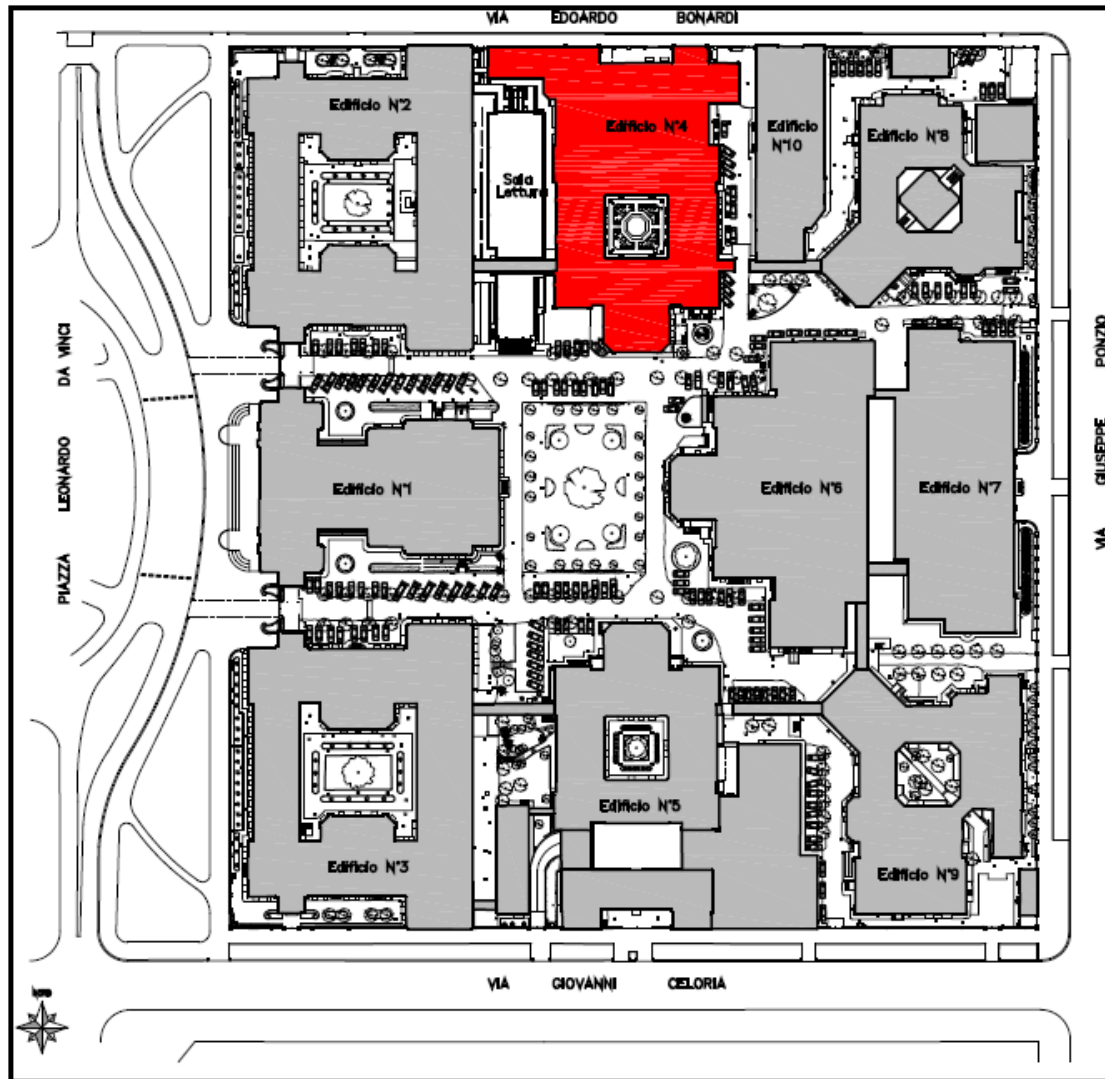


Fig. 1.1 – Planimetria Campus Leonardo (in rosso l'Edificio 4)

Il D.I.I.A.R. è articolato in più sezioni che hanno sede in diversi edifici del Politecnico di Milano oltre al presente Edificio 4 e più precisamente presso gli Edifici 3, 9, 4A (ex 10) del Campus Leonardo e presso l'Edificio 21 (ex 34) del Campus Bassini.

L'edificio 4, originariamente indicato come Fabbricato dell'Ingegneria Industriale, venne edificato contestualmente alla realizzazione della "Nuova Sede" del Politecnico di Milano fra il 1920 e 1927.

### 1.1.1 DESCRIZIONE GENERALE ED ESIGENZE DEL DIPARTIMENTO (RISTRUTTURAZIONE INTERO EDIFICIO 4)

Il Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale, Infrastrutture viarie e Rilevamento (D.I.I.A.R.) è stato costituito nel 1990, dalla fusione degli Istituti di Idraulica, Ingegneria Sanitaria e Topografia, Fotogrammetria e Geofisica.

Il Dipartimento è, come detto, strutturato in più Sezioni dislocate presso diversi edifici e più precisamente:

- <b>Ingegneria Idraulica</b> .....	Edificio 4	(mq 1.215 ca.);
- <b>C.I.M.I.</b> .....	Edificio 4A (ex 10)	(mq 2.710 ca.);
- <b>Ambientale</b> .....	Edificio 21	(mq 1.395 ca.);
- <b>Infrastrutture viarie</b> .....	Edificio 9	(mq 1.155 ca.);
- <b>Rilevamento</b> .....	Edificio 3	(mq 1.455 ca.).

Gli uffici dell'amministrazione del Dipartimento si trovano presso l'Edificio 4 (mq 270 ca.).

Il D.I.I.A.R. occupa attualmente una superficie totale di mq 8.200 ca..

Esigenza del Dipartimento è pertanto l'accorpamento di tutte le sezioni presso gli Edifici 4 e 4A.

La maggior parte degli spazi è da destinare ad uffici amministrativi e dei docenti.

Il D.I.I.A.R. inoltre, attraverso propri laboratori, sviluppa attività di ricerca nei settori di competenza delle diverse Sezioni. Svolge inoltre, per il tramite dei suoi Laboratori, prove su commissione in base alle richieste di enti pubblici e di aziende private.

I Laboratori di Dipartimento sono:

- **Laboratorio "G. Fantoli"** (Sez. Ing Idraulica e C.I.M.I, certificato SQP n°1, 1997) *Campus Leonardo, Edificio 4A (ex 10), piani seminterrato e rialzato;*
- **Laboratorio di Ingegneria Ambientale** (Sez. Ambientale, certificato SQP n°1, 1997) *Campus Bassini, Edificio 34, sesto piano, ca.345 mq;*
- **Laboratorio "G. Cassinis"** (Sez. Rilevamento, certificato SQP n°1, 1997) *Campus Leonardo, Edificio 3, piano seminterrato, ca.42 mq;*
- **Laboratorio "Rilievo Cartografia Numerica GIS"** (Sez. Rilevamento) *Campus Leonardo, Edificio 3, piano seminterrato, ca.35 mq;*
- **Laboratorio Stradale** (Sez. Infrastrutture viarie, certificato SQP n°10, 1999) *Campus Leonardo, Edificio 9, piano primo, ca.180 mq di laboratori "leggeri, ca. 35 mq di laboratori "pesanti".*

Fatto salvo il Laboratorio "G. Fantoli" che per caratteristiche dimensionali e dotazione impiantistica rimarrà presso l'Edificio 4A (ex 10), la ristrutturazione dell'intero edificio prevede la destinazione di spazi dell'Edificio 4 agli altri laboratori.

La ristrutturazione dell'intero edificio inoltre prevede idonei spazi per le attività didattiche e quindi

- aule didattiche;
- aule informatizzate e studio,
- zone studio borsisti, dottorandi, etc..

Il Dipartimento ha attive le seguenti Biblioteche, aperte per la consultazione anche al pubblico, (totale mq 365 ca. compresi archivi):

- **Biblioteca delle Sezioni Ingegneria Idraulica e C.I.M.I** *Campus Leonardo, Edificio 4, piano primo;*
- **Biblioteca della Sezione Ambientale** *Campus Bassini, Edificio 34, quinto piano;*
- **Biblioteca della Sezione Infrastrutture viarie** *Campus Leonardo, Edificio 9, piano primo;*
- **Biblioteca della Sezione Rilevamento** *Campus Leonardo, Edificio 3, piano rialzato.*

Obiettivo del Dipartimento è avere un'unica biblioteca dipartimentale dotata di idonea sala lettura.

Naturalmente nella ristrutturazione dell'intero edificio oltre agli spazi su elencati è prevista la presenza di locali di servizio come depositi e archivi articolati secondo le esigenze di Dipartimento e delle diverse sezioni che lo compongono.

Per il funzionamento dei laboratori della Sezione Ambientale è inoltre necessario realizzare un deposito per lo stoccaggio delle bombole gas, dei solventi e reagenti e dei "reflui" da laboratorio, previsto all'esterno dell'edificio in un successivo lotto d'intervento

Per il dimensionamento degli spazi si è tenuto conto della consistenza del Dipartimento e delle indicazioni ricevute dal Dipartimento per la sistemazione preferenziale.

<b>INQUADRAMENTO</b>	<b>n. persone</b>	<b>sistemazione preferenziale</b>
AMMINISTRAZIONE E DIREZIONE	9	uffici singoli e doppi
FALEGNAMERIA	2	al piano seminterrato
PROFF. ASSOCIATI E ORDINARI	18	uffici singoli
RICERCATORI	8	uffici doppi
ASSEGNISTI	22	n°3 o 4 per stanza
DOTTORANDI	25	open space
STUDENTI	15	open space
<b>TOTALE</b>	<b>99</b>	

ATTENZIONE: la tabella che segue è solo esplicativa della composizione delle diverse strutture. Il numero di persone non va aggiunto a quello della tabella precedente.

Sezione Idraulica	20	strutturati di ruolo, docenti e assegnisti
Edificio 4A	25	strutturati di ruolo, docenti e assegnisti

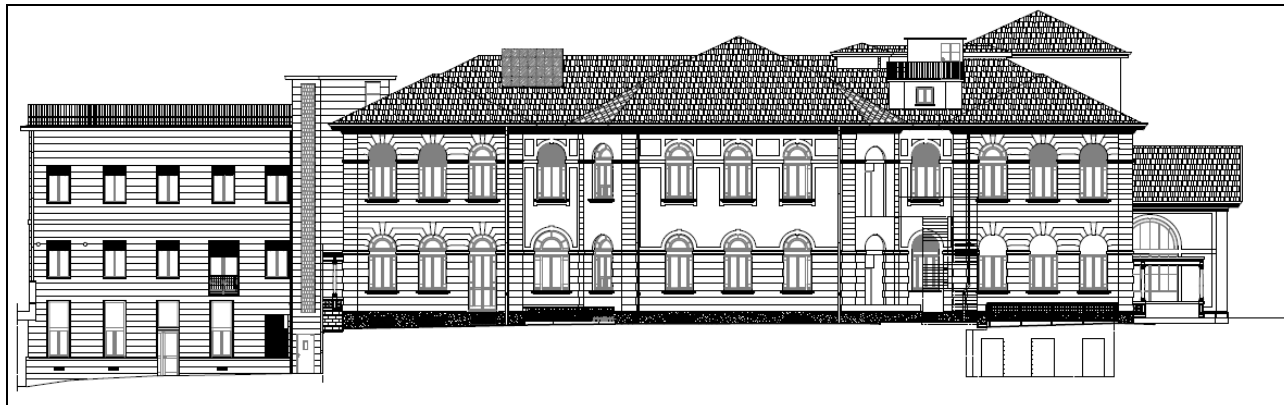
Relativamente all'intera consistenza del Dipartimento, considerando un trend di sviluppo percentuale del 15%, la tabella di seguito riporta il dimensionamento degli spazi necessari per il Dipartimento da destinare ad uffici docenti ed assimilabili e amministrazione. Per il dimensionamento sono state assegnate delle superfici minime a persona per tipologia di ambiente.

<b>D.I.I.A.R. - CONSISTENZA PERSONALE DOCENTE E AMMINISTRATIVO E RELATIVO DIMENSIONAMENTO DEGLI SPAZI MINIMI</b>				
<b>PERSONALE</b>	<b>n. persone</b>	<b>sistemazione preferenziale</b>	<b>superficie minima (mq/persona)</b>	<b>superficie minima totale</b>
AMMINISTRAZIONE E DIREZIONE	35	uffici singoli	12	420
PROFF. ASSOCIATI E ORDINARI	65	uffici singoli	12	780
RICERCATORI	41	uffici doppi	8	328
ASSEGNISTI	32	n°3 per stanza	6	192
DOTTORANDI	75	open space	5	375
LAUREATI	122	open space	5	610
<b>TOTALE</b>	<b>370</b>			<b>2.705,00</b>
<b>TREND di SVILUPPO (in percentuale)</b>				
		<b>15%</b>		<b>3.110,75</b>
borsisti+occasionalisti+studenti	134	open space	4	<b>536</b>

Tali dati sono stati presi in considerazione per il dimensionamento degli spazi e la definizione del layout di ristrutturazione dell'intero edificio di cui il presente lavoro costituisce il primo lotto d'intervento.

### 1.1.2. CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO ESISTENTE (RISTRUTTURAZIONE INTERO EDIFICIO)

L'Edificio 4 del Campus Leonardo è stato realizzato contestualmente alla realizzazione di tutto il complesso ed ultimato nel 1927.



**Fig. 1.2 – Prospetto principale sud**

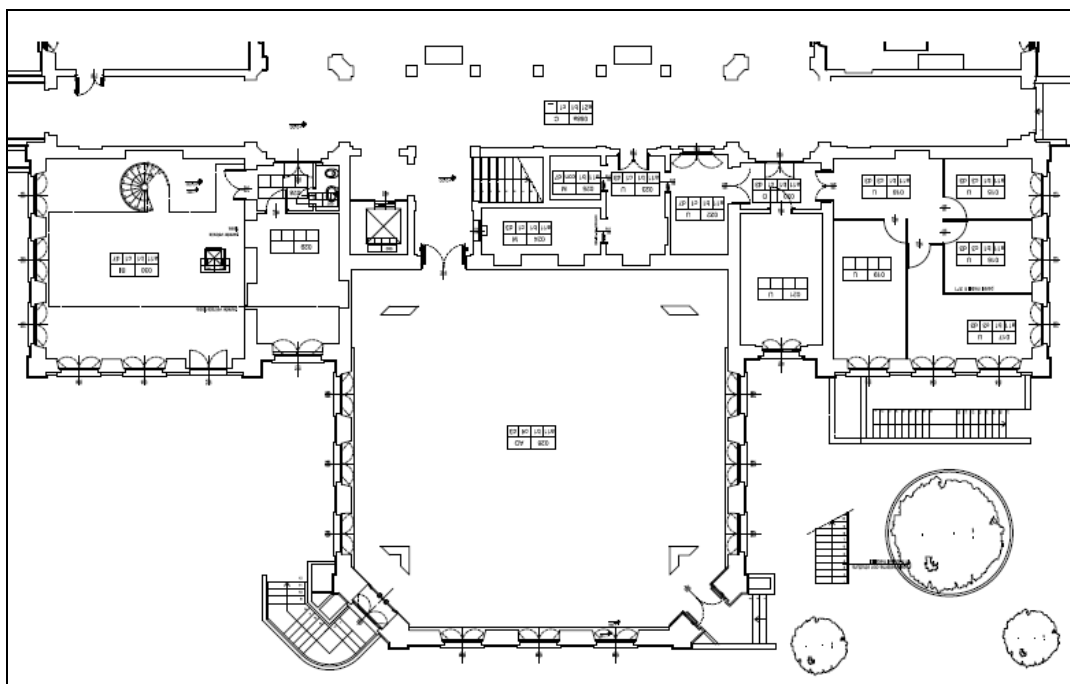
L'edificio originario ha due elevazioni fuori terra ed un piano seminterrato.

La tipologia costruttiva dell'edificio è quella tipica del Campus Leonardo. Le murature portanti del piano seminterrato hanno fondazioni in calcestruzzo di altezze diversificate. Le murature del seminterrato sono realizzate in calcestruzzo non armato perimetralmente ed in mattoni pieni i muri di spina. Il soffitto del piano seminterrato è realizzato a volte in mattoni pieni poggiato su archi tesi tra le murature portanti.

I piani soprastanti sono realizzati con struttura portante in mattoni pieni e solette e travi in calcestruzzo armato. La struttura della copertura è realizzata prevalentemente con capriate lignee. Il manto di copertura è realizzato con coppi alla “marsigliese”.

L'edificio presenta sul fronte sud un corpo di fabbrica destinato ad ospitare una grande aula la cui copertura è una struttura in calcestruzzo armato.

La grande aula è stata, in epoca relativamente recente, divisa orizzontalmente in n°2 aule.



**Fig. 1.3 – Corpo sud dell'edificio**

La distribuzione verticale dell'Edificio 4 è garantita dallo scalone principale “storico” che collega i due livelli fuori terra originari, da n°2 ascensori e diversi corpi scala che collegano i diversi livelli. Lo scalone principale è collocato nella parte sud e fronteggia il cortile centrale caratterizzato dall'imponente presenza della “ciminiera”.



**Fig. 1.4 – Lo scalone principale**

L'Edificio 4 ha avuto un ruolo “strategico” sin dall'attivazione del Campus in quanto ospitava le grandi caldaie a vapore, alimentazione degli impianti di riscaldamento dell'intero Campus. La centrale termica è stata successivamente dismessa, ma l'edificio rimane un nodo fondamentale di transito degli impianti a servizio dello stesso Campus Leonardo e del Campus Bonardi.

L'edificio originario presentava due corti interne. Una grande corte centrale che ospita tutt'oggi un piccolo giardino e la ciminiera delle caldaie a vapore; congiuntamente alla ciminiera è stato realizzato un serbatoio d'acqua posto a venti metri dal suolo, con capacità di circa ottanta metri cubi, foggato ad anello attorno al “caminone”.



**Figg. 1.5 e6 – La corte c entrale e la ciminiera**

La seconda corte interna a nord, in corrispondenza dell'originaria centrale termica è stata chiusa nel 1989



con la realizzazione di un piccolo corpo di fabbrica, con struttura in calcestruzzo armato, indipendente da quella dell'edificio storico, destinato ad uffici.



**Fig. 1.7 – Il corpo di fabbrica realizzato nella “corte nord”**

La parte su via Bonardi, ad un'unica elevazione fuori terra, è stata destinata sin da subito a laboratorio “pesante” ed è dotata di carroponte in acciaio. La struttura della copertura è in capriate in calcestruzzo armato.



**Figg. 1.8 e 9 – Il laboratorio pesante su via Bonardi (2008)**

A causa della carenza di spazi all'interno dell'Ateneo sono state realizzate inoltre una sopraelevazione della ala est del fabbricato (1953), attualmente occupato dagli uffici amministrativi del D.I.I.A.R., ed un piccolo edificio a due elevazioni fuori terra più seminterrato nella parte a nord-ovest (1960).

Il totale della superficie attualmente a disposizione presso l'Edificio 4 è di 4.875 mq ca..

L'ingresso all'interno del Dipartimento avviene dal cortile interno raggiungibile tramite il percorso ad anello che collega i vari edifici del Campus. Le facciate esterne sono rivestite con intonaco di calce e gran parte dello stesso ha subito alterazioni del colore dovute all'invecchiamento nonché distacchi e degradi diffusi. I serramenti esterni sono realizzati con intelaiatura in legno con lunetta e vetro. La condizione dei serramenti è estremamente preoccupante per il degrado del legno e per la inadeguatezza dei vetri montati sia dal punto di vista della sicurezza che del contenimento energetico.



**Fig. 1.10 – Tipico serramento degradato d'edificio**

Per le restanti finiture all'interno poco si conserva dell'originale. Alcuni uffici a piano rialzato presentano pavimentazione in parquet posata a spina di pesce con fascia e bindello, ma non si hanno informazioni sulla datazione. I muri sono intonacati a civile e verniciati.





**Fig. 11 – Pavimentazione in parquet di rovere posato a spina di pesce con fascia e bindello**

In generale le pavimentazioni più recenti sono in linoleum o piastrelle. Il seminterrato ha parte della pavimentazione in battuto di cemento.

Sono presenti alcuni controsoffitti per lo più in fibra minerale e a doghe di alluminio.

L'edificio non presenta grossi o evidenti dissesti o crepe che manifestino movimenti o cedimenti strutturali.

Gran parte dell'impianto di riscaldamento funziona ancora con radiatori a vapore alimentati dalla sottocentrale di scambio nel seminterrato che utilizza l'alimentazione ad acqua surriscaldata a 160°C ca. dell'anello di Campus. Il seminterrato ospita inoltre le vasche di condensa degli ultimi impianti a riscaldamento a vapore rimasti presso il Campus ovvero quelli degli Edifici 6, 4A e dello stesso Edificio 4, in area non compresa nel presente lotto d'intervento.

Gli impianti a vapore, oltre a non essere a norma, come noto causano diversi problemi di gestione (ad esempio grosso dispendio energetico perché il fluido vettore dell'anello principale deve “viaggiare” a temperature notevolmente più elevate a quelle necessarie per gli scambi con impianti di riscaldamento “ad acqua”) e di “comfort” (temperature molto elevate in prossimità, rischi di ustione, etc..).

Gli impianti elettrici sono in generale fatiscenti e necessitano l'integrale sostituzione.

### **1.1.3 DESCRIZIONE GENERALE SOLUZIONI PROGETTUALI ANALIZZATE (INTERO EDIFICIO)**

La presente sezione illustra sinteticamente alcune soluzioni relative all'intero edificio che sono state sviluppate durante l'iter progettuale. La soluzione definitiva è poi descritta di seguito con particolare riferimento al lotto 1.

#### **Interventi generali**

La progettazione è stata sviluppata partendo da alcuni interventi ritenuti fondamentali per le motivazioni di seguito elencate:

1. Ripristino della “seconda” corte interna nella parte nord dell'edificio con il fine di riportare ad idonee condizioni di salubrità gli spazi circostanti dei piani rialzato e primo, grazie all'apporto naturale di aria e luce. Questa soluzione permette di sfruttare anche locali al seminterrato per attività con presenza di persone.
2. Eliminazione della sopraelevazione dell'ala est dell'Edificio in modo da ridare al corpo centrale

“storico” la configurazione volumetrica originale.

Gli interventi su elencati causano una diminuzione della superficie utile d'edificio che risulta, come si vedrà in dettaglio nel paragrafo seguente, insufficiente rispetto alle esigenze di Dipartimento.

Sono stati quindi da subito ritenuti necessari e fondamentali alcuni interventi di ampliamento, in particolare:

3. Realizzazione di un livello intermedio del corpo originario mediante l'abbattimento della soletta del sottotetto e la creazione di una nuova soletta tra piano primo e la copertura.
4. Realizzazione di un nuovo livello intermedio presso il capannone a nord (laboratorio pesante).

Per la razionalizzazione degli spazi e per ottimizzare l'utilizzo degli stessi, si sono inoltre ipotizzati i seguenti interventi:

5. Realizzazione di un locale tecnico interrato tra l'Edificio 4 e l'Edificio 4A al fine di liberare il seminterrato dell'Edificio 4 dalle sottocentrali termiche e contemporaneamente portare aria e luce, mediante un intercapedine, all'ala est del seminterrato rendendolo fruibile per attività con presenza di persone. Il locale tecnico interrato è stato realizzato.
6. Demolizione del corpo a nord-ovest, con il relativo corpo scala esterno caratterizzato dalla chiusura verticale in vetrocemento, perché oltre al poco pregio architettonico presenta difficoltà logistiche di accesso causate dai dislivelli di quote rispetto all'Edificio principale (non oggetto del presente lotto d'intervento).
7. Realizzazione della biblioteca dipartimentale a piano rialzato negli spazi prospicienti a nord del cortile centrale e dello spazio deposito al di sotto nel seminterrato collegandoti internamente mediante scala (non oggetto del presente lotto d'intervento)..

### **Prima soluzione (relativa all'intero edificio)**

La prima soluzione sviluppata prevedeva che l'intervento riguardasse unicamente l'Edificio 4; l'Edificio 4° (ex 10) sarebbe rimasto destinato alla sezione C.I.M.I. con i piani seminterrato e rialzato destinati a laboratorio idraulico e il piano primo ad uffici e spazi didattici.

Presso l'Edificio 4 trovavano quindi spazio gli uffici dell'amministrazione e delle altre Sezioni. I laboratori della Sezione di Ambientale, i laboratori della Sezione Infrastrutture viarie e i laboratori della Sezione Rilevamento.

La distribuzione prevedeva la destinazione degli spazi “pregiati” dei piani fuori terra ad uffici e la destinazione dei piani seminterrati a laboratori. La zona sud veniva destinata alle attività didattiche, a tutti i livelli, ed infine la parte nord del piano seminterrato (non raggiungibile da illuminazione ed areazione dirette) a depositi. Parte di questa logica distributiva è stata mantenuta sino alla soluzione definitiva.

La prima soluzione non prevedeva ancora l'eliminazione della sopraelevazione dell'ala est dell'Edificio e la realizzazione di un livello intermedio del corpo originario tra piano primo e copertura. Gli unici ampliamenti previsti erano dei soppalchi del piano rialzato, poco sfruttabili però per le attività di Dipartimento.

Era inoltre previsto, contestualmente alla demolizione del corpo a nord-ovest. del paragrafo precedente, il ripristino allo stato originario di parte del prospetto ovest attraverso la demolizione di una “doppia facciata”, contemporanea al corpo aggiunto a nord-ovest, funzionale al collegamento con l'Edificio storico. Verificando lo stato attuale della facciata ovest si è abbandonata tale ipotesi. Sulla copertura piana soprastante tale superfetazione si trovano infatti le ingombranti macchine per il condizionamento a servizio dell'edificio Sala Lettura.

La prima soluzione è risultata non adeguata dal punto di vista dimensionale; gli spazi a disposizione, in particolare per uffici docenti, risultavano inadeguati alle esigenze e previsioni del Dipartimento.

### **Seconda soluzione (relativa all'intero edificio)**

La seconda soluzione era un'evoluzione della prima con la creazione del livello intermedio (piano secondo) da destinare ad uffici. La distribuzione funzionale rimaneva praticamente immutata. Questa soluzione, pur non garantendo il soddisfacimento integrale delle richieste, in termini di spazi, del Dipartimento, avrebbe consentito un maggior e più razionale sfruttamento degli spazi.

Durante questa fase della progettazione sono stati approfonditi, in base alle richieste di Dipartimento ed all'analisi delle normative vigenti, gli aspetti riguardanti la distribuzione impiantistica a piano seminterrato.

La destinazione d'uso e la tipologia di sperimentazione ed attività dei laboratori, in particolare della sezione

di Ambientale, richiedevano oltre alla normale distribuzione per riscaldamento e raffrescamento, anche la distribuzione dei gas tecnici, di notevoli volumi di ricambi d'aria ed il passaggio dei canali di espulsione delle cappe di aspirazione utilizzate.

La dimensione dei canali per i ricambi d'aria era talmente elevata e, d'altra parte, gli spazi disponibili a piano seminterrato talmente ridotti in altezza, che l'unica via individuata per le nuove distribuzioni era al di sotto del pavimento del piano seminterrato. Il cunicolo che si doveva creare era però di circa 2,5 mt di profondità con le conseguenti notevoli difficoltà che ne conseguivano, sia in fase di realizzazione (approfondimento degli scavi al di sotto delle strutture esistenti, rinforzo delle strutture stesse, possibilità di cedimenti, tempistiche elevate, etc..) che in fase di gestione (ispezionabilità, isolamento dall'acqua e dall'umidità, pulizia, etc..).

Altra soluzione per il passaggio dei canali di espulsione delle cappe prevedeva lo sfruttamento dello spazio del cortile nord, con il conseguente restringimento dello stesso, perdita di luce, etc..

A quanto sopra, si sarebbero aggiunte in fase di progettazione esecutiva una serie elevata di verifiche dimensionali dei passaggi impianti e la necessità in esecuzione di creazione di numerosi passaggi e forometrie con interventi anche sulle strutture esistenti (ad esempio in corrispondenza degli archi del piano seminterrato).

### **Terza soluzione (relativa all'intero edificio)**

La terza soluzione, verificate le problematiche su evidenziate, nasce dall'idea di destinare a laboratori della Sezione Ambientale un intero piano dell'Edificio 4A (ex 10) contiguo. Poiché eliminare un livello di uffici (circa 850 mq) del Dipartimento presso l'Edificio 4A (ex 10), risultava inaccettabile, è stata considerata l'ipotesi di soprelevare l'Edificio stesso.

Effettuate le necessarie verifiche (verifica struttura, colloqui preliminari con Responsabili Soprintendenza ai Beni Architettonici) la soluzione della soprelevazione è risultata percorribile. Il progetto quindi si è evoluto in due progettazioni distinte per i due Edifici 4 e 4A (ex 10), nuovi sedi del D.I.I.A.R.. I laboratori della Sezione Ambientale verranno dislocati all'Edificio 4A (ex 10).

La distribuzione prevedeva ancora la destinazione degli spazi dei piani fuori terra ad uffici e la destinazione dei piani seminterrati a laboratori della Sezione Infrastrutture Viarie ed a studi di docenti a contratto, borsisti, assegnisti, etc.. La zona sud viene destinata alle attività didattiche a tutti i livelli ed infine la parte nord del piano seminterrato (non raggiungibile da illuminazione ed areazione dirette) a depositi.

Oltre lo scalone principale "storico", erano previsti quattro nuovi gruppi di collegamenti verticali (scale e ascensore), posizionati in corrispondenza dei quattro spigoli del corpo originario.

La soluzione garantiva la quantità di spazi richiesta dal Dipartimento per ogni destinazione d'uso, considerando anche un "trend" di incremento del personale stimato del 15%.

### **Quarta soluzione (relativa all'intero edificio)**

La quarta soluzione definitiva costituiva un'evoluzione della soluzione precedente. Al fine di destinare due volumi ad est ed a ovest (pregiati in quanto dotati di illuminazione ed areazione diretta su due lati) ad uffici ed attività simili, i collegamenti verticali previsti in corrispondenza venivano spostati all'interno della "corte nord".

Nasceva quindi l'esigenza di coprire la corte interna, almeno parzialmente in corrispondenza dei collegamenti verticali. La copertura sarebbe stata realizzata trasparente in modo da garantire comunque il passaggio dell'aria e dell'illuminazione.

Dalla richiesta del Dipartimento e verificata la fattibilità in termini di quote, scaturiva anche l'ipotesi di collegare "orizzontalmente" gli Edifici 4 e 4A (ex 10) mediante un passaggio sospeso coperto.

In fase di progettazione preliminare sviluppata i progetti dei collegamenti verticali interni alla "corte nord", della copertura della corte stessa e del passaggio sospeso, sono stati solamente accennati e necessitano di studio e ulteriore sviluppo durante le successive fasi progettuali, in particolare dal punto di vista architettonico e strutturale.

Questa soluzione è stata presentata in Soprintendenza ai beni architettonici ed ha ottenuto l'approvazione. In sede di approvazione la soprintendenza ha chiesto l'approfondimento della ricerca storica e la presentazione del progetto esecutivo.

### **Quinta soluzione (relativa all'intero edificio)**

La soluzione definitiva nasce dalla scelta dell'Amministrazione di limitare l'intervento all'Edificio 4. L'Edificio 4A (ex 10) rimane per intero destinato al C.I.M.I., con i laboratori ai piani seminterrato e rialzato. La conseguenza della scelta effettuata è la necessità di riportare all'Edificio 4 i laboratori della Sezione Ambientale. La soluzione era stata già analizzata nelle fasi preliminare e a seguito delle valutazioni effettuate con il Dipartimento e la le verifiche di prevenzioni incendi si è scelto di destinare interamente a laboratori il capannone a nord su via Bonardi; metà di questo sarà destinato ai laboratori della Sezione Stradale (parte est) e metà alla Sezione di Ambientale (parte ovest) che a piano rialzato andrà ad occupare anche l'ala ovest. Su richiesta della Sezione Stradale, il piano ammezzato del capannone viene previsto solo per la parte del laboratorio di ambientale, per garantire la possibilità di utilizzo del carroponte, che verrà restaurato e ripristinato.

La restante parte degli spazi dell'edificio mantiene la destinazione prevista nella soluzione precedente, prevalentemente ad uffici dipartimentali. Viene destinato nuovamente ai collegamenti verticali il corpo centrale dell'ala est.

Tale soluzione non altera i principi fondamentali sviluppati nella precedente soluzione dal punto di vista del recupero e restauro dell'Edificio. Come richiesto, il progetto esecutivo è stato presentato in Soprintendenza ai beni architettonici per approvazione.

## **2 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO**

### **2.1 GENERALITA'**

L'Edificio 4 ha originariamente n°2 elevazioni fuori terra (piano rialzato e piano primo) ed un seminterrato; l'edificio ha subito diverse modifiche ed ampliamenti ed in particolare:

- la realizzazione di un sopralzo dell'ala est
- la realizzazione di un corpo aggiunto a nord-ovest;
- la realizzazione di un nuovo corpo presso un cortile interno precedentemente occupato dalla centrale termica di campus.

L'edificio ha struttura portante in muratura piena con travi e solai in calcestruzzo armato.

Le aree ricadenti nel lotto 1, oggetto del presente intervento, sono quelle dell'ala est e della parte nord dell'edificio.

La sopraelevazione dell'ala est ricade nel primo lotto. La struttura portante della sopraelevazione è anch'essa in muratura portante.

Si riportano di seguito le descrizioni dettagliate dello stato di fatto. Si sottolinea che talvolta potrebbero ritrovarsi differenze dello stato di fatto rispetto alle descrizioni in quanto gli spazi possono aver subito modifiche successive al presente documento.



## 2.2 PIANO RIALZATO

Gli spazi rientranti nel lotto 1 del piano rialzato si possono distinguere in:

- ala est
- ala nord

L'ala est era destinata prevalentemente ad uffici; l'ala nord era destinata a laboratorio.

Gli spazi sono attualmente completamente liberi per il trasferimento altrove del Dipartimento di Energia che li occupava.

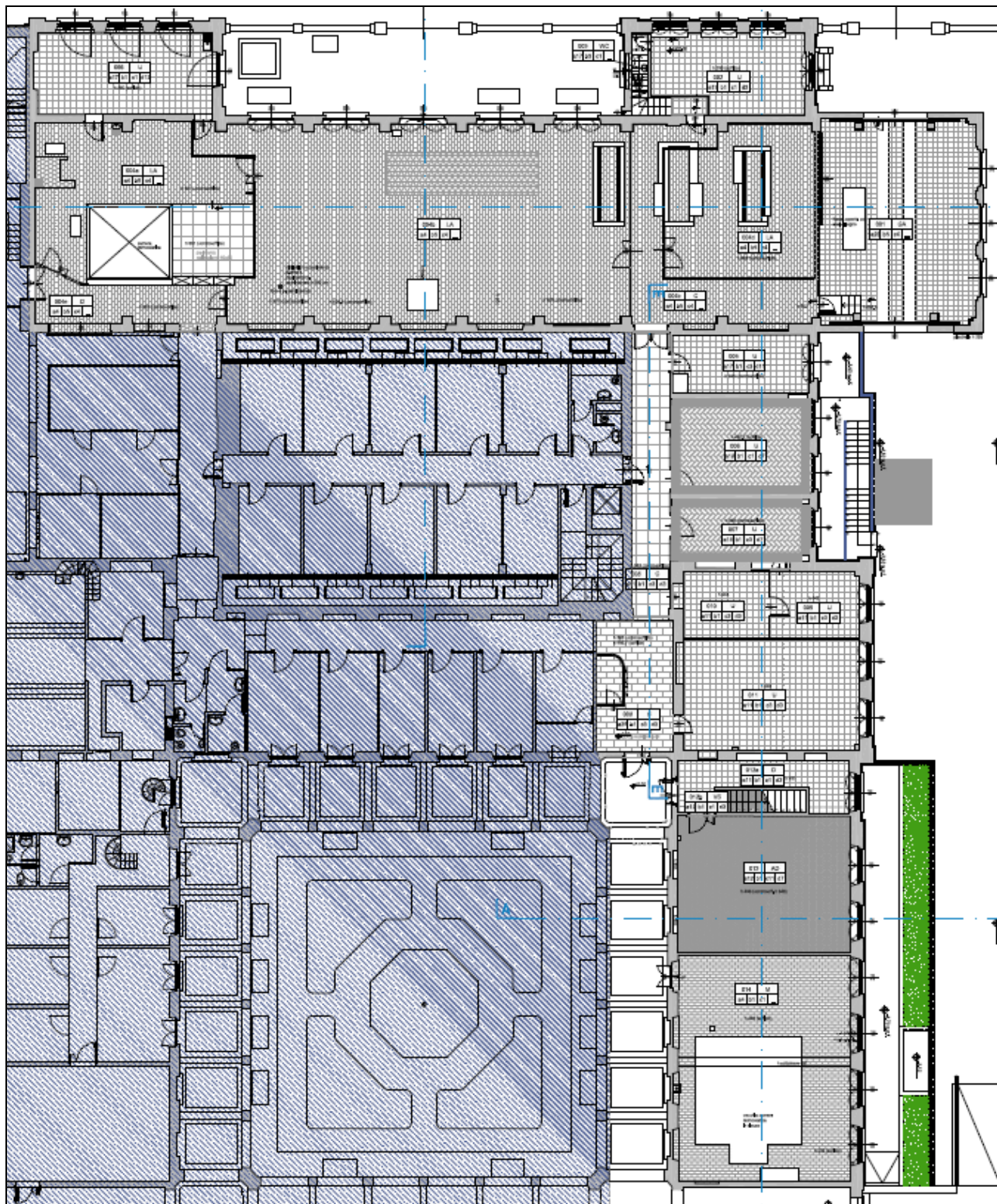


Fig. 2.1 – Pianta piano rialzato – Lotto 1



### 2.2.1 ALA EST

Le pareti portanti perimetrali sono realizzate in muratura piena ed hanno uno spessore di 60 cm in totale compresi gli intonaci interni ed esterni.

Il solaio superiore è in calcestruzzo armato con travi in vista. La finitura dell'intonaco interno è a civile sia sulle pareti che sul soffitto.

Non si evidenziano lesioni o distacchi che possano indicare cedimenti.

Alcuni ambienti presentano controsoffitti a lamelle di alluminio o a quadrotti in pessime condizioni.

Le pavimentazioni sono variegate, dalle piastrelle di gres, alla gomma a bolli, pvc, etc.. In generali tutte le pavimentazioni sono vecchie, presentano distacchi e lacune. Si segnala la presenza di n°2 uffici con pavimentazione in parquet di rovere posato a spina di pesce con fascia e bindello.

La parte dell'ala est che separa il corpo principale dal capannone a nord, originariamente ad un unico livello, presenta murature perimetrali di spessore inferiore (42 cm intonaci compresi).

Le finestre esterne sono in legno originali, con disegno tipico del Campus Leonardo. Le finestre hanno una parte inferiore con specchiature fisse vetrate laterali e due ante vetrate. La parte superiore ha lunetta circolare anch'essa con parte fisse perimetrale vetrata e parte apribile; parte superiore ed inferiore sono separati da specchiatura orizzontale fissa vetrata.

Le finestre sono in condizioni fatiscenti; il legname è danneggiato e presente parecchi distacchi. I vetri sono monolatria ed inadeguati dal punto di vista antinfortunistico e dal punto di vista del contenimento energetico ed acustico. Sono fissati ancora spesso con mastice o con fermavetro aggiunti nel corso degli anni. Non si ritengono recuperabili in alcun modo.



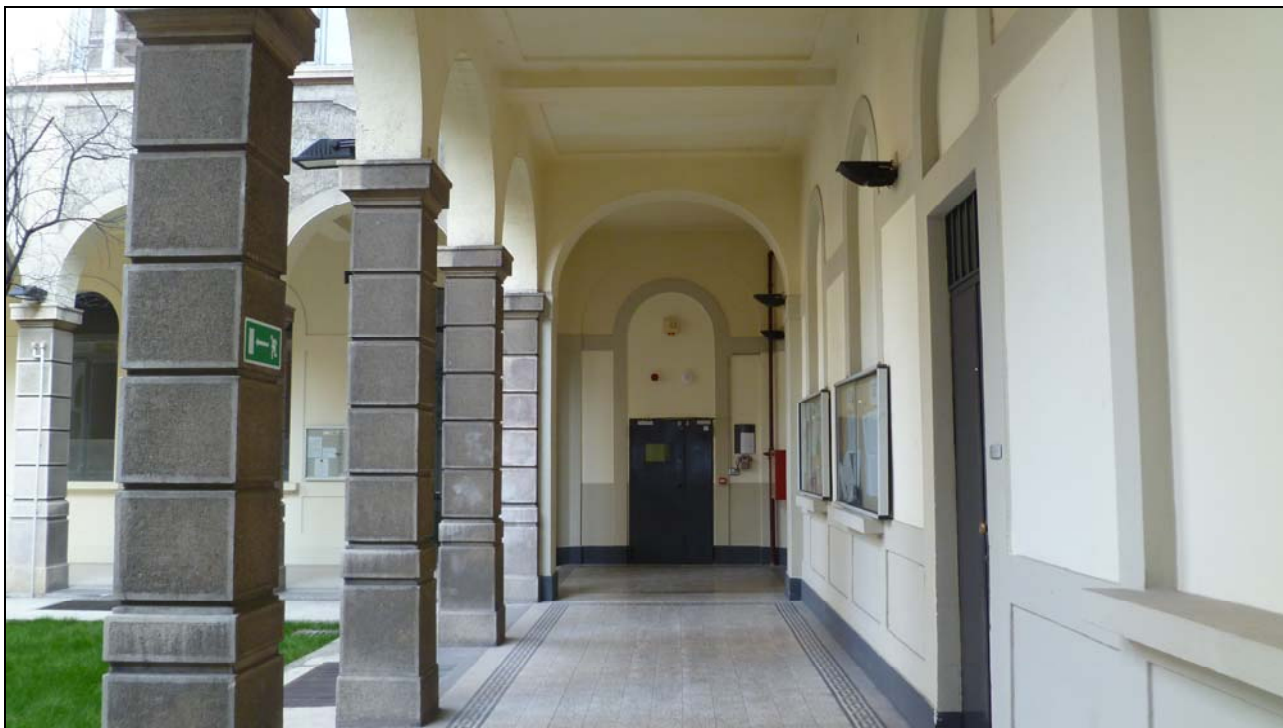
**Fig. 2.2 – Finestra esterna**

Le finestre esterne dal lato ovest su portico sono state rimosse e tamponate in muratura.



**Fig. 2.3 – Finestre tamponate sul portico**

Le porte di accesso dall'esterno sono state sostituite con porte in ferro ed in alluminio con disegno completamente diverso dall'originale.



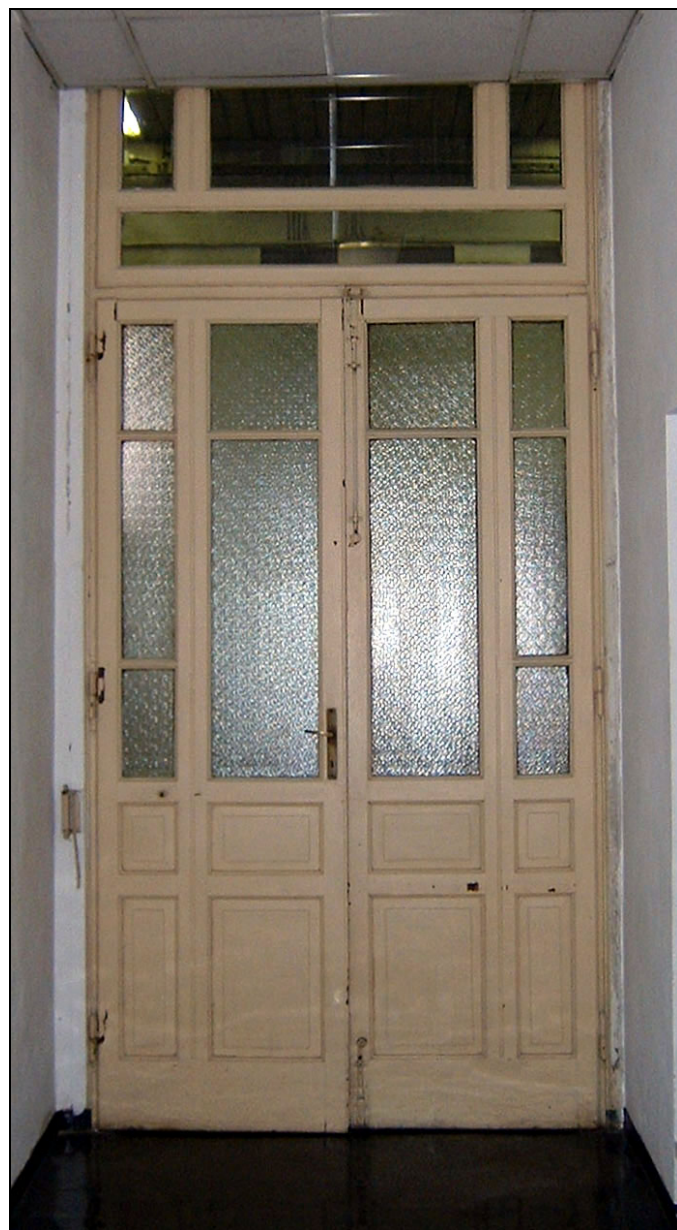
**Fig. 2.4 – Le porte esterne sostituite con infissi in metallo**

Le porte interne non sono originali e sono per lo più porte tamburate con sopra luce in vetro, in pessime condizioni.

A separazione con il capannone a nord vi è una impennata ancora originale seppur rimaneggiata e verniciata



(fig. 2.5).



**Fig. 2.5 – Impennata originale**

Gli impianti elettrici sono fatiscenti e non più a norma.

I caloriferi dell'impianto di riscaldamento sono in ghisa ideali per impianti a vapore.

### 2.2.2 ALA NORD

L'Ala nord è un capannone precedentemente destinato a laboratorio con copertura a falde.



**Fig. 2.6 – Il capannone nord**

Le pareti portanti perimetrali sono realizzati in muratura piena ed hanno uno spessore di 42 cm in totale compresi gli intonaci interni ed esterni.

La copertura a falde è in calcestruzzo armato, con capriate anch'esse in calcestruzzo armato. Alle murature perimetrali sono accoppiati pilastri in muratura portante a sostegno delle travi del carroponte.

Non si evidenziano lesioni o distacchi che possano indicare cedimenti.

Era presente un controsoffitto a pannelli metallici rimosso per la maggior parte al fine di eseguire rilievi ed indagini.

La pavimentazione è a piastrelline di clinker in condizioni fatiscenti. A pavimento sono presenti guide in metallo e rinforzi in corrispondenza dei macchinari precedentemente installati.

Il lucernario originario centrale in copertura è stato tamponato con pannellature metalliche.

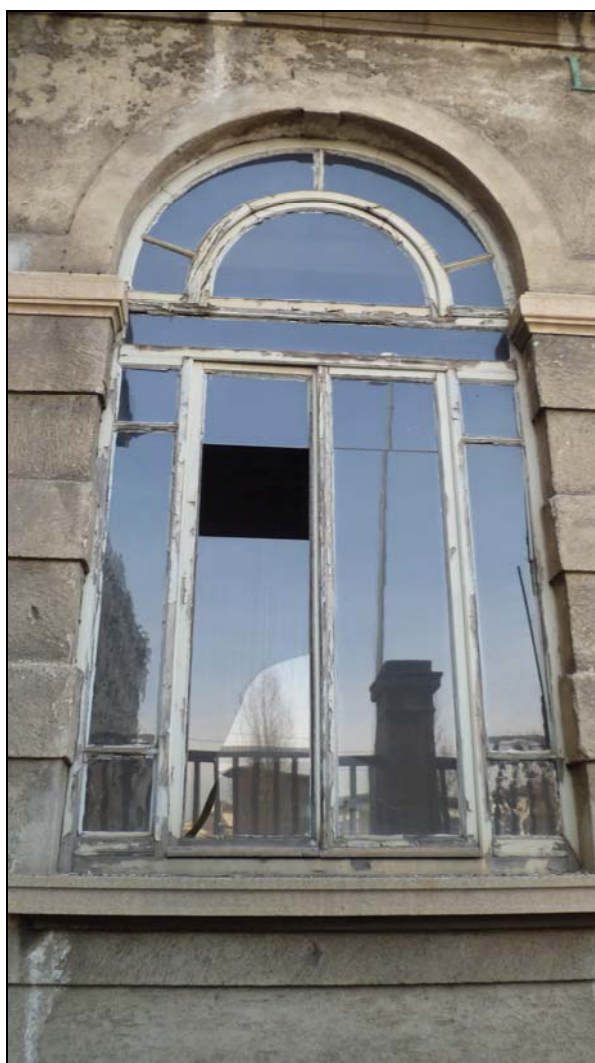


**Fig. 2.7 – Il lucernario originale**



Le finestre e porte finestre esterne sono in legno originali, con disegno tipico del campus Leonardo. Le finestre hanno una parte inferiore con specchiature fisse vetrate laterali e due ante vetrate. La parte superiore ha lunetta circolare anch'essa con parte fisse perimetrale vetrata e parte apribile; parte superiore ed inferiore sono separati da specchiatura orizzontale fissa vetrata.

Le finestre sono in condizioni fatiscenti; il legname è danneggiato e presente parecchi distacchi. I vetri sono monolatria ed inadeguati dal punto di vista antinfortunistico e dal punto di vista del contenimento energetico ed acustico. Sono fissati ancora spesso con mastice o con fermavetro aggiunti nel corso degli anni. Non si ritengono recuperabili in alcun modo.



**Fig. 2.7 – Finestra esterna**

Le finestre esterne sul lato sud del capannone state rimosse e tamponate in muratura.

La parte a est del capannone ha un livello inferiore al fine di consentire l'accesso degli automezzi. Questa parte presenta due portoni scorrevoli in ferro. Sul fronte est le finestre originali in ferro sono state rimosse e tamponate in vetrocemento.



**Fig. 2.8 – Tamponamenti in vetrocemento del fronte est del capannone**

Gli impianti elettrici sono fatiscenti e non più a norma. Le rimozioni degli impianti inoltre sono state effettuate senza mettere in sicurezza gli impianti.

I caloriferi dell'impianto di riscaldamento sono in ghisa idonei per impianti a vapore.

Sul fronte nord su via Bonardi sono presenti due vani. Entrambi sono stati soppalcati ed erano destinati ad ufficio. Il vano a nord ha accesso al piano soppalco dall'esterno. Il vano a sud ha una piccola scaletta interna al vano stesso.



## 2.3 PIANO PRIMO

Gli spazi rientranti nel lotto 1 del piano primo erano destinati ad uffici di dipartimento..

Gli spazi sono attualmente completamente liberi per il trasferimento altrove del Dipartimento di Energia che li occupava.

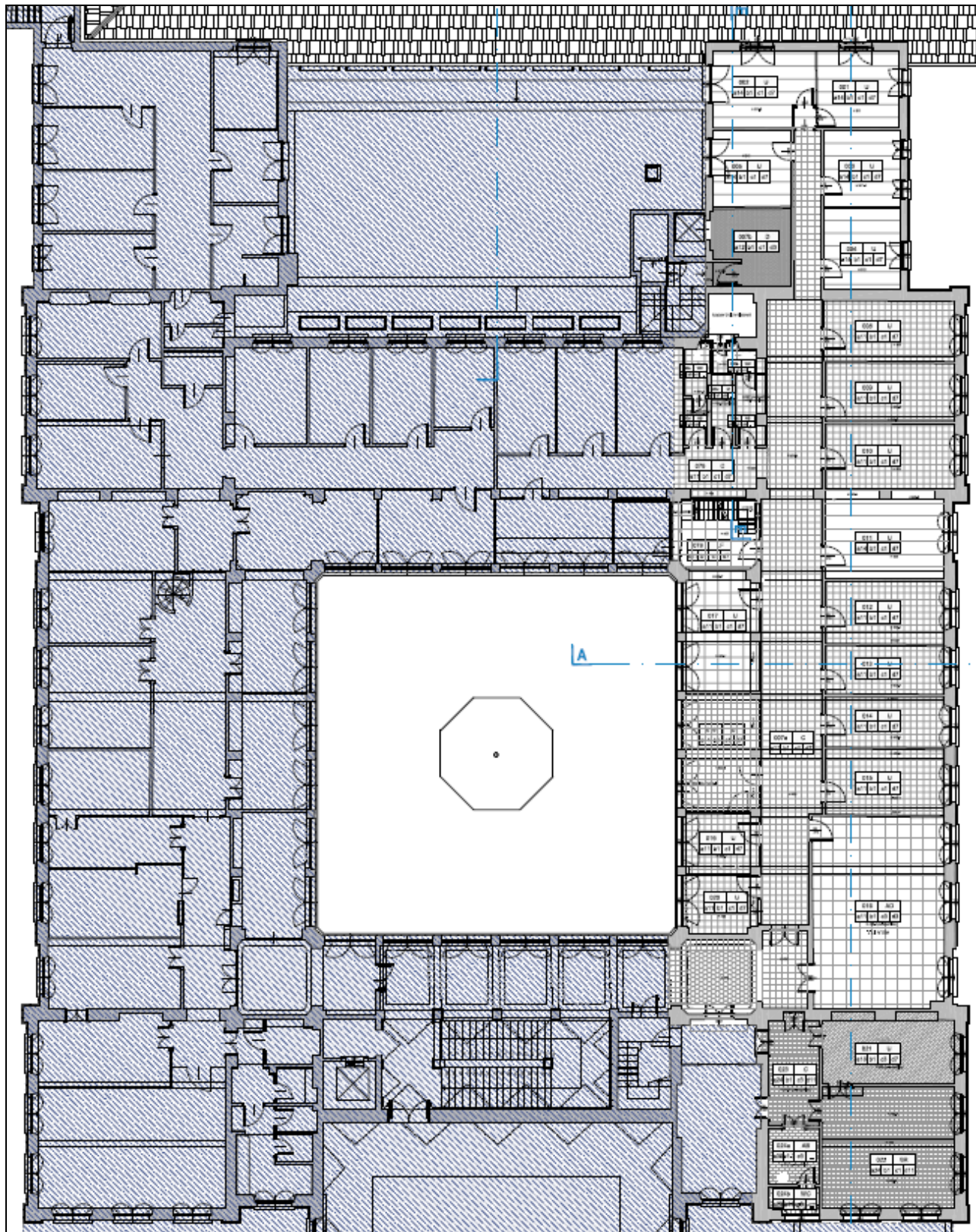


Fig. 2.9 – Pianta piano primo – Lotto 1



Le pareti portanti perimetrali sono realizzate in muratura piena ed hanno uno spessore di 52 cm in totale compresi gli intonaci interni ed esterni.

I solaio superiore è in calcestruzzo armato con travi in vista. La finitura dell'intonaco interno è a civile sia sulle pareti che sul soffitto.

Non si evidenziano lesioni o distacchi che possano indicare cedimenti.

Alcuni ambienti presentano controsoffitti a quadrotti in pessime condizioni.

Le pavimentazioni sono per la maggior parte in linoleum a teli o quadrotti; qualche ambiente ha pavimentazione in gomma a bolli ed uno in parquet di rovere.

La parte dell'ala est che separa il corpo principale dal capannone a nord, originariamente ad un unico livello, presenta murature perimetrali di spessore inferiore (42 cm intonaci compresi).

Le finestre esterne sono in legno originali, con disegno tipico del campus Leonardo. Le finestre hanno una parte inferiore con specchiature fisse vetrate laterali e due ante vetrate. La parte superiore ha lunetta circolare anch'essa con parte fisse perimetrale vetrata e parte apribile; parte superiore ed inferiore sono separati da specchiatura orizzontale fissa vetrata.

Le finestre sono in condizioni fatiscenti; il legname è danneggiato e presente parecchi distacchi. I vetri sono monolatria ed inadeguati dal punto di vista antinfortunistico e dal punto di vista del contenimento energetico ed acustico. Sono fissati ancora spesso con mastice o con fermavetro aggiunti nel corso degli anni. Non si ritengono recuperabili in alcun modo.

Molte finestre inoltre hanno subito modifiche per inserimento di tapparelle con relativi cassonetti e terminali di impianti di condizionamento.



**Fig. 2.10 Le finestre della corte interne**

Le finestre della parte sopraelevata sono rettangolari.

Le porte interne non sono originali e sono per lo più porte tamburate con sopraelevata in vetro, in pessime condizioni.

Gli impianti elettrici sono fatiscenti e non più a norma.

I caloriferi dell'impianto di riscaldamento sono in ghisa ideali per impianti a vapore.



## 2.4 PIANO SECONDO

Gli spazi rientranti nel lotto 1 del piano secondo sono quelli del sopralzo est dell'edificio, sono destinati ad uffici dell'amministrazione del dipartimento.

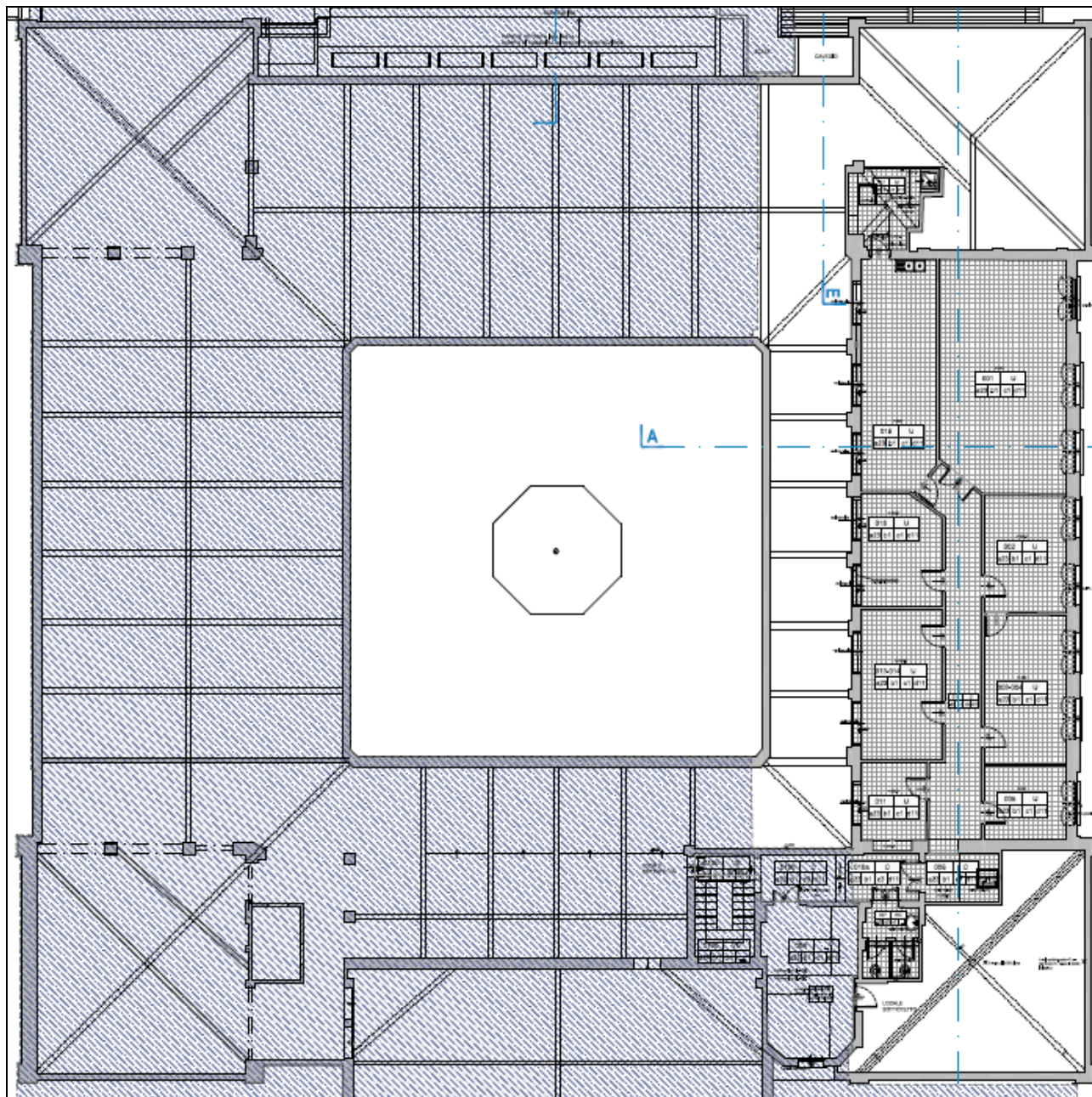


Fig. 2.11 – Pianta piano primo – Lotto 1

Le pareti portanti perimetrali sono realizzati in muratura piena.  
Non si evidenziano lesioni o distacchi che possano indicare cedimenti.  
Le pavimentazioni sono per la maggior parte in piastrelle di gres.

Le porte interne sono tamburate.

Gli impianti elettrici sono fatiscenti e non più a norma.  
I caloriferi dell'impianto di riscaldamento sono in ghisa idonei per impianti a vapore.



## 2.5 IL SEMINTERRATO

Il piano seminterrato era destinato per lo più a magazzini e laboratori.

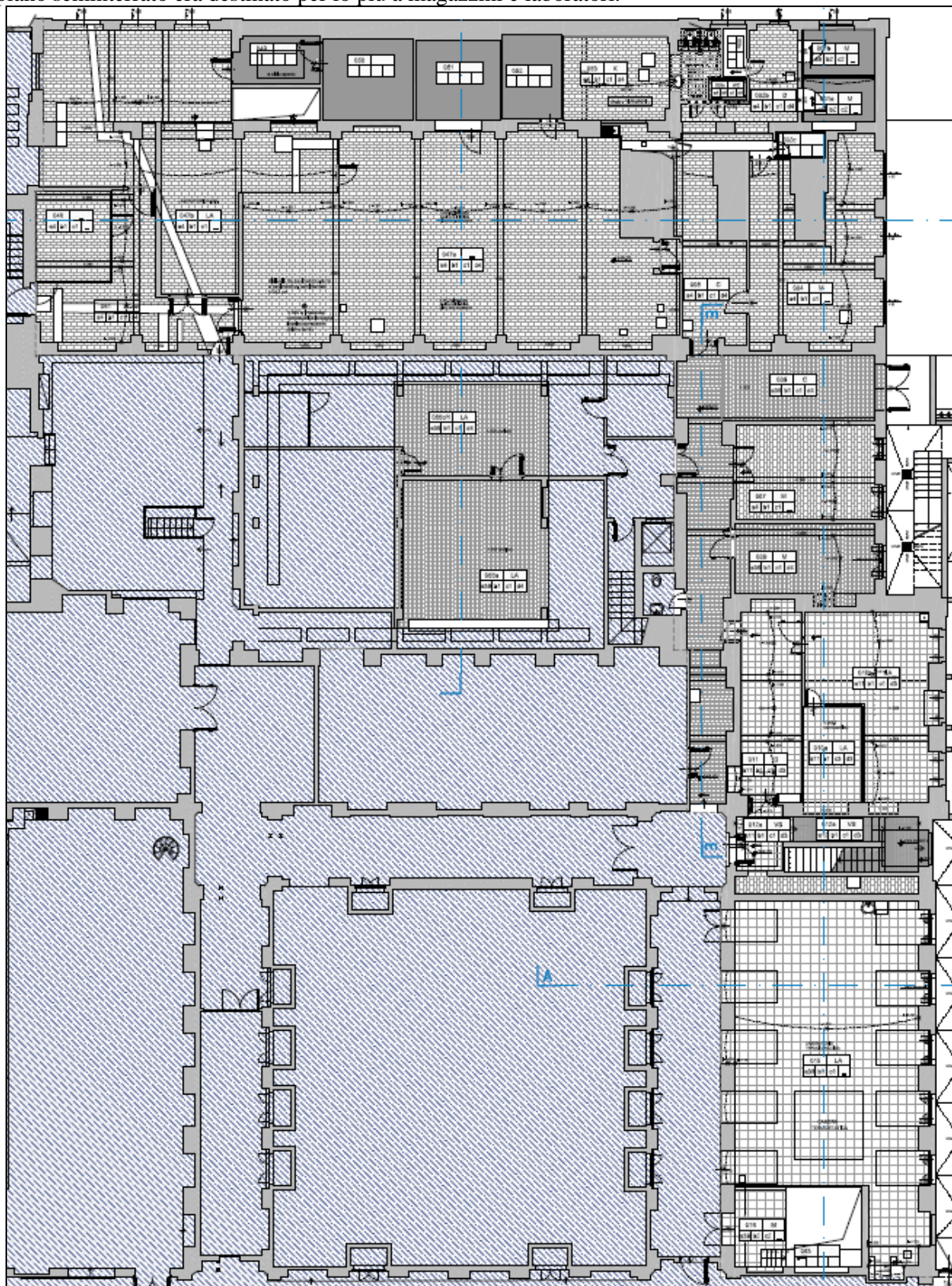


Fig. 2.12 – Pianta piano seminterrato – Lotto 1

Le pareti portanti perimetrali sono realizzate in calcestruzzo.

I solai superiori sono a volte. La finitura dell'intonaco interno è a civile sia sulle pareti che sul soffitto.

Non si evidenziano lesioni o distacchi che possano indicare cedimenti.

Le pavimentazioni sono per la maggior parte in piastrelle di gres, clinker o linoleum o quadrotti.

Le finestre esterne sono in ferro, spesso danneggiate e fatiscenti, con vetri monolastra.

## **2.6 COPERTURE**

Le coperture originarie dell'ala est hanno struttura a capriate in legno e tegole marsigliesi.

La parte dell'ala est che separa il corpo principale dal capannone a nord, originariamente ad un unico livello, presenta una copertura metallica al di sopra del solaio di chiusura del piano primo.

Il sopralzo ha copertura con capriate in calcestruzzo armato.

### 3 CENNI STORICI

Si riporta di seguito una breve descrizione della storia dell'Ateneo e in particolare del suo insediamento presso il Campus Leonardo, e dell'Edificio 4 oggetto del presente intervento.

Per maggiori dettagli fare riferimento alla Relazione storica allegato del progetto.

#### 3.1 IL POLITECNICO DI MILANO

Il Politecnico di Milano nasce nel 1863 come scuola di formazione per gli ingegneri con la denominazione di *"Istituto Tecnico Superiore di Milano"*.

La prima sede del Politecnico di Milano fu per soli tre anni (dal 1863 al 1866) in pochi locali del Palazzo del Collegio Elvetico in via Senato; successivamente fu trasferito presso il palazzo della Canonica in piazza Cavour dove venne mantenuto per 61 anni.

La legge n. 856 del 22 giugno 1913 approva, tra l'altro, una convenzione, stipulata a Roma tra i Ministri della Pubblica Istruzione, del Tesoro e delle Finanze, il Comune, la Provincia e la Camera di Commercio e Industria di Milano, con la quale Stato ed Enti succitati costituivano un consorzio che si sarebbe occupato della costruzione ed assetto edilizio di nuovi edifici destinati ad ospitare gli Istituti superiori di Milano che all'epoca si trovavano in locali piccoli e fatiscenti e non adeguati alla loro funzione.

Gli architetti Augusto Brusconi e Gaetano Moretti, docenti del Politecnico, con l'ingegnere Giovanni Ferrini, anch'esso laureato dell'Istituto, redassero il piano generale di massima degli edifici da costruire ed il relativo preventivo di spesa. L'architetto Brusconi era l'allora Soprintendente ai Monumenti ed era succeduto proprio all'architetto Moretti. Il Comune di Milano, oltre ad un contributo pecuniario per le costruzioni, cedette gratuitamente una porzione del terreno del patrimonio comunale, sito in località detta delle *Cascine Doppie* (figg. 59-60-61) e precisamente un'area di 150.000 metri quadrati, a cui i fratelli Ingegnoli aggiunsero 15.000 metri quadrati, escluse strade ed aree pubbliche, corrispondente all'attuale Città studi.

I progetti esecutivi furono sviluppati dal comitato tecnico del predetto consorzio per l'assetto degli Istituti di istruzione superiore in Milano, comitato composto dagli ingegneri Giannino Ferrini e Vittorio Verganti ed in un primo tempo anche dall'arch. Augusto Brusconi; l'ufficio tecnico era diretto dall'ing. Francesco Belloni.

Il 6 novembre 1915 (figg. 62-63-64) venne posta la prima pietra per le fondamenta del fabbricato della *Direzione del Regio Istituto Superiore Agrario*; i lavori furono interrotti durante la guerra; nel 1926 gli edifici furono terminati e, a seguito dell'ultimazione di tutti gli impianti dei laboratori, il 22 dicembre 1927 aveva luogo la solenne cerimonia di inaugurazione della nuova sede del Politecnico, con discorso del Direttore prof. Fantoli, succeduto a Giuseppe Colombo morto nel gennaio del 1921.

I progettisti avrebbero voluto una maggiore cura dei particolari e qualità dei materiali, ma le ristrettezze economiche del tempo fecero prevalere le esigenze spaziali.

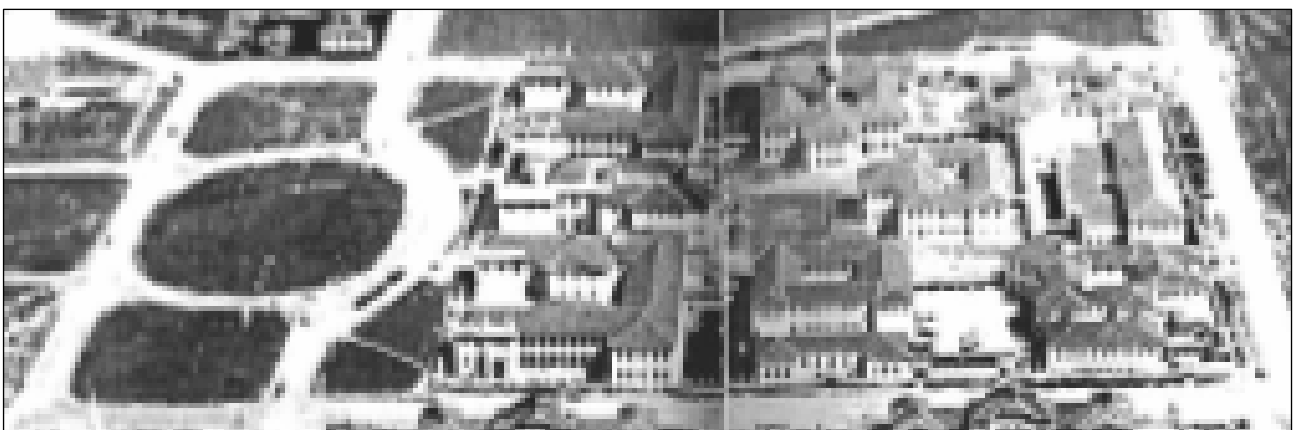


Fig. 3.1 - Veduta aerea "Regio Politecnico" (1927)





**Fig. 3.2 - Edificio della Direzione – Prospetto principale (ovest, su Piazza Leonardo da Vinci)**



**Fig. 3.3 - Vista del “Regio Politecnico” dal vicino edificio denominato “Il Cremino”**

Il *Politecnico* si trasferì dunque nel settembre del 1927 alla nuova sede della Città degli studi, in piazza Leonardo da Vinci, ove su un'area di 50.000 metri quadri (fig. 68) sorgevano edifici per una superficie di 22.000 metri quadri e con una cubatura complessiva di 236.000 metri cubi.

La sede della *Scuola* prospettava sulla piazza con un fronte lungo ben 255 metri, occupato da tre fabbricati, al centro quello della Direzione, ai lati i due fabbricati esattamente identici degli insegnamenti generali (nord e sud).

Oltre questi tre la scuola occupava altri sei fabbricati distribuiti nel rettangolo con la perfetta simmetria fissata dall'arch. Brusconi.

Tutti i fabbricati erano a due elevazioni fuori terra, terreno e superiore, tranne piccole porzioni destinate a laboratorio che avevano soltanto il piano terreno. Tutti i fabbricati, inoltre, erano dotati di ampissimi sotterranei; una galleria sotterranea collegava tra di loro tutti i padiglioni e serve per la distribuzione dei servizi generali, riscaldamento, energia elettrica, telefoni; a piano terreno un piccolo portico collegava tra loro i padiglioni.

Nessun locale di studio prospettava verso cortili chiusi, tutti prendevano aria e luce da ampissime finestre che affacciano sui giardini; la distanza tra le facciate degli edifici era sempre più che doppia dell'altezza dei fabbricati. La distribuzione prevalentemente in orizzontale evitava agglomerati di studenti e contatti tra Istituti con esigenze diverse. L'energia elettrica era consegnata in alta tensione in una cabina al centro della facciata verso via Ponzio, veniva distribuita sempre in alta tensione nei diversi fabbricati mediante la conduttura ad anello collocata sotto il pavimento della galleria sotterranea ed in ciascun fabbricato ridotta alla bassa tensione normale entro cabine di trasformazione. Al riscaldamento di tutti gli edifici nella stagione invernale provvedeva un unico impianto centrale; nel fabbricato dell'Ingegneria industriale erano installate tre caldaie due a nafta ed una a carbone, che forniscono il vapore occorrente al riscaldamento mediante un anello di distribuzione che lo portava ai singoli padiglioni. Per il servizio caldaie vennero costruiti l'edificio di *Ingegneria Industriale* un pozzo d'acqua per uso industriale, un camino in muratura alto cinquanta metri sopra il suolo del serbatoio ed un serbatoio d'acqua posto a venti metri sopra il suolo di capacità di circa ottanta metri cubi foggiate ad anello attorno al caminone.

A non grande distanza dal trasferimento in piazza Leonardo da Vinci, il Politecnico subì un notevole aumento della popolazione studentesca. Durante la seconda guerra mondiale venne approntato un progetto di ampliamento dell'Ateneo (sopralzo dei padiglioni esistenti e costruzione di nuovi edifici) che venne approvato dal Consiglio superiore dei lavori Pubblici e per l'attuazione del quale il Governo stanziò un primo contributo. Nel '46 cominciarono i primi lavori di ampliamento, sopraelevando di un piano le parti centrali dei padiglioni nord e sud (facciata verso piazza Leonardo da Vinci) e la grande aula di disegno del secondo anno di Ingegneria.

Nel 1949 iniziarono i lavori di costruzione di un nuovo grande padiglione per l'ampliamento dell'Istituto di Scienza delle costruzioni e si completò, a cura di Giò Ponti, il progetto della nuova sede della facoltà di architettura, sacrificatissima presso la sede del Leonardo, da erigersi sull'estremità occidentale dell'area a disposizione del Politecnico al di là di via Bonardi.

La costruzione della nuova facoltà di architettura è piuttosto travagliata, infatti, in seguito alla stipulazione del contratto d'appalto nel 1950, il primo progetto di Piero Portaluppi (figg. 72-73) venne completamente rivisto ed approvato nel 1954 (fig. 74) dal Ministero dei Lavori Pubblici. I lavori proseguirono sino al 1962 tra interruzioni per mancanza di fondi e cessazioni dell'attività delle imprese appaltatrici.



**Fig. 3.4 - L'edificio principale della Facoltà di Architettura**

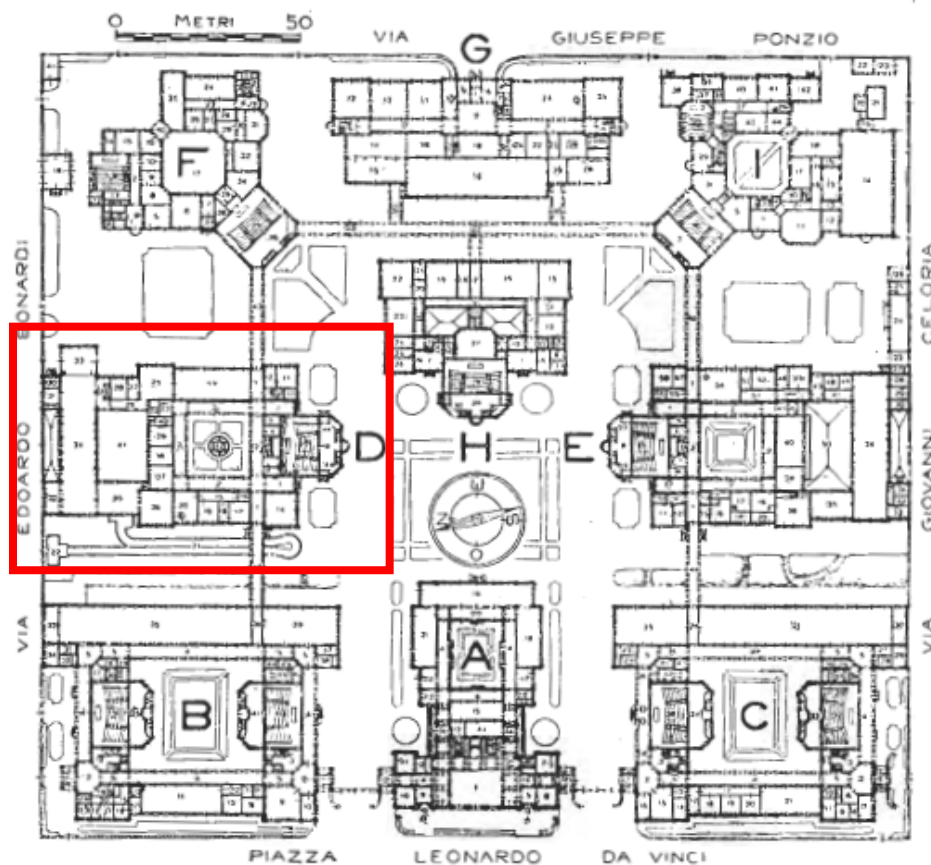
Nel 1961/62 venne realizzato il sopralzo del fabbricato degli insegnamenti generali sud (corrispondente a quello già realizzato nel padiglione nord) adottando una struttura metallica per evitare opere di sottomurazione e consentirne la realizzazione nel breve periodo delle vacanze estive. Contemporaneamente vennero realizzati il sottopasso di via Bonardi e la terza sede della fondazione Lerici all'angolo di via Bonardi con via Ponzio.

### 3.2 L'EDIFICIO 4 – EX INGEGNERIA INDUSTRIALE

L'edificio 4, originariamente indicato come *Fabbricato dell'Ingegneria Industriale*, venne edificato contestualmente alla realizzazione della “Nuova Sede” fra il 1920 e 1927, secondo la planimetria fissata dall'Arch. Augusto Brusconi. Esso è sito nella parte settentrionale del Campus Leonardo, con la facciata principale prospettante sulla parte nord del giardino centrale.

L'edificio prevedeva due cortili, uno principale dove è ubicata una ciminiera ed uno secondario, dove era collocata la “sala caldaie” (ved. Figura 24) con copertura vetrata. Il secondo cortile, a seguito della dismissione della centrale termica, fu modificato alla fine degli anni '90, mentre quello maggiore conserva la sua conformazione originaria.

Come tutti i fabbricati del *Regio Politecnico*, nella loro prima configurazione, l'Edificio 4 era a due piani (terreno e superiore), salvo alcune zone destinate a laboratori (ad 1 solo piano). L'edificio aveva ampi sotterranei, destinati prevalentemente alle centrali ed alla distribuzione impiantistica (riscaldamento, energia elettrica, telefoni,...) ed a magazzino; tali sotterranei sono tuttora utilizzati prevalentemente con la stessa destinazione originaria.



LA PLANIMETRIA GENERALE DEL PIANO TERRENO DEL R. POLITECNICO.

- |  |  |
|--|--|
| A - Fabbricato della Direzione ed Amministrazione.         | F - Fabbricato della Fisica e dell'Elettrotecnica generale.  |
| B - Fabbricato degli Insegnamenti generali Nord.           | G - Fabbricato dell'Elettrotecnica « Carlo Erba ».           |
| C - Fabbricato degli Insegnamenti generali Sud.            | H - Fabbricato della Chimica industriale.                    |
| D - Fabbricato dell'Ingegneria industriale.                | I - Fabbricato della Chimica generale e dell'Elettrochimica. |
| E - Fabbricato dell'Ingegneria civile e dell'Architettura. |  |

Fig. 3.5 - Planimetria generale del Piano Terreno del R. Politecnico (1933) con individuazione dell'Edificio 4

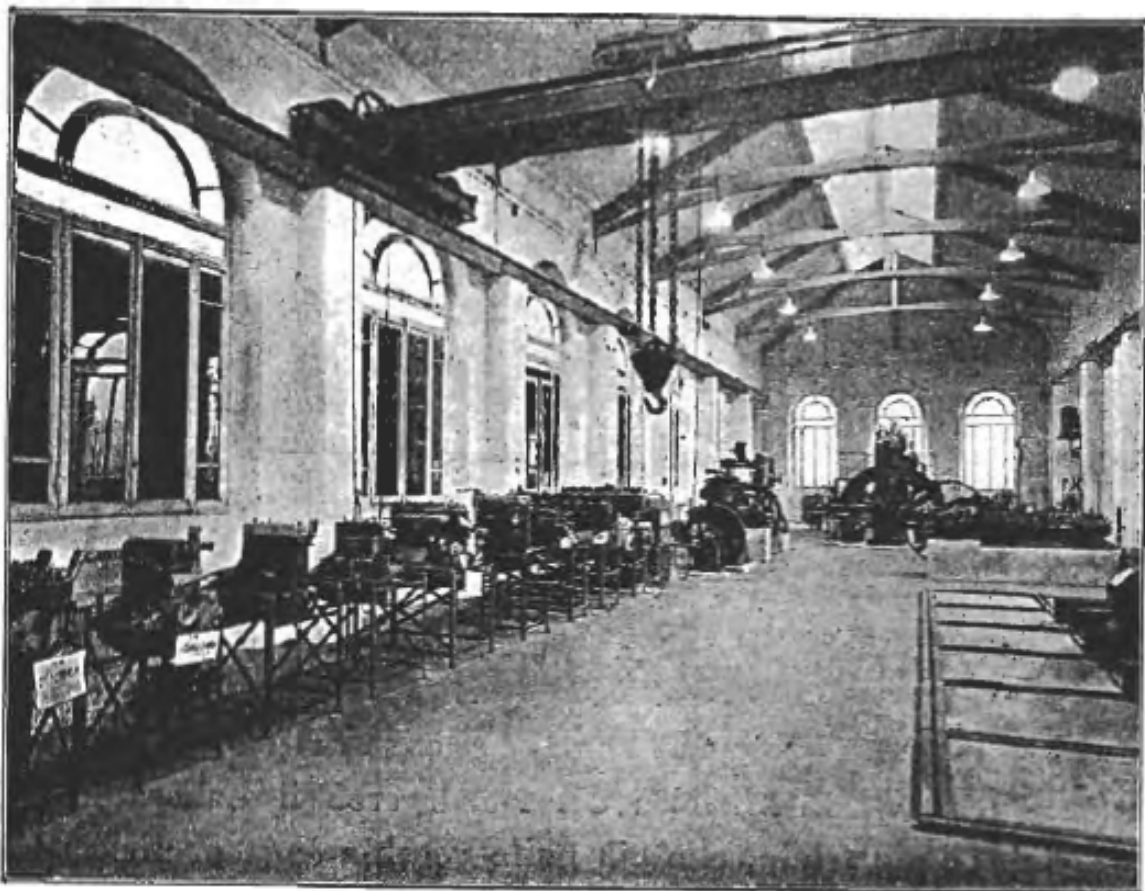


L'aspetto impiantistico è particolarmente importante per l'edificio di Ingegneria Industriale, in quanto l'impianto centrale di riscaldamento per tutti i padiglioni del Campus Leonardo fu realizzato all'interno di tale fabbricato. L'impianto era dotato di tre caldaie (due alimentate a nafta ed una a carbone) che fornivano il vapore occorrente al riscaldamento mediante un anello di distribuzione che lo portava ai singoli padiglioni. Per il servizio caldaie vennero costruiti, nello stesso edificio, un pozzo d'acqua per uso industriale, un camino in muratura alto cinquanta metri sul livello terreno (la "ciminiera") ed un serbatoio d'acqua posto a venti metri dal suolo, con capacità di circa ottanta metri cubi, foggato ad anello attorno al caminone.

La tipologia costruttiva dell'edificio è quella tipica di tutti gli edifici del Campus Leonardo. Le murature dei piani seminterrati sono in calcestruzzo non armato ed i soffitti a volte di mattoni pieni diversamente ordite. Le murature fuoriterza sono tradizionali in mattoni pieni, mentre i solai in calcestruzzo armato sono poggiati su travi, anch'esse in calcestruzzo armato. I tetti a falde con coppi son poggiati su capriate in calcestruzzo armato ed in legno.

Ciascun istituto era dotato di attrezzature e macchinari per effettuare prove e sperimentazioni, ma gli spazi a disposizione risultarono quasi subito insufficienti, specialmente per quanto riguardava l'Istituto di Idraulica, per cui sin dal 1929 si progettò la realizzazione di un nuovo laboratorio sperimentale (Edificio 4A (ex 10)), idoneo anche per gli studi dell'appena istituita *Scuola di Specializzazione in Ingegneria idraulico-agraria*.

Nell'edificio 4 fu anche collocato il *Gabinetto di costruzione di macchine* con officina e museo.



**Fig. 3.6 - Il Salone dei motori (1933)**

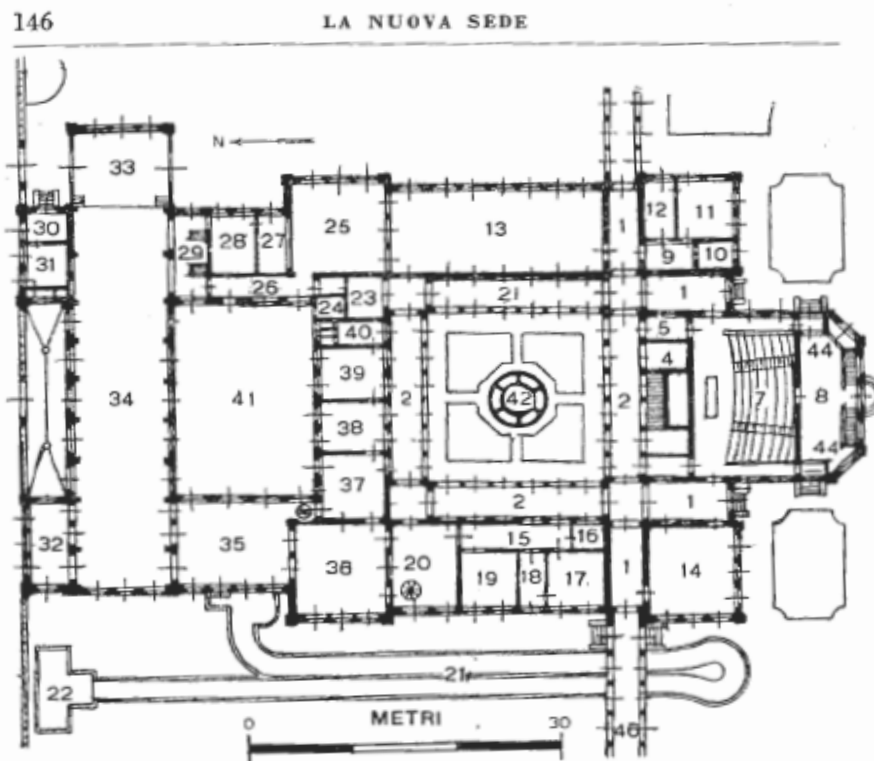


FIG. 120. — IL FABBRICATO DELL'INGEGNERIA INDUSTRIALE.  
La Pianta del Piano terreno.

- |   |   |
|---|---|
| 1 Ingresso  | <i>Il Laboratorio di Meccanica industriale</i>        |
| 2 Porticato                                       | 23 Ingresso   |
| 3 Scalone   | 24 Lavabo e latrina per gl'Insegnanti                 |
| 4 Ripostiglio                                     | 25 Sala per le prove termiche                         |
| 5 Locale per l'inserviente                        | 26 Passaggio  |
| 6 Saletta dei Professori                          | 27 Segreteria   |
| 7 Aula dell'Ingegneria industriale                | 28 Studio del Direttore                               |
| 8 Retro aula ed ingresso studenti                 | 29 Scala di accesso al sotterraneo                    |
| <i>Il Gabinetto di Costruzione delle macchine</i> | 30-31 Porteria ed alloggio del meccanico              |
| 9 Anticamera                                      | 32 Riparto riproduzioni                               |
| 10 Lavabo e latrina                               | 33 Ingresso carraio alla sala delle macchine          |
| 11 Studio del Professore                          | 34 Sala delle macchine (motori a combustione interna) |
| 12 Studio dell'Assistente                         | 35 Sala delle prove idrauliche                        |
| 13 Museo e laboratorio                            | 36 Officina   |
| <i>Il Laboratorio sperimentale di Idraulica</i>   | 37 Apparecchi   |
| 15 Anticamera                                     | 38 Studio degli Assistenti                            |
| 16 Lavabo e latrina                               | 39 Studio degli Assistenti                            |
| 17 Strumenti                                      | 40 Passaggio, lavabi e latrine di servizio            |
| 18 Studio dell'Assistente                         | 41 Sala delle caldaie                                 |
| 19 Locale del Meccanico                           | 42 Camino e serbatoio d'acqua                         |
| 20 Laboratorio                                    | 43 Passaggio  |
| 21 Canale per le esperienze idrauliche            | 44 Latrine  |
| 22 Vasche di misura                               |   |

Fig. 3.7 - Planimetria generale del Piano Terreno del Fabbricato di Ingegneria Industriale (1933)

A partire dall'inizio degli anni trenta, tuttavia, i nuovi spazi apparvero insufficienti per le esigenze didattiche e di ricerca, anche a seguito della nascita di nuovi istituti ed insegnamenti.

Fra gli ampliamenti e le sopraelevazioni resisi necessari, si è già accennato alla realizzazione del nuovo laboratorio di Idraulica (Edificio 4A (ex10)), fortemente voluto da G. Fantoli e a lui dedicato nel 1939. Tale opera portò alla riallocazione di alcuni insegnamenti, ma fu prevista anche la sopraelevazione del lato Est dell'edificio 4, avvenuta nel 1953. All'interno di tale sopraelevazione fu collocato l'Istituto di Ingegneria Sanitaria, appena istituito.

Gli impianti di distribuzione e le caldaie collocati nell'edificio 4 venivano costantemente adeguati con l'evolversi delle tecnologie e adattati per sopperire alle esigenze dei nuovi fabbricati, sia del Campus Leonardo che delle nuove costruzioni realizzate - a partire dal 1954 – al di là di via Bonardi (facoltà di Architettura, “Trifoglio”, ecc...). Ad esempio, nel 1961-62 nei locali sotterranei di meccanica industriale furono sistemati gli impianti ausiliari per la distribuzione del riscaldamento ai nuovi fabbricati di via Bonardi.

Negli anni fra il 1950 ed il 1960 fu realizzato un nuovo corpo a Nord-Ovest, ampliamento dell'Istituto di Fisica Tecnica e Macchine, che fu collegato all'edificio 4 mediante la ristrutturazione della parte terminale del fronte ovest dell'edificio stesso, con lo spostamento in avanti della relativa porzione di facciata, e la collocazione di un vano scala, in quanto i piani dei due edifici risultavano a quote differenti.

## 4 INDAGINI E RILIEVI ESEGUITI

Al fine di determinare le caratteristiche dell'edificio utili alla progettazione dell'intervento, sono state eseguite indagini ed assaggi sui principali elementi.

In particolare sono state effettuate le seguenti campagne di indagine:

- Indagini sulle caratteristiche meccaniche della muratura
- Prove di carico
- Campagna d'indagine sulle caratteristiche strutturali
- Indagine sugli intonaci ed infissi esterni

È stata inoltre effettuata una campagna geognostica a cura dello studio Celotti, a mezzo di n°3 prove penetrometriche SCPT (rif. relazione n°5657 del 13/12/2006) e un approfondimento delle prove sui terreni con sondaggi geognostici, prove penetrometriche dinamiche S.P.T. e sondaggi a carotaggio continuo a cura della società BASIN del dott. Geologo Luca Siena del (rif. Relazione geotecnica 15/09/2010).

Nel seguito si relazionano gli esiti delle campagne effettuate. In allegato alla presente relazione sono riportate le relazioni specifiche.

### 4.1 INDAGINI SULLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLA MURATURA

L'edificio nel suo complesso è stato oggetto di una serie d'indagini volte ad indagare le caratteristiche meccaniche della muratura in situ, da utilizzare nelle analisi e nelle verifiche. Le indagini sono state effettuate nell'arco di un quinquennio e si sono articolate in indagini soniche, prove con martinetto piatto singolo e doppio, prove di caratterizzazione meccanica in laboratorio previo prelievo di mattoni e campioni di malte.

Nel seguito si riportano in ordine cronologico i dati salienti delle prove effettuate. Per ulteriori dettagli, si rimanda alle relazioni specialistiche redatte dai tecnici che hanno eseguito le prove.

#### ▪ 24/07/2007 – Indagini condotte dal Laboratorio Prove Materiali del Politecnico di Milano

Sono state effettuate un'indagine sonica per trasparenza, una **prova con martinetto piatto singolo** e successivamente una **prova con doppio martinetto piatto**, relazionate dall'Arch. Claudia Tiraboschi.

Le indagini sono state seguite tutte nello stesso punto, al piano interrato, nell'ala est dell'edificio, su un maschio appartenente alla muratura centrale di spina.

I risultati delle indagini sono i seguenti:

Velocità media di trasmissione delle onde soniche:	$V_{MEDIA} = 1187.4 \text{ m/s}$
Stato di sforzo in esercizio della muratura:	$\sigma_E = 0.42 \text{ Mpa}$
Modulo elastico della muratura:	$E = 1725 \text{ Mpa}$
Sforzo massimo raggiunto col martinetto doppio:	$\sigma_{MAX} = 1.25 \text{ Mpa}$

#### ▪ 25/07/2007 – Indagini condotte dal Laboratorio Prove Materiali del Politecnico di Milano

Sono state effettuate un'indagine sonica per trasparenza, una **prova con martinetto piatto singolo** e successivamente una **prova con doppio martinetto piatto**, relazionate dall'Arch. Claudia Tiraboschi.

Le indagini sono state seguite tutte nello stesso punto, al piano terra, nell'ala est dell'edificio, su un maschio appartenente alla muratura perimetrale esterna.

I risultati delle indagini sono i seguenti:

Velocità media di trasmissione delle onde soniche:	$V_{MEDIA} = 1231.9 \text{ m/s}$
Stato di sforzo in esercizio della muratura:	$\sigma_E = 0.68 \text{ Mpa}$
Modulo elastico della muratura:	$E = 1475 \text{ Mpa}$
Sforzo massimo raggiunto col martinetto doppio:	$\sigma_{MAX} = 1.55 \text{ Mpa}$

#### ▪ 15/04/2011 – Indagini condotte dalla Società 4EMME Service

Sono stati prelevati 22 **mattoni** in diversi punti della struttura sottoponendoli poi a **prova di compressione monoassiale** in laboratorio. In 5 zone si è prelevato anche un campione di **malta**, sottoposto poi a **indagine**

**petrografica** in laboratorio. Le indagini sono state relazionate dall' Ing. Aristide Mariani (rif. Relazione MI-045-11).

I risultati sono i seguenti:

Resistenza media a compressione dei mattoni:	$fb_M =$	20.7 Mpa
Scarto quadratico medio delle resistenze:	s.q.m. =	6.94 Mpa
Resistenza caratteristica a compressione dei mattoni:	$fb_K =$	7.32 Mpa
Classe di resistenza delle malte:	M 2.5	

▪ **08/07/2011 – Indagini condotte dalla Società 4EMME Service**

Sono state effettuate una **prova con martinetto piatto singolo** e successivamente una **prova con doppio martinetto piatto**, relazionate dal Geom. Roberto Pin (rif. Relazione MI-185-11).

Le indagini sono state seguite su un maschio appartenente alla muratura di spina al piano terra dell'ala est.

I risultati delle indagini sono i seguenti:

Stato di sforzo in esercizio della muratura:	$\sigma_E =$	0.45 Mpa
Modulo elastico della muratura:	E =	1549 Mpa
Sforzo massimo raggiunto col martinetto doppio:	$\sigma_{MAX} =$	2.18 Mpa

## 4.2 PROVE DI CARICO

Dalla Società 4EMME Service, in data 5-8 luglio 2011, sono state eseguite n°3 prove di carico sulle strutture di orizzontamento, finalizzate ad indagare il comportamento di tali strutture sotto l'azione dei nuovi carichi statici di progetto. In particolare sono stati sottoposti a indagine un campo di solaio e una trave di elevazione del corpo principale, e un capriata in c.a. della copertura dell'ala a nord su via Bonardi.

Nelle prove è stato applicato un carico superiore del 33% al carico accidentale di progetto dei vari impalcati: 400 kg/mq sui solai di calpestio e 200 kg/mq in copertura.

Vengono qui riportati i dati salienti delle prove effettuate. Per ulteriori dettagli, si rimanda alla relazione specialistica redatta dal Tecnico della Società esecutrice delle prove, Geom. Roberto Pin (rif. Relazione MI-185-11).

▪ **Prova di carico su solaio in latero-cemento in elevazione**

La struttura indagata è costituita da un campo di solaio in latero-cemento  $h = 20(16+4)$  cm, avente luce pari a 5.30m; è situato nell'ala est del corpo principale dell'edificio, al livello del solaio di calpestio del piano 1°.

Il carico è stato applicato tramite un martinetto oleodinamico a spinta (con impronta pari a 1.0×0.2m) posizionato in mezzeria alla campata di solaio indagata e contrastato da una trave ribassata del solaio di sottotetto al piano superiore.

Per la rilevazione delle deformazioni sono stati utilizzati nove sensori di misura montati su aste telescopiche posizionati al piano sottostante quello di carico.

I risultati della prova sono i seguenti:

Larghezza fascia di solaio collaborante:	b =	3.10 m
Sovraccarico applicato:	$q_{DISTR} =$	400 kg/m <sup>2</sup> (6 cicli di carico)
Forza equivalente applicata in mezzeria:	F =	4.05 ton
Freccia massima in mezzeria:	$f_{MAX} =$	2.04 mm
Rapporto freccia /luce:	$f / L =$	1/2598

Le deformazioni sono ampiamente entro valori accettabili e, durante tutti i cicli di carico-scarico, il comportamento della struttura si è mantenuto in campo elastico.

▪ **Prova di carico su trave in c.a. ribassata in elevazione**

La struttura indagata è una trave ribassata in c.a. in semplice appoggio avente luce pari a 8.70 m; è situata nella torretta di nord-ovest, al livello del solaio di calpestio di piano 1°.

Il carico è stato applicato tramite un martinetto oleodinamico a trazione applicato in mezzzeria alla campata della trave tramite due piastre metalliche fissate ai lati della stessa e collegate tra loro tramite spinottature imbullonate. Il contrasto è ottenuto tramite tassellazione chimica al solaio di pavimento sottostante al piano terra.

Per la rilevazione delle deformazioni sono stati utilizzati sei sensori di misura montati su aste telescopiche posizionati al piano di carico.

I risultati della prova i seguenti:

Larghezza area di influenza della trave:	$b = 3.00 \text{ m}$	
Sovraccarico applicato:	$q_{\text{DISTR}} = 400 \text{ kg/m}^2$	(5 cicli di carico)
Forza equivalente applicata in mezzzeria:	$F = 6.05 \text{ ton}$	
Freccia massima in mezzzeria:	$f_{\text{MAX}} = 1.32 \text{ mm}$	
Rapporto freccia /luce:	$f / L = 1/6591$	

Le deformazioni sono ampiamente entro valori accettabili e, durante tutti i cicli di carico-scarico, il comportamento della struttura si è mantenuto in campo elastico.

#### ▪ **Prova di carico su capriata in c.a. copertura ala Bonardi**

La struttura indagata è una delle capriate in c.a. che realizzano l'orditura principale dell'ala a nord, prospiciente via Bonardi; l'elemento ha una luce pari a 9.70m.

Il carico è stato applicato tramite tre martinetti oleodinamici a trazione, insistenti uno in mezzzeria e gli altri due posizionati simmetricamente a 1.10m dal centro, in prossimità dei due barcarecci superiori della capriata. Il contrasto è stato ottenuto tramite tassellazione chimica al solaio di pavimento sottostante al piano terra. L'azione dei martinetti stata applicata in parallelo tramite circuito oleodinamico dedicato.

Per la rilevazione delle deformazioni sono stati utilizzati sei sensori di misura montati su aste telescopiche posizionati al piano di carico.

I risultati della prova i seguenti:

Larghezza area di influenza della capriata:	$b = 4.30 \text{ m}$	
Sovraccarico applicato:	$q_{\text{DISTR}} = 200 \text{ kg/m}^2$	(6 cicli di carico)
Forza equivalente applicata in mezzzeria:	$F = 7.59 \text{ ton}$	
Freccia massima in mezzzeria:	$f_{\text{MAX}} = 1.79 \text{ mm}$	
Rapporto freccia /luce:	$f / L = 1/5419$	

Le deformazioni sono ampiamente entro valori accettabili e, durante tutti i cicli di carico-scarico, il comportamento della struttura si è mantenuto in campo elastico.

### **4.3 CAMPAGNA D'INDAGINE SULLE CARATTERISTICHE STRUTTURALI**

Oltre al rilievo architettonico e alle verifiche dimensionali dell'edificio, è stata condotta in più sessioni un'estesa campagna d'indagine tramite saggi e rilievi, finalizzata a conoscere la tipologia dei vari elementi strutturali e dettagli costruttivi, i materiali, gli spessori e le caratteristiche peculiari dei singoli elementi.

Tra le indagini condotte, a titolo esemplificativo e non esaustivo, si riportano:

- assaggi in fondazione, finalizzate a conoscerne le dimensioni e il piano di posa
- assaggi sulle murature perimetrali e interne, finalizzate a conoscerne il materiale e gli spessori
- assaggi sulle volte in mattoni e in c.a. del solaio di piano rialzato
- assaggi sui solai di elevazione per verificarne tipologia e spessori
- assaggi sulle travi ribassate dei vari impalcati finalizzate a conoscerne le armature, in termini di quantità e diametro e spessore del copriferro.
- assaggi in corrispondenza dell'appoggio degli orizzontamenti sui pannelli murari al fine di identificare gli elementi di connessione quali cordoli di piano in c.a., ecc..
- assaggi in corrispondenza delle murature perimetrali per verificarne l'interconnessione

Si riportano a titolo esemplificativo alcune immagini relative ai saggi effettuati. Per i vari elementi si riportano inoltre gli schemi tipologici maggiormente ricorrenti.



**Foto 4.1 – Fondazioni – Corte corpo principale**

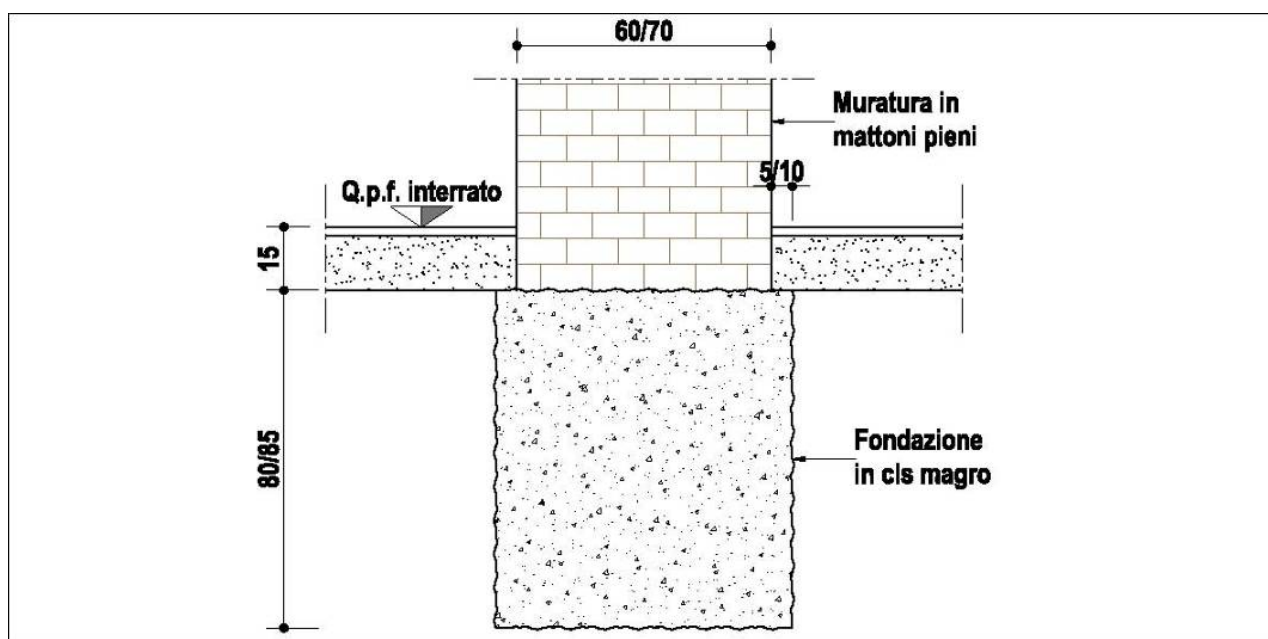


**Foto 4.2 – Fondazioni – Corpo di collegamento est**



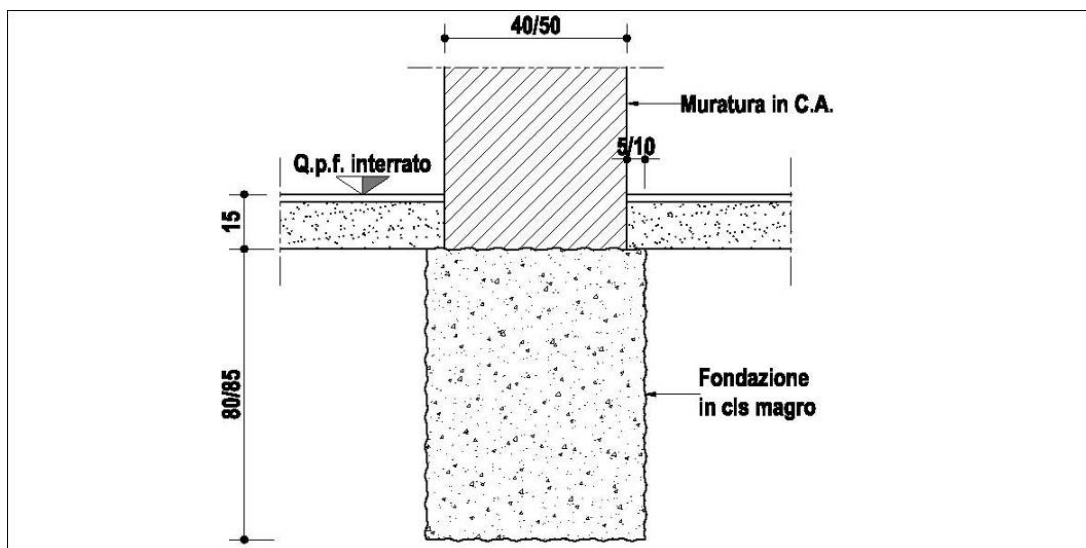


Foto 4.3 – Fondazioni – Edificio interno edificato anni '90

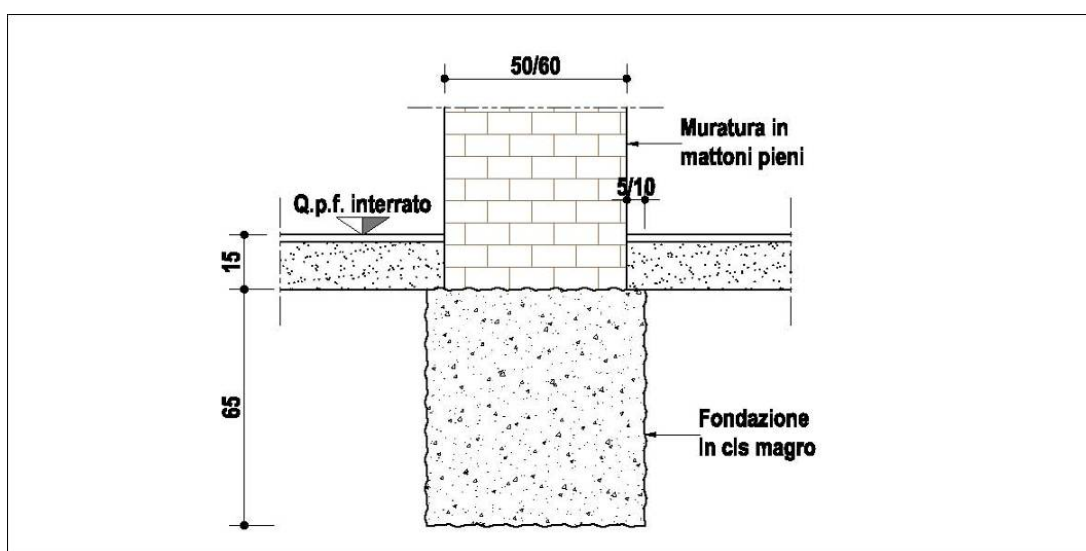


Schema 1 – Fondazioni – Corte corpo principale – Murature interne

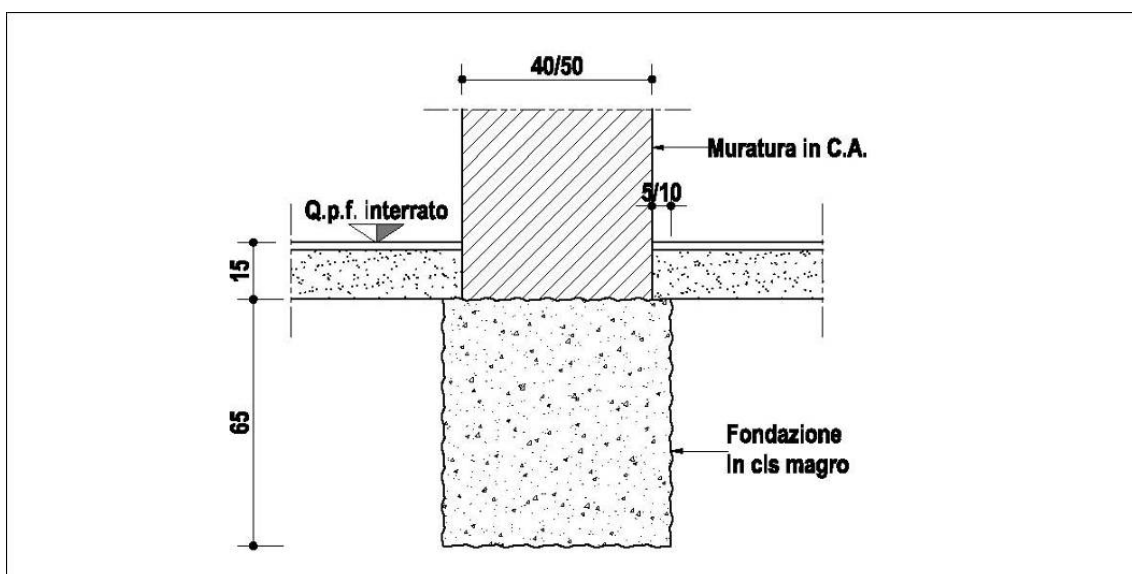




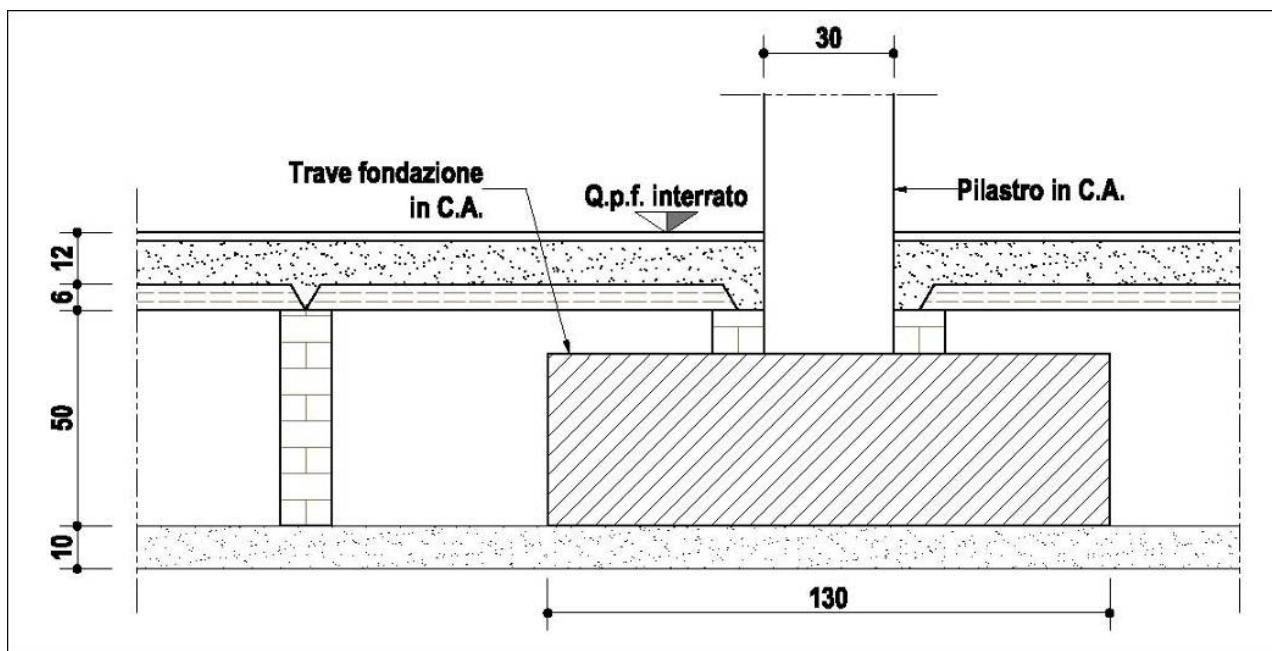
**Schema 2 – Fondazioni – Corte corpo principale – Murature perimetrali**



**Schema 3 – Fondazioni – Ala Bonardi – Murature interne**



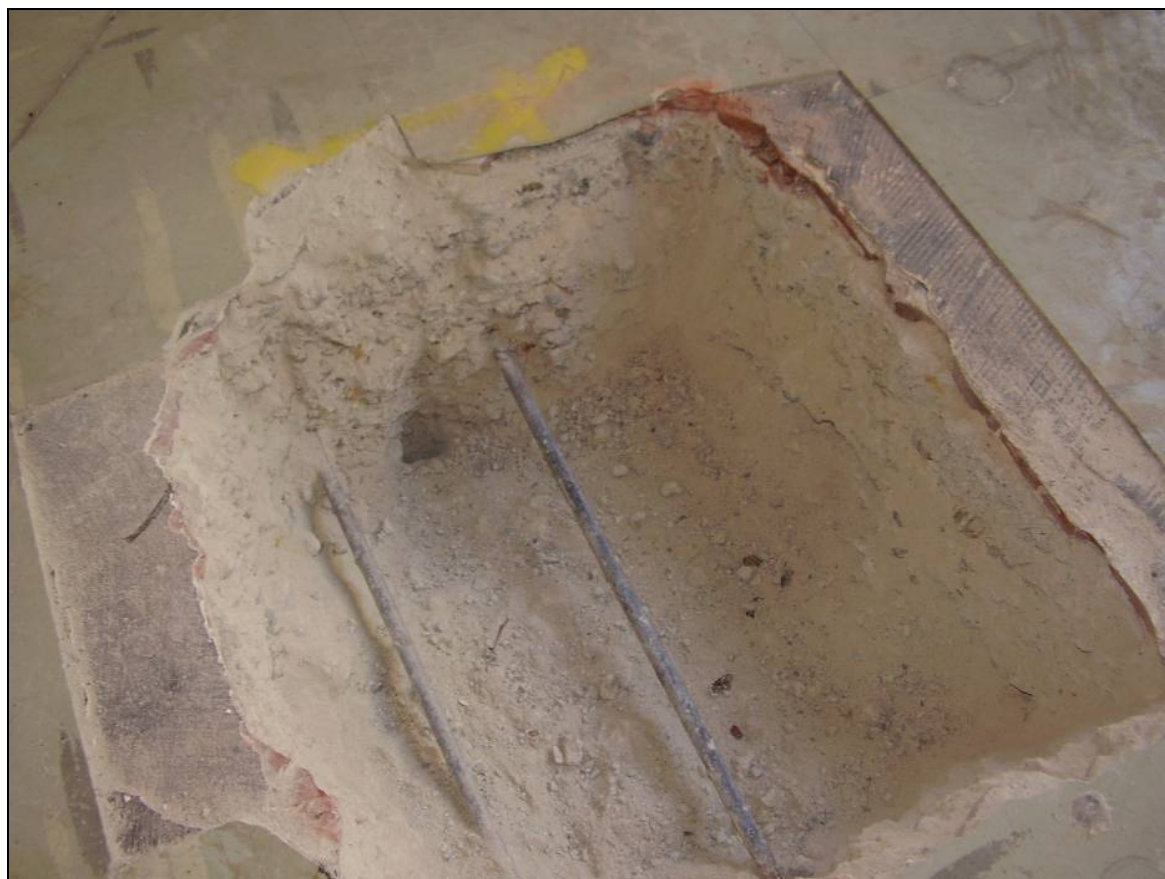
**Schema 4 – Fondazioni – Ala Bonardi – Murature perimetrali**



**Schema 5 – Fondazioni – Edificio interno edificato anni '90**



**Foto 4.4 – Solaio P. Rialzato – Ala Bonardi – Volte in c.a. e travi ribassate**



**Foto 4.5 – Solaio P. Rialzato – Torretta nord-ovest – Massetto e volta in c.a.**

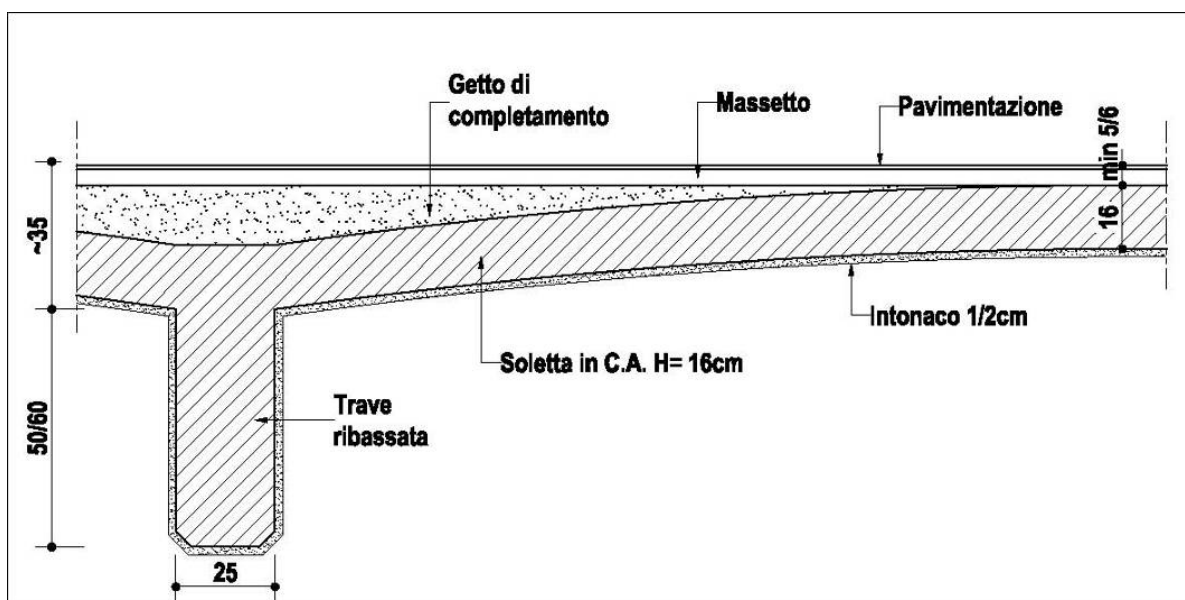


**Foto 3.6 – Solaio P. Rialzato – Torretta nord-ovest – Trave ribassata in c.a.**

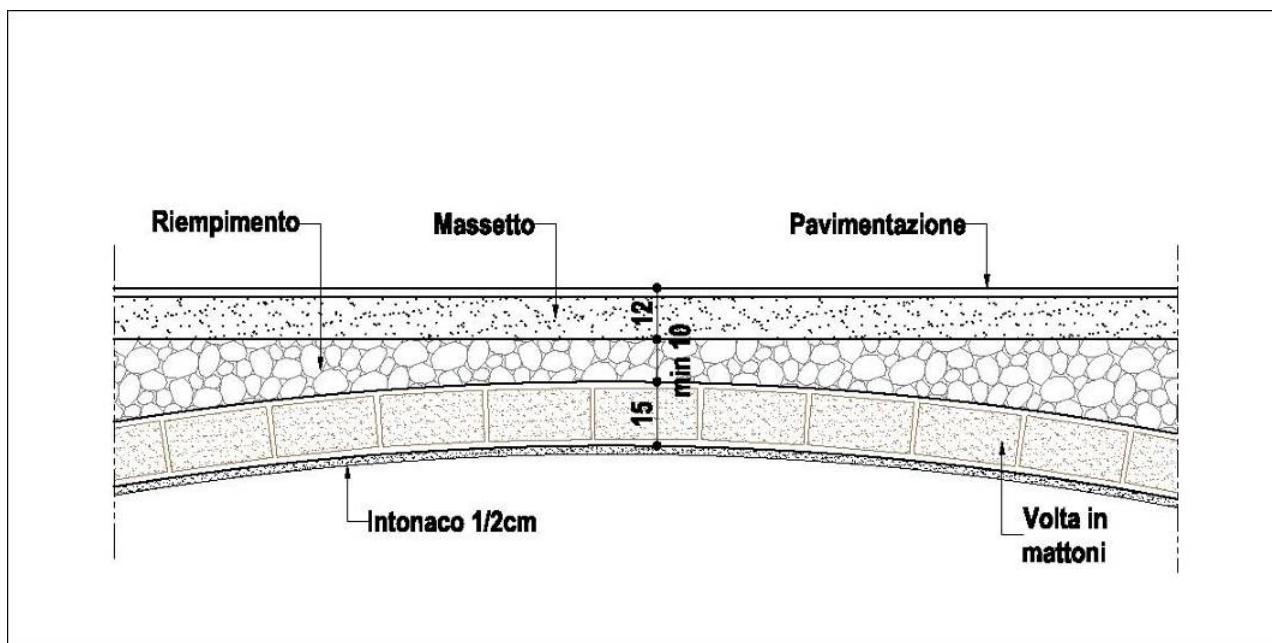




Foto 4.7 – Solaio P. Rialzato – Ala est – Massetto e volta in mattoni



Schema 6 – Solaio P. Rialzato – Volte in c.a. con travi ribassate



**Schema 7 – Solaio P. Rialzato – Volta in mattoni pieni**



**Foto 4.8 – Solaio P. 1° – Ala est – Trave ribassata in c.a.**





**Foto 4.9 – Solaio P. 1° – Corpo di collegamento ovest – Solaio scatolare in c.a.**



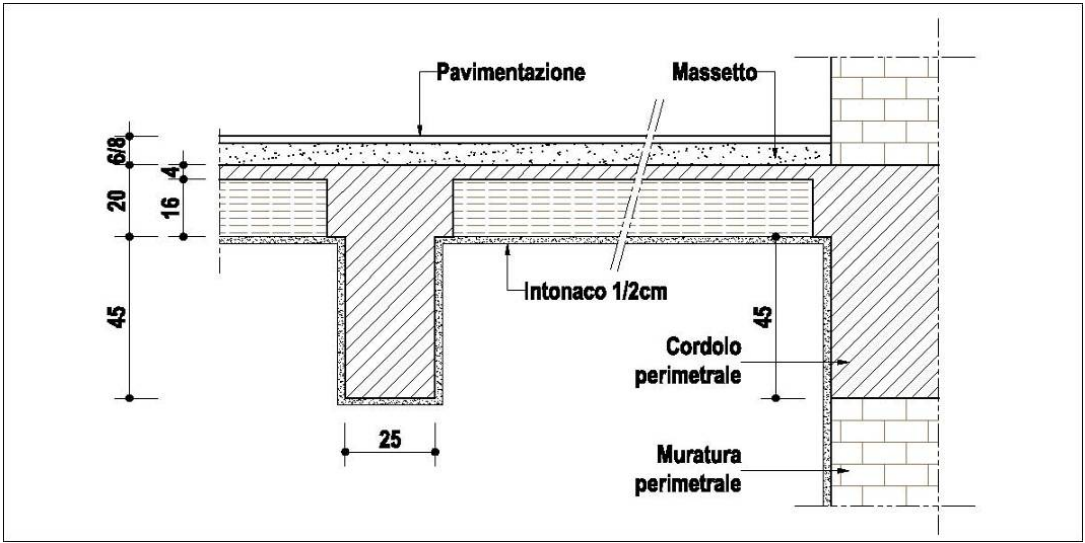
**Foto 4.10 – Solaio P. 1° – Ala nord – Massetto e solaio in latero-cemento**



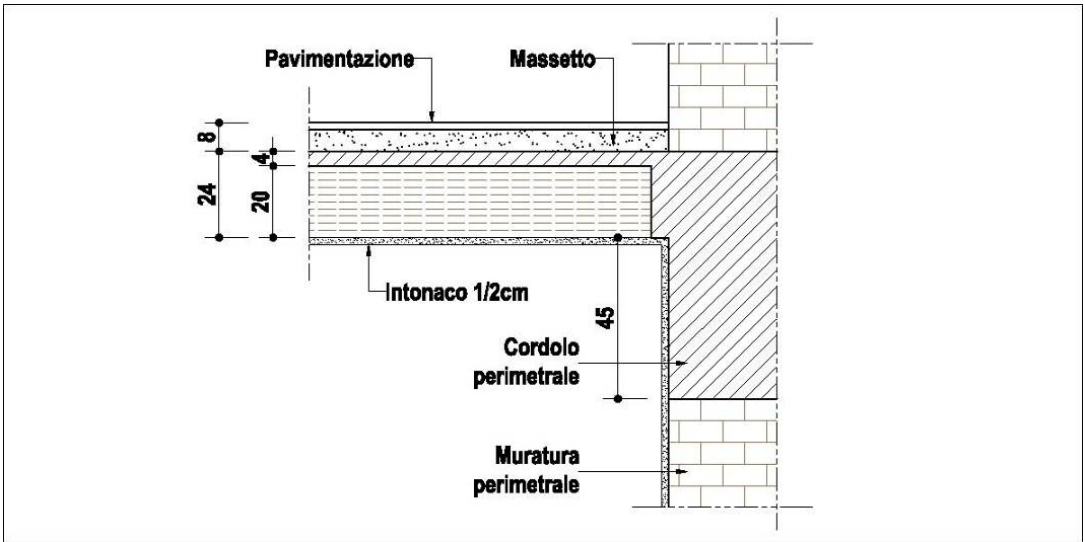
**Foto 4.11 – Solaio P. 1° – Ala ovest – Apertura controsoffitto**



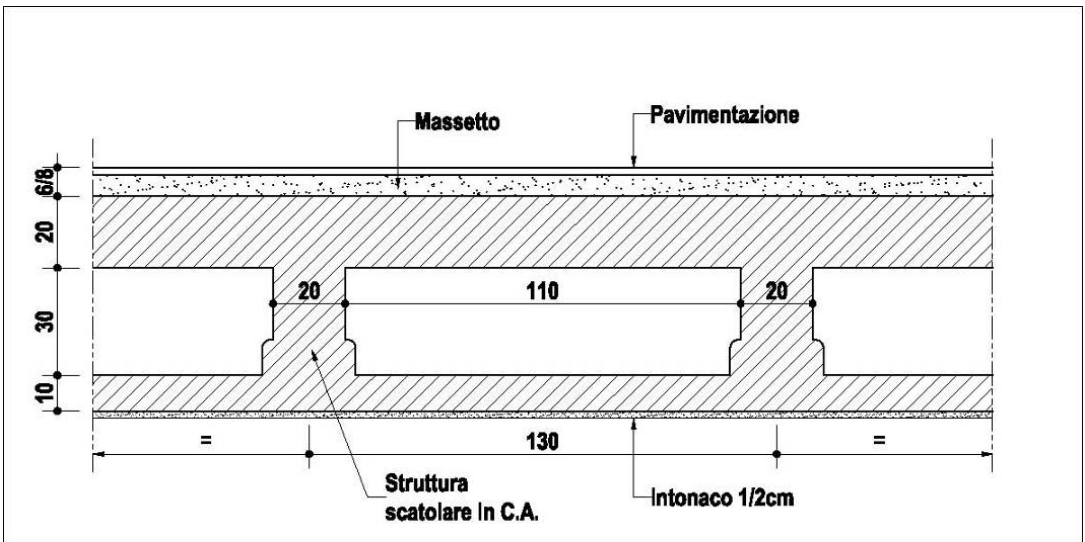
**Foto 4.12 – Solaio P. 1° – Ala nord – Apertura controsoffitto**



Schema 8 – Solaio P. 1° – Solaio in latero-cemento e travi ribassate



Schema 9 – Solaio P. 1° – Solaio il latero-cemento



Schema 10 – Solaio P. 1° – Solaio scatolare in c.a.





**Foto 4.13 – Solaio P. Sottetto – Ala ovest – Massetto e solaio in latero-cemento**



**Foto 4.14 – Solaio P. Sottetto – Corpo collegamento est – Solaio in latero-cemento**



**Foto 4.15 – Solaio P. Sottotetto – Corpo secondario ala Bonardi – Solaio in latero-cemento**

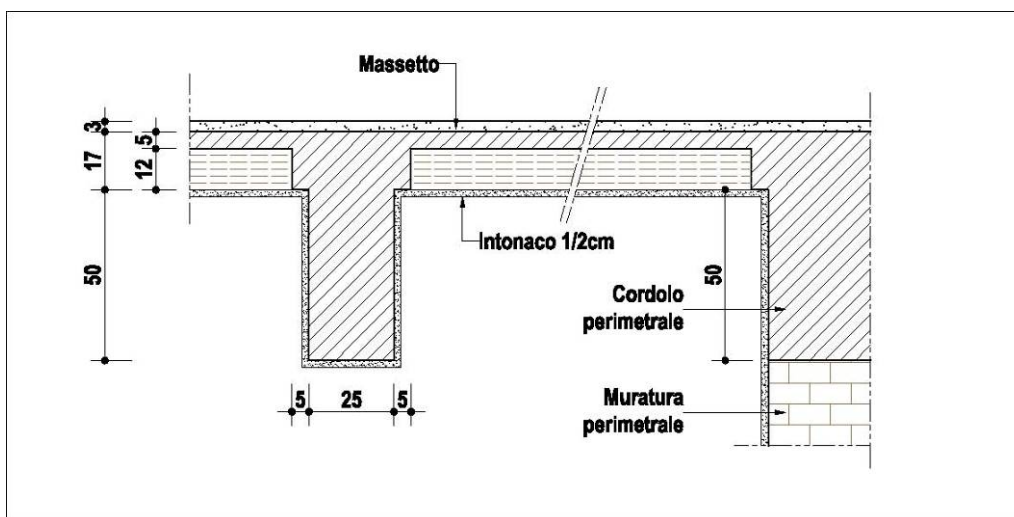


**Foto 4.16 – Solaio P. Sottotetto – Ala est – Cordolo perimetrale e solaio latero-cemento**

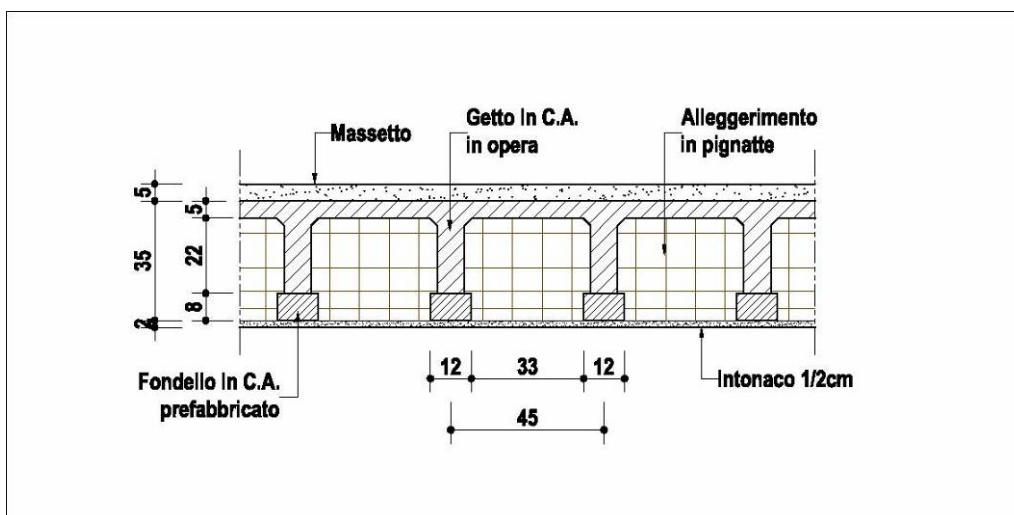




Foto 4.17 – Pilastri piano 1° – Ala est – Corte interna



Schema 11 – Solaio P. Sottotetto° – Solaio in latero-cemento e travi ribassate



Schema 12 – Solaio P. Sottotetto° – Solaio in latero-cemento con fondello in c.a.



**Foto 4.18 – Copertura – Corpo principale a corte**



**Foto 4.19 – Copertura – Ala Bonardi**



## 5 PROGETTO – CRITERI PER L'EFFETTUAZIONE DELLE SCELTE PROGETTUALI

Il presente capitolo della relazione illustra nel dettaglio i criteri generali che hanno ispirato le scelte progettuali. I criteri delle scelte specifiche sono illustrati nel capitolo relativo alla descrizione delle lavorazioni previste.

Le relazioni specialistiche impiantistiche illustrano poi nel dettaglio le scelte effettuate ed i relativi criteri. Come detto, l'Amministrazione del Politecnico ha stabilito di realizzare l'intervento per lotti, sia per ragioni finanziarie sia per permettere il mantenimento dell'attività istituzionale del Dipartimento durante il non breve periodo di realizzazione dei lavori previsti.

Il primo lotto d'intervento riguarda gli spazi liberatisi a seguito del trasferimento del Dipartimento di Energia, che occupava una porzione dell'Edificio, presso un nuovo edificio sito in zona Bovisa.

Gli spazi sono quelli dell'ala est e quelli dell'ala nord (capannone su via Bonardi) dell'edificio.

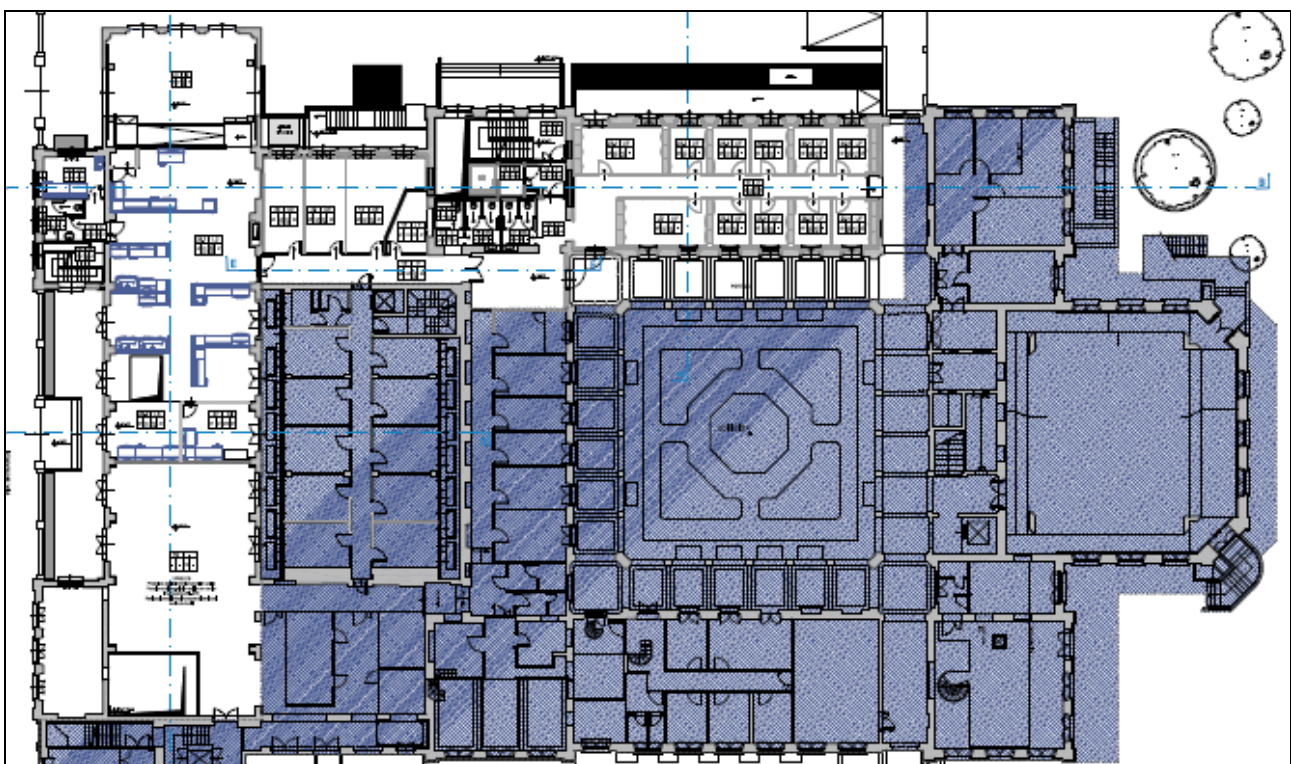


fig. 5.1 – Individuazione Lotto 1 (spazi in bianco non evidenziati da campiture)

L'ala est del capannone sarà destinata ad uffici a tutti i livelli.

L'ala nord sarà destinata a laboratori della Sezione Strade del Dipartimento.

Il seminterrato mantiene per la maggior parte degli spazi oggetto dell'intervento la destinazione d'uso a magazzini.

Un piccolo locale verrà destinato ad ospitare una piccola auletta didattica dotata di ingresso dall'esterno mediante scala già esistente.

In corrispondenza di parte dello spazio occupato originariamente dalle caldaie della centrale termica a vapore dell'intero Campus Leonardo verrà realizzata una centrale frigorifera.

## 5.1 RESTAURO E IL RECUPERO FORMALE E ARCHITETTONICO DELL'EDIFICIO

Come detto, uno dei punti fondamentali per l'effettuazione delle scelte progettuali è il restauro dell'edificio e il ripristino delle volumetrie originali.

### 5.1.1 SOPRALZO ALA EST

Il progetto esecutivo del lotto 1 prevede la demolizione integrale del sopralzo dell'ala est, realizzato tra gli anni '60 e '70 che attualmente ospita uffici dell'amministrazione del Dipartimento.



fig. 5.1 – Sopraelevazione da demolire

La sagoma dell'edificio sarà riportata alla forma originaria; il tetto a falde sarà posizionato al livello inferiore ripristinando l'andamento originario delle falde a padiglione.

La struttura della copertura sarà in legno con capriate aventi disegno simile all'esistente. Naturalmente la copertura avrà idonea coibentazione che comunque sarà mascherata all'intradosso con assito in legno.

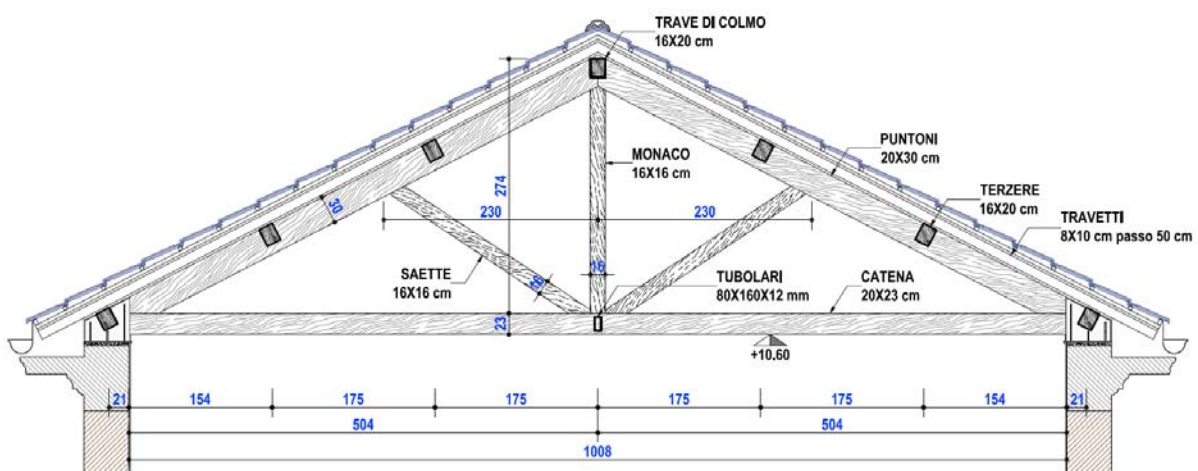


fig. 5.2 – Le capriate di progetto



### 5.1.2 L'ALA EST

Tutta l'ala est, recuperata la volumetria originale con la demolizione di cui al paragrafo precedente, avrà due elevazioni fuori terra. La soletta esistente a chiusura della livello copertura verrà demolita al fine di avere un volume idoneo ad accogliere due livelli.

L'altezza che deriva dalla demolizione della soletta sufficiente alla realizzazione di un nuovo piano ammezzato.

Il nuovo piano verrà creato con struttura in acciaio e posizionato in altezza della specchiatura orizzontale fissa delle finestre. La soletta rimarrà distaccata dalla muratura perimetrale in modo da evidenziare la volumetria originale (fig. 5.3).

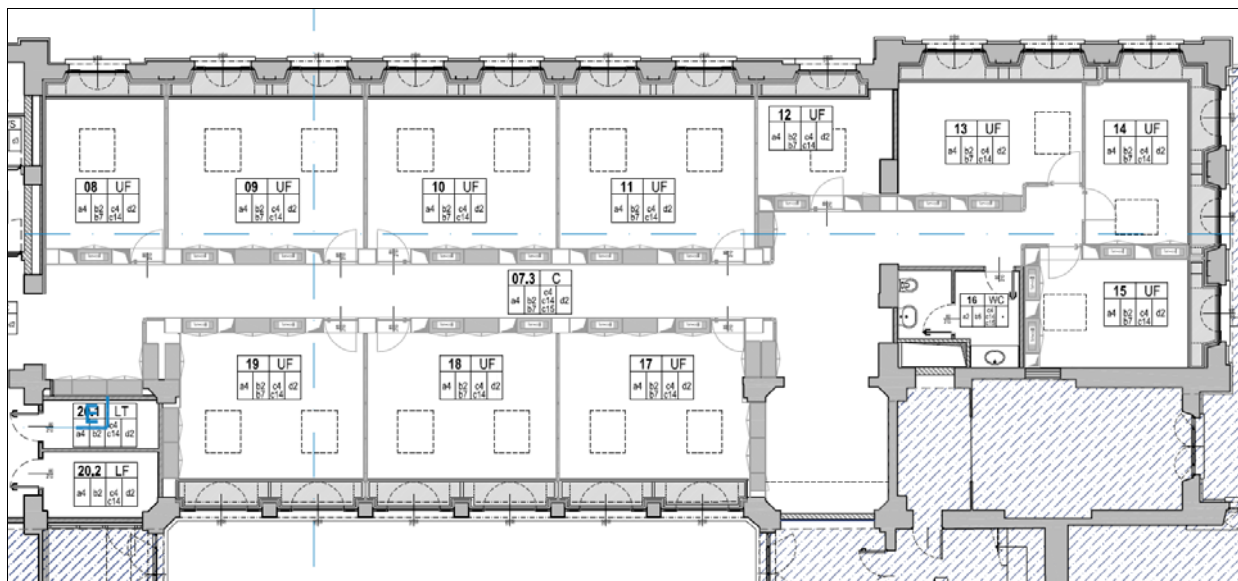


fig. 5.3 – Stralcio della pianta del piano secondo

I parapetti del nuovo livello saranno realizzati con montanti metallici e cavetti tesati in acciaio, in modo da risultare quanto più possibile trasparenti. Il corrimano sarà in legno con finitura simile alle pavimentazioni.

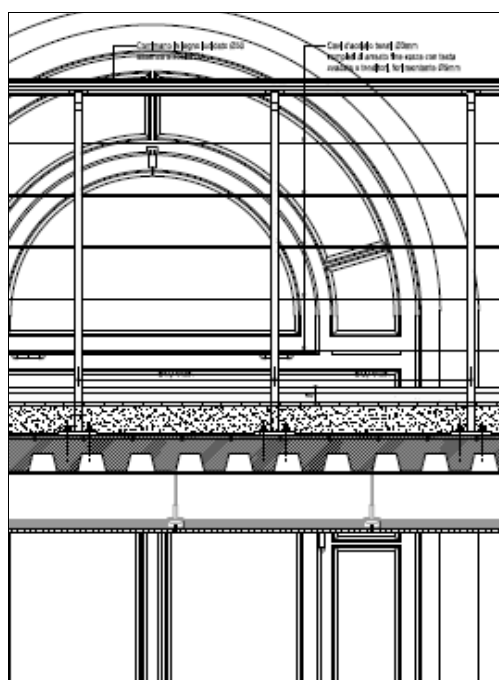
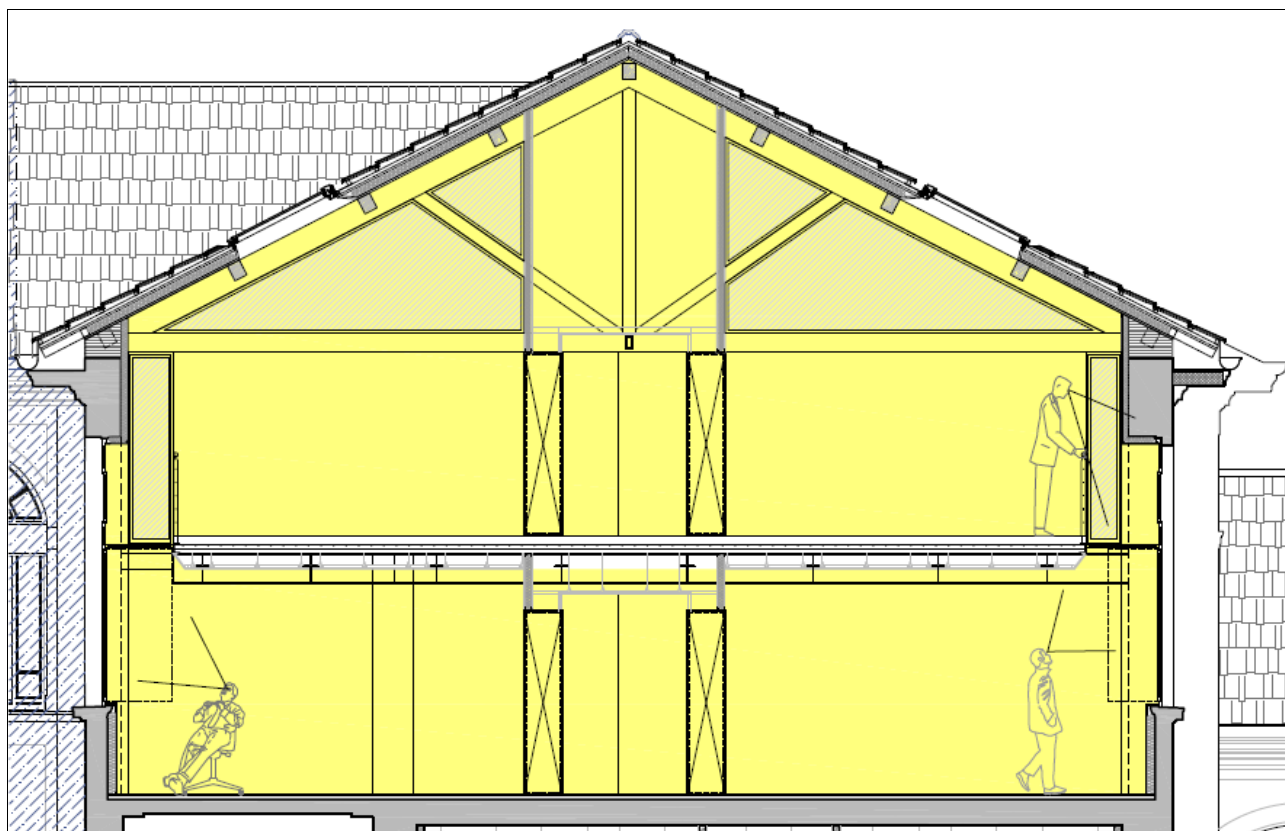


fig. 5.4 – Parapetto nuovo livello ammezzato

Da entrambi i livelli sarà dunque possibile vedere i serramenti nella loro interezza.

Nella figura che segue è evidenziata, in giallo, la continuità del volume esistente e il posizionamento del nuovo livello con i distacchi dal perimetro che permettono la visione dell'intero serramento e del volume dell'altro livello.



**fig. 5.5 – Sezione primo livello**

Al secondo piano le separazioni verticali tra gli uffici al di sopra del livello catena delle capriate verranno realizzate con superfici vetrate trasparenti in modo che da ogni ufficio sia possibile vedere non solo la copertura in corrispondenza dello stesso ma anche quelle degli uffici contigui.

L'involucro esterno sarà coibentato dall'interno e rifinito poi in cartongesso riprendendo l'identico andamento delle pareti e degli archi e sguinci delle finestre.

La pavimentazione degli uffici sarà in parquet di rovere a spina di pesce (vedi più avanti paragrafo relativo).

Le finestre saranno sostituite con infissi con disegno identico all'esistente (vedi più avanti paragrafo relativo).

Ad integrare illuminazione ed areazione a piano secondo, insufficienti con le sole lunette dei serramenti esistenti, verranno installati dei lucernari in copertura.

Tutta l'ala est sarà destinata ad uffici. Le separazioni tra gli uffici a tutti i livelli saranno realizzate con pareti attrezzate (mobili) che evidenziano le nuove realizzazioni rispetto all'esistente evidenziando la reversibilità dell'intervento; la pavimentazione sarà realizzata in continuità tra un ambiente e l'altro ad evidenziare le volumetrie intere. Il principio ispiratore delle scelte è proprio quello di rendere evidente che le nuove partizioni sono posate su pavimentazione esistente ed hanno carattere di relativamente "provvisorio", rendendo evidente l'intero volume originario (vedi es. fig. 5.6).

Tutte le chiusure di completamento saranno realizzate con superfici vetrate trasparenti.

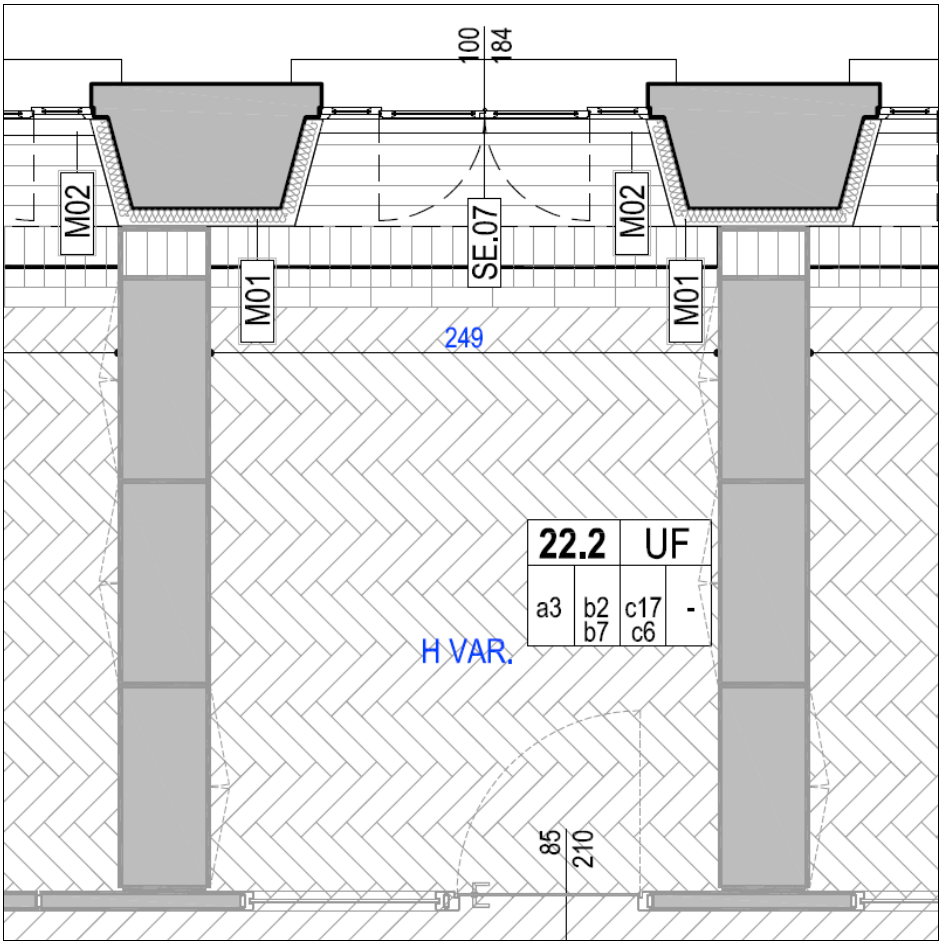


fig. 5.6 – Pavimentazione continua tra gli uffici

La pavimentazione dei corridoi esistenti (principali) a piano rialzato e piano primo saranno realizzate in seminato alla veneziana riquadrato da bordo in granito bianco di montorfano (vedi più avanti paragrafo relativo)

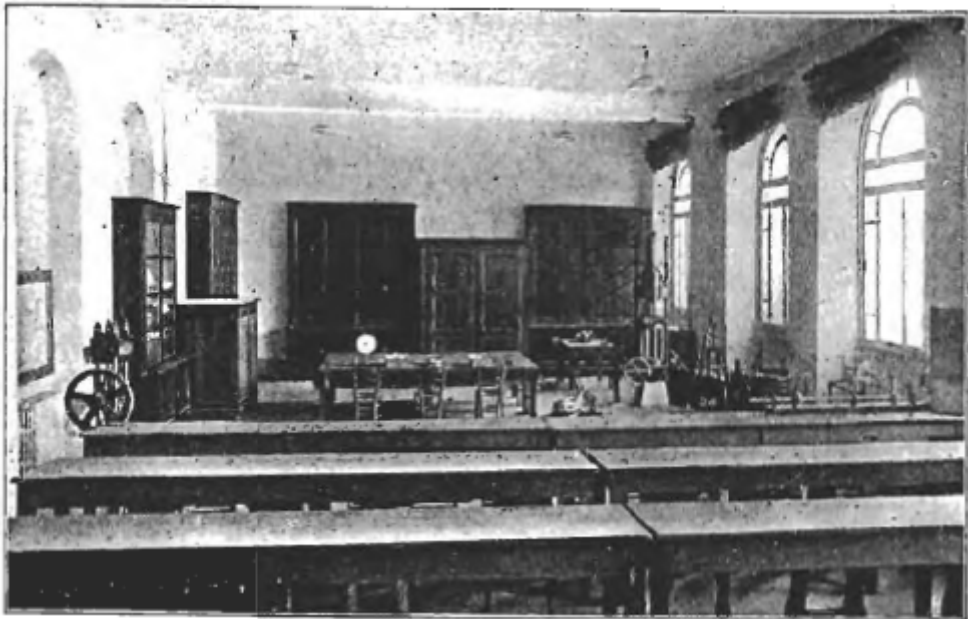


fig. 5.7 – Configurazione originale di un’aula

### 5.1.3 IL CORPO SERVIZI

La parte centrale dell'ala est sarà destinata ad ospitare il corpo dei servizi contenente i nuovi collegamenti verticali (nuovi scala ed ascensore) ed i servizi igienici.

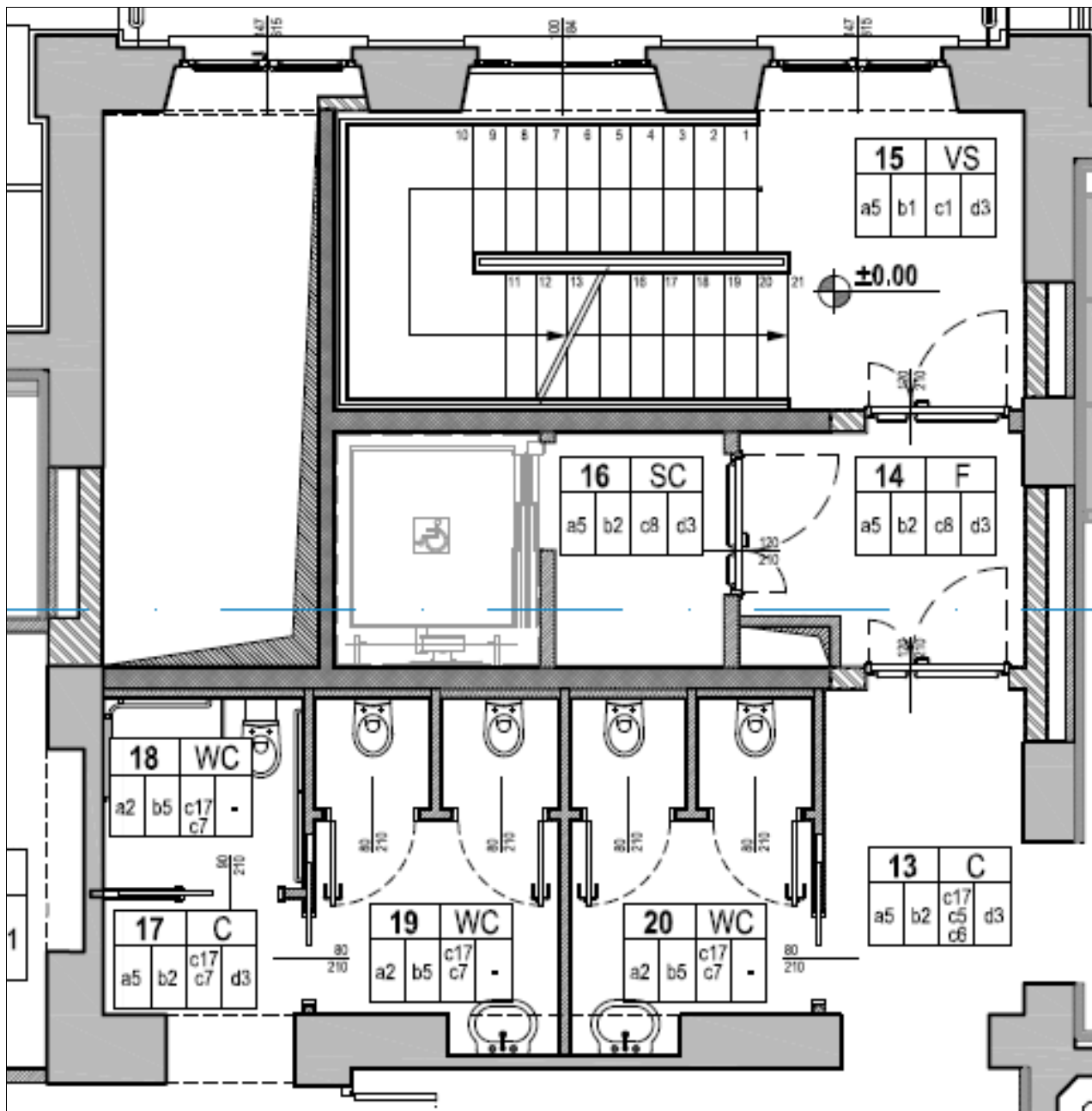


fig. 5.8 – Stralcio pianta piano rialzato

La separazione degli ambienti destinati ai collegamenti verticali è dovuta alle necessità del progetto di prevenzione incendi.



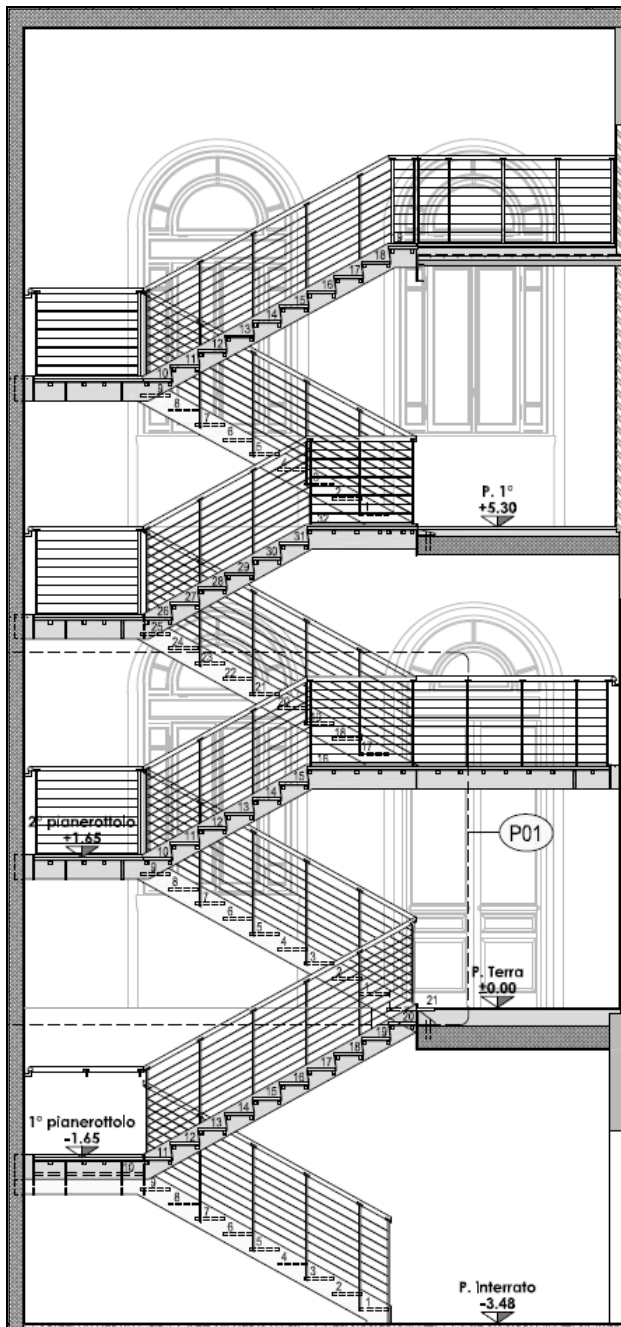


fig. 5.9 – Sezione della scala

La nuova scala avrà struttura in acciaio e sarà distaccata dal perimetro.

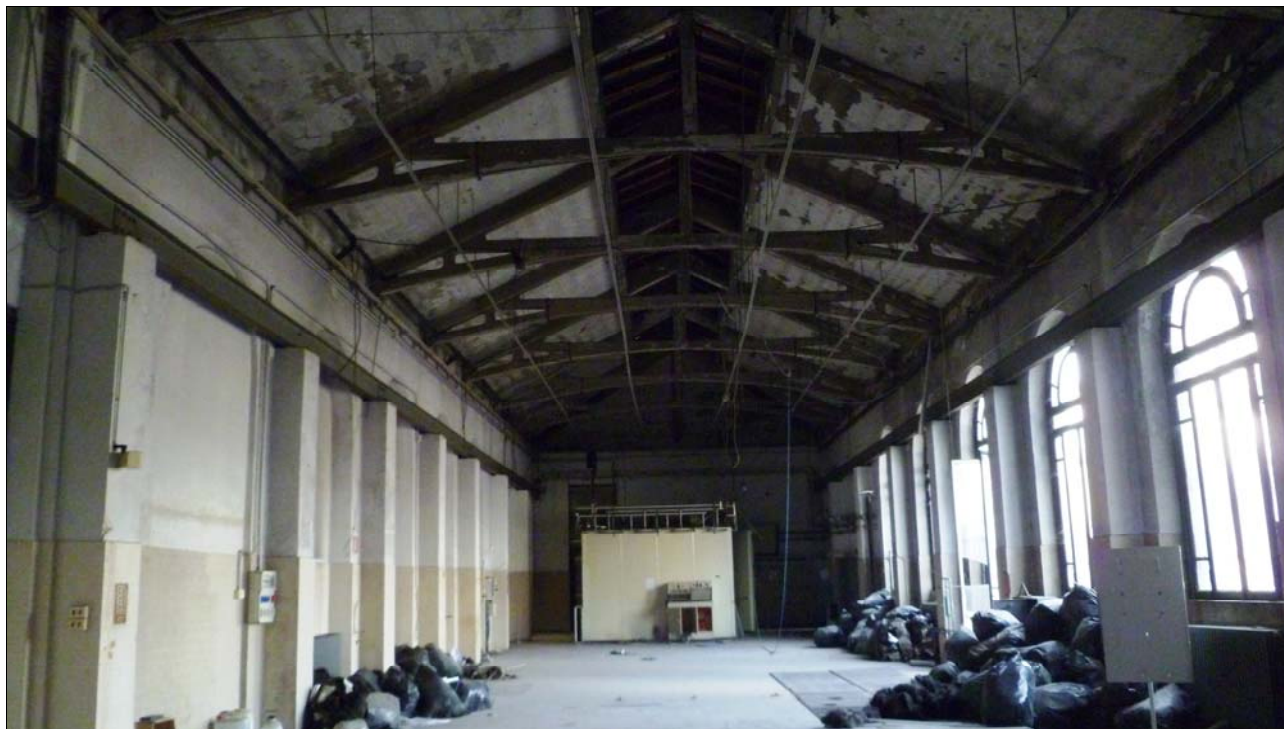
Il distacco permetterà la visione del volume originario e consentirà di lasciare inalterata la facciata dell'edificio in corrispondenza.

I parapetti saranno realizzati con montanti metallici e cavetti tesati in acciaio, in modo da risultare quanto più possibile trasparenti. Il corrimano sarà in legno e sarà continuo e senza salti.

Le pedate dei gradini e dei pianerottoli saranno in granito bianco di montorfano.

#### 5.1.4 IL CAPANNONE NORD

Come detto nei paragrafi precedenti, gli spazi del capannone a nord manterranno la destinazione d'uso a laboratorio. Recentemente, al fine di eseguire le indagini e mettere in sicurezza l'area, è stato rimosso il controsoffitto; l'operazione ha consentito di mettere "in vista" le capriate di copertura che, nella forma originaria, mantengono un discreto stato di conservazione.



**fig. 5.10 – Il capannone nord allo stato attuale**

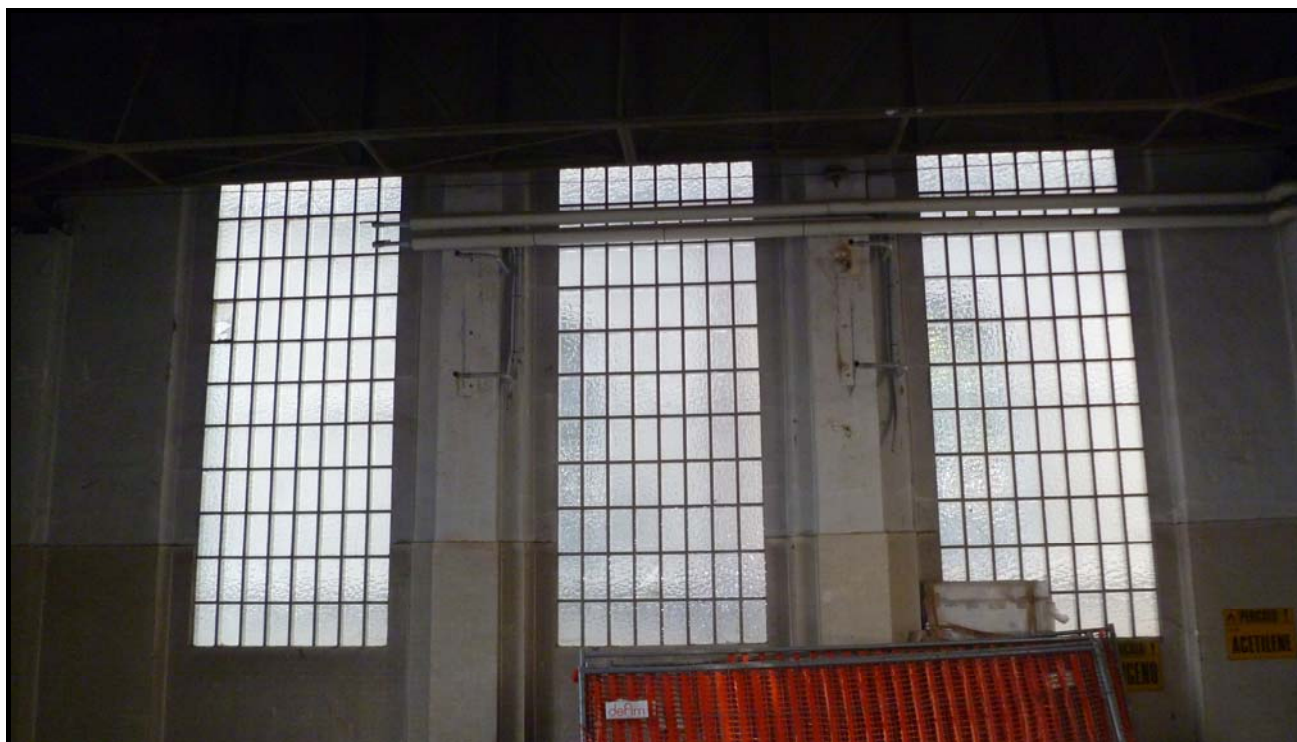
Si opererà quindi un recupero dei calcestruzzi mediante la rimozione delle parti ammalorate, la protezione ed eventuale reintegro delle armature e la ricostruzione dei copri ferri rimossi. Si procederà dunque alla protezione della capriata con opportune vernici intumescenti. Saranno inoltre proposti per l'illuminazione fari di tipo industriali sospesi alle capriate simili a quelli presenti nelle foto originarie.

La rimozione del controsoffitto ha inoltre messo in evidenza l'esistenza del vano del lucernario in copertura nella stesse forma e dimensioni originarie, anche se tamponato con pannellature di tipo metallico.

Un'ulteriore scelta nella direzione del ripristino rispetto alle soluzioni progettuali delle fasi precedenti è la riproposizione di un lucernario a nastro simile a quello originario, naturalmente con prestazioni termiche ed acustiche adeguate alle normative vigenti. Nelle precedenti fasi progettuali infatti era prevista l'apertura di una serie di lucernari su entrambe le falde del tetto.

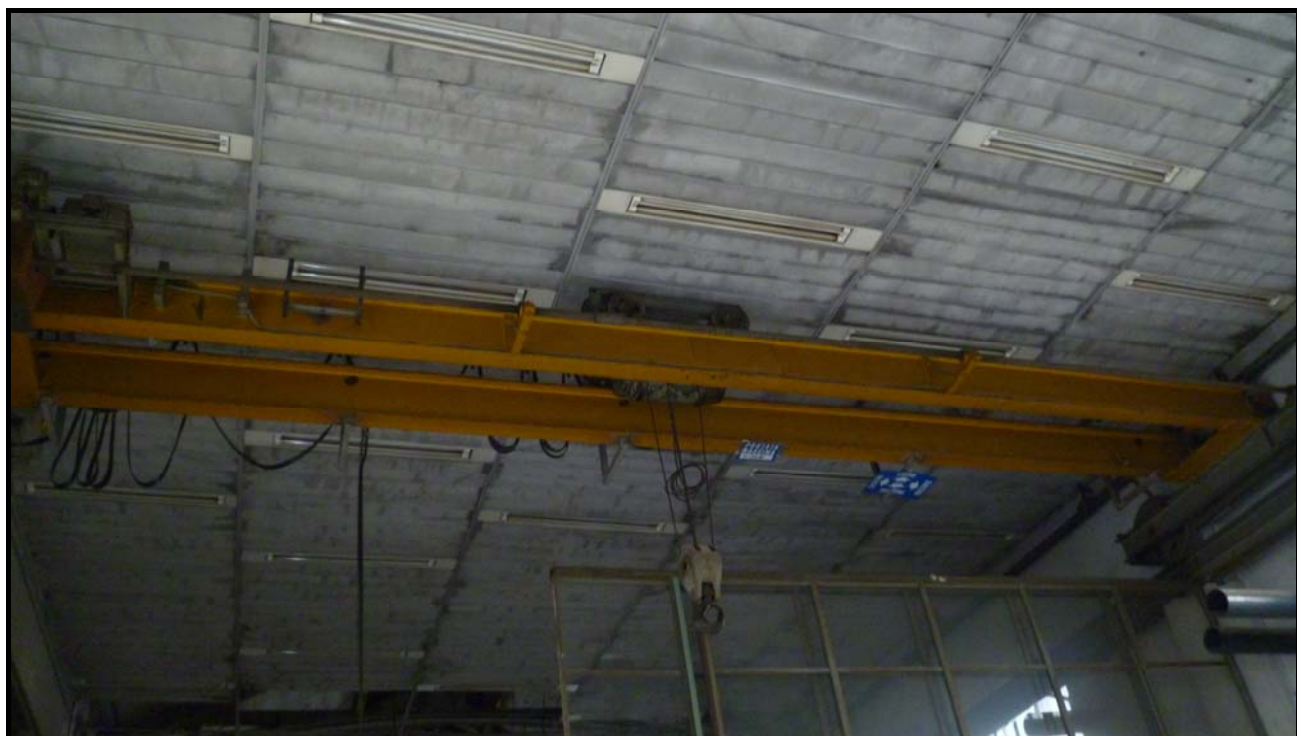
Altra scelta orientata alla conservazione rispetto alle fasi precedenti di progettazione è il mantenimento della volumetria originale intera per metà dello spazio del capannone (nel progetto preliminare era prevista la realizzazione di un nuovo paio ammezzato per l'intera ampiezza del capannone).

Verranno anche eliminati i vetrocemento presenti attualmente nei vani finestra in testata del capannone e riproposti serramenti in ferro con disegno simile all'esistente.



**fig. 5.11 – I vani finestra di testata attualmente chiusi con vetrocimento**

Il carro ponte verrà revisionato e rimesso in funzione (opera non oggetto del presente intervento).



**fig. 5.12 – Il carro ponte esistente**

Tutte le scelte effettuate relativamente al capannone faranno sì che metà di esso, la parte che viene finita nel primo lotto, avrà una configurazione spaziale e funzionale identica alle condizioni originarie che si possono rilevare nelle fotografie.



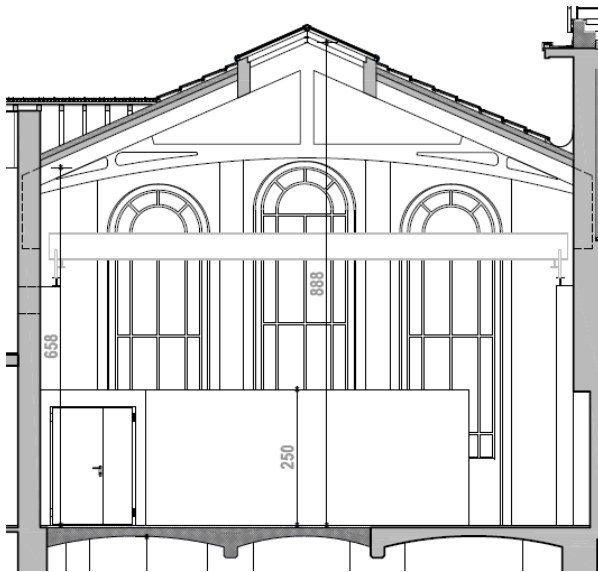


fig. 5.13 – Sezione di progetto e immagine storica

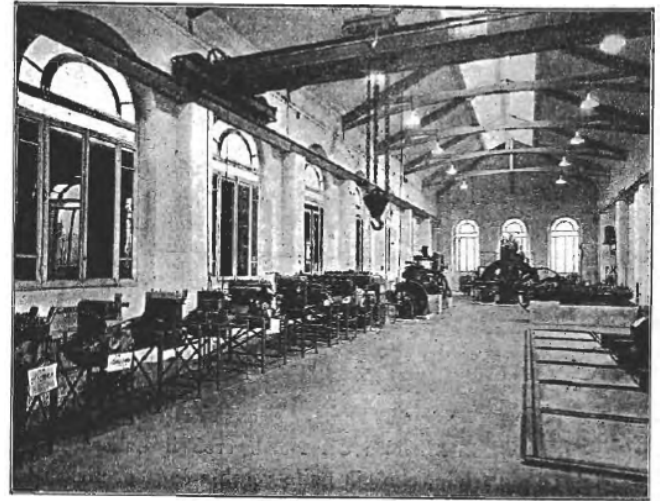


FIG. 122. — Il Salone dei motori.

Nell'altra metà del capannone verrà creato un livello intermedio così come è previsto per il progetto preliminare, ma la destinazione d'uso rimarrà laboratorio.

La struttura metallica del nuovo livello sarà mantenuta distaccata dalle murature perimetrali in modo che sia evidente la volumetria originale del locale, accentuata dalla presenza delle porte finestre a tutt'altezza visibili da entrambi i livelli.

Nel primo lotto è prevista unicamente la realizzazione della struttura del nuovo livello che sarà rifinito nei lotti successivi.

**La separazione tra la parte a tutt'altezza è realizzata in questo primo lotto con parete opaca, in modo da consentire le lavorazioni dei successivi lotti sena danneggiamenti, ma sarà sostituito da parete trasparente come richiesto dalla Soprintendenza nei lotti successivi.**

I lato sud del capannone presenta tutte le finestre e porte-finestre, in origine aperte sul cortile interno (ex Centrale termica), tamponate con murature. Tutti i vani preesistenti verranno riaperti e sostituiti con porte finestre con disegno identico all'originale.



fig. 5.14 – Le portefinestre tamponate lungo il lato sud del capannone



Le pavimentazioni del capannone, vista la destinazione d'uso, saranno in gres porcellanato posate senza fuga.

All'interno del laboratorio stradale non vi saranno delimitazioni di spazi, ma l'unico volume presenterà ambienti separati solo da arredi tecnici.

Su via Bonardi esistono due “protuberanze” del capannone a due livelli. Nel lotto 1 è previsto l'intervento sulla parte est.



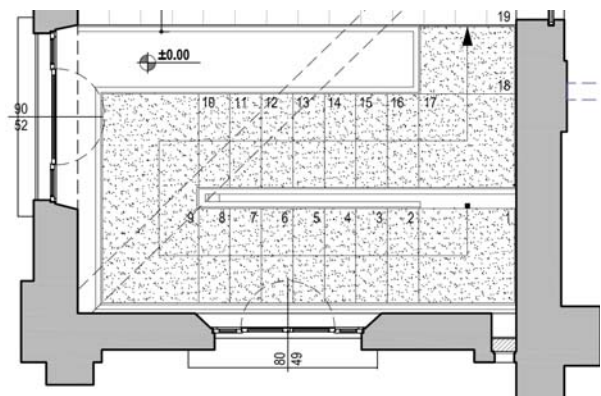
**fig. 5.15 – Le portefinestre tamponate lungo il lato sud del capannone**



**fig. 5.16 – Scaletta di accesso al piano soppalco**

Gli spazi verranno recuperati. Verrà demolito il solaio esistente a soffitto (fig.22) e ripristinata la copertura in legno che rimarrà a vista.

Verrà demolita l'angusta scala di accesso al piccolo soppalco e realizzata in corrispondenza una scala a norma. Il nuovo corpo scala avrà struttura metallica e distanziata dalle strutture esistenti e dal solaio del soppalco per evidenziare il volume originale.





### 5.1.6 LE PAVIMENTAZIONI

Le pavimentazioni sono state scelte, in accordo con il progetto preliminare approvato dalla Soprintendenza ai beni architettonici, proponendo finiture esistenti presso il Campus Leonardo e/o tipiche dell'architettura milanese dell'epoca. Le tipologie di pavimentazioni scelte sono state utilizzate per le stesse destinazioni d'uso per una ristrutturazione relativamente recente presso lo stesso Campus Leonardo.

Per quanto riguarda le zone destinate ai uffici, così come in alcuni uffici esistenti presso il Campus Leonardo, è prevista una pavimentazione in parquet di rovere a tavolette misure  $65 \times 350$  mm, posata a spina di pesce con fascia e bindella perimetrali.



**fig. 5.18 – Esempio di pavimentazione in parquet di rovere posata a spina di pesce con fascia e bindello**

Come detto nei paragrafi precedenti la fascia perimetrale sarà continua tra un ufficio e l'altro a piano rialzato a perimetrare e rendere evidente l'intero volume originario.

I corridoio principali esistenti a piano rialzato e primo avranno pavimentazione in seminato alla veneziana, incorniciato da fascia perimetrale in granito bianco si montorfano.

Tale pavimentazione è presente nei corridoi dei portici degli edifici principali del Campus Leonardo, sul fronte piazza, (edificio 2 e 3) ed è stato riproposto nella recente ristrutturazione di cui sopra (vedi fig.5.19).

Il colore del seminato dovrà essere simile ai seminati esistenti. La separazione tra materiali diversi sarà realizzata con profilo in ottone.





**fig. 5.19 – Esempio di pavimentazione in seminato alla veneziana**

Tutte le nuove soglie in corrispondenza degli infissi esterni saranno in granito bianco di Montorfano; dello stesso materiale saranno le pavimentazioni dei pianerottoli e le pedate delle scale.

Le pavimentazioni saranno posate su idoneo massetto reso coerente con interposizione di rete elettrosaldata da massetto. Ai piano primo e secondo, e tra piano rialzato e auletta strade a livello seminterrato, verrà posato idoneo tappetino per l'abbattimento dei rumori da calpestio.

### 5.1.7 GLI INFISSI ESTERNI

Gli infissi esterni originali sono in legno e hanno circa ottantacinque anni, sono in condizioni fatiscenti e risultano completamente inadeguati dal punto di vista dell'efficienza termica, acustica e non a norma dal punto di vista della sicurezza. Il restauro degli infissi esistenti risulta impossibile in quanto il legno è troppo degradato, risulta impossibile sostituire i vetri con vetri di spessore adeguato per la mancanza di spazi e l'inadeguatezza del profilo.



**fig. 5.20 – Le condizioni fatiscenti degli infissi esterni**

Gli infissi, tra l'altro, sono stati spesso modificati per l'inserimento di cassonetti e tapparelle (fig.5.21) o di unità esterne di condizionatori.



**fig. 5.21 – I rimaneggiamenti degli infissi esterni**

Gli infissi esterni saranno tutti sostituiti con infissi con disegno il più possibile simile agli infissi originali, tenendo conto del maggiore spessore necessario per l'inserimento di vetrocamera con doppi vetri a norma dal punto di vista antinfortunistico nonché dal punto di vista del contenimento dei consumi energetici e dell'abbattimento acustico.

Tutti gli infissi sono stati dettagliatamente rilevati; l'impresa aggiudicataria dovrà inoltre realizzare un ulteriore rilievo finalizzato alla realizzazione dei costruttivi.

I lucernari a piano secondo saranno realizzati in legno della stessa essenza delle strutture del tetto.

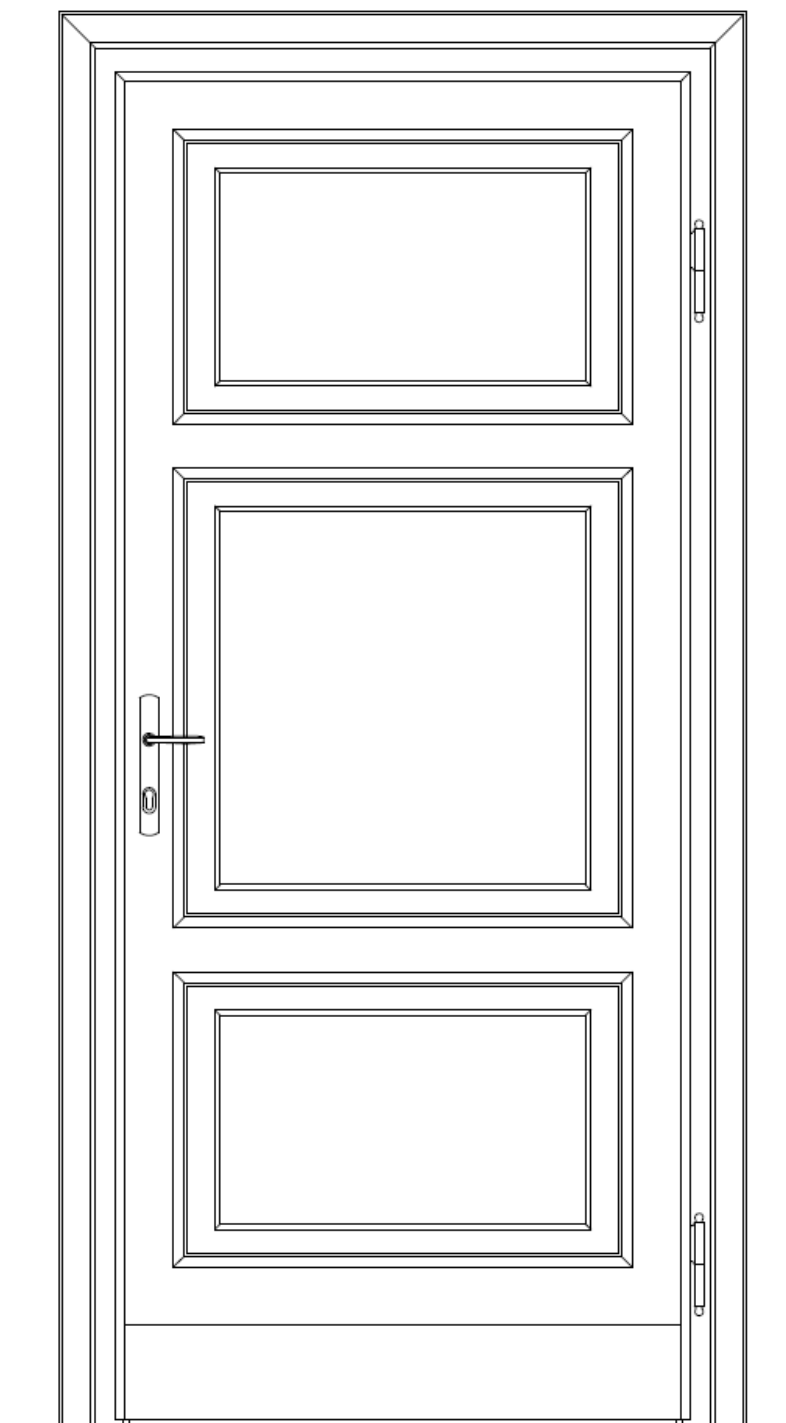
A piano rialzati saranno riaperti tutti i vani finestra lungo il portico tamponati in muratura.



**fig. 5.22 – Tipico infisso più comune in progetto**

### 5.1.8 GLI INFISSI INTERNI

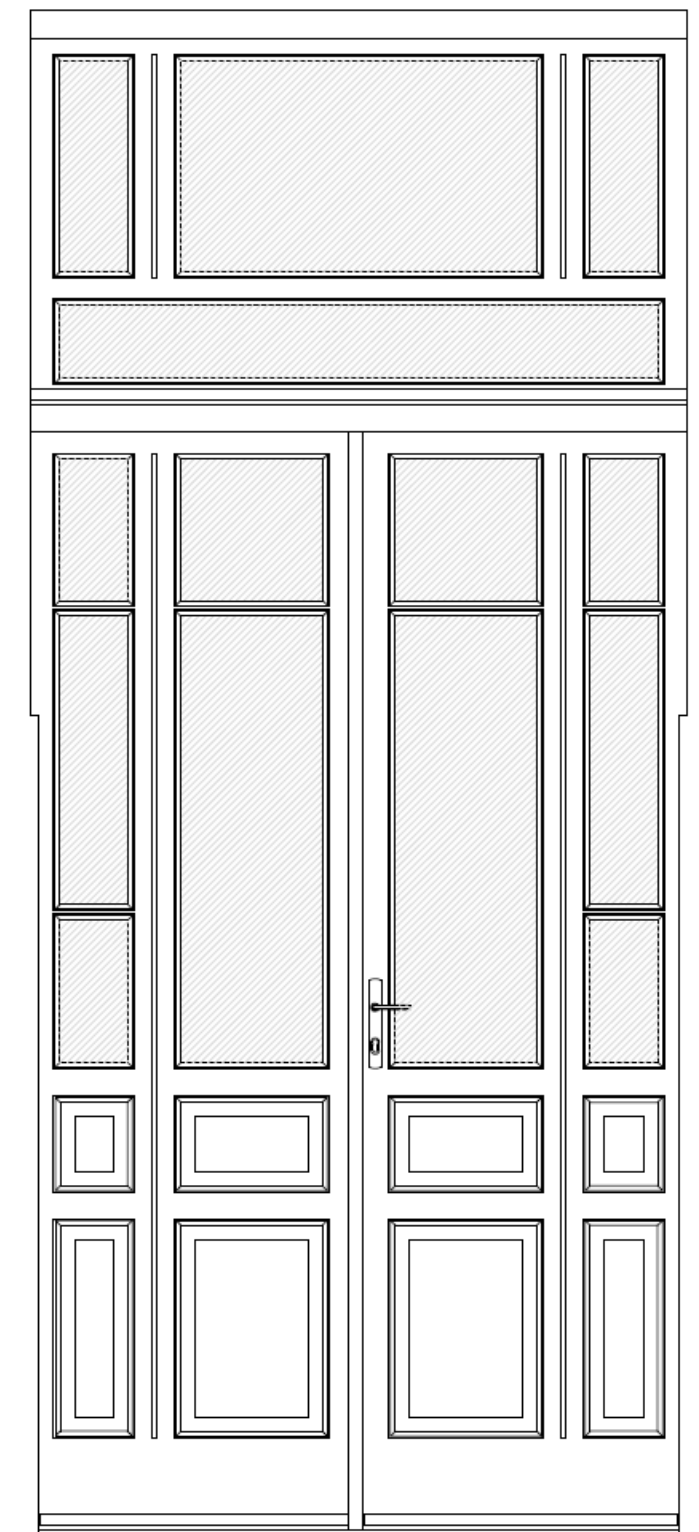
Le porte interne sono quasi tutte installate in corrispondenza delle pareti attrezzate mobili e saranno in vetro al fine di garantire il maggior livello d'illuminamento possibile dei corridoi centrali.. Le n°4 porte presenti su pareti in muratura a piano rialzato avranno disegno e finitura identica agli originali.



**fig. 5.23 – Disegno delle porte di progetto**

Un portale interno, attualmente installato nei pressi del laboratorio nord e in condizioni fatiscenti, verrà restaurato e posizionato a separazione dell'atrio d'ingresso dal corridoio.





**fig. 5.24 – Disegno infisso da restaurare**

## **5.2 RIDISTRIBUZIONE FUNZIONALE DEGLI SPAZI**

La ridistribuzione funzionale degli spazi tiene conto, come detto, delle esigenze del Dipartimento ed è stata determinata con riferimento alla ristrutturazione di tutto l'edificio.

Gli spazi appartenenti al lotto 1 d'intervento possono essere distinti in ala est e ala nord. Gli spazi dell'ala est ai piani rialzato, primo e secondo saranno destinati ad uffici.

Le separazioni tra gli uffici saranno realizzate mediante pareti mobili attrezzate, al fine di garantire flessibilità futura con interventi di impatto limitato e di rendere evidenti le nuove partizioni rispetto ai volumi

esistenti, nonché evidenziare il carattere di reversibilità dell'intervento.

A seminterrato l'intervento sull'ala est è più limitato negli spazi; l'unico locale in cui si interviene e verrà destinato ad auletta didattica della sezione strade, attrezzata dunque con banchi studio tipo da laboratorio.

Il corpo centrale dell'ala est è destinato agli spazi serventi e contiene i nuovi collegamenti verticali, scala e ascensore, e i servizi igienici a tutti i livelli.

L'ala nord ha un unico livello fuori terra e sarà destinato ad ospitare il laboratorio stradale. Lo spazio sarà praticamente tutto aperto; gli ambienti saranno solo parzialmente separati con l'arredo tecnico da laboratorio, dotate di pareti mobili integrate di separazione; la soluzione è stata scelta al fine di consentire l'utilizzo del carrozzone per l'approvvigionamento dei materiali.

### **5.3 MESSA A NORMA STRUTTURE**

Dal punto di vista strutturale l'intervento prevede la realizzazione delle nuove strutture di sostegno necessarie per la realizzazione dei nuovi livelli intermedi presso l'ala est e presso la parte ovest del capannone a nord e la realizzazione del vano ascensore in calcestruzzo armato e delle nuove scale in acciaio di collegamento a tutti i livelli.

Oltre alle citate nuove realizzazioni, si è proceduto con la verifica antisismica e la verifica della resistenza al fuoco della struttura.

In conseguenza sono stati previsti interventi di rinforzo strutturale in corrispondenza dei profili principali dei nuovi soppalchi mediante l'inserimento di profili incassati alle murature o semplicemente tassellati ad esse, adeguatamente accoppiati e/o calastrellati. Scopo dell'intervento è irrobustire le murature nei confronti dei nuovi carichi verticali introdotti e garantire un migliore comportamento nei confronti dell'assorbimento di azioni orizzontali.

Per quanto riguarda la resistenza al fuoco, i solai esistenti verranno contro placcati al fine di garantire la resistenza R60 prevista dal Progetto di prevenzione incendi.

I profilati verticali di rinforzo delle murature saranno stati protetti con adeguati spessori di intonaco oppure rivestiti con pannelli di coibentazione di spessore adeguato. I profili dei soppalchi metallici, di irrigidimento e rinforzo delle coperture e delle scale verranno invece protetti con film di vernice intumescente di adeguato spessore.

Per i profili in legno lamellare della copertura la resistenza R60 è ottenuta con l'applicazione di film di vernici intumescenti in spessore adeguato; il produttore degli elementi di copertura dovrà fornire tutte le verifiche previste.

### **5.4 MESSA A NORMA IN MATERIA DI PREVENZIONE INCENDI**

Il progetto definitivo relativo alla ristrutturazione del nuovo edificio è stato sottoposto ed ha ottenuto approvazione da parte dei Vigili del Fuoco (vedi paragrafo Assentimenti e autorizzazioni).

A seguito dell'intervento gli spazi saranno adeguati dal punto di vista della prevenzione incendi. Le vie di fuga e le uscite di sicurezza saranno opportunamente dimensionate.

Nel primo lotto sono previste le seguenti compartimentazioni REI 60:

- nuovo vano scala corpo centrale a est
- nuovo vano ascensore corpo centrale a est
- Filtro areato di accesso ai vani scala ed ascensore
- Sottocentrale termica a livello seminterrato
- Separazione con il locale tecnico interrato a est contenente le sottocentrali di scambio termico
- Depositi a livello seminterrato.

Le compartimentazioni saranno realizzate con materiali idonei e porte REI. Tutti gli attraversamenti impiantistici dovranno essere opportunamente trattati:

- tubazioni mediante collarini antincendio
- canali elettrici con sacchetti termo espandenti

- canali aria con serrande tagliafuoco almeno EI 60.

È prevista l'installazione di numero idoneo di estintori, posizionati secondo le indicazioni del progetto di prevenzione incendi alimentati dall'"anello idranti" del Campus Leonardo alimentato da vasca di accumulo antincendio servita da impianto di sollevamento.

L'impianto idrico antincendio è dimensionato in modo da garantire le seguenti caratteristiche:

- alimentazione idrica in grado di assicurare una erogazione di 120 l/minuto ai 3 idranti UNI 45 idraulicamente più sfavoriti, con una pressione residua al bocchello di 2 bar per un tempo di almeno 60 minuti;
- portata minima di 360 l/minuto per ogni colonna montante, anche ipotizzando il funzionamento contemporaneo di 2 colonne.

Gli spazi saranno dotati di un impianto illuminazione di sicurezza, compresa quella indicante i passaggi, le uscite ed i percorsi delle vie di esodo garantendo un livello di illuminazione non inferiore a 5 lux con autonomia non inferiore a 30 minuti.

È inoltre prevista la realizzazione di un impianto di rivelazione incendi e allarme costituito da rilevatori di fumo, pulsanti di allarme, sirene ed avvisatori; il numero dei rilevatori è superiore alle previsioni del progetto di prevenzione incendi in quanto tiene conto delle previsioni normative in termini di raggi d'azione, localizzazione.

L'impianto dovrà essere in grado di:

- attuare la chiusura automatica delle eventuali porte tagliafuoco di tipo normalmente aperto tramite l'attivazione degli appositi dispositivi di sblocco automatico;
- far sì che la segnalazione automatica di allarme proveniente da un rivelatore (o quella manuale proveniente da uno degli avvisatori manuali collocati lungo i percorsi di fuga) determini sempre una segnalazione ottica ed acustica di allarme incendio nella control room dell'edificio 2 presidiata - durante gli orari di apertura dell'attività - da personale in grado di gestire l'emergenza incendio.

È prevista la realizzazione di sistema di diffusione sonora per l'evacuazione, collegato all'impianto di rivelazione incendi.

I materiali di finitura e di isolamento dovranno avere idonea classe di reazione al fuoco secondo le seguenti caratteristiche:

- negli atri, nei corridoi, nei disimpegni, nelle scale, nelle rampe i materiali di classe 1 in ragione del 50% massimo della loro superficie totale (pavimento + pareti + soffitto + proiezioni orizzontali delle scale), anche laddove sia previsto di delimitare i corridoi di esodo mediante pareti interne mobili. Per le restanti parti verranno impiegati materiali di classe 0 (incombustibili).
- in tutti gli altri ambienti le pavimentazioni (compresi i relativi rivestimenti) e le pareti interne mobili potranno essere di classe 2, mentre gli altri materiali di rivestimento dovranno essere di classe 1;
- i materiali di rivestimento combustibili, nonché i materiali isolanti in vista di cui alla successiva lettera f), ammessi nelle varie classi di reazione al fuoco, saranno posti in opera in aderenza agli elementi costruttivi di classe 0 escludendo spazi vuoti o intercapedini. Ferme restando le limitazioni di cui alla precedente lettera a), eventuali controsoffitti e pavimenti sopraelevati nonché materiali di rivestimento e materiali isolanti in vista posti non in aderenza agli elementi costruttivi avranno classe di reazione al fuoco non superiore a 1 o 1-1 e saranno omologati tenendo conto delle effettive condizioni di impiego anche in relazione alle possibili fonti di innesco;
- i materiali suscettibili di prendere fuoco su entrambe le facce (tendaggi, ecc.) saranno di classe di reazione al fuoco non superiore ad 1;
- i materiali isolanti in vista, con componente isolante direttamente esposto alle fiamme, saranno di classe di reazione al fuoco non superiore ad 1. Qualora vengano posati materiali isolanti in vista, con componente isolante non esposto direttamente alle fiamme, saranno ammesse delle classi di reazione al fuoco 0-1, 1-0, 1-1. I materiali isolanti installati all'interno di intercapedini saranno incombustibili; qualora siano combustibili, le intercapedini dovranno essere delimitate da elementi realizzati con materiali incombustibili ed aventi resistenza al fuoco almeno REI/EI 30.

Poiché le prescrizioni impartite dalla Soprintendenza ai Beni ambientali e architettonici impongono la posa di pavimenti lignei, questi verranno trattati con prodotti vernicianti omologati di classe 1 secondo modalità e indicazioni di cui al DM 6-3-1992. Nelle altre zone dell'area uffici non vi è presenza di finiture lignee.

L'impiego dei prodotti da costruzione per i quali sono prescritti specifici requisiti di reazione al fuoco deve avvenire conformemente a quanto previsto all'art. 4 del DM 10-3-2005 e s.m.i.. I restanti materiali non ricompresi fra i prodotti da costruzione devono essere omologati ai sensi del DM 26-6-1984 e s.m.i..

Di seguito si riporta l'armonizzazione con il DM 15-3-2005; laddove la norma di riferimento lo richieda, i materiali impiegati devono rispettare le seguenti specifiche (si omettono le indicazioni 7/25 relative alla classe 3, non prevista dal DM 26-8-1992):

rivestimenti	materiali in classe 0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• impiego a parete e a soffitto: (A1)</li> <li>• impiego a pavimento: (A1FL)</li> <li>• l'isolamento di installazioni tecniche a prevalente sviluppo lineare: (A1L)</li> </ul>
	materiali in classe 1 lungo le vie di esodo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• impiego a pavimento (A2FL-s1), (BFL-s1)</li> <li>• impiego a parete: (A2-s1,d0), (A2-s2,d0), (A2-s1,d1), (B-s1,d0), (B-s2,d0), (B-s1,d1)</li> <li>• impiego a parete e a soffitto: (A2-s1,d0), (A2-s2,d0), (B-s1,d0), (B-s2,d0)</li> </ul>
	materiali in classe 1 negli altri ambienti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• impiego a pavimento: (A2FL-s1), (A2FL-s2), (BFL-s1), (BFL-s2)</li> <li>• impiego a parete: (A2-s1, d0), (A2-s2,d0), (A2-s3,d0), (A2-s1, d1), (A2-s2,d1), (A2-s3,d1), (B-s1,d0), (B-s2, d0), (B-s1,d1), (B-s2,d1)</li> <li>• impiego a parete soffitto: (A2-s1, d0), (A2-s2,d0), (A2-s3, d0), (A2-s1, d1), (A2-s2,d1), (A2-s3,d1), (B-s1,d0), (B-s2, d0)</li> </ul>
	materiali in classe 2 negli altri ambienti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• impiego a parete: (CFL-s1), (CFL-s2))</li> <li>• impiego a pavimento: (A2-s1, d2), (A2-s2,d2), (A2-s3, d2), (B-s3,d0), (B-s3, d1), (B-s1,d2), (B-s2,d2), (B-s3, d2), (C-s1, d0), (C-s2, d0), (C-s1, d1), (C-s2,d1)</li> <li>• impiego a parete/soffitto: (B-s3,d0), (B-s1, d1), (B-s2,d1), (B-s3, d1), (C-s1, d0), (C-s2, d0)</li> </ul>
isolanti	materiali in classe 1 lungo le vie di esodo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• impiego a pavimento e parete: (A2-s1,d0), (A2-s2,d0), (A2-s1,d1), (B-s1,d0), (B-s2,d0) e (B-s1,d1)</li> <li>• impiego a soffitto: (A2-s1,d0), (A2-s2,d0), (B-s1,d0) e (B-s2,d0) qualora sia prevista una protezione in classe A1 affinché il prodotto non sia esposto alle fiamme sono ammesse:</li> <li>• impiego a pavimento e parete: (A2-s1,d0), (A2-s2,d0), (A2-s1,d1), (B-s1,d0), (B-s2,d0), (B-s1,d1)</li> <li>• impiego a soffitto: (A2-s1,d0), (A2-s2,d0), (B-s1,d0) e (B-s2,d0)</li> </ul>
	materiali in classe 1 negli altri ambienti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• impiego a pavimento e parete: (A2-s1, d0), (A2-s2,d0), (A2-s3, d0), (A2-s1, d1), (A2-s2,d1), (A2-s3,d1), (B-s1,d0), (B-s2, d0), (B-s1,d1), (B-s2,d1)</li> <li>• impiego a soffitto: (A2-s1, d0), (A2-s2,d0), (A2-s3, d0), (A2-s1, d1), (A2-s2,d1), (A2-s3,d1), (B-s1,d0), (B-s2, d0)</li> </ul>
	materiali in classe 2 negli altri ambienti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• impiego a pavimento e parete: (A2-s1, d2), (A2-s2,d2), (A2-s3, d2), (B-s3,d0), (B-s3, d1), (B-s1,d2), (B-s2,d2), (B-s3, d2), (C-s1, d0), (C-s2, d0), (C-s1, d1), (C-s2,d1)</li> <li>• impiego a soffitto: (B-s3,d0), (B-s1, d1), (B-s2,d1), (B-s3, d1), (C-s1, d0), (C-s2, d0)</li> </ul>

Si sottolinea che la classe dei materiali è sempre specificato, ove necessario nel Capitolato speciale d'appalto. I riferimenti e le indicazioni su riportate chiariscono e consentono la determinazioni di classi equivalenti.



## **5.5 MIGLIORAMENTO DEL “COMFORT” TERMICO E DELLE CONDIZIONI IGIENICO SANITARIE**

Tutti gli spazi saranno dotati di impianti di riscaldamento e condizionamento e ricambi d'aria che, unitamente al miglioramento delle proprietà di contenimento energetico dell'involucro, saranno in grado di garantire idonee condizioni di comfort termico e igienico sanitarie.

Più nel dettaglio, gli uffici avranno impianto di riscaldamento e raffrescamento con terminali a fan-coil associati ad aria primaria.

Il laboratorio strade, vista la necessità di notevoli volumi di ricambi d'aria, è dotato di impianto di condizionamento a tutt'aria; nel laboratorio stradale sono inoltre installate n°3 cappe e n°8 cappette di aspirazione per garantire condizioni di igiene e sicurezza durante lo svolgimento delle attività da laboratorio.

I servizi igienici saranno dotati di caloriferi e di impianto di estrazione continua in grado di garantire 8 vol/h di ricambio per ambiente.

Tutto il seminterrato sarà dotato di vespaio realizzato con igloo di materiale plastico. Sulla soletta saranno poi posati, al fine di ridurre ulteriormente le possibilità di risalita dell'umidità doppia guaina risvoltata sulle pareti, l'isolamento termico per migliorare la coibentazione rispetto al terreno, e la barriera al vapore prima del massetto di sottofondo delle pavimentazioni.

Il vespaio sarà areato in corrispondenza dell'auletta strade, per la quale è stata richiesta ed ottenuta all'ASL deroga relativa all'art.65 del D. Lgs. 81/08 sull'abitabilità seminterrato. (vedi paragrafo Autorizzazioni ed assentimenti) Tale locale sarà dotato di impianti di riscaldamento e condizionamento e ricambi d'aria dimensionati tenendo conto di affollamento anche superiori rispetto alla configurazione originale dell'aula per tenere conto di eventuali modificazioni future della stessa.

I depositi al seminterrato saranno dotati di impianto di riscaldamento e di areazioni naturali secondo le previsioni normative.

L'involucro esterno sarà placcato all'intero per migliorare le caratteristiche di contenimento energetico e tutti gli infissi sostituiti (vedasi paragrafi successivi).

Tutti gli ambienti saranno dotati di areazione e illuminazione naturali secondo le previsioni normative; ove non sufficienti gli infissi esistenti (piano secondo) è prevista l'installazione di nuovi infissi che garantiscano i minimi di normativa.

## **5.6 CONTENIMENTO DEI CONSUMI ENERGETICI**

Il contenimento dei consumi energetici è stato uno dei principali motivi ispiratori delle scelte progettuali, sia per quanto riguarda le opere civili che quelle impiantistiche.

### **5.6.1 RIDUZIONE DEI VOLUMI DA CONDIZIONARE**

Con riferimento alle opere civili, l'introduzione dei controsoffitti ribassati per il mascheramento di macchine, apparecchiature e canalizzazioni riduce notevolmente i volumi d'aria da condizionare con i conseguenti risparmi dal punto di vista energetico; a tal fine, ove possibile è previsto l'isolamento del controsoffitto.

L'installazione del controsoffitto non risulta possibile per il capannone che ospiterà il laboratorio strade, sia per la presenza del carroponete che per la necessità di recupero architettonico-formale dello spazio stesso.

## 5.6.2 MIGLIORAMENTO CARATTERISTICHE ISOLANTI DELL'INVOLUCRO

L'analisi dell'involucro e delle relative trasmittanze ha messo in evidenza come lo stesso sia fortemente carente riguardo alle capacità di isolamento termico, con particolare riferimento al secondo livello; in ogni caso, anche ai livelli inferiori, i valori delle trasmittanze dei tamponamenti esterni non risultano in linea con le previsioni normative vigenti (rif. D. Lgs. n°311/06 e DGR VIII/8745 del 22 dicembre 2008 e ss.mm.ii).

L'immobile è vincolato, con vincolo diretto, dalla soprintendenza ai beni architettonici, ed è dunque escluso dall'applicazione delle normative in tema di contenimento dei consumi energetici ai sensi dell'art.3 comma a) del D. Lgs. n°311/06, in quanto in alcuni casi gli interventi altererebbero sostanzialmente il carattere storico dell'edificio. In particolare, risulta particolarmente evidente che nessuna coibentazione può essere realizzata all'esterno in quanto sarebbero alterate le facciate. Si è deciso dunque di coibentare dall'interno le pareti con spessori compatibili con l'architettura interna che non andassero per esempio ad interferire con il disegno dei serramenti restringendoli oltremodo.

Si è deciso di rispettare per l'involucro quindi i valori riportati nel D. Lgs. n°311/06 e non quelli più restrittivi (decreto 11 marzo 2008 e D.M. 26 gennaio 2010) è ciò consente di avere spessori di isolamento che non vanno ad alterare il disegno degli infissi esistenti riuscendo ad andare contro il telaio degli stessi.

Gli spessori che risultano sono in generale di 7 cm per le pareti e di 10 in corrispondenza dei sottofinestra, parte in cui la muratura risulta meno spessa.

Non è stato possibile prevedere il cappotto interno nel capannone, al fine di non alterare l'architettura interna del capannone per la presenza carroponte, dei pilastri, delle capriate.

Sia per questa scelta che per quella di cui al paragrafo precedente il capannone risulta la parte meno efficiente dal punto di vista del contenimento energetico; d'altra parte la presenza di forni ed apparecchiature all'interno che dissipano calore, garantisce in ogni caso condizioni di comfort interno durante la stagione invernale.

Tutti gli infissi saranno sostituiti con infissi a norma dal punto di vista del contenimento energetico. Per quanto riguarda gli infissi, il rispetto delle normative più restrittive ed in particolare del DECRETO 25 luglio 2011 del Ministero dell'Ambiente, non crea alterazioni rispetto alle scelte che sarebbero effettuate con riferimento al D. Lgs 311/2006; si è dunque stabilito di avere gli infissi esterni con trasmittanza termica massima pari a 1,8 (W/m<sup>2</sup>K).

Si riportano di seguito i calcoli delle trasmittanze dell'involucro, relativi allo stato di fatto con riferimento ai valori normativi minimi e massimi (D. Lgs 311/2006), indicati accanto alle tabelle. La relazione di verifica termigrometrica riporta nel dettaglio le verifiche effettuate.

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA PARETI ESTERNE PIANO SEMINTERRATO AULA STRADE									
	Descrizione	Conducibilità $\lambda_{mi}$ (W/mK)	Correzione $m$ (%)	Conducibilità $\lambda_i = \lambda_{mi} \times m$ (W/mK)	Spessore $s_i$ (m)	Conduttanza $C_i = \lambda_i / s_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica $R_i = 1 / C_i$ (m <sup>2</sup> K/W)		
$R_{si}$	Resistenza term. sup. interna						<b>0,13</b>		
$R_1$	Intonaco interno 2 cm	1,0000		1,00	0,020	50,00	<b>0,02</b>		
$R_2$	Calcestruzzo 52 cm	1,2900	25,00%	1,61	0,520	3,10	<b>0,32</b>		
$R_3$	Intonaco esterno 3 cm	1,0000		1,00	0,030	33,33	<b>0,03</b>		
$R_{se}$	Resistenza term. sup. estern						<b>0,04</b>		
<b><math>R_{tot}</math></b>	<b>Resistenza termica totale = <math>\Sigma_i R_i</math></b>						<b>0,54</b>	<b>min. norm</b>	<b>2,94</b>
<b><math>U_t</math></b>	<b>Trasmittanza termica totale = <math>1/R_i</math> (W/m<sup>2</sup>K)</b>						<b>1,84</b>	<b>max. norm</b>	<b>0,34</b>

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA PARETI ESTERNE PIANO RIALZATO ALA SUD-EST							
	Descrizione	Conducibilità $\lambda_{mi}$ (W/mK)	Correzione m (%)	Conducibilità $\lambda_i = \lambda_{mi} \times m$ (W/mK)	Spessore $s_i$ (m)	Conduttanza $C_i = \lambda_i / s_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica $R_i = 1 / C_i$ (Km <sup>2</sup> /W)
$R_{si}$	Resistenza term. sup. interna						<b>0,13</b>
$R_1$	Intonaco interno 2 cm	1,0000		1,00	0,020	50,00	<b>0,02</b>
$R_2$	Mattoni pieni 55 cm	0,7000		0,70	0,550	1,27	<b>0,79</b>
$R_3$	Intonaco esterno 3 cm	1,0000		1,00	0,030	33,33	<b>0,03</b>
$R_{se}$	Resistenza term. sup. estern						<b>0,04</b>
$R_{tot}$	Resistenza termica totale = $\sum_i R_i$						<b>1,01</b>
$U_{tot}$	Trasmittanza termica totale = $1/R_i$ (W/m <sup>2</sup> K)						<b>0,99</b>

min.  
norm 2,94

max.  
norm 0,34

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA PARETI ESTERNE SOTTOFINESTRA PIANO RIALZATO ALA SUD-EST							
	Descrizione	Conducibilità $\lambda_{mi}$ (W/mK)	Correzione m (%)	Conducibilità $\lambda_i = \lambda_{mi} \times m$ (W/mK)	Spessore $s_i$ (m)	Conduttanza $C_i = \lambda_i / s_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica $R_i = 1 / C_i$ (Km <sup>2</sup> /W)
$R_{si}$	Resistenza term. sup. interna						<b>0,13</b>
$R_1$	Intonaco interno 2 cm	1,0000		1,00	0,020	50,00	<b>0,02</b>
$R_2$	Mattoni pieni 15 cm	0,7000		0,70	0,150	4,67	<b>0,21</b>
$R_3$	Intonaco esterno 3 cm	1,0000		1,00	0,030	33,33	<b>0,03</b>
$R_{se}$	Resistenza term. sup. estern						<b>0,04</b>
$R_{tot}$	Resistenza termica totale = $\sum_i R_i$						<b>0,43</b>
$U_{tot}$	Trasmittanza termica totale = $1/R_i$ (W/m <sup>2</sup> K)						<b>2,30</b>

min.  
norm 2,94

max.  
norm 0,34

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA PARETI ESTERNE PIANO PRIMO ALA SUD-EST							
	Descrizione	Conducibilità $\lambda_{mi}$ (W/mK)	Correzione m (%)	Conducibilità $\lambda_i = \lambda_{mi} \times m$ (W/mK)	Spessore $s_i$ (m)	Conduttanza $C_i = \lambda_i / s_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica $R_i = 1 / C_i$ (Km <sup>2</sup> /W)
$R_{si}$	Resistenza term. sup. interna						<b>0,13</b>
$R_1$	Intonaco interno 2 cm	1,0000		1,00	0,020	50,00	<b>0,02</b>
$R_2$	Mattoni pieni 47	0,7000		0,70	0,470	1,49	<b>0,67</b>
$R_3$	Intonaco esterno 3 cm	1,0000		1,00	0,030	33,33	<b>0,03</b>
$R_{se}$	Resistenza term. sup. estern						<b>0,04</b>
$R_{tot}$	Resistenza termica totale = $\sum_i R_i$						<b>0,89</b>
$U_{tot}$	Trasmittanza termica totale = $1/R_i$ (W/m <sup>2</sup> K)						<b>1,12</b>

min.  
norm 2,94

max.  
norm 0,34

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA PARETI ESTERNE SOTTOFINESTRA PIANO PRIMO ALA SUD-EST							
	Descrizione	Conducibilità $\lambda_{mi}$ (W/mK)	Correzione m (%)	Conducibilità $\lambda_i = \lambda_{mi} \times m$ (W/mK)	Spessore $s_i$ (m)	Conduttanza $C_i = \lambda_i / s_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica $R_i = 1 / C_i$ (Km <sup>2</sup> /W)
R <sub>si</sub>	Resistenza term. sup. interna						0,13
R <sub>1</sub>	Intonaco interno 2 cm	1,0000		1,00	0,020	50,00	0,02
R <sub>2</sub>	Mattoni pieni 15 cm	0,7000		0,70	0,150	4,67	0,21
R <sub>3</sub>	Intonaco esterno 3 cm	1,0000		1,00	0,030	33,33	0,03
R <sub>se</sub>	Resistenza term. sup. estern						0,04
<b>R<sub>tot</sub> Resistenza termica totale = <math>\Sigma_i R_i</math></b>							<b>0,43</b>
<b>U<sub>tot</sub> Trasmissanza termica totale = <math>1/R_i</math> (W/m<sup>2</sup>K)</b>							<b>2,30</b>

min.  
norm 2,94

max.  
norm 0,34

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA PARETI ESTERNE PIANI RIALZATO E PRIMO ALA NORD-EST							
	Descrizione	Conducibilità $\lambda_{mi}$ (W/mK)	Correzione m (%)	Conducibilità $\lambda_i = \lambda_{mi} \times m$ (W/mK)	Spessore $s_i$ (m)	Conduttanza $C_i = \lambda_i / s_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica $R_i = 1 / C_i$ (Km <sup>2</sup> /W)
R <sub>si</sub>	Resistenza term. sup. interna						0,13
R <sub>1</sub>	Intonaco interno 2 cm	1,0000		1,00	0,020	50,00	0,02
R <sub>2</sub>	Mattoni pieni 37	0,7000		0,70	0,370	1,89	0,53
R <sub>3</sub>	Intonaco esterno 3 cm	1,0000		1,00	0,030	33,33	0,03
R <sub>se</sub>	Resistenza term. sup. estern						0,04
<b>R<sub>tot</sub> Resistenza termica totale = <math>\Sigma_i R_i</math></b>							<b>0,75</b>
<b>U<sub>tot</sub> Trasmissanza termica totale = <math>1/R_i</math> (W/m<sup>2</sup>K)</b>							<b>1,34</b>

min.  
norm 2,94

max.  
norm 0,34

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA PARETI ESTERNE SOTTOFINESTRA PIANI RIALZATO E PRIMO ALA NORD-EST							
	Descrizione	Conducibilità $\lambda_{mi}$ (W/mK)	Correzione m (%)	Conducibilità $\lambda_i = \lambda_{mi} \times m$ (W/mK)	Spessore $s_i$ (m)	Conduttanza $C_i = \lambda_i / s_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica $R_i = 1 / C_i$ (Km <sup>2</sup> /W)
R <sub>si</sub>	Resistenza term. sup. interna						0,13
R <sub>1</sub>	Intonaco interno 2 cm	1,0000		1,00	0,020	50,00	0,02
R <sub>2</sub>	Mattoni pieni 15 cm	0,7000		0,70	0,150	4,67	0,21
R <sub>3</sub>	Intonaco esterno 3 cm	1,0000		1,00	0,030	33,33	0,03
R <sub>se</sub>	Resistenza term. sup. estern						0,04
<b>R<sub>tot</sub> Resistenza termica totale = <math>\Sigma_i R_i</math></b>							<b>0,43</b>
<b>U<sub>tot</sub> Trasmissanza termica totale = <math>1/R_i</math> (W/m<sup>2</sup>K)</b>							<b>2,30</b>

min.  
norm 2,94

max.  
norm 0,34



CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA PARETI ESTERNE PIANO RIALZATO ALA NORD-LABORATORIO							
	Descrizione	Conducibilità $\lambda_{mi}$ (W/mK)	Correzione m (%)	Conducibilità $\lambda_i = \lambda_{mi} \times m$ (W/mK)	Spessore $s_i$ (m)	Conduttanza $C_i = \lambda_i / s_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica $R_i = 1 / C_i$ (Km <sup>2</sup> /W)
R <sub>si</sub>	Resistenza term. sup. interna						0,13
R <sub>1</sub>	Intonaco interno 2 cm	1,0000		1,00	0,020	50,00	0,02
R <sub>2</sub>	Mattoni pieni 37 cm	0,7000		0,70	0,370	1,89	0,53
R <sub>3</sub>	Intonaco esterno 3 cm	1,0000		1,00	0,030	33,33	0,03
R <sub>se</sub>	Resistenza term. sup. estern						0,04
<b>R<sub>tot</sub> Resistenza termica totale = <math>\Sigma_i R_i</math></b>							<b>0,75</b>
<b>U<sub>tot</sub> Trasmissanza termica totale = <math>1/R_i</math> (W/m<sup>2</sup>K)</b>							<b>1,34</b>

min.  
norm 2,94

max.  
norm 0,34

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA PARETI ESTERNE PIANO RIALZATO ALA NORD-LABORATORIO							
	Descrizione	Conducibilità $\lambda_{mi}$ (W/mK)	Correzione m (%)	Conducibilità $\lambda_i = \lambda_{mi} \times m$ (W/mK)	Spessore $s_i$ (m)	Conduttanza $C_i = \lambda_i / s_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica $R_i = 1 / C_i$ (Km <sup>2</sup> /W)
R <sub>si</sub>	Resistenza term. sup. interna						0,13
R <sub>1</sub>	Intonaco interno 2 cm	1,0000		1,00	0,020	50,00	0,02
R <sub>2</sub>	Mattoni pieni 37 cm	0,7000		0,70	0,370	1,89	0,53
R <sub>3</sub>	Calcestruzzo 38 cm	1,2900	25,00%	1,61	0,380	4,24	0,24
R <sub>4</sub>	Intonaco esterno 3 cm	1,0000		1,00	0,030	33,33	0,03
R <sub>se</sub>	Resistenza term. sup. estern						0,04
<b>R<sub>tot</sub> Resistenza termica totale = <math>\Sigma_i R_i</math></b>							<b>0,98</b>
<b>U<sub>tot</sub> Trasmissanza termica totale = <math>1/R_i</math> (W/m<sup>2</sup>K)</b>							<b>1,02</b>

min.  
norm 2,94

max.  
norm 0,34

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA COPERTURA LABORATORIO							
	Descrizione	Conducibilità $\lambda_{mi}$ (W/mK)	Correzione m (%)	Conducibilità $\lambda_i = \lambda_{mi} \times m$ (W/mK)	Spessore $s_i$ (m)	Conduttanza $C_i = \lambda_i / s_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica $R_i = 1 / C_i$ (Km <sup>2</sup> /W)
R <sub>si</sub>	Resistenza term. sup. interna						0,10
R <sub>1</sub>	Intonaco interno 2 cm	1,0000		1,00	0,020	50,00	0,02
R <sub>2</sub>	Solai con travetti laterizi e caldana	0,8000		0,80	0,100	8,00	0,13
R <sub>3</sub>	Tegole	1,0000		1,00	0,000	3.333,33	0,00
R <sub>se</sub>	Resistenza term. sup. estern						0,04
<b>R<sub>tot</sub> Resistenza termica totale = <math>\Sigma_i R_i</math></b>							<b>0,29</b>

min.  
norm 3,33

U <sub>tot</sub> Trasmittanza termica totale = 1/R <sub>i</sub> (W/m²K)							3,51	max. norm	0,30		
CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA COPERTURA ALA NORD-EST											
	Descrizione	Conduci bilità l <sub>mi</sub> (W/mK)	Correzio ne m (%)	Conducibi lità l <sub>i</sub> =l <sub>mi</sub> ×m (W/mK)	Spesso re s <sub>i</sub> (m)	Conduttan za C <sub>i</sub> =l <sub>i</sub> /s <sub>i</sub> (W/m²K)	Resistenza termica R <sub>i</sub> =1/C <sub>i</sub> (Km²/W)				
R <sub>si</sub>	Resistenza term. sup. interna						0,10				
R <sub>1</sub>	Intonaco interno 2 cm	1,0000		1,00	0,020	50,00	0,02				
R <sub>2</sub>	Solai con travetti laterizi e caldana	0,8000		0,80	0,340	2,35	0,43				
R <sub>se</sub>	Resistenza term. sup. estern						0,04				
R <sub>tot</sub> Resistenza termica totale = Σ <sub>i</sub> R <sub>i</sub>							0,59			min. norm	3,33
U <sub>tot</sub> Trasmittanza termica totale = 1/R <sub>i</sub> (W/m²K)							1,71			max. norm	0,30

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA ATTACCO A TERRA									
	Descrizione	Conducibilità l <sub>mi</sub> (W/mK)	Correzione m (%)	Conducibilità l <sub>i</sub> =l <sub>mi</sub> ×m (W/mK)	Spessore s <sub>i</sub> (m)	Conduttanza C <sub>i</sub> =l <sub>i</sub> /s <sub>i</sub> (W/m²K)	Resistenza termica R <sub>i</sub> =1/C <sub>i</sub> (Km²/W)		
R <sub>si</sub>	Resistenza term. sup. interna						0,13		
R <sub>1</sub>	Pavimenti piastrelle ceramica	1,2000		1,20	0,020	60,00	0,02		
R <sub>2</sub>	Massetto in cemento	1,4000		1,40	0,100	14,00	0,07		
R <sub>se</sub>	Resistenza term. sup. estern								
R <sub>tot</sub>	Resistenza termica totale = Σ <sub>i</sub> R <sub>i</sub>						0,22	min. norm	3,03
U <sub>tot</sub>	Trasmittanza termica totale = 1/R <sub>i</sub> (W/m²K)						4,59	max. norm	0,33

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA SERRAMENTI IN LEGNO CON VETRI PIANI TERRA E PRIMO									
A <sub>g</sub>	Area del vetro	m <sup>2</sup>	2,76						
U <sub>g</sub>	Trasmittanza termica del vetro	W/m <sup>2</sup> K	5,90						
A <sub>t</sub>	Area del telaio	m <sup>2</sup>	2,14						
U <sub>t</sub>	Trasmittanza termica del telaio	W/m <sup>2</sup> K	1,60						
l <sub>g</sub>	Perimetro del vetro	m	28,24						
Y <sub>g</sub>	Trasmittanza termica lineare del vetro	W/mK	0,00						
U <sub>w</sub>	Trasmittanza termica totale =(A <sub>g</sub> xU <sub>g</sub> +A <sub>t</sub> xU <sub>t</sub> +l <sub>g</sub> xY <sub>g</sub> )/(A <sub>g</sub> +A <sub>t</sub> ) (W/m <sup>2</sup> K)						4,02	max. norm	2,20

Visto che le verifiche condotte e sopra riportate sono fuori dalle previsioni normative, si è scelto quindi di sostituire tutti gli infissi esterni di tutti i piani e di procedere con l'isolamento interno di pareti, strutture e copertura.

Gli isolamenti di facciata e di copertura sono realizzati mediante pannellature in lana di roccia, fissate mediante guide in acciaio zincato e rifinite con lastra in cartongesso. Gli spessori sono determinati secondo le necessità al fine di raggiungere i valori minimi di isolamento previsti da normativa.

Si riportano di seguito i calcoli delle trasmittanze dell'involucro relativi allo stato di progetto con riferimento ai valori normativi minimi e massimi, indicati accanto alle tabelle. La relazione di verifica termoisometrica riporta nel dettaglio le verifiche effettuate ed ha messo in evidenza la necessità di posizionamento delle barriera al vapore a protezione dell'isolamento dal "lato interno".

In rosso sono evidenziate le stratificazioni introdotte da progetto.

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA PARETI ESTERNE PIANO SEMINTERRATO AULA STRADE							
	Descrizione	Conducibilità $\lambda_{mi}$ (W/mK)	Correzione e m (%)	Conducibilità $\lambda_i = \lambda_{mi} \times m$ (W/mK)	Spessore $s_i$ (m)	Conduttanza $C_i = \lambda_i / s_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica $R_i = 1 / C_i$ (Km <sup>2</sup> /W)
$R_{si}$	Resistenza term. sup. interna						0,13
$R_{1new}$	Lastra di cartongesso sp. 12,5 mm	0,21		0,21	0,013	16,80	0,06
$R_{2new}$	Pannelli lana di roccia sp. 100 mm	0,0340	10,00%	0,04	0,100	0,37	2,67
$R_1$	Intonaco interno 2 cm	1,0000		1,00	0,020	50,00	0,02
$R_2$	Calcestruzzo 52 cm	1,2900	25,00%	1,61	0,520	3,10	0,32
$R_1$	Intonaco esterno 3 cm	1,0000		1,00	0,030	33,33	0,03
$R_{se}$	Resistenza termica superficiale esterna						0,04
$R_{tot}$	Resistenza termica totale = $\sum_i R_i$						3,28
$U_{tot}$	Trasmittanza termica totale = $1/R_i$ (W/m <sup>2</sup> K)						0,31

min. norm 2,94

max. norm 0,34

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA PARETI ESTERNE PIANO RIALZATO ALA SUD-EST							
	Descrizione	Conducibilità $\lambda_{mi}$ (W/mK)	Correzione e m (%)	Conducibilità $\lambda_i = \lambda_{mi} \times m$ (W/mK)	Spessore $s_i$ (m)	Conduttanza $C_i = \lambda_i / s_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica $R_i = 1 / C_i$ (Km <sup>2</sup> /W)
$R_{si}$	Resistenza term. sup. interna						0,13
$R_{1new}$	Lastra di cartongesso sp. 12,5 mm	0,21		0,21	0,013	16,80	0,06
$R_{2new}$	Pannelli lana di roccia sp. 70 mm	0,0340	10,00%	0,04	0,070	0,53	1,87
$R_1$	Intonaco interno 2 cm	1,0000		1,00	0,020	50,00	0,02
$R_2$	Mattoni pieni 55 cm	0,7000		0,70	0,550	1,27	0,79
$R_3$	Intonaco esterno 3 cm	1,0000		1,00	0,030	33,33	0,03
$R_{se}$	Resistenza termica superficiale esterna						0,04
$R_{tot}$	Resistenza termica totale = $\sum_i R_i$						2,94
$U_{tot}$	Trasmittanza termica totale = $1/R_i$ (W/m <sup>2</sup> K)						0,34

min. norm 2,94

max. norm 0,34

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA PARETI ESTERNE SOTTOFINESTRA PIANO RIALZATO ALA SUD-EST							
	Descrizione	Conducibilità $\lambda_{mi}$ (W/mK)	Correzione m (%)	Conducibilità $\lambda_i = \lambda_{mi} \times m$ (W/mK)	Spessore $s_i$ (m)	Conduttanza $C_i = \lambda_i / s_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica $R_i = 1 / C_i$ (Km <sup>2</sup> /W)
$R_{si}$	Resistenza term. sup. interna						0,13
$R_{1new}$	Lastra di cartongesso sp. 12,5 mm	0,21		0,21	0,013	16,80	0,06
$R_{2new}$	Pannelli lana di roccia sp. 100 mm	0,0340	10,00%	0,04	0,100	0,37	2,67
$R_1$	Intonaco interno 2 cm	1,0000		1,00	0,020	50,00	0,02
$R_2$	Mattoni pieni 15 cm	0,7000		0,70	0,150	4,67	0,21
$R_3$	Intonaco esterno 3 cm	1,0000		1,00	0,030	33,33	0,03
$R_{se}$	Resistenza termica superficiale esterna						0,04
$R_{tot}$	Resistenza termica totale = $\Sigma_i R_i$						3,17
$U_{tot}$	Trasmittanza termica totale = $1/R_i$ (W/m <sup>2</sup> K)						0,32

min. norm 2,94

max. norm 0,34

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA PARETI ESTERNE PIANO PRIMO ALA SUD-EST							
	Descrizione	Conducibilità $\lambda_{mi}$ (W/mK)	Correzione m (%)	Conducibilità $\lambda_i = \lambda_{mi} \times m$ (W/mK)	Spessore $s_i$ (m)	Conduttanza $C_i = \lambda_i / s_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica $R_i = 1 / C_i$ (Km <sup>2</sup> /W)
$R_{si}$	Resistenza term. sup. interna						0,13
$R_{1new}$	Lastra di cartongesso sp. 12,5 mm	0,21		0,21	0,013	16,80	0,06
$R_{2new}$	Pannelli lana di roccia sp. 70 mm	0,0340	10,00%	0,04	0,070	0,53	1,87
$R_1$	Intonaco interno 2 cm	1,0000		1,00	0,020	50,00	0,02
$R_2$	Mattoni pieni 47	0,7000		0,70	0,470	1,49	0,67
$R_3$	Intonaco esterno 3 cm	1,0000		1,00	0,030	33,33	0,03
$R_{se}$	Resistenza termica superficiale esterna						0,04
$R_{tot}$	Resistenza termica totale = $\Sigma_i R_i$						2,82
$U_{tot}$	Trasmittanza termica totale = $1/R_i$ (W/m <sup>2</sup> K)						0,35

min. norm 2,94

max. norm 0,34



CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA PARETI ESTERNE SOTTOFINESTRA PIANO PRIMO ALA SUD-EST							
	Descrizione	Conducibilità $\lambda_{mi}$ (W/mK)	Correzione $\epsilon$ (%)	Conducibilità $\lambda_i = \lambda_{mi} \times \epsilon$ (W/mK)	Spessore $s_i$ (m)	Conduttanza $C_i = \lambda_i / s_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica $R_i = 1 / C_i$ (Km <sup>2</sup> /W)
$R_{si}$	Resistenza term. sup. interna						0,13
$R_{1new}$	Lastra di cartongesso sp. 12,5 mm	0,21		0,21	0,013	16,80	0,06
$R_{2new}$	Pannelli lana di roccia sp. 100 mm	0,0340	10,00%	0,04	0,100	0,37	2,67
$R_1$	Intonaco interno 2 cm	1,0000		1,00	0,020	50,00	0,02
$R_2$	Mattoni pieni 15 cm	0,7000		0,70	0,150	4,67	0,21
$R_3$	Intonaco esterno 3 cm	1,0000		1,00	0,030	33,33	0,03
$R_{se}$	Resistenza termica superficiale esterna						0,04
$R_{tot}$	Resistenza termica totale = $\sum_i R_i$						3,17
$U_{tot}$	Trasmittanza termica totale = $1/R_i$ (W/m <sup>2</sup> K)						0,32

min.  
norm 2,94

max.  
norm 0,34

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA PARETI ESTERNE PIANI RIALZATO E PRIMO ALA NORD-EST							
	Descrizione	Conducibilità $\lambda_{mi}$ (W/mK)	Correzione $\epsilon$ (%)	Conducibilità $\lambda_i = \lambda_{mi} \times \epsilon$ (W/mK)	Spessore $s_i$ (m)	Conduttanza $C_i = \lambda_i / s_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica $R_i = 1 / C_i$ (Km <sup>2</sup> /W)
$R_{si}$	Resistenza term. sup. interna						0,13
$R_{1new}$	Lastra di cartongesso sp. 12,5 mm	0,21		0,21	0,013	16,80	0,06
$R_{2new}$	Pannelli lana di roccia sp. 100 mm	0,0340	10,00%	0,04	0,070	0,53	1,87
$R_1$	Intonaco interno 2 cm	1,0000		1,00	0,020	50,00	0,02
$R_2$	Mattoni pieni 37 cm	0,7000		0,70	0,370	1,89	0,53
$R_3$	Intonaco esterno 3 cm	1,0000		1,00	0,030	33,33	0,03
$R_{se}$	Resistenza termica superficiale esterna						0,04
$R_{tot}$	Resistenza termica totale = $\sum_i R_i$						2,68
$U_{tot}$	Trasmittanza termica totale = $1/R_i$ (W/m <sup>2</sup> K)						0,37

min.  
norm 2,94

max.  
norm 0,34

**CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA PARETI ESTERNE SOTTOFINESTRA PIANI RIALZATO  
E PRIMO ALA NORD-EST**

	Descrizione	Conducibilità $\lambda_{mi}$ (W/mK)	Correzione m (%)	Conducibilità $\lambda_i = \lambda_{mi} \times m$ (W/mK)	Spessore $s_i$ (m)	Conduttanza $C_i = \lambda_i / s_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica $R_i = 1 / C_i$ (Km <sup>2</sup> /W)
$R_{si}$	Resistenza term. sup. interna						<b>0,13</b>
$R_{1new}$	Lastra di cartongesso sp. 12,5 mm	0,21		0,21	0,013	16,80	<b>0,06</b>
$R_{2new}$	Pannelli lana di roccia sp. 100 mm	0,0340	10,00%	0,04	0,100	0,37	<b>2,67</b>
$R_1$	Intonaco interno 2 cm	1,0000		1,00	0,020	50,00	<b>0,02</b>
$R_2$	Mattoni pieni 15 cm	0,7000		0,70	0,150	4,67	<b>0,21</b>
$R_3$	Intonaco esterno 3 cm	1,0000		1,00	0,030	33,33	<b>0,03</b>
$R_{se}$	Resistenza termica superficiale esterna						<b>0,04</b>
$R_{tot}$	Resistenza termica totale = $\Sigma_i R_i$						<b>3,17</b>
$U_{tot}$	Trasmittanza termica totale = $1/R_i$ (W/m <sup>2</sup> K)						<b>0,32</b>

min.  
norm 2,94

max.  
norm 0,34

**CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA COPERTURA LABORATORIO**

	Descrizione	Conducibilità $\lambda_{mi}$ (W/mK)	Correzione m (%)	Conducibilità $\lambda_i = \lambda_{mi} \times m$ (W/mK)	Spessore $s_i$ (m)	Conduttanza $C_i = \lambda_i / s_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica $R_i = 1 / C_i$ (Km <sup>2</sup> /W)
$R_{si}$	Resistenza term. sup. interna						<b>0,10</b>
$R_1$	Intonaco interno 2 cm	1,0000		1,00	0,020	50,00	<b>0,02</b>
$R_2$	Solai con travetti laterizi e caldana	0,8000		0,80	0,100	8,00	<b>0,13</b>
$R_{1new}$	Isolamento termico in EPS 10 cm	0,0330	10,00%	0,04	0,100	0,36	<b>2,75</b>
$R_{2new}$	Intercapedine ventilata debolmente				0,040		<b>0,95</b>
$R_3$	Tegole	1,0000		1,00	0,000	3.333,33	<b>0,00</b>
$R_{se}$	Resistenza termica superficiale esterna						<b>0,04</b>
$R_{tot}$	Resistenza termica totale = $\Sigma_i R_i$						<b>3,99</b>
$U_{tot}$	Trasmittanza termica totale = $1/R_i$ (W/m <sup>2</sup> K)						<b>0,25</b>

min.  
norm 3,33

max.  
norm 0,30

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA COPERTURA ALA SUD-EST							
	Descrizione	Conducibilità $\lambda_{mi}$ (W/mK)	Correzione e m (%)	Conducibilità $\lambda_i = \lambda_{mi} \times m$ (W/mK)	Spessore $s_i$ (m)	Conduttanza $C_i = \lambda_i / s_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica $R_i = 1 / C_i$ (Km <sup>2</sup> /W)
$R_{si}$	Resistenza termica superficiale interna						<b>0,10</b>
$R_{1new}$	Assito sp 2,5 cm	0,1000	10,00%	0,11	0,025	4,40	<b>0,23</b>
$R_{2new}$	Polistirene espanso 10 cm	0,0360	10,00%	0,04	0,100	0,40	<b>2,53</b>
$R_{3new}$	Assito sp 2,5 cm	0,1000	10,00%	0,11	0,025	4,40	<b>0,23</b>
$R_{4new}$	Intercapedine ventilata debolmente				0,040		<b>0,95</b>
$R_{5new}$	Tegole	1,0000		1,00	0,000	3.333,33	<b>0,00</b>
$R_{se}$	Resistenza termica superficiale esterna						<b>0,04</b>
$R_{tot}$	Resistenza termica totale = $\Sigma_i R_i$						<b>4,07</b>
$U_{tot}$	Trasmittanza termica totale = $1/R_i$ (W/m <sup>2</sup> K)						<b>0,25</b>

min.  
norm 3,33

max.  
norm 0,30

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA COPERTURA ALA NORD-EST							
	Descrizione	Conducibilità $\lambda_{mi}$ (W/mK)	Correzione e m (%)	Conducibilità $\lambda_i = \lambda_{mi} \times m$ (W/mK)	Spessore $s_i$ (m)	Conduttanza $C_i = \lambda_i / s_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica $R_i = 1 / C_i$ (Km <sup>2</sup> /W)
$R_{si}$	Resistenza termica superficiale interna						<b>0,10</b>
$R_1$	Intonaco interno 2 cm	1,0000		1,00	0,020	50,00	<b>0,02</b>
$R_2$	Solai con travetti laterizi e caldana	0,8000		0,80	0,340	2,35	<b>0,43</b>
$R_{1new}$	Isolamento termico in EPS 10 cm	0,0330	10,00%	0,04	0,100	0,36	<b>2,75</b>
$R_{2new}$	Massetto in calcestruzzo alleggerito sp. min. 4 cm	0,4500		0,45	0,040	11,25	<b>0,09</b>
$R_{se}$	Resistenza termica superficiale esterna						<b>0,04</b>
$R_{tot}$	Resistenza termica totale = $\Sigma_i R_i$						<b>3,43</b>
$U_{tot}$	Trasmittanza termica totale = $1/R_i$ (W/m <sup>2</sup> K)						<b>0,29</b>

min.  
norm 3,33

max.  
norm 0,30

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA ATTACCO A TERRA									
	Descrizione	Conducibilità l <sub>mi</sub> (W/mK)	Correzione e m (%)	Conducibilità l <sub>i</sub> =l <sub>mi</sub> ×m (W/mK)	Spessore s <sub>i</sub> (m)	Conduttanza C <sub>i</sub> =l <sub>i</sub> /s <sub>i</sub> (W/m²K)	Resistenza termica R <sub>i</sub> =1/C <sub>i</sub> (Km²/W)		
R <sub>si</sub>	Resistenza termica superficiale interna						0,13		
R <sub>1</sub>	Pavimenti piastrelle ceramica	1,2000		1,20	0,020	60,00	0,02		
R <sub>1new</sub>	Massetto in cemento 5 cm	1,4000		1,40	0,050	28,00	0,04		
R <sub>2new</sub>	Sottofondo in c.a. 9 cm	1,2900	25,00%	1,61	0,090	17,92	0,06		
R <sub>1new</sub>	Isolamento termico in EPS 10 cm	0,0330	10,00%	0,04	0,100	0,36	2,75		
R <sub>2new</sub>	Massetto in calcestruzzo alleggerito sp. min. 4 cm	0,4500		0,45	0,040	11,25	0,09		
R <sub>se</sub>	Resistenza termica superficiale esterna								
R <sub>tot</sub>	Resistenza termica totale = Σ <sub>i</sub> R <sub>i</sub>						3,08	min. norm	3,03
U <sub>tot</sub>	Trasmittanza termica totale = 1/R <sub>i</sub> (W/m²K)						0,32	max. norm	0,33

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA SERRAMENTI IN LEGNO CON VETRI PIANI TERRA E PRIMO									
A <sub>g</sub>	Area del vetro	m <sup>2</sup>	2,76						
U <sub>g</sub>	Trasmittanza termica del vetro	W/m <sup>2</sup> K	1,10						
A <sub>t</sub>	Area del telaio	m <sup>2</sup>	2,14						
U <sub>t</sub>	Trasmittanza termica del telaio	W/m <sup>2</sup> K	1,60						
l <sub>g</sub>	Perimetro del vetro	m	28,24						
Y <sub>g</sub>	Trasmittanza termica lineare del vetro	W/mK	0,00						
U <sub>w</sub>	Trasmittanza termica totale = (A <sub>g</sub> xU <sub>g</sub> +A <sub>t</sub> xU <sub>t</sub> +l <sub>g</sub> xY <sub>g</sub> )/(A <sub>g</sub> +A <sub>t</sub> ) (W/m <sup>2</sup> K)						1,32	max. norm	2,20

### 5.6.3 SCELTE RELATIVE AGLI IMPIANTI MECCANICI

L'intervento sugli impianti dell'Edificio 4 si inserisce, come accennato nelle premesse, in un contesto più ampio di razionalizzazione degli stessi, che consentirà ad intervento ultimato, l'eliminazione di tutte le sottocentrali attualmente dislocate presso il seminterrato dello stesso edificio e la realizzazione di un'unica sottocentrale di scambio, già realizzata, che raccoglie gli scambiatori attuali dislocati presso l'edificio 4 e quelli futuri. L'eliminazione degli impianti a vapore, sostituiti da impianti ad acqua calda in parte servita dalla citata sottocentrale di scambio, permetterà l'alimentazione con un primario a temperature sensibilmente ridotte rispetto alla situazione attuale in cui l'acqua surriscaldata deve raggiungere temperature anche di 170-180 °C necessari per la produzione del vapore.

Per quanto riguarda gli impianti meccanici, le scelte a favore del contenimento:



- l'installazione di inverter sulle pompe del secondario circuiti caldo e freddo, che consentono di modulare il funzionamento secondo le effettive necessità;
- l'installazione dei recuperatori sulle Unità di Trattamento Aria;
- l'utilizzo di un sistema di regolazione automatico in grado di gestire tutte le apparecchiature in campo e di regolare i "set-point" degli utilizzatori ambiente per ambiente;
- l'utilizzo di valvole termo statizzabili sui caloriferi.

#### **5.6.4 SCELTE RELATIVE AGLI IMPIANTI ELETTRICI**

Per quanto riguarda gli impianti elettrici, le scelte a favore del contenimento e il controllo dei consumi energetici sono le seguenti:

- utilizzo sistema centralizzato di controllo dell'accensione di tutte le luci con la possibilità di programmazione degli spegnimenti per la sera e/o di spegnimento centralizzato in caso di necessità
- Illuminazione dimmerabile per gli uffici con la possibilità di regolazione secondo le effettive necessità
- ove non previste lampade dimmerabili, utilizzo di lampade con reattori elettronici a basso consumo.

### **5.7 MIGLIORAMENTO E CONTROLLO DEL "COMFORT" ACUSTICO**

Gli spazi ristrutturati godranno di comfort acustico notevolmente migliorato rispetto alla situazione attuale, con riferimento in particolare ai requisiti acustici passivi ed alle connesse problematiche dovute alla contiguità della trafficata via Bonardi.

#### **5.7.1 REQUISITI ACUSTICI PASSIVI**

I requisiti acustici passivi sono stati verificati con riferimento al D.P.C.M. 5/12/97.

Il valore dell'isolamento acustico di facciata viene notevolmente migliorato dalla realizzazione delle coibentazioni di cui ai paragrafi precedenti e soprattutto dall'introduzione di infissi molto più performanti dal punto di vista acustico. Sia per quanto riguarda gli infissi in legno sia per quanto riguarda gli infissi in alluminio del piano secondo si è scelto l'utilizzo di una vetrocamera con doppi vetri sia sul lato interno che sul lato esterno con certificazione per un potere fonoisolante  $R_w$  43 dB (+/-2)..

Naturalmente tutti i rivestimenti, sia interni che esterni, dovranno essere posati a regola d'arte, avendo cura dei dettagli d'installazione. Ad esempio:

- nella posa del nastro adesivo di guarnizione isolante a parete, soffitto e lateralmente in corrispondenza del contatto con le superfici esistenti;
- nella realizzazione degli angoli con il taglio della lastra in cartongesso (e non dell'isolamento) per evitare la creazione di ponti acustici.

Per quanto riguarda la separazione tra gli ambienti interni, si evidenzia che li stessi sono da considerarsi come un "open space" in quanto divisi con pareti mobili. Nonostante ciò, ove possibile, le partizioni interne saranno dotate di isolamento interno in lana di vetro al fine di consentire condizioni confortevoli; L'isolamento verrà realizzato in corrispondenza delle pareti divisorie e delle pareti in cartongesso. Le pareti contenitore, in condizioni di esercizio e quindi relativamente piene, dovrebbe garantire un minimo di abbattimento.

Tra in piano e l'altro saranno installati a pavimenti i materassini anticalpestio.

AL di sopra dei contrisoffitti sono previsti gli isolamenti acustici realizzati con materassini in lana minerale imbustata.

Per quanto riguarda gli impianti meccanici, le scelte sono state effettuate cercando di minimizzare l'impatto degli stessi sull'attività prevista.

## **5.8 MIGLIORAMENTO E CONTROLLO DEL “COMFORT” LUMINOSO**

Nella configurazione attuale il livello d'illuminamento è non adeguato e non in linea con le previsioni normative in materia.

Il numero, la posizione e la potenza degli apparecchi illuminanti sono stati determinati per garantire il livello minimo di illuminamento sul piano di lavoro previsto dalle norme UNI EN 12464-1 e UNI 10840.

## **5.9 MIGLIORAMENTO DELLA ACCESSIBILITÀ DEGLI SPAZI**

Gli spazi di nuova realizzazione saranno completamente accessibili per i disabili di tipo motorio. L'ingresso avverrà a piano rialzato che è già accessibile dall'esterno mediante rampe.

Gli spazi a livello rialzato sono tutti in piano.

L'accesso a tutti i livelli sarà garantito da collegamenti verticali. In questo primo lotto d'intervento verrà realizzato un nuovo corpo scala con ascensore che risponde ha i requisiti di accessibilità.

La progettazione rispetterà le norme nazionali e regionali in materia di accessibilità ed abbattimento delle barriere architettoniche, nonché le scelte e le politiche adottate dall'Ateneo in materia.

Gli accessi principali sono previsti con luce minima di 150 cm; le zone antistanti e retrostanti gli accessi sono lasciate libere da ogni impedimento per uno spazio superiore a 150 cm; il piano dei collegamenti verticali (vano scale e ascensore) è posto allo stesso livello del piano di ingresso; le soglie di ingresso presentano gradini inferiori ai 2,5 cm.

Tutti gli spazi di distribuzione hanno larghezza superiore ai 120 cm; le rampe scale in discesa sono collocate in modo che non sia possibile imboccarle accidentalmente uscendo dagli ascensori.

Tutte le rampe scale presentano gradini con pedata minima di 30 cm ed alzata contenuta entro i 16 cm; lungo tutte le rampe sono presenti corrimani posti ad altezza di 90 cm; i percorsi lungo le scale sono protetti da parapetti con altezza superiore ai 100 cm e dimensionati per reggere a spinte accidentali.

L'ascensore avrà dimensioni conformi (cabina 167×150, porta 90) e più ampie delle previsioni minime normative (L.R. 6/89); di fronte alle porte di accesso agli ascensori viene lasciato un pianerottolo libero di larghezza superiore a 150 cm; l'ascensore è dotato di impianto di allarme e di comunicazione telefonica dedicato.

Ad ogni piano dell'edificio viene previsto almeno un locale igienico con porte apribili verso l'esterno / scorrevoli, spazio interno per la rotazione e sanitari speciali per disabili con i relativi corrimani. Per maggiori dettagli fare riferimento al progetto accessibilità allegato.

## **5.10 MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA DEGLI SPAZI**

Gli spazi rinnovati presenteranno un livello di sicurezza adeguato e i rischi derivanti dalla nuova configurazione dovrebbero essere nulli. Oltre quanto esplicitato nei precedenti paragrafi si evidenzia che:

- tutti i nuovi impianti saranno a norma e saranno accompagnati da Dichiarazione di conformità ai sensi del D.M. 37/2008, realizzati con cavi antifiamma e/o anti fumo e/ emissioni nocive secondo le necessità, riducendo al minimo il rischio di innesco o di incendio dovuto agli impianti;
- tutti i nuovi infissi saranno dotati di vetri antinfortunistici anche nel caso di vetrocamere. In questo caso i doppi vetri saranno sia sulla faccia interna che su quella esterna della vetrocamera;
- tutte le pavimentazioni saranno a norma, caratterizzata da idoneo coefficiente di sdruciolevolezza, dotate di segnalazioni per i non vedenti ove necessario per normativa;
- le nuove scale avranno alzate e pedate conformi anche nel disegno alle previsioni normative e parapetti di altezza idonea;
- tutte le vie di fuga saranno opportunamente dimensionate come le uscite di sicurezza, che apriranno tutte nel verso dell'esodo e saranno dotate di maniglioni antipanico.

## 5.11 ESTETICA E RINNOVO DELLE FINITURE

Il progetto prevede il rifacimento di tutte le finiture interne. Come detto i principi ispiratori fondamentali dell'intervento sono il recupero architettonico degli spazi secondo modalità d'intervento concordate con la Soprintendenza ai beni architettonici.

Per quanto riguarda i pavimenti si è già descritta la previsione di utilizzare per gli uffici il parquet posato a spina di pesce ed a piano rialzato con fascia e bindello perimetrali ad evidenziare le volumetrie originali.

I corridoi principali, come detto, avranno pavimentazione in seminato alla veneziana riquadrato in fasce perimetrali di granito bianco di montorfano con finitura bocciardata.

Stesso materiale (granito bianco idi montorfano) verrà utilizzato per i filtri e per pedate e pianerottoli delle nuove scale, Pavimentazione in lastre di granito è prevista anche per gli interventi esterni e le gradonate relative.

I servizi igienici avranno pavimentazione e rivestimenti in piastrelle di gres porcellanato. Pavimentazioni dello stesso tipo sono previste per il laboratorio di strade e per gli spazi a seminterrato: corridoi, auletta strade e depositi.

Per quanto riguarda le partizioni verticali, come detto, tutte le nuove divisioni verranno realizzate in pareti mobili attrezzate. Le pareti mobili avranno finitura in melamminico antigraffio con colore a scelta della Direzione dei lavori. Le porte inserite in corrispondenza delle pareti mobili attrezzate saranno in cristallo, così come alcune specchiature delle pareti a piano terra di separazione con il corridoi, al fine di garantire il maggior apporto di luce naturale. Le pareti sono sormontate da pareti in cartongesso per la chiusura sino al livello superiore.

Le pareti esistenti verranno intonacate a gesso ove nell'ambiente è prevista la presenza anche di superfici in cartongesso (in generali uffici); negli altri casi avrà finitura a civile (in generali corridoi, atri, vani collegamenti verticali, laboratorio strade. Tutte le superfici intonacata saranno finite con imbiancatura di colore a scelta della Direzione dei Lavori previa stesura di idoneo primer.

Tutte le strutture saranno verniciate con prodotti intumescenti e smalto di finitura con colore a scelta della Direzione dei lavori.

In genere tutti gli ambienti saranno dotati di controsoffitto, secondo la seguente articolazione

### **Piano rialzato:**

- il corridoio principale che corre dall'ingresso sino al laboratorio strade avrà controsoffitto in cartongesso, con botole per l'ispezione impianti. A soffitto saranno pendinate le lampade a sospensione e incassati i fancoils;
- il corridoio secondario nell'ala uffici avrà controsoffitto a quadrotti di alluminio forati per consentire agevole ispezionabilità degli impianti al di sopra;
- gli uffici avranno controsoffitto in cartongesso in cui saranno incassati i fari e le bocchette di mandata. Il controsoffitto sarà inclinato in altezza verso le pareti laterali al fine di lasciare liberi e completamente a vista gli infissi esterni; al di sopra del controsoffitto saranno posizionati con materassini di lana minerale imbustata per migliorare l'isolamento acustico;
- tutto il solaio del piano prima sarà ulteriormente contro placcato con cartongesso per garantire l'R60 della soletta; l'intercapedine sarà riempita con materassini di lana minerale imbustata per migliorare l'isolamento acustico;
- il capannone su via Bonardi sarà privo di controsoffitto al fine di lasciare a vista le capriate esistenti e per i motivi già citati. L'intervento prevede dunque la sistemazione dei calcestruzzi esistenti e la successiva imbiancatura, previa stesura di idoneo primer;
- i servizi igienici avranno controsoffitto in gesso del tipo idrofugo;
- il filtro avrà controsoffitto certificato REI 60.

### **Piano primo:**

- il corridoio avrà controsoffitto a quadrotti di alluminio forati per consentire agevole ispezionabilità degli impianti al di sopra;
- gli uffici avranno controsoffitto in cartongesso fissato alla soprastante soletta; l'intercapedine sarà riempita con materassini di lana minerale imbustata per migliorare l'isolamento acustico;

- i servizi igienici avranno controsoffitto in gesso del tipo idrofugo;
- il filtro avrà controsoffitto certificato REI 60.

**Piano secondo:**

- il corridoio avrà controsoffitto in cartongesso, nella zona centrale fissato lateralmente alle pareti; il controsoffitto sarà dotato di botole d'ispezione per gli impianti al di sopra;
- gli uffici saranno privi di controsoffitto e la struttura lignea del tetto sarà a vista. Le partizioni tra gli uffici realizzate all'interno delle capriate saranno in polycarbonato;
- i servizi igienici avranno controsoffitto in gesso del tipo idrofugo;
- il filtro avrà controsoffitto certificato REI 60.

**Piano seminterrato:**

- il corridoio avrà controsoffitto a quadrotti di alluminio forati per consentire agevole ispezionabilità degli impianti al di sopra;
- l'auletta strade avrà controsoffitto in cartongesso solo per la parte in cui sono presenti i ventilconvettori; la restante parte avrà le volte intonacate e imbiancate;
- i depositi saranno privi di controsoffitto e le volte presenti avranno finitura ad intonaco imbiancato;
- i servizi igienici del corpo centrale avranno controsoffitto a quadrotti di alluminio forato per l'ispezionabilità degli impianti al di sopra;
- i servizi igienici a nord avranno controsoffitto in cartongesso idrofugo;
- il filtro avrà controsoffitto certificato REI 60.

I parapetti delle scale e dei nuovi piani ammezzati avranno montanti verticali in acciaio, cavetti orizzontali in acciaio inox tesati tra i montanti e corrimano in legno finito con verniciatura a scelta della Direzione dei lavori.

## **5.12 MANUTENZIONE**

Come detto, l'accorpamento dell'impiantistica generale in sottocentrali dedicate, consente la razionalizzazione degli interventi manutentivi di tipo impiantistico.

Tutti gli impianti disposti entro controsoffitti o ambienti confinati, sono ispezionabili attraverso botole o controsoffitti a pannelli rimovibili. I fancoils degli uffici a piano rialzato senza mobile saranno incassati in apposita zoccolatura realizzata a disegno; il pannello frontale deve essere facilmente asportabile per consentire il cambio dei filtri e gli interventi di controllo e manutenzione.

In allegato a tutte le specialità di progetto si trova il piano di manutenzione con le istruzioni generali fondamentali. Il fascicolo dovrà essere integrato e completato dalla Direzione dei lavori con gli as-built, i manuali d'uso e di manutenzione di tutte le apparecchiature ed attrezzature, le certificazioni e le indicazioni specifiche riferite alle installazioni realizzate.



## 6 PROGETTO – DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI

Nel presente capitolo della relazione vengono descritti gli interventi previsti e la relativa motivazione delle scelte per quanto non già descritto, o comunque ad integrazione, di quanto riportato nei precedenti capitoli.

**È da sottolineare che gli importi progettuali previsti per la realizzazione di tutte le opere previste comprendono la campionatura e le installazioni di prova di tutti i materiali, l'esecuzione di progettazioni costruttive ove previsto, l'approvvigionamento dei materiali ed il trasporto in cantiere, compreso il nolo dei mezzi, lo scarico, il sollevamento o l'abbassamento al piano d'installazione eseguito a mano o con mezzi di sollevamento, il trasporto in piano ai luoghi d'installazione eseguito a mano o con mezzi meccanici, l'installazione, la manodopera, il noleggio delle attrezzature e macchinari di cantiere necessari all'installazione o alla lavorazione, l'esecuzione di tutte le opere provvisorie necessarie per l'installazione o la lavorazione, gli apprestamenti e i DPI necessari per l'esecuzione delle opere insicurezza, le spese generali e gli utili d'impresa e quant'altro anche non specificato ma comunque necessario a dare le singole lavorazioni e l'intera opera completi e finiti alla regola dell'arte.**

### 6.1 OPERE CIVILI

#### 6.1.1 DEMOLIZIONI

Come detto nei precedenti paragrafi precedenti è prevista la demolizione integrale della sopraelevazione dell'ala est. Le coperture dell'ala est saranno completamente rimosse al fine di realizzare la nuova copertura. Il corpo centrale dell'ala est verrà "svuotato" per realizzare i nuovi collegamenti verticali, scala ed ascensore. Per le demolizioni previste degli elementi strutturali necessarie per la realizzazione degli interventi citati e per le altre demolizioni di elementi strutturali, fare riferimento al successivo paragrafo relativo.

È prevista la rimozione delle coperture metalliche della parte nord dell'ala est al fine di creare "lo spazio impiantistico piano" e la rimozione del solo manto del capannone a nord su via Bonardi. Per i due corpi su via Bonardi è prevista la rimozione integrale delle coperture.

Con rimozione di copertura, ove previsto, si intende rimozione completa di manto, listelli, contro listelli (ove previste) orditure principali e secondarie, gronde, lamiere di impluvio, scossaline, comignoli, lucernari, abbaini e quant'altro presente e necessario a dare la rimozione completa della copertura

All'interno degli ambienti è prevista la rimozione di tutti gli arredi fissi e mobili, di tutte le apparecchiature e macchine presenti, di tutti gli impianti elettrici meccanici, di tutte le finiture quali pavimentazioni e zoccolini, controsoffitti, porte interne, infissi interni ed esterni completi di tutte le parti e di qualsiasi tipologia.

È inoltre prevista la demolizione di tutte le murature, necessaria per la ridistribuzione funzionale secondo il nuovo layout.

Verranno inoltre demoliti tutti i massetti presenti a tutti livelli al fine di creare idoneo spazio per la realizzazione di sottofondi d'irrigidimento delle solette e la realizzazione di nuovi massetti idonei all'accoglimento delle nuove pavimentazioni.

Nelle rimozioni è inoltre previsto lo scrostamento dell'intonaco interno, ove necessario, per parti limitato e solo finalizzato all'eliminazione dell'intonaco ammalorato e alla creazione di idonee superfici per l'ancoraggi dei nuovi intonaci in corrispondenza delle rimozioni effettuate che lo interessano (es. tavolati e o murature ammorsate nei muri).

Tutte le rimozioni comprendono la manodopera necessaria per l'effettuazione delle opere, il noleggio delle attrezzature e macchinari necessari, le opere provvisorie necessarie all'effettuazione delle lavorazioni in sicurezza o comunque a delimitare ed evidenziare le zone d'intervento, la separazione dei materiali secondo le previsioni normative in materia di tutela dell'ambiente, il trasporto in piano effettuato anche manualmente ai luoghi di sollevamento e/o di abbassamento al piano di carico effettuato manualmente o con argani, e gru o impianti di sollevamento, il carico effettuato manualmente o con mezzi meccanici, il trasporto in discarica, compreso il nolo degli automezzi con operatore per qualsiasi percorso previsto.

### **1.1.2 SCAVI E REINTERRI**

Gli scavi previsti all'interno, oltre che alla creazione delle fondazioni per le nuove strutture (vedi paragrafo relativo) sono necessari alla creazione del vespaio in corrispondenza di tutto il seminterrato con esclusione della sottocentrale frigorifera presso cui esiste già.

Gli scavi all'esterno sono previsti per la realizzazioni di nuova bocca di lupo necessaria a creare l'areazione permanente dei depositi al seminterrato, secondo le previsioni della normativa in materia di prevenzione incendi.

Tutti gli scavi comprendono la manodopera necessaria per l'effettuazione delle opere, il noleggio delle attrezzature e macchinari necessari, le opere provvisorie necessarie all'effettuazione delle lavorazioni in sicurezza quali sbatacchia ture, parapetto e opere per l'accesso agli scavi in sicurezza, e opere necessarie a delimitare ed evidenziare le zone di scavo, la separazione dei materiali secondo le previsioni normative in materia di tutela dell'ambiente, il trasporto in piano effettuato anche manualmente ai luoghi di sollevamento al piano di carico effettuato manualmente o con argani, e gru o impianti di sollevamento, il carico effettuato manualmente o con mezzi meccanici, il trasporto in discarica, compreso il nolo degli automezzi con operatore per qualsiasi percorso previsto.

### **6.1.3 ONERI DI DISCARICA**

In progetto sono previsti gli oneri di discarica degli oneri di discarica di tutti i materiali. Gli oneri saranno corrisposti solo ad avvenuta presentazione della quarta copia del formulario secondo le previsioni normative.

### **6.1.4 SOTTOFONDI E MASSETTI**

Al piano seminterrato è prevista la realizzazione di sottofondo di riempimento alleggerito a protezione di guaina e strato isolante.

A tutti i piani verrà realizzato massetto in cemento idoneo alla posa delle pavimentazioni previste, con rete di acciaio elettrosaldato da massetto per conferire maggiore compattezza allo strato.

Il massetto è posato su strato di separazione desolidarizzante in teli di polietilene.

A piano rialzato, primo e secondo e il massetto sarà posato su materassino anticalpestio.

### **6.1.5 COPERTURE**

La copertura dell'ala est avrà configurazione identica a quella dell'ala ovest al fine di ripristinare l'andamento originale delle falde. La struttura della copertura dell'ala est sarà realizzata mediante capriate prefabbricate di legno lamellare, con disegno simile all'originale. L'orditura secondaria in legno reggerà il tavolato di assito al di sopra del quale verrà realizzato il nuovo manto comprendente barriera la vapore, isolamenti e tegole di tipo marsigliese identiche alle esistenti.

Per quanto riguarda la copertura del capannone, verrà mantenuta e rinforzata la struttura esistente costituita da capriate e solaio in calcestruzzo armato

### **6.1.6 INFISSI IN LEGNO**

Come detto, gli infissi esterni saranno realizzati in legno dovranno avere disegno il più possibile simile agli infissi originari, tenendo conto dello spessore necessario per ottenere le prestazioni imposte dalle normative in materia di contenimento dei consumi energetici e abbattimento rumore. Tale discorso è valido sia per le finestre e porte finestre che per i portoncini in legno di primo ingresso.

All'interno a piano rialzato le porte degli uffici 08,09 e 10 saranno installate su muratura e saranno realizzate in legno massello con disegno identico alle porte esistenti originali in altre parti di edificio.

A piano rialzato l'impennata esistente in corrispondenza della separazione zona uffici con capannone a nord, verrà recuperata, smontata e rimontata a chiusura dell'atrio di ingresso e restaurata.

Le altre porte interne sono quasi tutte in cristallo installate sulle pareti mobili.-

Sono in legno tamburate con finitura laccata le porte dei bagni e dei locali tecnici ai piani rialzato, primo e secondo. Le porte dei bagni saranno dotate di griglie di areazione secondo le dimensioni riportate negli elaborati meccanici in tinta con la laccatura.

In legno sono realizzati i lucernari apribili in legno, da installare per raggiungere i rapporti aero illuminanti previsti da normative e regolamenti vigenti; i lucernari saranno dotati di motore, telecomando e sensore pioggia.

#### **6.1.7 INFISSI METALLICI**

In corrispondenza di tutte le partizioni REI 60 previste (vedi paragrafo relativo all'adeguamento normativo in materia di prevenzione incendi) verranno installate porte REI 60, dotate di congegno di auto chiusura, magneti per il mantenimento in posizione di apertura ove ritenuto necessario (vedi progetto Impianti Elettrici), visiva ove l'apertura comporta il rischio di urto, maniglione antipanico se installate lungo le vie di fuga.

In alluminio sono gli infissi del livello seminterrato e il lucernario del capannone. Gli infissi in alluminio, così come quelli in legno, devono esplicitare le prestazioni imposte dalle normative in materia di contenimento dei consumi energetici e abbattimento rumore.

Alcuni locali del laboratorio strade dovranno essere isolati acusticamente ed è prevista l'installazione di una porta in lamiera con una capacità di isolamento acustico minimo 42 db.

Gli infissi della parte ribassata d'ingresso del laboratorio strade (attuali vetrocementi) verranno realizzati con profili in ferro e doppio vetro con disegno simile a quello deducibile dalle foto originali.

Nel locale sono inoltre presenti due grandi portoni d'ingresso che saranno realizzati in metallo e cristallo doppio e saranno scorrevoli a comando motorizzato.

La separazione tra piano primo e secondo sarà realizzata con profili in ferro a disegno e cristalli di sicurezza per garantire la maggiore trasparenza possibile tra i due livelli.

La separazione tra gli uffici a piano secondo è anch'essa realizzata mediante infissi in ferro e lastre doppie di policarbonato, anche in questo caso per garantire la maggiore trasparenza possibile.

#### **6.1.8 PARETI INTERNE MOBILI**

La scelta di utilizzare pareti mobili attrezzate per la separazione degli uffici viene dalla necessità di rendere evidenti le nuove partizioni rispetto ai volumi esistenti e di avere comunque una flessibilità che consente successivi interventi di modifica spaziale senza eccessivi oneri e disagi.

A piano rialzato in generale la separazione tra gli uffici è realizzata con pareti contenitore e la separazione con i corridoi sarà realizzata con pareti divisorie. Questo consente da una parte di avere sufficiente volume a disposizione per l'archiviazione per gli uffici e di installare parti vetrate sulle pareti divisorie che insieme alle porte in cristallo portano luce al corridoio centrale privo d'illuminazione naturale. Le pareti sono alte sino a 2,90 mt e su di esse poggiano le partizioni in cartongesso che vanno sino al soffitto. Ove possibile (partizioni in cartongesso e pareti divisorie) è previsto il posizionamento di isolamento acustico interno realizzato in pannelli di lana di vetro.

A piano rialzato i fancoils per il riscaldamento e raffrescamento sono posizionati sottofinestra nascosti entro zoccolatura a disegno di mascheramento. La zoccolatura sarà dotata di griglie di mandata e ripresa in posizione opportuna e sarà costituita da parti fisse e pannello frontale in corrispondenza dei fancoils apribile per ispezione.

A piano primo e secondo, vista la diversa configurazione degli spazi, le parti contenitore sono posizionate lungo il corridoio, mentre le pareti divisorie separano gli uffici contigui; l'illuminazione "naturale" del corridoio è in questo caso garantita solo dalle porte in cristallo. Le pareti contenitore del corridoio saranno predisposte per l'accoglimento dei fancoils nella parte inferiore. Alcuni contenitori ospiteranno i condotti di mandata e di ripresa dell'aria primaria che dal sottotetto piano secondo raggiungono e servono sia il piano secondo che il piano primo attraverso le pareti mobili attrezzate.

Le pareti sono alte sino a 2,20 mt e su di esse poggiano le partizioni in cartongesso che vanno sino alle soprastanti travi. Ove possibile (partizioni in cartongesso e pareti divisorie) è previsto il posizionamento di isolamento acustico interno realizzato in pannelli di lana di vetro.

Le finiture in melaminico delle pareti mobili attrezzate saranno a scelta della direzione dei lavori. Le antine delle pareti saranno in genere in cristallo, salvo casi eccezionali.

### **6.1.9 ARREDI TECNICI**

In appalto è prevista la fornitura ed installazione degli arredi tecnici da laboratorio per il laboratorio stradale a piano rialzato e auletta strade a piano seminterrato. Gli arredi tecnici costituiscono parte integrante ed integrata del lavoro in quanto contengono l'impiantistica a servizio del laboratorio (impianti f.m. e dati fonia, d'illuminazione, idrico sanitario e scarico, distribuzione aria compressa, aspirazione, etc...) e contemporaneamente, grazie alle pareti divisorie integrate, costituiscono la separazione fisica tra i diversi ambienti del laboratorio.

Gli arredi saranno costituiti da banconi da laboratorio con struttura metallica e ripiani in generale in "gres monolitico" al fine di sopportare l'accidentale sversamento di sostanze aggressive o le eventuali relativamente elevate temperature, modulo tecnico integrato costituito da pannellatura di sostegno dei terminali degli impianti e di chiusura eventuale degli ambienti.

L'arredo sarà dotato di tutti i contenitori, come mensole portareagenti, armadietti pensili, mobili con sportelli e cassettiere necessari all'attività di laboratorio. Le finiture sono in genere in laminato plastico al fine di garantire una buona resistenza agli agenti aggressivi.

La fornitura con installazione dell'arredo tecnico comprende l'installazione delle cappe e cappette da laboratorio che garantiscono aspirazione per esecuzione in sicurezza ed in condizioni igienico sanitarie idonee le operazioni previste in laboratorio. Nella fornitura sono compresi motori di aspirazione di cappe e cappette da installare in copertura. Le tubazioni in PVC per l'impianto d'estrazione sono previste negli impianti meccanici. Il percorso delle tubazioni, così come dei canali elettrici, "a pettine" lungo le pareti perimetrali del laboratorio è necessario per consentire l'utilizzo del carroponete.

I banconi, ove necessario saranno dotati di lavabi in polipropilene e di impianto di adduzione e scarico acqua sanitaria in corrispondenza.

### **6.1.10 MURATURE**

L'utilizzo delle murature è estremamente limitato; per le murature portanti fare riferimento al paragrafo relativo alle strutture. Per il resto le murature sono utilizzate prevalentemente per la realizzazione delle partizioni RELI e per la creazione dei servizi igienici e locali tecnici. In generale per i servizi igienici sono utilizzati tavolati forati che garantiscono buona resistenza all'umidità e facile integrabilità con l'impiantistica.

### **6.1.11 CARTONGESSI**

I cartongessi, oltre che per le citate chiusure in altezza delle pareti mobili attrezzate, sono utilizzati prevalentemente per la creazione del cappotto interno di coibentazione dell'involucro esterno. La scelta consente rapido montaggio, integrabilità assoluta con l'isolamento in pannelli che viene fissato tra le guide e l'adattabilità della controparete a l'andamento delle pareti originali con riferimento in particolare agli sguinci delle finestre ed alla parte tonda delle stesse.

È inoltre prevista la realizzazione di tutti i cassonetti necessari a mascheramento degli impianti.



### **6.1.12 INTONACI**

L'intonaco sarà in tipologie e finiture diverse secondo l'utilizzo e/o il posizionamento. Saranno realizzati intonaci ignifughi ove necessario compartimentale (tutti i soffitti del piano seminterrato), intonaco al civile in generale nei locali tecnici, negli atrii e nei corridoi, finitura a gesso nei locali in cui sono presenti anche pareti in cartongesso, intonaco al rustico per le parti piastrellate dei servizi igienici.

È prevista la fornitura ed installazione di manufatti in cemento decorativo per davanzali e sottogronde.

È previsto il risanamento delle strutture in calcestruzzo armato delle capriate mediante l'asportazione dei copri ferri distaccati, la pulizia e protezione anticorrosiva ricalcinizzante dei ferri d'armatura e la ricostruzione dei copri ferri mediante malta a ritiro controllato.

### **6.1.13 ISOLAMENTI TERMO-ACUSTICI**

La coibentazione dell'involucro esterno verrà realizzata con pannelli rigidi in lana di roccia di medio alta densità; è stata scelta la lana di roccia come isolamento in quanto prodotto naturale dalle grandi proprietà coibenti, e contemporaneamente fono isolanti e fonoassorbenti, per le ottime capacità di resistenza al fuoco, in quanto non contribuisce né allo sviluppo né alla propagazione dell'incendio, né all'emissione di gas tossici, per la stabilità all'umidità e per quella dimensionale e prestazionale.

Per l'isolamento acustico delle pareti interunità si utilizzeranno pannelli in lana minerale, ma in questo caso potranno essere anche a bassa densità (lana di vetro).

Come consigliato nella relazione acustica e riportato nei paragrafi precedenti i massetti saranno posati su strato anticalpestio.

Gli isolamenti a pavimento saranno realizzati in polistirene al fine di avere sufficiente rigidità e resistenza allo schiacciamento (seminterrato e terrazzo nord-est).

La copertura del capannone sarà isolata mediante pannelli preformati di polistirene espanso estruso già accoppiata a struttura in alluminio per l'alloggiamento delle tegole alla marsigliese. Tale soluzione permette una più rapida installazione.

La copertura del corpo dell'ala est avrà isolamenti in pannelli semirigidi di lana di roccia.

Tutti gli isolamenti dell'involucro sono messi in opera con barriera al vapore del lato caldo dell'isolamento, risultante necessarie dalle verifiche termo igrometriche condotte con il metodo Glaser.

I controsoffitti degli uffici ai piani rialzato e primo saranno isolati acusticamente feltri imbustati di lana di vetro a bassa densità.

### **6.1.14 OPERE DI PROTEZIONE AL FUOCO**

Come detto gli impianti (tubazioni e passerelle elettriche) che attraversano partizioni di REI definita dovranno esser protette mediante collari termo espandenti (tubazioni) e sacchetti termo espandenti (passerelle elettriche).

Ove necessario sono installati controsoffitti in lastre di calcio silicato per ottenere il REI 60.

Tutte le nuove strutture metalliche saranno protette con pittura intumescente così come le opere in calcestruzzo armato esistenti ove necessario (capriate laboratorio di strade) e le nuove strutture lignee del tetto.

I soffitti dell'ala est dei piani rialzato e primo (solo per la parte nord) saranno placcate con lastre in gesso rivestito al fine di garantire l'R60.

Nel filtro è prevista l'installazione di canna shunt per l'areazione dello stesso.

### **6.1.15 IMPERMEABILIZZAZIONI**

L'impermeabilizzazione realizzata con doppia guaina elastomerica verrà realizzata, previa stesura di imprimitura bituminosa a base acquosa, in tutto il seminterrato, sulle pareti della bocca di lupo e sulle nuove parti esterne realizzate nel cortile su via Bonardi e ad est in corrispondenza dell'uscita scala.

La realizzazione del manto impermeabile costituito da doppia guaina superiore granagliata è prevista per il terrazzo della parte nord dell'ala est.

Tutti i manti impermeabili sono realizzati con idonei risvolti sulle pareti laterali.

Manto impermeabile traspirante per coperture in legno costituito da combinazione di membrana traspirante e impermeabile tra due tessuti non tessuti è installato in corrispondenza di tutte le coperture.

### **6.1.16 OPERE DA LATTONIERE**

Le opere da lattoniere previste in rame sono la realizzazione di tutti i pezzi speciali delle coperture quali impluvi, comignoli, raccordi, le gronde ed i pluviali di tutta l'area d'intervento.

La parte terminale dei pluviali sarà in ghisa verniciata di colore identico agli altri esistenti presso il Campus Leonardo.

### **6.1.17 CARPENTERIE METALLICHE**

Per le carpenterie metalliche fare riferimento al successivo paragrafo strutture.

### **6.1.18 IMPIANTI ELEVATORI**

In appalto è prevista la fornitura ed installazione di n°2 impianti elevatore:

- un impianto ascensore presso il nuovo gruppo di collegamenti verticale nel corpo centrale dell'ala est
- un montacarichi a pantografo per il trasporto dei materiali a seminterrato all'esterno dell'ala est in posizione accessibile ai mezzi di carico e trasporto.

L'ascensore sarà di elettrico gearless MRL rispondente alle norme EN 81.1:2010 - 95/16Ce; la scelta al fine di avere un impianto a basso consumo energetico, privo di locale macchina e conseguentemente con ingombri minimi del quadro di manovra.

L'ascensore è più ampio delle previsioni minime della normativa Regione Lombardia in tema di abbattimento barriere architettoniche; l'interno e l'esterno della cabina sono studiati per garantire il rispetto di tutte le previsioni normative in materia.

Il montacarichi a pantografo sarà precluso all'utilizzo con persona a bordo e riservato al trasporto merci. La soluzione scelta a pantografo e le dimensioni e posizione dello stesso sono dovute alla particolare configurazione possibile del fondo fossa dello stesso per la presenza del piede del muro di contenimento in adiacenza.

### **6.1.19 PAVIMENTAZIONI, RIVESTIMENTI, OPERE DA FALEGNAME, OPERE DA FABBRO, CONTROSOFFITTI, OPERE DA IMBIANCHINO E VERNICIATORE**

Per quanto riguarda le opere in oggetto fare riferimento al precedente paragrafo “5.11 *Estetica e rinnovo delle finiture*”.

## 6.2 SRUTTURE

L'intervento è stato articolato in lotti di realizzazione. Gli interventi strutturali riguardano le seguenti aree dell'edificio:

- Al piano seminterrato, l'ala Bonardi a nord, la torretta nord-est, il corpo di collegamento a est tra i due e la porzione centrale del seminterrato dell'edificio realizzato negli anni '90 tra quelli esistenti, nel quale verrà realizzato un locale per impianti.
- Al piano rialzato, l'ala est della corte principale, la torretta nord-est, l'edificio di collegamento a est e l'ala Bonardi dove verrà realizzato il soppalco.
- Al piano primo, l'ala est della corte principale e le torrette nord-est e sud-est dove verrà realizzato il soppalco oltre al corpo di collegamento est.
- Verrà inoltre demolito il solaio di sottotetto e rifatta la struttura della copertura dell'ala est e delle torrette adiacenti dell'edificio principale.

Nel seguito vengono descritti nel dettaglio i vari interventi strutturali nell'ambito del 1° lotto dei lavori. Si rimanda agli elaborati grafici per una completa presa visione.

### 6.2.1 FONDAZIONI

Il corpo centrale dell'ala est sarà oggetto di un radicale intervento strutturale a tutti i livelli per la creazione all'interno di esso di un vano ascensore e di un vano scala con muri portanti in c.a.. Le fondazioni saranno composte da un graticcio di travi continue spinato alle estremità sui 4 lati ai dadi di fondazione delle murature esistenti.

La fossa dell'ascensore sarà realizzata in calcestruzzo armato.

All'estremità ovest dell'ala Bonardi verrà realizzata la predisposizione per un futuro vano scale e ascensore da realizzare in un lotto successivo. La fossa ascensore sarà anch'essa realizzata in calcestruzzo armato.

Ai lati della fossa verranno realizzati dei cordoli che costituiranno la fondazione della futura scala a struttura metallica e di un futuro muro in c.a. a sostegno della stessa.

Sempre nell'ala Bonardi verranno rinforzate le fondazioni dei maschi in corrispondenza dei quali graveranno i profili principali del nuovo soppalco. Ai plinti verrà collegata la carpenteria metallica di collegamento ai profili di rinforzo delle murature, descritti nel paragrafo relativo.

Un intervento analogo in fondazione non si rende necessario per il soppalco della corte principale in quanto in questa zona, l'incremento dei carichi statici dovuto al soppalco è ampiamente compensato dalla riduzione dovuta alla demolizione di due solai: un piano attualmente adibito ad uffici ed il sottotetto esistente.

Nell'interrato dell'edificio di più recente costruzione realizzato in corrispondenza dell'ex locale caldaie tra gli edifici originari, verrà realizzata una struttura metallica e un tamponamento in blocchetti vibrocompressi in cls all'interno del quale verranno alloggiati degli impianti frigoriferi. In gran parte le nuove strutture verranno poggiate direttamente sulle fondazioni esistenti a trave continua in c.a. Dove queste non sono presenti, il muro in blocchetti sarà fondato su nuovi cordoli, complanari alle fondazioni esistenti.

All'estremità est dell'ala Bonardi verrà realizzata una nuova bocca di lupo in c.a. necessaria per l'areazione permanente dei depositi.

### 6.2.2 STRUTTURE PORTANTI VERTICALI E SCALE

Il vano ascensore è delimitato da setti in calcestruzzo armato. I setti proseguono oltre il vano ascensore a delimitare il cavedio impianti e il vano scale e forniscono l'appoggio, ai vari piani, ai campi di solaio di nuova realizzazione, allo sbarco delle scale e dell'ascensore e alle porzioni di solaio esistente che vengono tagliate e preservate. Su due lati, il terminale dei setti viene spinato alle murature perimetrali esistenti.

L'extracorsa dell'ascensore prosegue oltre il solaio di sottotetto di nuova realizzazione e fornisce l'appoggio per i puntoni lignei in falda con cui è realizzata l'orditura primaria della copertura in questa zona.

Nell'interrato del corpo di fabbrica realizzato negli anni '90, come detto, verrà realizzata una struttura di presidio per delle apparecchiature impiantistiche che consentirà la successiva demolizione delle strutture circostanti senza la disattivazione della sottocentrale impiantistica.. Verranno installati telai metallici sui quali verrà disposta una lamiera metallica con la doppia funzione di proteggere i macchinari durante la demolizione della parte in elevazione dell'edificio, prevista durante l'ultimo lotto della ristrutturazione, e fungere da cassero per il getto del futuro solaio di calpestio per il cortile in progetto.

In corrispondenza dei profili principali dei nuovi soppalchi verranno incassati nuovi profili metallici nelle murature o semplicemente tassellati ad esse, adeguatamente accoppiati e/o calastrellati. Scopo dell'intervento è di irrobustire le murature nei confronti dei nuovi carichi verticali introdotti e garantire un migliore comportamento nei confronti dell'assorbimento di azioni orizzontali

All'interno del nuovo vano scala verrà realizzata una scala a struttura metallica. Le pedate dei gradini sono in pietra, al di sotto delle quali, così come sulle alzate è disposta una lamiera microforata. I pianerottoli intermedi sono realizzati con struttura analoga e piano di calpestio in pietra.

Al piano terra di via Bonardi verrà inoltre realizzata una scala di collegamento agli uffici presenti sul soppalco di uno dei due corpi secondari che viene mantenuto. La scala attualmente presente non è a norma e viene demolita. Per consentire la realizzazione della nuova scala, parte del soppalco viene demolita riducendone la superficie utile. La scala ha struttura simile a quella descritta, con cosciali in acciaio.

Sempre al piano terra di via Bonardi, all'estremità est, verrà realizzata una rampa rimovibile a struttura metallica con scaletta pedonale, per coprire il dislivello di circa 65cm esistente tra l'area di accesso carrabile e il corpo principale dell'edificio.

### 6.2.3 ORIZZONTAMENTI ESISTENTI

Il solaio di piano rialzato è oggetto di molti rimaneggiamenti.

Nell'ala Bonardi verrà demolita gran parte della prima campata in direzione ovest per realizzare la predisposizione per il vano scala ascensore da realizzare nei successivi lotti. In altri punti del solaio dell'ala Bonardi si procederà inoltre alla chiusura di cavedi esistenti; in particolare all'estremità est del solaio, la demolizione di tre basamenti in calcestruzzo di grandi dimensioni che fornivano l'appoggio a macchinari ormai dismessi, comporterà il rifacimento di tre campi di volta per circa la metà della loro estensione. Le nuove volte verranno realizzate in c.a. con spessore e andamento analogo alle originali. Le travi ribassate verranno per quanto possibile conservate, con l'eccezione di una trave secondaria nell'ultima campata a est, che verrà anch'essa ricostruita con le dimensioni originali.

Il solaio del corpo centrale dell'ala est verrà interamente demolito per consentire la costruzione dei muri del vano scala-ascensore. Verrà ripristinato con una soletta in c.a. che poggia sui muri perimetrali in muratura e sui nuovi muri in c.a.

Verranno inoltre chiuse tre forometrie di grandi dimensioni, attualmente presenti nella volta in mattoni con cui è realizzato il solaio dell'ala est del corpo principale. Le porzioni di volta verranno chiuse con volte in c.a. di pari spessore spinute sui 4 lati alla volta in muratura. Per ripristinare un'adeguata monolicità delle volte, nelle zone interessate dall'intervento, verrà inoltre realizzata, all'estradosso, un cappa di rinforzo in c.aresa solidale alla parte in muratura tramite spinotti metallici diffusi.

Al piano 1°, il solaio del corpo centrale viene parzialmente demolito per circa i 2/3 della sua estensione, sempre per consentire la creazione del vano scala. Il piano di calpestio nella parte demolita viene ripristinato con una soletta piena in c.a.. Le travi principali ribassate della porzione di solaio mantenuta, vengono tagliate e alloggiare in apposite tasche da prevedere all'interno del nuovo muro in c.a. del vano ascensore.

Previo demolizione del sopralzo sull'ala est, il solaio di sottotetto in latero-cemento viene interamente demolito in tutta la zona oggetto di intervento, che si ricorda essere l'ala est e le torrette sud-est e nord-est. A questo livello, nella torretta nord-est viene realizzato un nuovo orizzontamento con una soletta piena di spessore 20cm ad una quota superiore rispetto all'esistente. Analogamente vengono demoliti i solai di



sottotetto attualmente presenti nei due corpi secondari laterali prospicienti via Bonardi.

#### 6.2.4 NUOVI ORIZZONTAMENTI

I nuovi solai verranno realizzati con struttura composta acciaio-calcestruzzo; sull'orditura di profili metallici principale e secondaria verrà disposta una lamiera metallica collaborante con soletta in c.a. I profili verranno resi collaboranti alla soletta in c.a con connettori a piolo.

Nella porzione centrale dell'ala est i profili poggeranno sulla muratura perimetrale esterna e sulla pilastrata centrale, mentre proseguono a sbalzo in direzione della pilastrata perimetrale della corte interna, dalla quale sono distanziati di circa 60cm; il collegamento a quest'ultima è realizzato con tubolari quadri posti in opera al termine delle operazioni di getto dei solai. I pilastri intermedi, che attualmente arrivano al livello del solaio di sottotetto verranno demoliti e cerchiati con profili angolari sui 4 spigoli e calastrellati in quella inferiore.

Sui lati, nelle zone delle torrette, i profili principali sono in semplice appoggio, posati direttamente sui maschi in muratura.

Sulle pareti perimetrali, in corrispondenza delle aperture, il solaio è arretrato di 60cm dal filo delle murature e lo spazio rimanente è chiuso con una vetratura.

Per il soppalco del corpo su via Bonardi, le membrature principali saranno costituite da profili in acciaio. All'estremità del soppalco in direzione est, la necessità di realizzare una porzione di solaio più bassa per consentire l'accesso dalla scala esterna del cortile in progetto nell'ultimo lotto, ha portata ad abbassare due profili principali.

Analogamente all'altro solaio, nei tratti dove il soppalco è arretrato in corrispondenza delle finestre.

Il soppalco verrà prolungato anche in uno dei due corpi secondari prospicienti a via Bonardi (ovest), previa demolizione di quello esistente, a quota inferiore rispetto a quello in progetto.

#### 6.2.5 COPERTURE

In tutta la zona del corpo principale oggetto di intervento, la struttura della copertura lignea viene rimossa e ricostruita in legno lamellare. Le nuove capriate avranno conformazione e pendenze uguali alle esistenti ma membrature adatte ai carichi imposti dalla normativa attuale.

La copertura a doppio padiglione della torretta di sud-est sarà realizzata con due capriate complanari disposte sulle due diagonali. Verranno comunque disposti i puntoni metallici complanari alle catene in direzione perpendicolare, collegati con carpenteria metallica alle murature perimetrali e ammorsate tramite scassi in quelle interne.

Grazie all'efficace contenimento delle spinte offerto dal nuovo solaio di sottotetto, nella torretta nord-est non vengono realizzate capriate, e l'andamento dei compluvi e dei displuvi delle falde viene ricostruito con puntoni, sempre in legno lamellare.

Il solaio in latero-cemento in falda che realizza la copertura del padiglione Bonardi presenta uno stato di conservazione non perfetto ed eccessive deformazioni. Si è quindi provveduto al suo rinforzo con l'inserimento di due profilati rompitratta; questi andranno disposti in corrispondenza della mezzera delle campate e vincolati alle travi in c.a. della copertura e al cordolo di testa perimetrale, a mezzo di una carpenteria metallica. In corrispondenza del corpo di collegamento est verrà inoltre realizzato un passaggio per delle tubazioni per il trattamento dell'aria

La copertura a padiglione dei due corpi secondari su via Bonardi è in legno e se ne prevede la rimozione e il completo rifacimento. L'orditura principale sarà realizzata con puntoni in legno lamellare; l'orditura secondaria verrà ripristinata come quella originale.

Sulla copertura del corpo di collegamento est verranno installati degli impianti per il raffrescamento, previa rimozione dell'attuale sovrastruttura in muricci e lamiera metallica in falda. Le attrezzature impiantistiche verranno impostate su profili in acciaio, che lavoreranno in semplice appoggio da una muratura perimetrale all'altra, poggianti su un cordolo in c.a. realizzato allo scopo. Sui profili verrà poi disposto un grigliato

metallico pedonale per agevolare l'accesso durante le operazioni di manutenzione.

Verrà infine realizzata un'apertura all'estremità del solaio attraverso la quale passeranno le tubazioni dirette dai macchinari in copertura al padiglione Bonardi. Per realizzarla verrà posto in opera un bilancino composto da un profili in acciaio.

## 6.3 IMPIANTI MECCANICI

### 6.3.1 GENERALITÀ

Le opere di impianti meccanici previste nell'appalto riguardano, nel complesso:

- a) La rimozione di tutti gli impianti esistenti, comprese le opere necessarie per il mantenimento in funzione degli impianti della restante parte degli edifici.
- b) La realizzazione della nuova centrale frigorifera per l'edificio 4, inizialmente composta da n°1 gruppo frigorifero a servizio dei locali realizzati nell'ambito del lotto 1 dei lavori ed in seguito composta da n°2 gruppi frigoriferi.
- c) La realizzazione dei circuiti per la distribuzione dell'acqua calda e refrigerata alle utenze, all'interno della nuova sottocentrale, a partire, i circuiti caldi, dallo scambiatore di calore ivi esistente e relativo collettore acqua calda. I circuiti freddi a partire dal collettore dell'acqua refrigerata.
- d) La realizzazione degli impianti di condizionamento per le utenze, alimentati dall'acqua calda e refrigerata, distinti in
  - a. Impianto a tutt'aria per il laboratorio strade
  - b. Impianto misto del tipo fan coil ed aria primaria per le altre utenze (uffici ed aule)
- e) La realizzazione delle predisposizioni delle tubazioni per l'acqua calda e refrigerata a servizio delle utenze dei futuri lotti di ristrutturazione dell'edificio
- f) La realizzazione delle seguenti predisposizioni ed impianti per il laboratorio strade
  - a. Predisposizione di tubazioni per il convogliamento all'esterno delle aspirazioni delle cappe
  - b. Impianto centralizzato di produzione e distribuzione aria compressa

### 6.3.2 CENTRALE FRIGORIFERA

La centrale frigorifera sarà ubicata al piano seminterrato, in un locale ad uso esclusivo appositamente predisposto nell'ambito dei lavori edili del lotto 1.

La centrale è prevista per il funzionamento di n°2 gruppi frigoriferi di cui uno di installazione immediata nell'ambito dei lavori del lotto 1; il secondo di installazione futura.

I gruppi saranno entrambi del tipo raffreddati ad aria ed "a condensazione remota" avendo il condensatore ubicato in posizione diversa dalla macchina frigorifera.

I condensatori, complessivamente in numero di 2, uno per ciascun gruppo frigo, verranno ubicati all'esterno, sulla terrazza di copertura al piano secondo.

La potenza frigorifera di ciascun refrigeratore sarà di 675 kWf, per una potenza complessiva di centrale frigorifera pari a 1.350 kWf.

I gruppi saranno del tipo multi compressore a più gradini di parzializzazione della potenza, precisamente ciascun gruppo sarà dotato di n°2 compressori ed avrà 4 gradini di parzializzazione.

I gruppi frigoriferi saranno connessi in parallelo tra loro e collegati alla sottocentrale di scambio e distribuzione a mezzo di un gruppo di n°4 elettropompe di circolazione primaria, 3 in funzione ed 1 di riserva.

Il gruppo di elettropompe primarie sarà installato nella Centrale Frigorifera, in adiacenza ai gruppi frigo; la distribuzione secondaria avrà invece origine dai collettori dell'acqua refrigerata ubicati nella sottocentrale di scambio, descritti al punto successivo.

La scelta di installare i gruppi frigoriferi con condensazione remota, deriva dalle seguenti problematiche:

1. Impossibilità di installare in copertura gruppi frigoriferi con condensatore raffreddato ad aria per insufficienza degli spazi tecnici per la installazione e manutenzione.
2. Impossibilità di installare in copertura torri di raffreddamento per insufficienza degli spazi tecnici per la installazione e manutenzione.
3. Ridotto ingombro delle tubazioni liquido-gas di collegamento dei Gruppi Frigo (moto evaporanti) al seminterrato ai condensatori remoti. Conseguente maggior facilità di attraversamento degli spazi ristretti

#### Gruppo di pompaggio multi-pompe di tipo senza inverter

La portata totale di acqua refrigerata (pari a ca. 232 mc/h) ha condotto alla installazione di n°4 elettropompe ciascuna da ca. 78 mc/h, in modo da averne n. 3 in funzione ed n°1 in riserva attiva.

Si è preferita questa soluzione ad altre con n°2 o n°3 pompe per evitare la installazione di grosse taglie di

macchine da esercire in stand-by.

E' infatti facile verificare che, nel caso di installazione di n°2 pompe, la pompa di riserva avrebbe avuto pari portata della principale (232 mc/h).

Nel caso di installazione di n°3 pompe, due in funzione + 1 in riserva, la pompa in stand by avrebbe avuto comunque notevoli dimensioni (116 mc/h).

Per queste portate la scelta di n. 4 elettropompe, si rivela la più valida dal punto di vista costo-benefici.

#### **Alimentazione delle pompe senza inverter**

Tale scelta è determinata dalla necessità di avere portata costante sul circuito primario di alimentazione dell'evaporatore del gruppo frigorifero, che funziona a portata costante e temperatura variabile in funzione del carico, regolata dal microprocessore a bordo macchina. In tal caso la alimentazione delle pompe con inverter non solo sarebbe inutile ma potrebbe rivelarsi dannosa.

### **6.3.3 CIRCUITI DI DISTRIBUZIONE SECONDARIA ACQUA CALDA E REFRIGERATA**

All'interno della nuova sottocentrale di scambio termico saranno realizzati i circuiti di distribuzione dell'acqua calda e refrigerata alle seguenti utenze:

- Fan coils e radiatori servizi igienici– circuito acqua calda
- Fan coils – circuito acqua refrigerata
- Unità di condizionamento aria laboratorio strade (alimentazione derivata da circuiti fan coils
- Unità di trattamento aria primaria uffici ed aule (aula strade al piano seminterrato )

I circuiti saranno costituiti, oltre che dalle tubazioni di collegamento, dai gruppi pompe di circolazione secondaria, dalle apparecchiature di regolazione, controllo e sicurezza.

Tutte le elettropompe dei circuiti secondari saranno alimentate tramite inverter, per funzionamento a pressione costante e portata variabile.

A differenza di quanto visto al precedente punto in merito alle pompe di circolazione del primario dei gruppi refrigeratori d'acqua, tutte le pompe dei circuiti secondari saranno alimentate tramite inverter per la ottimizzazione della potenza assorbita a mezzo della riduzione del numero di giri in funzione della portata necessaria ai circuiti di utilizzo.

Le pompe funzioneranno quindi tutte a portata variabile ed i circuiti utilizzatori secondari saranno tutti regolati a mezzo di valvole servocomandate a due vie: al diminuire della richiesta in raffreddamento o in riscaldamento dette valvole moduleranno la progressiva chiusura del passaggio del fluido. Tale chiusura provocherà una riduzione di portata ed un iniziale innalzamento di pressione del circuito che, rilevato dai sensori di pressione, provocherà la riduzione del numero di giri delle pompe, con diminuzione di potenza assorbita e conseguente risparmio energetico.

### **6.3.4 IMPIANTO CONDIZIONAMENTO LABORATORIO STRADE**

L'impianto sarà del tipo a tutt'aria, come normalmente vengono definiti gli impianti che non hanno terminali alimentati ad acqua interni agli ambienti.

L'aria di mandata, trattata all'interno di una unità a sezioni componibili, sarà composta da una miscela di aria di ricircolo e di aria esterna di rinnovo. Questa sarà in ragione di n. 6 Vol.Amb/h e costituirà il 50% ca. dell'aria di mandata.

La ripresa dell'aria ambiente sarà convogliata alla unità di trattamento; all'interno della unità il 50% della intera portata verrà inviata ad un recuperatore di calore e quindi espulsa, la restante quota verrà miscelata con aria esterna di rinnovo ed inviata ai trattamenti di filtrazione, riscaldamento, umidificazione invernali o raffreddamento e deumidificazione estiva.

L'aria trattata sarà inviata agli ambienti a mezzo di un sistema di canalizzazioni in lamiera zincata. Il primo tratto di linea sarà a sezione rettangolare. Essa sarà raccordata, all'ingresso del laboratorio, con canali circolari. Le canalizzazioni, rettangolari e circolari, saranno isolate termicamente con applicazione esterna, realizzata in fabbrica, di materassino in elastomero sintetico.

In ambiente l'aria sarà distribuita con diffusori anemostatici ad alta induzione, per installazione ad altezze elevate.

La ripresa dall'ambiente avverrà con griglie in alluminio montate a canale. Il sistema di canalizzazioni di ripresa non sarà coibentato, per il resto sarà analogo a quello di mandata.

L'impianto a tutt'aria è stato previsto per la necessità di movimentare notevoli quantità di aria per evitare la stratificazione dovuta alla notevole altezza, associata alla difficoltà di installazione di apparecchiature fan coils a pavimento per la impossibilità di alimentarli ed ubicarli correttamente in funzione delle esigenze del layout delle attrezzature.

### **6.3.5 IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO UFFICI ED AULE**

L'impianto di condizionamento per gli uffici e le aule sarà del tipo misto aria-acqua, secondo la definizione che tecnicamente viene data agli impianti fan-coils ed aria primaria, dove i primi, alimentati ad acqua, controllano la temperatura dei singoli ambienti mentre l'aria primaria fornisce il ricambio di ventilazione e controlla la umidità.

L'impianto fan-coils previsto sarà del tipo "4 tubi", quindi con due linee di alimentazione separate, una per l'acqua calda l'altra per la refrigerata. In tal modo si ha la possibilità di raffrescare i locali con carichi interni maggiori contemporaneamente al riscaldamento di quei locali che presentano maggior dispendi termici, esposizione sfavorevole, carichi interni ridotti.

L'impianto di aria primaria sarà costituito da una unità per il trattamento dell'aria esterna di rinnovo, ubicata nella sottocentrale di scambio termico al piano seminterrato, e dal sistema di distribuzione e diffusione aria in ambiente, realizzato con canalizzazioni in lamiera zincata a sezione rettangolare e bocchette di immissione ed estrazione aria in alluminio anodizzato.

La distribuzione dei fluidi di alimentazione dei fan coils e dell'aria primaria sarà interna ai controsoffitti, ad appositi cassonetti nonché agli armadi d'arredo nei percorsi verticali ed orizzontali.

Allo stesso modo nei medesimi cassonetti ed armadi d'arredo saranno installati i fan coils interni ai singoli locali.

Più precisamente ai piani primo e secondo i fan coils saranno installati negli armadi; al piano rialzato e nella aula strade al piano seminterrato essi verranno installati in cassonetti del tipo a pavimento o a soffitto.

La motivazione della scelta d'impianto del tipo misto FC+AP per il condizionamento degli uffici è stata determinata dalle caratteristiche intrinseche di questo tipo d'impianto che lo rendono largamente applicato in tutti i casi dove occorra condizionare singoli ambienti di modeste o non rilevanti dimensioni, con carichi interni dovuti a persone ed apparecchi differenti, esposizioni diverse e quindi diversa insolazione.

L'impianto previsto a 4 tubi consente inoltre la ulteriore importante flessibilità, di consentire il contemporaneo esercizio in riscaldamento ed in raffreddamento dell'impianto per far fronte ad esigenze diverse dell'utenza. La scelta deriva dalla valutazione complessiva dell'intervento riferita all'intero edificio, per la presenza di laboratori ed ambienti in cui si possono presentare condizioni climatiche parecchio differenti tra di loro, per differenti condizioni di carichi interni, presenze di celle calde e fredde, necessità di avere temperature costanti per l'effettuazione delle sperimentazioni. La scelta consente inoltre una più semplice gestione degli impianti che non necessitano di operazioni di inversione stagionale e consente di dare condizioni confortevoli anche durante le mezze stagioni.

### **6.3.6 PREDISPOSIZIONI ALLE ALIMENTAZIONI DEI FUTURI LOTTI**

Sulle tubazioni costituenti i circuiti di distribuzione dell'acqua calda e refrigerata, dimensionate in partenza per sopperire anche ai futuri fabbisogni, saranno lasciate le predisposizioni per l'alimentazione delle future utenze.

Tali predisposizioni consisteranno in n°2 attacchi per ogni linea, caldo e freddo, dotati di saracinesca di intercettazione chiusa con tappo filettato.

A monte di tali attacchi, quando questi saranno a fine linea, verrà installata una tubazione di by-pass con valvola di taratura.

La scelta di predisporre nel lotto attuale le tubazioni costituenti i circuiti di alimentazione di acqua calda e refrigerata per le utenze dei lotti futuri è in funzione di rendere nulli o minimi gli interventi di collegamento degli impianti futuri alla rete attuale di tubazioni.

Detti impianti futuri avranno quindi origine dalle tubazioni lasciate "in attesa" e chiuse con saracinesche per consentire i successivi collegamenti senza svuotamento degli impianti pre-esistenti.



### **6.3.7 PREDISPOSIZIONI PER ESTRAZIONI CAPPE**

Le predisposizioni per l' estrazione delle cappe consisteranno in n°6 condotte in PVC portate dalla prossimità delle cappe allo scarico in copertura al piano secondo, adiacente la copertura a falde del laboratorio.

Sono state scelte tubazioni di estrazione in PVC in quanto inattaccabili da eventuali agenti corrosivi per i metalli.

### **6.3.8 IMPIANTO ARIA COMPRESSA LABORATORI.**

L'impianto per l'aria compressa dei laboratori sarà costituito da una stazione di produzione di aria secca, di tipo compatto, idonea alla installazione esterna, comprendente il compressore, il refrigeratore, l'essiccatore di aria, il serbatoio di accumulo dell' aria compressa.

Detta stazione sarà ubicata nel cortile esterno del fabbricato che separa questo dalla Via Bonardi.

Per quanto idonea alla installazione esterna, la stazione di pressurizzazione sarà dotata da idonea tettoia superiore, di protezione dalle intemperie

L'aria sarà distribuita in ambiente a mezzo di una rete di tubazioni in alluminio avente percorso esterno a vista.

Gli erogatori saranno costituiti da valvole di riduzione della pressione del tipo da banco, con funzionamento da 0 a 10 bar, complete di manometro ed attacco universale. Il numero complessivo di prese alimentate sarà di 14, aventi cadauna una portata massima di ca. 400 Nlt/min

Le caratteristiche principali della stazione compatta di produzione aria compressa saranno

Pressione massima: 11 bar

Portata (ad 11bar): 653 lt/min ( pari a ca. 7000 Nlt/min)

Potenza assorbita: 4 kW

Dimensioni (cm): 190 ×63×140 (h)

Serbatoio: 500 lt

La motivazione dell'impianto centralizzato per l'aria compressa risiede nel notevole numero di utenze ( ca. 14).

Per gli altri gas tecnici il numero di utenze è ridotto a qualche unità e ciò non ha reso utile il ricorso generalizzato agli impianti centralizzati.

La scelta della stazione compatta di compressione, raffreddamento ed essiccazione dell' aria compressa, il tutto contenuto in una apparecchiatura pre-assemblata in fabbrica, è motivata dalla modesta portata richiesta nonché dalla indisponibilità di un locale dedicato all'impianto di pressurizzazione e trattamento dell' aria.

La stazione compatta prevista è idonea alla installazione esterna e sarà comunque protetta da una tettoia che costituisca riparo dalle intemperie.

## **6.4 IMPIANTI ELETTRICI**

### **6.4.1 OGGETTO DEI LAVORI**

La presente relazione tecnica, riferita al progetto esecutivo, pone gli indirizzi per l'esecuzione degli impianti elettrici e speciali conseguenti alla primo lotto della completa ristrutturazione dell'Edificio 4 del Campus Leonardo del Politecnico di Milano, al fine di recuperarne la piena funzionalità e fruibilità.

Tali opere possono essere così schematizzate:

- a) scollegamenti e rimozioni degli impianti esistenti;
- b) realizzazione del nuovo impianto F.M. e di illuminazione;
- c) realizzazione del nuovo impianto di cablaggio strutturato;
- d) realizzazione del nuovo impianto di rivelazione incendi ed evacuazione sonora;
- e) realizzazione dei nuovi impianti di controllo accessi, antintrusione e gestione dell'illuminazione.

Le destinazioni d'uso finali dei locali oggetto dell'intervento saranno le seguenti:

- ufficio;
- aula (numero massimo persone presenti 24): locale 18 piano seminterrato
- laboratorio;
- bagno;
- bagno disabili;
- corridoio.

### **6.4.2 RISPONDENZA DISPOSIZIONI DI LEGGE E DI NORMA**

Il progetto è stato realizzato nel rispetto dei seguenti riferimenti di legge e normativi.

“Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE».” d.p.r. 5 ottobre 2010, n. 207.

“Attuazione dell'articolo 1 della legge n. 123 del 2007, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”, d.lgs. 9 aprile 2008, n. 81.

“Regolamento recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici” Decreto 22 gennaio 2008, n. 37.

“Misure in tema di tutela della salute e della sicurezza sul lavoro e delega al Governo per il riassetto e la riforma della normativa in materia”, legge 3 agosto 2007, n. 123 e s.m.i.

“Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”, d.lgs. 12 aprile 2006, n. 163, e successive modificazioni e integrazioni.

“Regolamento recante disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 20, comma 8, della legge 15 marzo 1997, n. 59” d.p.r. 12 gennaio 1998, n. 37, e s.m.i.

“Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici” Legge 1 marzo 1968, n. 186.

CEI 0-2 - Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici.

CEI 11-17 – Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica. Linee in cavo.

CEI 11-20 - Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.

CEI 64-8 Parte 1, Parte 2, Parte 3, Parte 4, Parte 5, Parte 6, Parte 7 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e a 1 500 V in corrente continua

CEI 61-11 - Impianti elettrici nei mobili.

CEI 64-12 - Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario.

CEI 64-50 - Edilizia ad uso residenziale e terziario. Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici. Criteri generali.

CEI 64-52 - Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici. Criteri particolari per edifici scolastici.

CEI EN 62305 (CEI 81-10) Parte 1, Parte 2, Parte 3, Parte 4 - Protezione contro i fulmini.

CEI 103-1 - Impianti telefonici interni.

CEI EN 60617/IEC 617 - Segni grafici per schemi.

CEI EN 61300/IEC 1300 - Dispositivi di interconnessione e componenti passivi per fibre ottiche.

CEI EN 61269/IEC 1269 - Componenti per la terminazione di fibre ottiche.

UNI EN 54 - Sistemi di rivelazione e di segnalazione d'incendio.

UNI 9795:2010 - Sistemi fissi automatici di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio. Progettazione, installazione ed esercizio.

UNI ISO 7240-19:2010 - Sistemi fissi di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio. Parte 19: Progettazione, installazione, messa in servizio, manutenzione ed esercizio dei sistemi di allarme vocale per scopi d'emergenza.

#### **6.4.3 FONTI DI ALIMENTAZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA**

A causa dell'elevato assorbimento elettrico determinato dalla grande potenza installata prevista nei locali e per l'impianto di climatizzazione, si è reso necessario prevedere delle fonti separate per l'alimentazione delle utenze dell'edificio afferente al primo lotto della ristrutturazione (Quadro Generale Est) ai gruppi frigoriferi (un altro quadro dedicato) e all'impianto meccanico (un terzo quadro dedicato).

Il Quadro Generale Est sarà quindi alimentato da un interruttore di riserva già presente nella Cabina n. 2, gli altri due quadri, invece, saranno alimentati da interruttori di riserva posti nella Cabina n. 1.

#### **6.4.4 INTERVENTI DI SMANTELLAMENTO**

Si prevede lo smantellamento totale e degli impianti elettrici e speciali esistenti, a eccezione del carroponete posto nel locale 6 del piano rialzato.

#### **6.4.5 IMPIANTO F.M. E DI ILLUMINAZIONE**

Si prevede la realizzazione completa degli impianti elettrici a servizio dei locali.

Il Quadro Generale Est alimenterà dei quadri di piano per l'alimentazione delle utenze afferenti.

Ogni laboratorio sarà alimentato da un quadro dedicato collegato al quadro di piano.

Il quadro del laboratorio stradale posto al piano rialzato sarà invece alimentato direttamente dal Quadro Generale Est, a causa dell'elevato assorbimento delle macchine presenti.

La distribuzione principale sarà posata in canalina metallica grigliata; le derivazioni ai terminali saranno realizzate in tubo incassato per gli uffici e le parti comuni, a vista per i laboratori.

I corpi illuminanti saranno posati a plafone, a sospensione o incassati nel controsoffitto secondo le esigenze architettoniche.

I cavi utilizzati saranno:

- per il collegamento dalla cabina di alimentazione, cavo FG7M1 0,6/1kV;
- per il collegamento tra il quadro generale e i quadri elettrici di piano, cavo FG7(O)M1 0,6/1kV e FG7M1 0,6/1kV;
- per il collegamento tra i quadri di piano e i quadri di locale, cavo FG7(O)M1 0,6/1kV e FG7M1 0,6/1kV;
- per la distribuzione all'interno dei laboratori, cavo FG7(O)M1 0,6/1kV e FG7M1 0,6/1kV;
- per la distribuzione all'interno degli uffici e delle parti comuni, cavo FM9OZ1 450-750 V e FM9 450-750 V.

Tabella delle potenze elettriche previste.

DENOMINAZIONE		POTENZA (kW)
<b>QUADRO PIANO SEMINTERRATO</b>		
GENERALE		78
QUADRO PSI-L02	DEPOSITO STRADE	9,3
QUADRO PSI-L07	LOCALE TECNICO	1,6
QUADRO PSI-L18	AULETTA CORSI	15
QUADRO PSI-L21	FALEGNAMERIA	17
QUADRO PSI-L06	LAB. AMBIENTALE	10
MONTACARICHI		12,4
ILLUMINAZIONE	CORRIDIOIO, BAGNI	1,7
ILLUMINAZIONE SCALA		0,6
ILLUMINAZIONE SCALA	ESTERNA	0,6
ILLUMINAZIONE EMERGENZA	CORRIDIOIO BAGNI SCALE	0,9
<b>QUADRO PIANO RIALZATO</b>		
GENERALE		37
PRESE UNEL	UFFICI 08,09	2
PRESE UNEL	UFFICIO 10	1,5
PRESE UNEL	UFF. 25,26.1,26.2,27.1	3
PRESE UNEL	UFF. 22.1,22.2,23.1,23.2,24.1	3
PRESE UNEL	UFF. 27.2,24.2	1
PRESE BIPASSO	UFFICI 08,09,10	1,4
PRESE BIPASSO	UFFICI DA 22.1 A 24.2	1,75
PRESE BIPASSO	UFFICI DA 25.1 A 27.2	1,75
ILLUMINAZIONE	UFFICI DA 8 A 10	1,4
ILLUMINAZIONE	UFFICI DA 22.1 A 24.2	1,3
ILLUMINAZIONE	UFFICI DA 25 A 27.2	1,1
ILLUMINAZIONE	CORRIDIOIO, BAGNI	1,3
ILLUMINAZIONE	CAVEDIO IMPIANTI	1
<b>QUADRO PIANO PRIMO</b>		
GENERALE		52
QUADRO	1P-L29	2,2
ILLUMINAZIONE	L01-L04, L06-L08	1,
ILLUMINAZIONE	L16-L19	1
ILLUMINAZIONE	L22-L24	0,8
ILLUMINAZIONE	L20,L27,L28	0,6
ILLUMINAZIONE	CORRIDOI	1,8

DENOMINAZIONE		POTENZA (kW)
ILLUMINAZIONE	BAGNI, L21.1, L21.2	0,7
PRESE UNEL 1	L01-L04,L06-L08	3
PRESE UNEL 2	L16,L17	3
PRESE UNEL 3	L18,L19	3
PRESE UNEL 4	L20,L27,L28	3
PRESE UNEL 5	L22-L24	3
PRESE BIPASSO 1	L01-L04,L06-08	1,4
PRESE BIPASSO 2	L16-L19	3
PRESE BIPASSO 3	L20,L27,L28,L22-L24	3
PRESE	L21.1-L21.2	2,3
<b>QUADRO PIANO SECONDO</b>		
GENERALE		70,6
QUADRO	1P-L15	2,2
ASCENSORE		20,5
ILLUMINAZIONE	L08-L11	1,2
ILLUMINAZIONE	L17-L19	1
ILLUMINAZIONE	L12-L14	0,7
ILLUMINAZIONE	CORRIDOI	1,4
ILLUMINAZIONE	BAGNI, L20.1, L20.2	0,7
PRESE UNEL 1	L09,L09	3
PRESE UNEL 2	L10,L11	3
PRESE UNEL 3	L12-L14	3
PRESE UNEL 4	L17-L19	3
PRESE BIPASSO 1	L08-L11	3
PRESE BIPASSO 2	L12-L14,L17-L19	3
PRESE	L20.1-L20.2	2,3
<b>QUADRO GENERALE EST</b>		
GENERALE		385
QUADRO	PSI EST	78
QUADRO	PR EST	37,1
QUADRO	1P EST	51,9
QUADRO	2P EST	70,6
QUADRO PR-L06	LAB. STRADALE	151,4
<b>QUADRO IMPIANTI MECCANICI</b>		
GENERALE		304,8
Q. PSI-L22	CENTRALE FRIGORIFERA	23
Q. LOCALE TECNICO	ESISTENTE	7
Q. CENTRALE TERMICA	ESISTENTE	106
Q. POMPE		65,1
Q. UTA, ESTRATTORI	IN COPERTURA	73,6
COMPRESSORE	ARIA COMPRESSA	3
UTA	ARIA PRIMARIA	27
<b>QUADRO GRUPPO FRIGO</b>		
GENERALE		342
GRUPPO FRIGO	GF-01	171
GRUPPO FRIGO	GF-02 INSTALLAZIONE FUTURA	171



Si prevedono i seguenti livelli di illuminamento medio a livello del piano di lavoro:

- ufficio: 500 lx;
- aula: 500 lx;
- laboratorio: 500 lx;
- corridoio, spazio comune, bagno: 100 lx;
- vie di fuga: 10 lx.

Una parte dei corpi illuminanti sarà dotata di dispositivo di emergenza, per garantire l'adeguato livello di illuminazione di sicurezza in assenza di alimentazione elettrica.

In ogni locale con più di tre corpi illuminanti saranno previsti due circuiti di comando, uno dei quali dedicato alle lampade poste più vicine ai serramenti, al fine di limitarne l'uso e di sfruttare appieno l'irraggiamento solare. Sarà inoltre previsto un sistema di controllo e gestione dell'illuminamento tramite bus DALI.

#### **6.4.6 IMPIANTO DI CABLAGGIO STRUTTURATO**

E' prevista la realizzazione completa della parte passiva di un impianto di cablaggio strutturato, collegato a un centro stella esistente, posto nell'adiacente Edificio 8.

Saranno realizzati:

- un armadio centro stella a servizio delle zone oggetto di intervento, completo degli apparati passivi per fibra ottica;
- un armadio per ogni piano, completo degli apparati passivi per fibra ottica e per le utenze in rame;
- collegamenti in fibra ottica tra l'armadio centro stella di nuova realizzazione e quello già presente nonché tra il centro stella e gli armadi di piano mediante cavo ottico per interno/esterno tipo "tubo sfuso" con riempitivo in gel (gel filled) e guaina LSZH: 12 fibre;
- collegamenti tra l'armadio di piano e le prese utente mediante cavo multicoppie, conduttori in rame 24 AWG, conforme ISO-IEC 1180, UTP non schermato, 4 coppie, guaina in materiale LSZH, cat. 5e.

Dotazione per ogni punto dati / postazione di lavoro:

- una scatola porta apparecchi 3 moduli;
- tre prese 8 pin tipo RJ45 categoria 5e per cavi UTP con connessione posteriore di tipo IDC cablate secondo la configurazione EIA/TIA 568 opzione B.

In ogni corridoio sarà poi installata una passerella metallica grigliata per il passaggio della distribuzione degli impianti di trasmissione dati e di quelli speciali.

Nei laboratori la distribuzione di tali impianti avverrà entro tubazione posata a vista, negli uffici e nelle parti comuni entro tubazioni a incasso.

#### **6.4.7 IMPIANTO DI RIVELAZIONE INCENDIO E DI EVACUAZIONE SONORA**

Si prevede la realizzazione di un impianto completo di rivelazione incendio e di evacuazione sonora, nel rispetto delle normative vigenti.

Sarà installata una centrale analogica capace di gestire almeno 4 *loop* e 512 punti totali; ogni *loop* gestirà almeno due piani dell'edificio. Tale centrale dovrà essere compatibile per collegamento alla *control room* del Politecnico.

I rivelatori di fumo di tipo ottico saranno installati:

- nel corridoio prospicienti gli uffici;
- nei laboratori;
- nell'aula;
- nei locali tecnici.

Il sistema di evacuazione sonora dovrà svolgere autonomamente tutte le funzioni ad esso assegnate e contemporaneamente integrarsi con il sistema antincendio, in perfetta corrispondenza alle normative EN-54. L'impianto disporrà di una centrale suono che asservirà le diverse zone acustiche prelevando ed inviando loro segnali in modalità combinata o diversificata per ogni zona.

Il sistema sarà essere modulare e configurato in modo da consentire espandibilità o modifica delle

dimensioni e delle funzioni a oggi previste e/o inserite, senza necessità di sostituire i componenti già in uso, anche nell'ottica della ristrutturazione dell'intero edificio.

Per ciascuna zona sarà prevista una doppia linea e i diffusori dovranno essere collegati in modo alternato sulle due linee in modo tale da garantire la diffusione omogenea del segnale di evacuazione in caso di guasto di una delle linee. In caso di disfunzione con una sola linea, il livello sonoro non dovrà essere inferiore a quanto richiesto dalla norma.

L'impianto sarà dotato di autodiagnosi delle linee di diffusori, per rilevare l'effettivo funzionamento di una quantità di diffusori tale da garantire la diffusione adeguata dei messaggi di emergenza.

Il sistema dovrà avere tutte i requisiti per il funzionamento in ciascuna delle 4 categorie previste dalle UNI ISO 7240-19.

Il sistema, inoltre, inibirà gli impianti audio delle aule quando è necessario inviarvi messaggi relativi alla sicurezza.

#### **6.4.8 IMPIANTI SPECIALI**

Le aree dell'edificio saranno protette da un impianto di controllo accessi e antintrusione.

L'impianto di controllo accessi avrà lo scopo di gestire l'apertura delle porte con comando mediante lettore di prossimità; l'antintrusione sarà garantita da rilevatori automatici di apertura delle porte di accesso e di rivelatori di presenza.

L'impianto è costituito da una centrale di gestione, dai rivelatori in campo e dai segnalatori di allarme in atto. Sarà suddiviso in zone che faranno capo a un concentratore, a sua volta collegato alla centrale. Si prevede di individuare almeno una zona per piano. La centrale, inoltre, sarà collegata con centrali di altri edifici, consentendo la supervisione generale dell'impianto dalla *control room* del Politecnico.

Si prevede anche l'installazione di un sistema per il completo controllo e gestione dei livelli di illuminamento.

Tale sistema sarà costituito da un *router* per rete bus DALI installato per ogni piano, collegati tra loro tramite la rete dati. Al bus saranno collegate le lampade dimmerabili poste negli uffici e la gestione dell'accensione delle lampade dei corridoi.

Il sistema garantirà le funzionalità minime di regolazione dell'illuminamento negli uffici e l'accensione lo spegnimento di tutte le luci degli uffici e delle parti comuni dell'edificio da un unico punto. La presenza di *router* interconnessi per ogni piano consente, per il futuro, anche una gestione centralizzata dell'illuminamento.

## 6.5 ASSISTENZE MURARIE

Sono comprese e compensate tutte le assistenze murarie alla esecuzione delle opere civili e impiantistiche. In particolare sono comprese le realizzazioni di tutte le forometrie necessarie di qualsiasi dimensione e posizione, comprese eventuali opere provvisorie e/o definitive di rinforzo delle strutture esistenti, tutti i trasporti e sollevamenti, necessari oltre a quelli esplicitamente indicati nelle voci di progetto, la posa di tutte le tubazioni incassate o no e le scatole necessarie per gli impianti elettrici ed affini, i tracciamenti, i fissaggi e quant'altro necessario all'installazione degli impianti e delle strutture di sostegno.

È compresa la “rifilatura” delle forometrie per dare le aperture finite con regolarità, indipendentemente dal fatto che le stesse siano a vista o no e idonee alla successiva sigillatura ove necessario.

## 6.6 SICUREZZA

Il progetto della sicurezza è elaborato dal Coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione. Le opere per la sicurezza ed i relativi oneri sono suddivisi in oneri diretti per la sicurezza, cioè opere il cui costo è compreso nei prezzi unitari perché normalmente indispensabili per l'esecuzione delle lavorazioni in sicurezza e oneri specifici per la sicurezza, cioè opere realizzate appositamente per l'esecuzione delle lavorazioni in sicurezza.

Le opere per la sicurezza maggiormente onerose e significative sono i ponteggi esterni per la realizzazione delle lavorazioni in facciata ed in copertura, i ponteggi interni aia piani e i tra battelli interni di altezza superiore ai 4,00 mt, l'installazione di n°2 gru a torre per l'approvvigionamento dei materiali e il trasporto dei materiali proveniente dalle demolizioni, l'installazione delle puntellazioni per l'esecuzione delle lavorazioni in sicurezza. Per maggiori informazioni fare riferimento al Piano di sicurezza e coordinamento di progetto.

## 6.7 TEMPI

Il tempo previsto per la realizzazione dell'intervento è di n°520 giorni naturali e consecutivi; l'articolazione delle lavorazioni prevista è riportata nel cronoprogramma allegato. Il tempo contrattuale comprende i tempi per l'allestimento del cantiere e la chiusura finale con pulizia. Nella determinazione delle tempistiche si è tenuto conto delle giornate in cui sarà impossibile lavorare all'esterno per le avverse condizioni atmosferiche..

## 6.8 ORGANIZZAZIONE DEL PROGETTO

Il progetto contiene elaborati descrittivi ed elaborati grafici articolati in più sezioni. Gli elaborati generali riepilogano descrizioni progettuali e clausole e norme contrattuali valide a livello generale. Le altre sezioni riguardano le varie specialità di progettazione: Opere Civili, Opere strutturali, Impianti Meccanici, Impianti Elettrici, Impianti elevatori, Arredi Tecnici, Pareti mobili, Acustica, Sicurezza. Al progetto sono allegati gli elaborati integrativi per utilizzati o da utilizzati per l'ottenimento di autorizzazioni ed assentimenti.

Per una organica lettura e gestione il progetto, per garantire un controllo e monitoraggio dei tempi e dei costi, nonché dello stato di avanzamento del lavoro, le lavorazioni sono impostate con un'articolazione ad “albero” che tiene conto di quanto previsto da normativa e delle pratiche di progettazione e di realizzazione dell'opera.

Il progetto è scomposto sino alle lavorazioni e/o forniture elementari con una struttura ad albero denominata W.B.S. (Work Breakdown Structure) descritta nella parte prima del Capitolato speciale d'Appalto delle opere civili.

Le lavorazioni e forniture sono rappresentate sugli elaborati grafici e descritte, oltre che nella presente relazione, nel Capitolato speciale d'appalto, in cui sono riportate, secondo le previsioni normative, anche le specifiche e prescrizioni tecniche.

**E' da sottolineare che nelle relazioni e negli elaborati progettuali sono talvolta riportate alcune marche di materiali o impianti di riferimento. Tali elementi sono necessari per la definizione delle specifiche**

**prestazionali, ad esempio per quanto riguarda le prestazioni acustiche, e perché siano individuati prodotti esistenti sul mercato per cui il progetto risulti fattibile. Le marche e modelli di materiali impianti ed apparecchiature non sono in alcun modo vincolanti e in corrispondenza dell'indicazione di marche e modelli si intende sempre riportata la dicitura "o equivalente" anche se per pura dimenticanza non fosse eventualmente riportata; naturalmente le prestazioni corrispondenti sono minime e saranno accettati materiali e apparecchiature con prestazione almeno equivalenti o superiori.**

## **6.9 AUTORIZZAZIONI E ASSENTIMENTI**

Il progetto preliminare relativo alla ristrutturazione dell'intero edificio è stato presentato alla Soprintendenza ai beni architettonici nell'anno 2008. La Soprintendenza ha dato parere di conformità al progetto chiedendo l'approfondimento della relazione storica e la presentazione del progetto esecutivo.

Si riporta in allegato alla presente relazione l'approvazione. Il progetto esecutivo del primo lotto è presentato in Soprintendenza ed ha ottenuto approvazione in data 23/04/2012. L'Approvazione della Soprintendenza è allegata alla presente relazione.

In base al progetto definitivo, nell'anno 2011 è stato presentato il progetto di prevenzione incendi ai Vigili del fuoco. La richiesta di parere di conformità è stata effettuata in deroga per l'impossibilità di rispettare due prescrizioni della normativa vigente in tema di prevenzione incendi per le scuole:

- l'areazione permanente dei laboratori in cui si utilizzano infiammabili pari ad 1/20 della superficie in pianta
- il contenuto massimo di infiammabili pari a 20 litri per l'intero edificio.

La richiesta di deroga riguarda il laboratorio della sezione di Ambientale e dunque spazi non ricadenti nel primo lotto d'intervento.

Le misure compensative proposte ed approvate sono le seguenti:

- i laboratori verranno dotati di serramenti apribili automaticamente, con apertura asservita all'impianto di rivelazione incendi; la superficie di aerazione sarà almeno pari a 0,2 m<sup>2</sup> in
- ciascun locale (nel laboratorio 6, che utilizza anche acetilene, 1/3 di tale superficie viene ricavato a filo pavimento);
- la presenza di sostanze chimiche all'interno di ciascun laboratorio verrà limitata alle singole fasi di utilizzo, nelle quantità strettamente necessarie;
- nei laboratori, il deposito delle confezioni di sostanze chimiche infiammabili da utilizzare giornalmente verrà effettuato all'interno di armadi specificamente destinati a tale scopo (resistenti al fuoco, a struttura metallica, con bacino inferiore di contenimento) e dotati di aspirazione continua;
- nei laboratori, tutte le sperimentazioni ed i travasi avverranno sotto cappe chimiche a funzionamento continuo;
- tutti i locali verranno dotati degli opportuni impianti di sicurezza (rivelazione, allarme, illuminazione di emergenza);
- tutti i locali saranno dotati di ricambio meccanico permanente dell'aria, funzionante anche a cappe spente.

Inoltre:

- le sostanze di utilizzo quotidiano non necessarie nei laboratori verranno custodite in uno specifico locale di deposito (a piano ammezzato), all'interno di armadi aventi caratteristiche analoghe a quelle sopra descritte);
- le riserve principali delle sostanze da laboratorio vengono previste all'esterno dell'edificio, in locali specificamente dimensionati per custodirle in sicurezza;
- il personale docente e non docente e gli studenti autorizzati all'accesso nei laboratori saranno adeguatamente istruiti sull'utilizzo delle diverse sostanze e delle apparecchiature di processo, nonché sulle procedure di sicurezza.

Il progetto di prevenzione incendi è allegato al progetto esecutivo. Il parere di conformità emesso dal Comando provinciale dei Vigili del Fuoco a seguito di verifica ed approvazione da parte dell'Ispettorato regionale è allegato alla presente relazione.

Nell'anno 2012 è stata richiesta all'ASL la deroga all'art.65 del D. Lgs 81/08 in merito all'abitabilità dei seminterrati con riferimento al locale 18-Auletta strade.

L'attività prevista nell'auletta è attività didattica e studio ed il numero massimo di persone presenti sarà pari a n°24. L'attività non è continuativa ma limitata ad alcune ore della giornata ed alcuni giorni della settimana secondo il programma delle lezioni che viene stabilito semestralmente

L'aula, pur essendo collocata al seminterrato è dotata dei requisiti di illuminazione ed areazioni naturali in conformità agli artt.42 e 44 del Regolamento Edilizio Comune di Milano(>1/10 superficie in pianta) in quanto il muro di fronte alle aperture è distante 2,50 mt in conformità art.53 c.3 del Regolamento Edilizio Comune di Milano.

Il locale sarà comunque dotato di illuminazione artificiale in grado di garantire in ogni momento i 500 lux di livello d'illuminamento previsto dalle norme vigenti e idonei ricambi di aria secondo calcolati con riferimento alla norma UNI 10339 secondo la destinazione d'uso.

Il locale sarà dotato degli impianti di riscaldamento e condizionamento che garantiranno idonee condizioni di benessere ai sensi della norma UNI EN 7730.

Le murature perimetrali saranno coibentate e gli infissi esterni sostituiti al fine di raggiungere di trasmittanza previsti dal D.Lgs. 311/06 e dalla normativa regionale in materia di contenimento dei consumi energetici.

L'altezza media dei locali rispetta le previsioni dell'art.34 del Regolamento edilizio del Comune di Milano.

A protezione dell'umidità sarà realizzato idoneo vespaio areato, completato da doppia guaina bituminosa posata incrociata e risvoltata sulle pareti sino all'altezza degli zoccolini, materassino coibente per garantire valori di trasmittanza massima previsti dal D. Lgs. 311/06 e dalla normativa regionale in materia di contenimento dei consumi energetici, barriera al vapore, masseto e pavimentazione in gres porcellanato.

A piano seminterrato sono collocati i servizi igienici a servizio dell'aula, tra cui è presente un servizio idoneo ad i disabili in carrozzina.

L'aula è accessibile, oltre che dall'esterno e dall'interno tramite scale, attraverso un ascensore idoneo ai disabili in carrozzina in conformità alla Legge Regione Lombardia n°6 del 1989. Non saranno dunque presenti barriere architettoniche per i disabili in carrozzina.

L'ASL ha concesso deroga che si riporta in allegato alla presente relazione in data 03/04/2012.

Il progetto, con debito anticipo rispetto all'inizio previsto dei lavori, sarà presentato in comune mediante Denuncia di Inizio Attività o pratica equipollente.



# ALLEGATI

## RELAZIONI INDAGNI PRELIMINARI

- **PROVE PENETROMETRICHE SCPT A CURA DELLO STUDIO CELOTTI,**
- **RELAZIONE GEOTECNICA RELATIVA A SONDAGGI GEOGNOSTICI**
  - o PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE S.P.T. E SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO A CURA DELLA SOCIETÀ BASIN
- **INDAGINI SULLE MURATURE CONDOTTE DAL LABORATORIO PROVE MATERIALI DEL POLITECNICO DI MILANO**
  - o INDAGINE SONICA PER TRASPARENZA, PROVA CON MARTINETTO PIATTO SINGOLO, PROVA CON DOPPIO MARTINETTO PIATTO
- **INDAGINI SULLE MURATURE CONDOTTE DALLA SOCIETÀ 4EMME SERVICE**
  - o PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE MATTONI IN LABORATORIO.
  - o INDAGINE PETROGRAFICA SU CAMPIONE DI MALTA
  - o PROVA CON MARTINETTO PIATTO SINGOLO E CON DOPPIO MARTINETTO PIATTO
- **PROVA DI CARICO CONDOTTE DALLA SOCIETÀ 4EMME SERVICE SU:**
  - o SOLAIO IN LATERO-CEMENTO IN ELEVAZIONE
  - o TRAVE IN C.A. RIBASSATA IN ELEVAZIONE
  - o CAPRIATA IN C.A. COPERTURA ALA BONARDI

## AUTORIZZAZIONI ED ASSENTIMENTI

- **APPROVAZIONE DEL PROGETTO PRELIMINARE DA PARTE DELLA SOPRINTENDENZA AI BENI ARCHITETTONICI**
- **PARERE DI CONFORMITÀ CONCESSO DAL COMANDO PROVINCIALE DEI VIGILI DEL FUOCO DI MILANO**
- **DEROGA ART.65 D. LGS 81/08 RELATIVA AL LOCALE AULETTA STRADE CONCESSA DALL'ASL MILANO**
- **APPROVAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO DEL LOTTO 1 DA PARTE DELLA SOPRINTENDENZA AI BENI ARCHITETTONICI**



## STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI S.R.L.

CAPITALE SOCIALE EURO 100.000,00 I.V.

VIA MINCIO, 22 - C.A.P. 20139 **MILANO** TEL. 02.5393977 - FAX 02.5392262

e-mail: studiocelotti@tiscalinet.it

INCHIESTE GEOGNOSTICHE - PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE - RICERCHE IDROLOGICHE AMBIENTALI  
DOCUMENTAZIONI GEOTECNICHE - RILIEVI TOPOGRAFICI - PROSPEZIONI GEOFISICHE GEOELETTICHE

C.C.I.A.A. REG. DELLE IMPRESE - COD. FISC. - PART. IVA 05092310969

Milano 13/12/2006

Prot. N. 5657/158/06

Spett.le

**POLITECNICO DI MILANO**

Piazza L. Da Vinci n° 32

20100 MILANO

**OGGETTO:** Prove penetrometriche dinamiche eseguite nel terreno in  
prossimità delle fondazioni dell'edificio n° 4 del Campus  
Leonardo del Polo di MILANO CITTÀ STUDI di PIAZZA LEONARDO  
DA VINCI, 32.

**RELAZIONE GEOTECNICA**

### **Premessa**

Nel presente rapporto sono trattate le problematiche geotecniche legate alla progettazione di un edificio interrato di prossima costruzione in prossimità dell'EDIFICIO N° 4 del CAMPUS LEONARDO del Polo di MILANO CITTÀ STUDI del POLITECNICO.

I terreni in esame sono stati oggetto di un'indagine geotecnica consistita nell'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche continue i cui risultati, unitamente alla conoscenza della zona maturata dagli scriventi, hanno permesso di esaminare e definire i seguenti argomenti:

- caratterizzazione litostratigrafica e meccanica dei terreni dell'area in esame,
- indicazioni sull'idrologia della zona,
- definizione della tipologia di fondazione più idonea per le strutture in progetto,
- verifiche d'interesse geotecnico delle soluzioni fondazionali previste,
- raccomandazioni progettuali ed esecutive.



### ***Riferimento altimetrico***

Il riferimento delle profondità assunto nel seguito è posto alla +1 m dal piano della soglia dell'ingresso carrabile di Via BONARDI (cfr. figura 1.1).

### ***Normative di riferimento***

- DECRETO MINISTERO LL.PP. del 11/03/88: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni, ecc."
- CIRCOLARE MINISTERO LL.PP. n° 30483 del 24/09/88.
- CIRCOLARE MINISTERO LL.PP. n° 218/24/3 del 9/01/96.
- O.P.C.M. del 20/03/03 n° 3274.
- TESTO UNICO - "Norme tecniche per la costruzione". Agg. Aprile 2005.

### ***Raccomandazioni e specifiche***

- A.G.I. - ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA - "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle Indagini geotecniche" (1977).
- A.S.T.M. D 1586-67 - "Standard Method for penetration Test and Split Barrel Sampling at Soils" (1974).
- DEPARTMENT of the NAVY - NAV-FAC DM-7 - "Soil Mechanics, Foundations, and earth structures" (1971).

### ***Riferimenti bibliografici***

- A.R.S.S. BAZARAA - "Use of the Standard Penetration Test for Estimating Settlement of Shallow Foundations on Sand" - Ph. D. Thesis. Illinois (1967).
- J. E. BOWLES - "Foundation Analysis and Design" - (1982 e 1988).
- H. J. GIBBS, W. G. HOLTZ "Research on Determining the Density of Sand by Spoon Penetration Testing". Proc. IV ICSMFE (1957).
- M. JAMIOLKOWSKI, E. PASQUALINI - "Previsioni dei cedimenti delle fondazioni superficiali poggianti su terreni sabbiosi utilizzando ..." - V Ciclo annuale di conferenze dedicate ai problemi di ingegneria delle fondazioni - TORINO (1974).
- T. W. LAMBE; R. V. WHITMAN - "Soil Mechanics" - (1969).
- G. G. MEYERHOF - "The bearing Capacity of Foundations under Ec-





centric and inclined loads" – Proc. III ICSMFE (1953).

- E. SCHULTZE, J. MEZEMBACH – "SPT and Compressibility of Solis" – V ICSMFE (1961).
- K. TERZAGHI – "Theoretical Soil Mechanics" – (1943).
- A. S. VESIC – "Bearing Capacity of Shallow Foundations" – FOUNDATIONS ENGINEERING HANDBOOK ed. H.F. Winterkorn, H.I. Fang (1975).



## Capitolo 1 **INDAGINE GEOTECNICA**

L'indagine geotecnica è consistita nell'esecuzione di n° 3 prove penetrometriche dinamiche continue a punta conica con tubazione di rivestimento in avanzamento, i cui risultati più significativi e le profondità raggiunte sono riassunti nella tabella 1.1 seguente.

**TABELLA 1.1 - RIASSUNTO PROVE PENETROMETRICHE CONTINUE<sup>1</sup>**

PROVA N°	Q <sub>pc</sub> m	Q <sub>10</sub> m	Q <sub>20</sub> m	Q <sub>M</sub> m
1	-1.2	-2.5;-4.7	-6.5	-7.9
2	-.4	-4.8	-6.9	-10.1
3	-1	-5.1	-6.3*	-9.4

Nella figura 1.1 è riportata la planimetria dell'area d'intervento con indicata l'ubicazione delle verticali d'indagine.

Nel disegno n° 5657/1 del 09/10/06 sono riportati i risultati dell'indagine con gli identificativi planoaltimetrici delle prove eseguite.

<sup>1</sup> Nelle tabelle si è indicato con:

Q<sub>pc</sub> la quota del piano campagna,

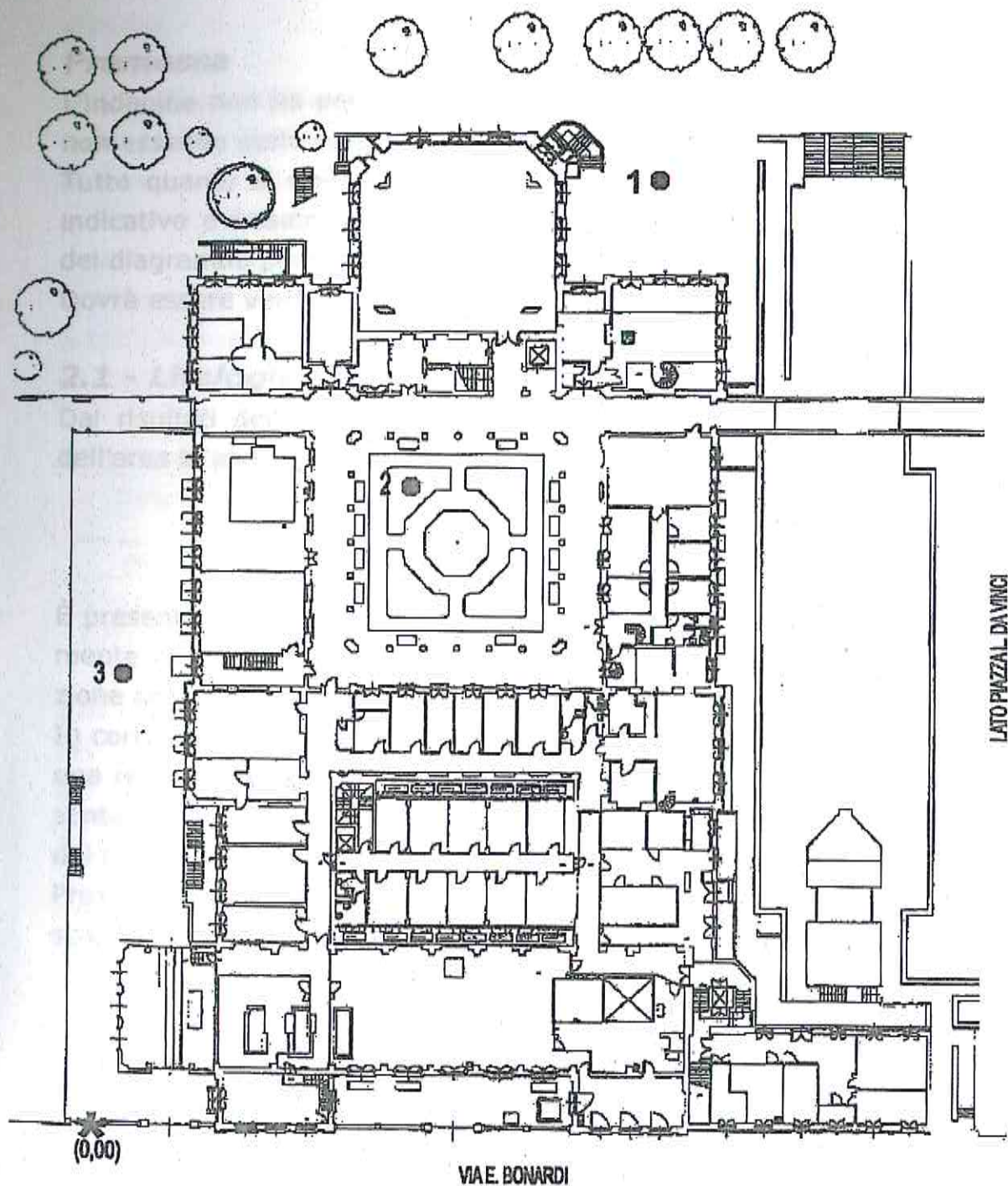
Q<sub>10/20</sub> la quota in cui N ≥ 10/20 (N = resistenza penetrometrica continua),

Q<sub>M</sub> la quota di fine prova.





**FIGURA 1.1 - PLANIMETRIA DELL'AREA ED UBICAZIONE  
VERTICALI D'INDAGINE**





## Capitolo 2 **CARATTERIZZAZIONE GEO-TECNICA**

### **Premessa**

L'indagine non ha permesso di prendere visione diretta dei terreni non essendo stato eseguito alcun sondaggio geotecnico.

Tutto quanto si riferisce alla granulometria dei terreni è pertanto indicativo e basato sulla conoscenza della zona e sull'andamento dei diagrammi penetrometrici.

Dovrà essere verificato e confermato in corso d'opera.

### **2.1 - Litologia**

Dai risultati dell'indagine geotecnica nel suo complesso, i terreni dell'area in esame sono schematizzati come di seguito esposto.

#### **PRIMO LIVELLO**

Dal p.c. alla  $-4.7 \div -5.1$  m (cfr.  $Q_{10}$  di tabella 1.1)

È presente al disotto del ricoprimento superficiale ed è presumibilmente costituito da limo e sabbia ghiaiosi o da riporto di deposizione antropica.

In corrispondenza delle prove n° 2 e 3 ha opposto al penetrometro una resistenza  $N_c$  dell'ordine dei  $2 \div 4$  colpi/piede, la prova n° 1 presenta resistenze superiori, comunque sempre inferiori, al disotto del ricoprimento, a 10 colpi/piede.

Presenta caratteristiche meccaniche molto eterogenee, globalmente scadenti.

#### **SECONDO LIVELLO**

Dalla  $-4.7 \div -5.1$  m alla massima profondità d'indagine

Si ritiene costituito da sabbia e ghiaia, variamente gradata arealmente e con la profondità.

I terreni del secondo livello sono caratterizzati da un brusco incremento della resistenza penetrometrica  $N_c$  che dai bassi valori tipici del livello soprastante assume nella parte alta valori compresi tra 10 e 20 colpi/piede ed il rifiuto strumentale a quote comprese tra la  $-7.9$  e la  $-10.1$  m.



La quota di separazione tra la parte alta e la parte bassa del livello è posta alla  $-6.3 \div -6.9$  m.

I terreni del secondo livello presentano buone caratteristiche meccaniche.

## 2.2 - Caratteristiche geotecniche dei terreni

Nella tabella 2.1 seguente si riportano, accanto ai valori della resistenza penetrometrica  $N_c$ , i valori delle caratteristiche geotecniche più significative, valutate anche con l'ausilio delle correlazioni indicate nelle note in calce alla tabella, utilizzando i risultati complessivi dell'indagine.

A tali parametri sarà fatto riferimento nelle calcolazioni di carattere geotecnico.

**TABELLA 2.1 - CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DI RIFERIMENTO<sup>2</sup>**

LIVELLO	$Q_l$ [m]	$N_c$ /	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [gradi]	$D_r$ [%]	$m$ /	$n$ /	$v$ /
PRIMO	-4.7÷-5.1	4	19	23	25	250	.6	.4
SECONDO P.A.	-6.3÷-6.9	15	19	30	50	600	.5	.35
SECONDO P.B.	/	>20	19	>32	>60	>900	.5	.35

## 2.3 - Idrologia

Nel corso dell'indagine non è stata segnalata la presenza dell'acqua di falda.

Questa si ritiene residente a profondità tali da non interferire in modo significativo con le fondazioni dell'edificio in progetto.

Nel seguito sarà pertanto ignorata.

## 2.4 - Sismicità dell'area

Secondo l'OPCM n° 3274, la tipologia del suolo di fondazione è di-

<sup>2</sup> Nella tabella si è indicato con:

$Q_l$  la quota del letto dello strato,

$N_c$  la resistenza penetrometrica rappresentativa dello strato,

$\gamma$  il peso di volume del terreno naturale,

$\phi$  l'angolo d'attrito calcolato secondo la correlazione del ROAD BRIDGE SPECIFICATION ( $\phi = (15 * N)^{-5} + 15^\circ$ ),

$D_r$  la densità relativa =  $(e_n - e_m)/(e_m - e_n)$ ;  $e$  = indice dei vuoti;  $e_n$  in situ,  $e_m$  minimo;  $e_M$  massimo, calcolata secondo l'espressione  $D_r = N_c/60^{-5}$ ,

$m$  il gradiente del modulo di JOUNG  $E$  nella formulazione  $E = m (\sigma_c/\sigma_r)^n \sigma_r$  (JANBU), calcolato secondo la correlazione di JAMIOŁKOWSKI-PASQUALINI (1975) utilizzando la  $D_r \cdot \sigma_c$ ;  $\sigma_r$  rispettivamente la pressione di contenimento efficace e la pressione di riferimento, quest'ultima pari a 100 per  $E$  e  $\sigma_c$  in kPa,

$v$  il rapporto di Poisson.

pendente dal valore  $v_{s30}$ , definito come media della velocità delle onde di taglio entro i primi 30 m dal piano di fondazione.  
Si ricorda che l'ordinanza suddivide i terreni secondo quanto esposto nella tabella 2.2. seguente.

**TABELLA 2.2 - CLASSIFICAZIONE DEL TIPO DI SUOLO  
SECONDO L'OPCM N° 3274<sup>3</sup>**

Categoria di Suolo	Litologia	$V_{s30}$ m/s	$N_{SPT}$ /	$c_u$ kPa
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore $\leq 5$ m.	$>800$	/	/
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con spessore di diverse decine di metri.	$360 \div 800$	$>50$	$>250$
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza con spessori variabili da diverse decine di metri fino a centinaia di metri.	$180 \div 360$	$15 \div 50$	$70 \div 250$
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti.	$<180$	$<15$	$<70$
E	Profil di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali con spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $v_{s30} > 800$ m/s.	come C o D	/	/

Dai risultati delle prove eseguite, estrapolati a 30 m si deduce che i terreni dell'area in esame fanno parte della **CATEGORIA DI SUOLO C**.  
Si auspica l'approfondimento dell'indagine per classificare i terreni con maggiore accuratezza.

Si ricorda inoltre che il Comune di MILANO è inserito nell'OPCM n° 3274 del 20/03/03 nella **ZONA 4**.

<sup>3</sup> Nella tabella si è indicato con:

$V_{s30}$  velocità onde di taglio,

$N_{SPT}$  resistenza *SPT*,

$c_u$  la coesione non drenata.





## Capitolo 3 **CARATTERISTICHE SOMMA- RIE DEL PROGETTO**

Il progetto prevede la costruzione di un edificio interrato nell'area adiacente l'EDIFICIO N° 4. Questo presenta fondazioni del tipo nastriforme, impostate alla -4 m ed una larghezza di .6 m.

Del nuovo edificio non sono note le caratteristiche strutturali e di carico.

Le fondazioni sono previste impostate alla quota  $Q_f$  pari a:

$$Q_f = -4 \text{ m.}$$

### 4.2

Nel

der

ni





## Capitolo 4 **FONDAZIONI**

### **4.1 - Definizione della tipologia di fondazione da adottare per le strutture in progetto**

Sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche e meccaniche dei terreni in esame ed in considerazione delle caratteristiche strutturali e di carico di quanto in progetto, non si ritiene ammissibile in prima istanza l'adozione di fondazioni dirette impostate alla prevista quota  $Q_f$ . A tale quota sono infatti ovunque presenti i terreni sciolti del primo livello, non idonei a costituire il sedime delle fondazioni. Queste dovranno interessare, direttamente o tramite bonifica, i terreni di media densità costituenti la parte alta del secondo livello.

In tal caso, prefissando una quota d'imposta  $Q_f$  delle fondazioni pari a -4 m, occorrerà prevedere lo spessore  $\Delta H$  di bonifica indicato nella tabella 4.1 seguente.

**TABELLA 4.1 - SPESSORE  $\Delta H$  DEL BONIFICO  
AL DISOTTO DELLE FONDAZIONI<sup>4</sup>**

PROVA	$Q_i$ [m]	$\Delta H$ [m]
1	-2.5	/
2	-4.8	.8
3	-5.1	1.1

### **4.2 - Analisi fondazioni**

Nel seguito sono analizzate le fondazioni sopra prospettate considerate impostate alla -4 m su bonifico le cui caratteristiche meccaniche sono ritenute eguali a quelle dei sottostanti terreni.

#### **4.2.1 - Ipotesi e modalità di calcolo**

I calcoli sono condotti adottando le ipotesi e le modalità di seguito esposte.

<sup>4</sup> Nella tabella si è indicato con:

$Q_i$  la quota del tetto della parte alta del secondo livello (cfr.  $Q_{10}$  di tabella 1.1),

$\Delta H$  lo spessore della bonifica per fondazioni impostate alla  $Q_f = -4$  m.



### CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE

- a) Il metodo classico adottato considera il terreno incompressibile ed in condizioni di rottura generale e permette di ottenere la CAPACITÀ PORTANTE LIMITE  $q_l$  relativa a fondazioni superficiali. Per tenere in conto della compressibilità del suolo viene introdotto l'indice di rigidezza secondo VESIC (1975) che rapportato all'indice critico permette di ottenere un coefficiente di riduzione della  $q_l$  variabile al variare della rigidezza dei terreni interessati dalle fondazioni.  
La CAPACITÀ PORTANTE AMMISSIBILE  $q_a$  viene dedotta dalla  $q_l$  introducendo un opportuno coefficiente di sicurezza alla rottura, in linea con la normativa vigente.
- b) Sono adottate nell'analisi le espressioni indicate da MEYERHOF, HANSEN e VESIC. La capacità portante proposta è il risultato della media aritmetica dei valori ottenuti con i tre metodi.
- c) I parametri geotecnici utilizzati nella valutazione della  $q_l$ , principalmente la resistenza al taglio e la deformabilità sono dedotti dalla caratterizzazione del suolo esposta nel capitolo 2. Al riguardo si sono adottati i valori più conservativi opportunamente mediati entro lo spessore significativamente interessato dalle fondazioni.
- d) Le fondazioni sono state considerate immorsate per .7 m. Tale condizione dovrà essere minimamente rispettata in quanto l'immorsamento interviene direttamente come elemento stabilizzante della fondazione.

### CALCOLO CEDIMENTI

- e) Per il calcolo dei cedimenti si sono utilizzati due metodi di differente impostazione teorica.  
In uno il terreno viene considerato come semispazio elastico omogeneo ed isotropo caratterizzato da un modulo elastico equivalente derivato da quanto esposto nel capitolo 2, nell'altro i cedimenti sono valutati mediante l'introduzione diretta della resistenza penetrometrica, assunta nel valore medio ponderale entro lo spessore significativamente interessato dalla fondazione.
- f) I cedimenti calcolati sono da considerare come cedimenti im-



mediati, sviluppantisi quindi al momento dell'applicazione dei carichi.

#### 4.2.2 - Risultati dei calcoli

Con le modalità e le ipotesi sopra illustrate, nell'appendice di calcolo sono riportati i parametri ed i risultati dei calcoli di capacità portante e di cedimento. Nelle medesime pagine sono altresì espresse sinteticamente le equazioni relative ai metodi di calcolo sopra descritti.

I risultati sono riassunti nelle tabelle 4.2 e 4.3 seguenti.

**TABELLA 4.2 - RIASSUNTO DEI CALCOLI DI CAPACITÀ PORTANTE E DI CEDIMENTO<sup>5</sup>**

TIPO	B m	q <sub>l</sub> kPa	q <sub>a</sub> kPa	w cm
PLINTO QUADRATO	.5	344.4	<b>114.8</b>	.2
	1	401.9	<b>134.0</b>	.3
	1.5	459.5	<b>153.2</b>	.5
	2	517.1	<b>172.4</b>	.8
	2.5	574.6	<b>191.5</b>	1
NASTRIF.	.5	267.8	<b>89.3</b>	.2
	1	339.8	<b>113.3</b>	.5
	1.5	411.8	<b>137.3</b>	.9
	2	483.7	<b>161.2</b>	1.3
	2.5	555.7	<b>157.5</b>	1.5

<sup>5</sup> Nelle tabelle si è indicato con:

B la larghezza/lato della fondazione,

q<sub>l</sub> la portata limite nei confronti della rottura del terreno,

q<sub>a</sub> la portata ammissibile nei confronti della rottura del terreno con associato un cedimento w inferiore a 1.5 cm,

w il cedimento medio sotto la pressione q<sub>a</sub>,

E il modulo di elasticità verticale riferito a terreno alla BOUSSINESQ,

k<sub>vm</sub> il coefficiente medio di sottofondo verticale per terreno alla WINKLER = (q<sub>a</sub>/w),

k<sub>si</sub> il coefficiente di sottofondo verticale tangente iniziale riferito alla funzione di tipo iperbolico:

$$q_t = q_l * k_{si} * w_t / (q_l + k_{si} * w_t).$$



**TABELLA 4.3 - CARATTERISTICHE ELASTICHE EQUIVALENTI**

TIPO	B m	E kPa	$k_{vm}$ kN/m <sup>3</sup>	$k_{si}$ kN/m <sup>3</sup>
PLINTO QUADRATO	.5	14439	72484	104272
	1	17442	41648	60119
	1.5	20143	30544	43863
	2	22632	23735	34307
	2.5	24960	19666	28494
NASTRIF.	.5	16613	42960	64440
	1	20753	22597	33856
	1.5	24467	15907	23840
	2	27892	12525	18781
	2.5	31103	10501	15751

### 4.3 - Indicazioni progettuali

- a) La PRESSIONE DI CONTATTO FONDAZIONE-TERRENO  $q_t$  potrà essere calcolata nel rispetto della seguente espressione (MEYERHOF - 1953):

$$q_t = N / [(B_1 - 2 * e_1) * (B_2 - 2 * e_2)] \leq q_a$$

dove:

$e_1, e_2 = M_1/N, M_2/N,$

$N =$  risultante forze verticali in fondazione,

$M_1, M_2 =$  coppie in fondazione.

- b) I cedimenti calcolati sono da considerare sviluppatosi entro breve tempo dall'applicazione dei carichi.

Nei calcoli per il progetto delle fondazioni si consiglia di assumere i valori del coefficiente di sottofondo verticale per terreno ipotizzato alla WINKLER ovvero i valori del modulo elastico verticale equivalente per terreno alla BOUSSINESQ riportati nella già citata tabella 4.3.

- c) I cedimenti indicati sono da considerare relativi a fondazioni non interagenti.

Qualora il progetto prevedesse fondazioni poste ad interassi / inferiori a:

$$i_f = \alpha * (B_1 + B_2) / 2$$

dove  $\alpha$  è il coefficiente d'influenza pari a 1.75 e 2 per fondazioni a plinto e continue contigue con lati pari a  $B_1$  e  $B_2$ , i cedimenti delle fondazioni saranno superiori a quelli esposti nella tabella 4.2 e saranno valutati in relazione alla geometria di progetto.

- d) La portata indicata nel presente capitolo relativa alle fondazioni in progetto potrà essere associata anche alle fondazioni dell'edificio esistente in quanto questo risulta impostato alla medesima quota  $Q_f$  prevista per le nuove fondazioni.

Ciò sottintende che il terreno di sedime di tali fondazioni sia costituito dal secondo livello o dalla bonifica dei terreni sciolti superficiali.

Tale ipotesi dovrà comunque essere verificata.

Eventuali disomogeneità del terreno di sedime delle fondazioni esistenti ovvero difformità del terreno rispetto alle ipotesi di calcolo che potranno evidenziarsi dai controlli si ripercuoteranno sulla portata indicata e dovranno essere oggetto di verifica.



## **Capitolo 5 RACCOMANDAZIONI ESECUTIVE**

Le fondazioni sono state considerate impostate sui terreni sabbio-ghiaiosi di media densità costituenti la parte alta del secondo livello.

Essendo alla quota d'imposta delle fondazioni presenti i terreni superficiali sciolti del primo livello, le fondazioni in esame, considerate impostate alla quota di progetto ( $Q_f = -4$  m), sono state previste su bonifica spinta fino ai terreni sabbio-ghiaiosi in posto costituenti il secondo livello.

Sarà indispensabile quindi in corso d'opera la visione critica da parte della D.LL. dei terreni presenti alla  $Q_f$  per definire, per la singola fondazione, la quota d'imposta della bonifica che avrà lo spessore di previsione  $\Delta H$  indicato nella tabella 4.1.

La bonifica potrà essere costituita da inerte vibrocompattato o da calcestruzzo magro.

Nel primo caso si consiglia l'utilizzo d'inerte con il 70% di ghiaia e ghiaietto, il 25% di sabbia e il 5% di fino deposti a strati. Gli spessori degli strati di stesura saranno funzione dell'apparecchiatura di compattazione adottata e comunque non superiore a .3 m. In ogni caso i materiali stesi dovranno raggiungere il 97.5% dell'OTTIMO DI PROCTOR MODIFICATO.

Qualora si adottasse calcestruzzo magro questo sarà dosato a 100 Kg/m<sup>3</sup> di cemento.

L'adozione del calcestruzzo magro è consigliata in corrispondenza di fondazioni di ridotte dimensioni, in quanto ivi la lavorazione dell'inerte appare particolarmente disagiata.



### APPENDICE di CALCOLO

#### ANALISI FONDAZIONI DIRETTE

- Calcolo capacita' portante
- Calcolo cedimenti

ANALISI FONDAZIONI DIRETTE

FONDAZIONI ISOLATE

Unita' di misura: KN; KPa; m; gradi sess.  
1 KN=.1 t; 1 KPa=.1 t/mq



**CARATTERISTICHE GEOTECNICHE**

Cal. N.	Gs	Gi	FI	c	m	n	v	Nm
1	17.0	19.0	29.0	0.0	550	0.60	0.35	13.0
2	17.0	19.0	29.0	0.0	550	0.60	0.35	13.0
3	17.0	19.0	29.0	0.0	550	0.60	0.35	13.0
4	17.0	19.0	29.0	0.0	550	0.60	0.35	13.0
5	17.0	19.0	29.0	0.0	550	0.60	0.35	13.0

FI = angolo d' attrito  
 c = coesione media  
 m = grad. mod. elast. sotto la fondaz.  
 v = rapp. di Poisson  
 Gs; Gi = peso di volume terreno sopra e sotto la fondaz.  
 Nm = num. medio colpi del penetrometro

COEFF. DI SICUREZZA ALLA ROTTURA DEL TERRENO  $F_s = 3.0$   
 SPESSORE TERRENO DEFORMABILE SOTTO LA FONDAZIONE  $D_h = 30.0$   
 ANDAMENTO RESISTENZA PENETR. TERRENO SOTTO FONDAZIONE: CRESCENTE.  
 TERRENO INTERESSATO DALLA FONDAZIONE: GHIAIA E SABBIA.

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE**

Cal. N.	Tipo Fond.	B	L	Qpc	Qcf	Qf	Qw
1	ISOL	0.50	0.50	1.0	3.3	4.0	n.p.
2	ISOL	1.00	1.00	1.0	3.3	4.0	n.p.
3	ISOL	1.50	1.50	1.0	3.3	4.0	n.p.
4	ISOL	2.00	2.00	1.0	3.3	4.0	n.p.
5	ISOL	2.50	2.50	1.0	3.3	4.0	n.p.

B = lato minore  
 L = lato maggiore  
 QUOTE :  
 Qpc = campagna in eser.  
 Qcf = calpestio infer.  
 Qf = imposta fondaz.  
 Qw = livello acqua

**ESPRESSIONE UTILIZZATA PER IL CALCOLO DELLA PORTATA LIMITE  $q_l$**

$q_l = c N_c s_c d_c i_c g_c f_c + q_s N_q s_q d_q i_q g_q f_q + 0.5 G_i B N_g s_g d_g i_g g_g f_g$   
 (per significato dei simboli e sviluppo dei calcoli cfr. pag. seguente).



**CALCOLO CAPACITA' PORTANTE**

**METODO DI  
VESIC**

Calc.	1	2	3	4	5	
Nc	27.86	27.86	27.86	27.86	27.86	FATTORI di
Nq	16.44	16.44	16.44	16.44	16.44	capacita' portante
Ng	19.34	19.34	19.34	19.34	19.34	del terreno
sc	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	FATTORI di
sq	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	forma della
sg	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	fondazione
cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	FATTORI di
cq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	compressibilita'
cg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	del terreno
dc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	FATTORI di
dq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	profondita'
IR	505.7	457.4	422.1	394.9	372.9	INDICE di RIGIDEZZA
IC	63.13	63.13	63.13	63.13	63.13	INDICE CRITICO
ic	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	FATTORI di
iq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	inclin. ed eccentric.
ig	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	del carico
Gi	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	Gi medio signific.
qs	11.90	11.90	11.90	11.90	11.90	( $q_f - q_{cf}$ ) * $G_s$
ql	359.25	414.37	469.48	524.59	579.71	
qa=ql/Fs	119.75	138.12	156.49	174.86	193.24	

**METODO DI  
HANSEN**

Nc	27.86	27.86	27.86	27.86	27.86
Nq	16.44	16.44	16.44	16.44	16.44
Ng	12.84	12.84	12.84	12.84	12.84
sc	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
sq	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55
sg	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
cq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
cg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
dc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
dq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
IR	505.7	457.4	422.1	394.9	372.9
IC	63.13	63.13	63.13	63.13	63.13
ic	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
iq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ig	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Gi	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00
qs	11.90	11.90	11.90	11.90	11.90
ql	340.74	377.33	413.93	450.52	487.12
qa=ql/Fs	113.58	125.78	137.98	150.17	162.37



Calc.	1	2	3	4	5
Nc	27.86	27.86	27.86	27.86	27.86
Nq	16.44	16.44	16.44	16.44	16.44
Ng	13.24	13.24	13.24	13.24	13.24
sc	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
sq	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29
sg	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29
cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
cq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
cg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
dc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
dq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
IR	505.7	457.4	422.1	394.9	372.9
IC	63.13	63.13	63.13	63.13	63.13
ic	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
iq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ig	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Gi	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00
qs	11.90	11.90	11.90	11.90	11.90
ql	333.06	414.06	495.05	576.05	657.04
qa=ql/Fs	111.02	138.02	165.02	192.02	219.01

METODO DI  
MEYERHOFPORTATA MEDIA  
(VESIC, HANSEN e MEYERHOF)

Calc.	1	2	3	4	5
ql	344.35	401.92	459.49	517.05	574.62
qa=ql/Fs	114.78	133.97	153.16	172.35	191.54

## CALCOLO DEI CEDIMENTI

$$w1 = ar \cdot af \cdot ad \cdot B \cdot (1-v^2) \cdot [(qa-q)/E + q/Es]$$

$$w2 = ff \cdot fh \cdot ft \cdot [q \cdot B^2 \cdot Icc/3 + (qa - q) \cdot B^2 \cdot Icc]$$

Calc.	1	2	3	4	5
ar	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
af	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
ad	0.63	0.63	0.62	0.66	0.69
qa	114.78	133.97	153.16	172.35	191.54
q	51.00	51.00	51.00	51.00	51.00
E	14439	17442	20143	22632	24960
Es	41740	50483	58324	65527	72245
w1	0.13	0.27	0.42	0.61	0.82
kv1	87153	49731	36849	28263	23298
ff	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
fh	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ft	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
Icc	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034
zi	0.799	1.085	1.366	1.644	1.917
w2	0.20	0.40	0.63	0.90	1.19
kv2	57814	33565	24239	19207	16035
wm	0.17	0.33	0.52	0.75	1.01
kvm	72484	41648	30544	23735	19666

FATTORE di RIGIDEZ.  
FATTORE di FORMA  
FATTORE di PROFOND.  
PRESSIONE TERRENO  
( $q_f - q_{pc}$ ) \*  $G_s$   
MODULO PRIMO CARICO  
MODULO RICOMPRESS.  
CEDIM.cm-BOWLES 1982  
COEFF. SOTTOF. VERT  
FATTORE di FORMA  
FATTORE di COMPRES.  
FATTORE di VISCOS.  
IND. di COMPRES.  
PROFOND. SIGNIFIC.  
CEDIM.cm-BURLAND 984  
COEFF. SOTTOF. VERT

CEDIMENTO MEDIO cm  
COEFF.SOTTOF. MEDIO

ANALISI FONDAZIONI DIRETTE

FONDAZIONI NASTRIFORMI

Unità di misura: KN; KPa; m; gradi sess.  
1 KN=.1 t; 1 KPa=.1 t/mq



### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Gs	Gi	FI	c	m	n	v	Nm
17.0	19.0	29.0	0.0	550	0.60	0.35	13.0
17.0	19.0	29.0	0.0	550	0.60	0.35	13.0
17.0	19.0	29.0	0.0	550	0.60	0.35	13.0
17.0	19.0	29.0	0.0	550	0.60	0.35	13.0
17.0	19.0	29.0	0.0	550	0.60	0.35	13.0

FI = angolo d' attrito  
 c = coesione media  
 m = grad. mod. elast.  
 sotto la fondaz.  
 v = rapp. di Poisson  
 Gs; Gi = peso di volume  
 terreno sopra e  
 sotto la fondaz.  
 Nm = num. medio colpi  
 del penetrometro

Fs = 3.0

Dh = 30.0

F. DI SICUREZZA ALLA ROTTURA DEL TERRENO  
 SORE TERRENO DEFORMABILE SOTTO LA FONDAZIONE  
 IMENTO RESISTENZA PENETR. TERRENO SOTTO FONDAZIONE: CRESCENTE.  
 ENO INTERESSATO DALLA FONDAZIONE: GHIAIA E SABBIA.

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

1.	Tipo Fond.	B	L	Qpc	Qcf	Qf	Qw
1	NASTR	0.50	/	1.0	3.3	4.0	n.p.
2	NASTR	1.00	/	1.0	3.3	4.0	n.p.
3	NASTR	1.50	/	1.0	3.3	4.0	n.p.
4	NASTR	2.00	/	1.0	3.3	4.0	n.p.
5	NASTR	2.50	/	1.0	3.3	4.0	n.p.

B = largh. fondazione

QUOTE :  
 Qpc = campagna in eser.  
 Qcf = calpestio infer.  
 Qf = imposta fondaz.  
 Qw = livello a c q u a

### ESPRESSIONE UTILIZZATA PER IL CALCOLO DELLA PORTATA LIMITE q<sub>l</sub>

= c Nc sc dc ic gc fc + qs Nq sq dq iq gq fq +.5 Gi B Ng sg dg ig gg fg  
 per significato dei simboli e sviluppo dei calcoli cfr. pag. seguente).



**CALCOLO CAPACITA' PORTANTE**

**METODO DI VESIC**

lc.	1	2	3	4	5	
lc	27.86	27.86	27.86	27.86	27.86	FATTORI di
lq	16.44	16.44	16.44	16.44	16.44	capacita' portante
lg	19.34	19.34	19.34	19.34	19.34	del terreno
sc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	FATTORI di
sq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	forma della
sg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	fondazione
cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	FATTORI di
cq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	compressibilita'
cg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	del terreno
dc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	FATTORI di
dq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	profondita'
IR	479.4	422.1	383.3	354.7	332.4	INDICE di RIGIDEZZA
IC	134.49	134.49	134.49	134.49	134.49	INDICE CRITICO
ic	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	FATTORI di
iq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	inclin. ed eccentric.
ig	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	del carico
Gi	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	Gi medio signific.
qs	11.90	11.90	11.90	11.90	11.90	( $q_f - q_{cf}$ ) * $G_s$
ql	287.53	379.39	471.24	563.10	654.95	
a=ql/Fs	95.84	126.46	157.08	187.70	218.32	

**METODO DI HANSEN**

Nc	27.86	27.86	27.86	27.86	27.86
Nq	16.44	16.44	16.44	16.44	16.44
Ng	12.84	12.84	12.84	12.84	12.84
sc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
sq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
sg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
cq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
cg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
dc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
dq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
IR	479.4	422.1	383.3	354.7	332.4
IC	134.49	134.49	134.49	134.49	134.49
ic	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
iq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ig	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Gi	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00
qs	11.90	11.90	11.90	11.90	11.90
ql	256.67	317.66	378.65	439.65	500.64
qa=ql/Fs	85.56	105.89	126.22	146.55	166.88



Calc.	1	2	3	4	5
Nc	27.86	27.86	27.86	27.86	27.86
Nq	16.44	16.44	16.44	16.44	16.44
Ng	13.24	13.24	13.24	13.24	13.24
sc	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
sq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
sg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
cq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
cg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
dc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
dq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
IR	479.4	422.1	383.3	354.7	332.4
IC	134.49	134.49	134.49	134.49	134.49
ic	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
iq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ig	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Gi	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00
qs	11.90	11.90	11.90	11.90	11.90
ql	259.29	322.35	385.40	448.46	511.51
qa=ql/Fs	86.43	107.45	128.47	149.49	170.50

**METODO DI MEYERHOF**

**PORTATA MEDIA**  
(VESIC, HANSEN e MEYERHOF)

Calc.	1	2	3	4	5
ql	267.83	339.80	411.77	483.73	555.70
qa=ql/Fs	89.28	113.27	137.26	161.24	185.23

**CALCOLO DEI CEDIMENTI**

$$w1 = ar \cdot af \cdot ad \cdot B \cdot (1-v^2) \cdot [(qa-q)/E + q/Es]$$

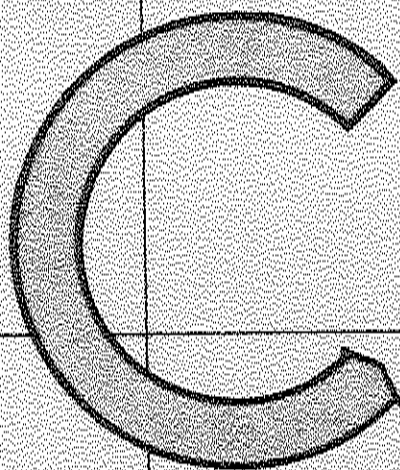
$$w2 = ff \cdot fh \cdot ft \cdot [q \cdot B^2 \cdot Icc/3 + (qa - q) \cdot B^2 \cdot Icc]$$

Calc.	1	2	3	4	5
ar	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
af	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
ad	0.79	0.87	0.90	0.93	0.94
qa	89.28	113.27	137.26	161.24	185.23
q	51.00	51.00	51.00	51.00	51.00
E	16613	20753	24467	27892	31103
Es	45909	57274	67361	76581	85159
w1	0.21	0.52	0.89	1.31	1.77
kv1	43016	21827	15448	12295	10456
ff	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53
fh	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ft	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
Icc	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034
zi	0.799	1.085	1.366	1.644	1.917
w2	0.21	0.48	0.84	1.26	1.76
kv2	42904	23366	16366	12756	10546
wm	0.21	0.50	0.86	1.29	1.76
kvm	42960	22597	15907	12525	10501

FATTORE di RIGIDEZ.  
FATTORE di FORMA  
FATTORE di PROFOND.  
PRESSIONE TERRENO  
( $q_f - q_{pc}$ ) \*  $G_s$   
MODULO PRIMO CARICO  
MODULO RICOMPRESS.  
CEDIM.cm-BOWLES 1982  
COEFF. SOTTOF. VERT  
FATTORE di FORMA  
FATTORE di COMPRES.  
FATTORE di VISCOS.  
IND. di COMPRES.  
PROFOND. SIGNIFIC.  
CEDIM.cm-BURLAND 984  
COEFF. SOTTOF. VERT

CEDIMENTO MEDIO cm  
COEFF.SOTTOF. MEDIO





# STUDIO TECNICO

## Geom UGO CELOTTI

VIA MINCIO 22 - CAP 20139 MILANO - TEL. 025393977 r.a. - 025392262 FAX  
e-mail: studiocelotti@tiscalinet.it

INDAGINI GEOGNOSTICHE - PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE  
RICERCHE IDROLOGICHE AMBIENTALI - STRUMENTAZIONI GEOTECNICHE  
RILIEVI TOPOGRAFICI - PROSPEZIONI GEOFISICHE E GEOELETTICHE

POLITECNICO DI MILANO - Piazza L. Da Vinci n. 32 - MILANO

Prove penetrometriche dinamiche eseguite nel terreno in prossimità delle fondazioni dell'edificio n. 4 del Campus Leonardo del Polo di Milano Città Studi di Piazza Leonardo Da Vinci, 32.

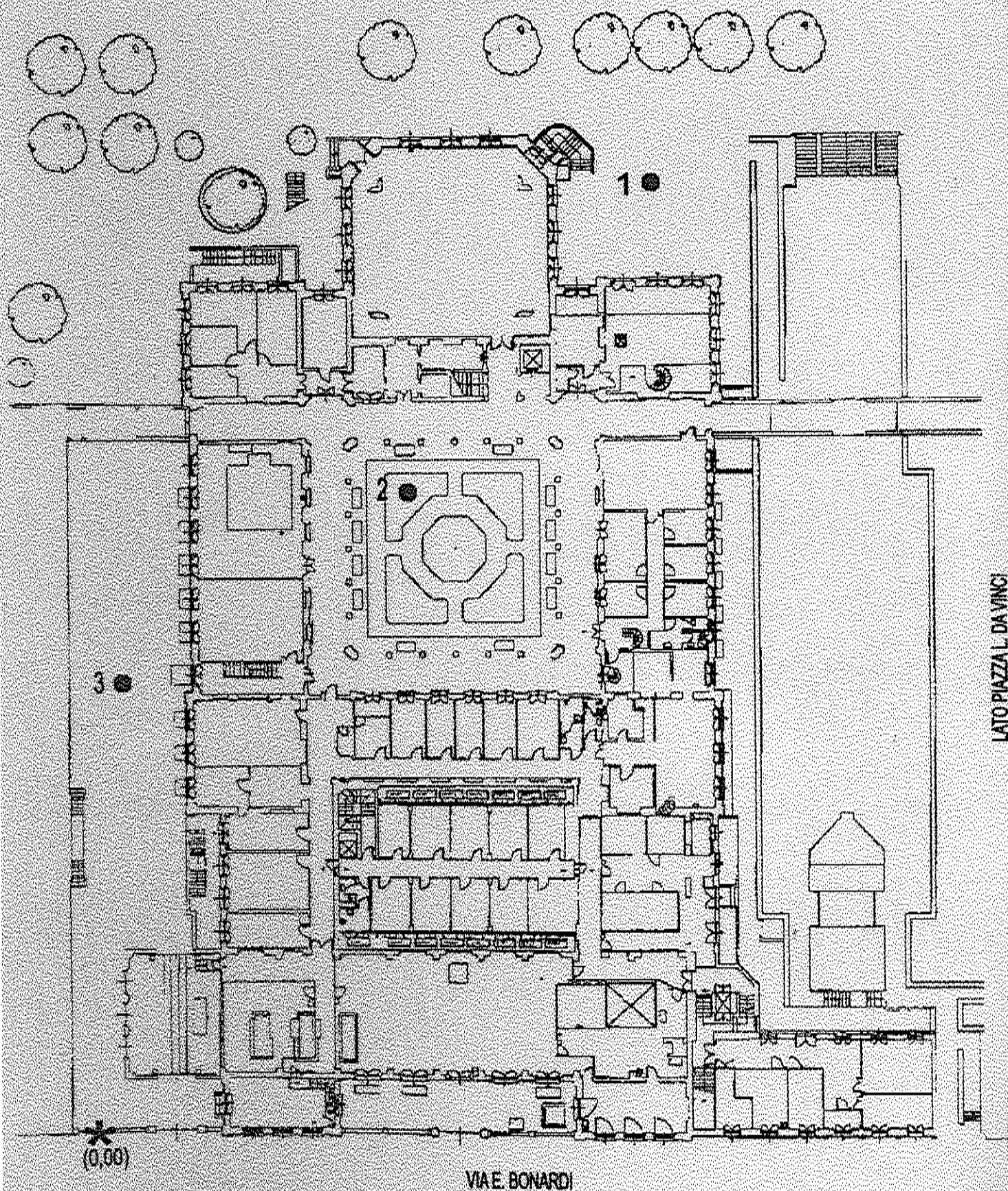
DISEGNO N: 5657/1

DATA: 09-10-06

N.B. - Lo zero di riferimento delle profondità è posto a m. +1.00 dal piano della soglia in asse all'ingresso carrabile di Via Bonardi (v. dis.).



PLANIMETRIA  
Scala 1:500





## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:1

DATA: 6-10-2006

Disegno n°:56571H

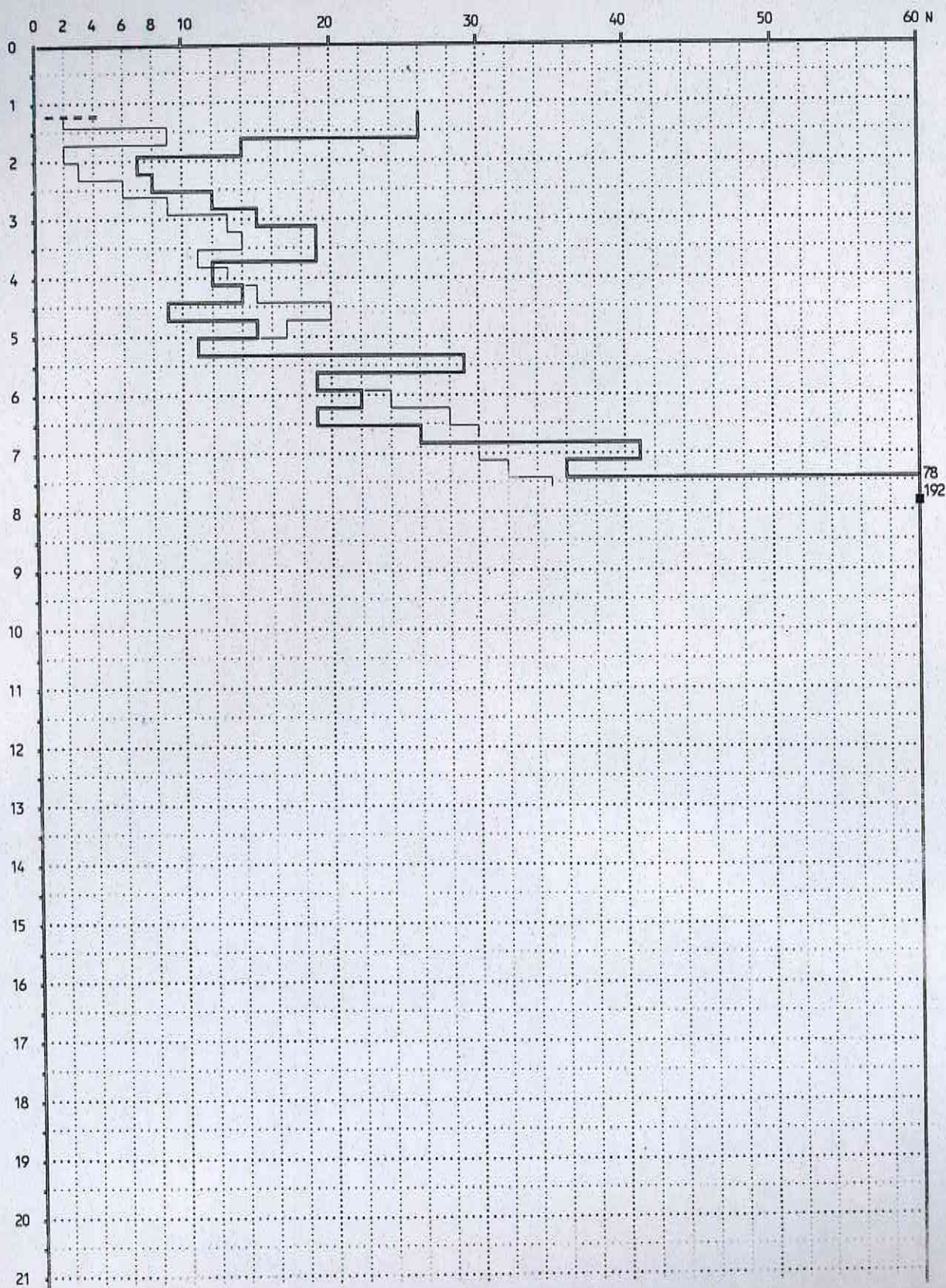
Località : MILANO

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante

N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici

— Punta 60°  $\phi = 2''$ — Tubazione di rivestimento  $\phi = 1''1/2$ 

- - - Inizio prova m. 1.20      Assenza acqua fino a m.6.20 poi foro ostruito      ■ Fine prova m. 7.85





PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:2

DATA: 5-10-2006

Disegno n°:56572H

Località: MILANO

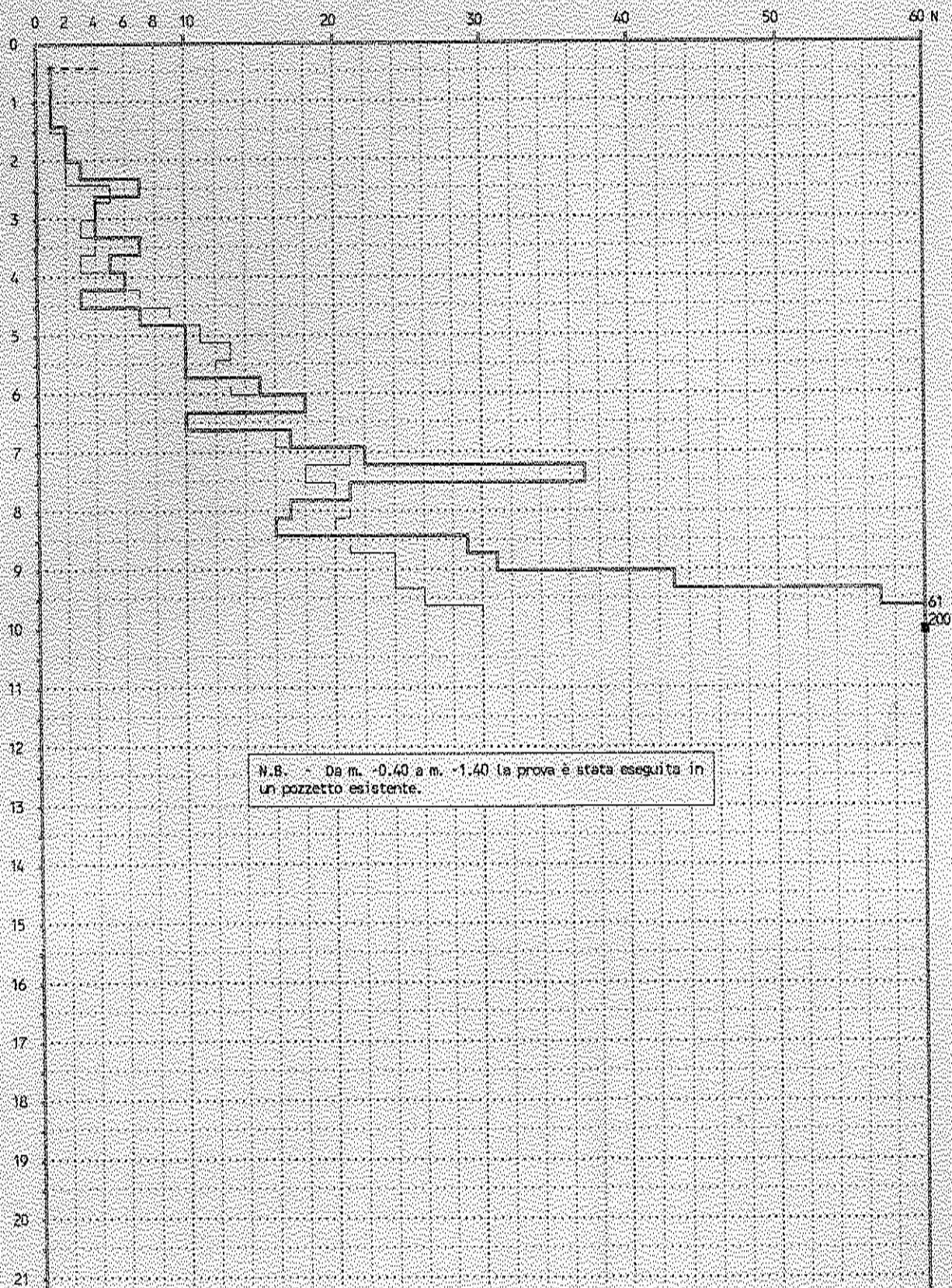
Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante

N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici

— Tubazione di rivestimento  $\phi = 1'11/2$

— Punta 60°  $\phi = 2'$

— Inizio prova m. 0.40    Assenza acqua fino a m.6.00 poi foro ostruito    ■ fine prova m.10.05





## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:3

DATA: 5-10-2006

Disegno n°:56573H

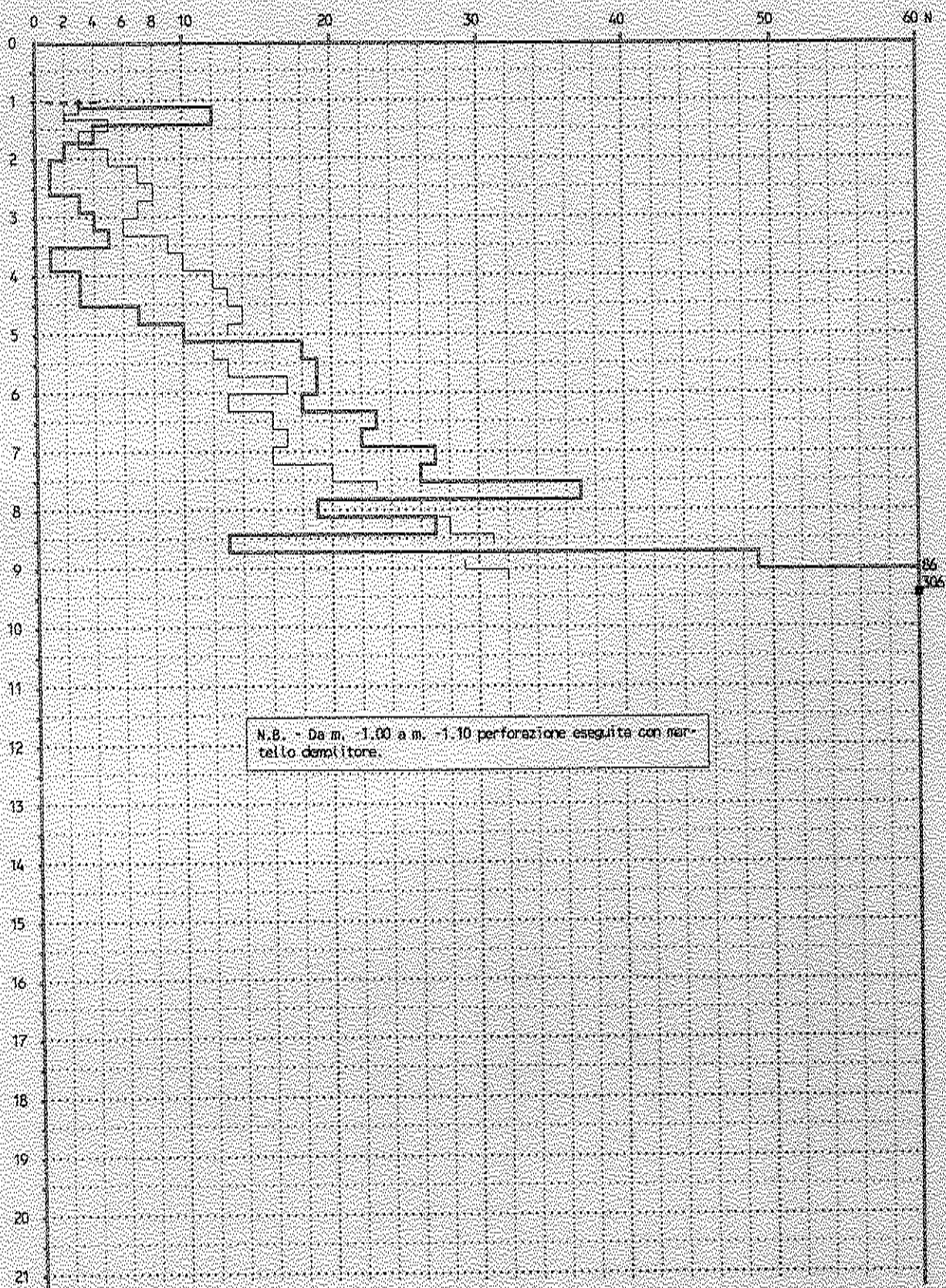
Località: MILANO

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante

N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici

— Punta 60°  $\phi = 2\frac{1}{2}$ — Tubazione di rivestimento  $\phi = 1\frac{1}{2}$ 

■ = Inizio prova m. 1.00    Assenza acqua fino a m.5.00 poi foro ostruito    ■ Fine prova m. 9.40



**COMUNE DI MILANO**

POLITECNICO DI MILANO

**NUOVO LOCALE TECNICO INTERRATO****POLO DI MILANO – SEDE DI CITTÀ STUDI – CAMPUS  
LEONARDO EDIFICIO 4****RELAZIONE GEOTECNICA**

Settembre 2010



## SOMMARIO

<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>PRINCIPALI NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA .....</b>	<b>5</b>
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	5
INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	5
INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	6
<b>CAMPAGNA DI INDAGINE .....</b>	<b>6</b>
SONDAGGI GEOGNOSTICI.....	7
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE .....	8
PROVE S.P.T.....	9
<b>MODELLO GEOLOGICO TECNICO .....</b>	<b>11</b>
<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI .....</b>	<b>12</b>
<b>SISMICITÀ.....</b>	<b>13</b>
<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>18</b>

### Indice delle Figure

Figura 1 – Stralcio della tavoletta CTR B6c2.....	5
Figura 2 – Ubicazione indagini in sito .....	7

### Allegati

- ALLEGATO.1 Layout indagini in sito
- ALLEGATO.2 Stratigrafie
- ALLEGATO.3 Documentazione fotografica

## **PREMESSA**

Il presente lavoro è redatto per conto del Politecnico di Milano Area Tecnica Edilizia a supporto della progettazione di un nuovo locale tecnico interrato in adiacenza all'edificio 4 di via Bonardi in Milano.

L'area di intervento è un corridoio di passaggio a cielo aperto tra l'edificio 4 e l'edificio 10 interamente asfaltata.

Il presente lavoro ha come scopo principale la caratterizzazione geotecnica dei terreni dell'area, attraverso indagini in sito ed in laboratorio, per la progettazione e il dimensionamento delle strutture del nuovo locale tecnico interrato. Sono state inoltre eseguite analisi di caratterizzazione ambientale sui campioni di terreno prelevati finalizzati alla predisposizione di un piano scavi (cfr "Piano Scavi").

L'analisi dei terreni e la loro parametrizzazione geotecnica è stata effettuata mediante apposite indagini in sito eseguite nel mese di Luglio del 2010 ed integrate con le analisi di laboratorio effettuate sui campioni prelevati.

L'indagine in sito è stata effettuata mediante l'esecuzione di n° 2 sondaggi geognostici per la caratterizzazione dei terreni e la valutazione della profondità della falda freatica.

Le osservazioni effettuate nel corso dei sopralluoghi e mediante lo studio delle informazioni raccolte hanno consentito, di individuare i tratti litostratigrafici dell'area e di stimare le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dall'opera, allo scopo di verificare l'adeguatezza delle strutture previste alla situazione in essere.

## **PRINCIPALI NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

### **D. M.14/01/2008**

Norme Tecniche per le Costruzioni

### **D. M. LL.PP: del 11/03/1988**

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

### **D. M. LL.PP: del 14/02/1992**

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

### **D. M. 9 Gennaio 1996**

Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

### **D. M. 16 Gennaio 1996**

Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.

### **D. M. 16 Gennaio 1996**

Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

### **Circolare Ministero LL.PP: 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG:/S.T.C.**

Istruzione per l'applicazione delle norme tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.

### **Circolare Ministero LL.PP: 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.**

Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

## INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

### INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area investigata si trova in Milano in zona "Città Studi". L'ingresso principale è da P.zza Leonardo da Vinci ma esiste un accesso secondario anche da via Bonardi. Fa parte del complesso principale del Politecnico di Milano.

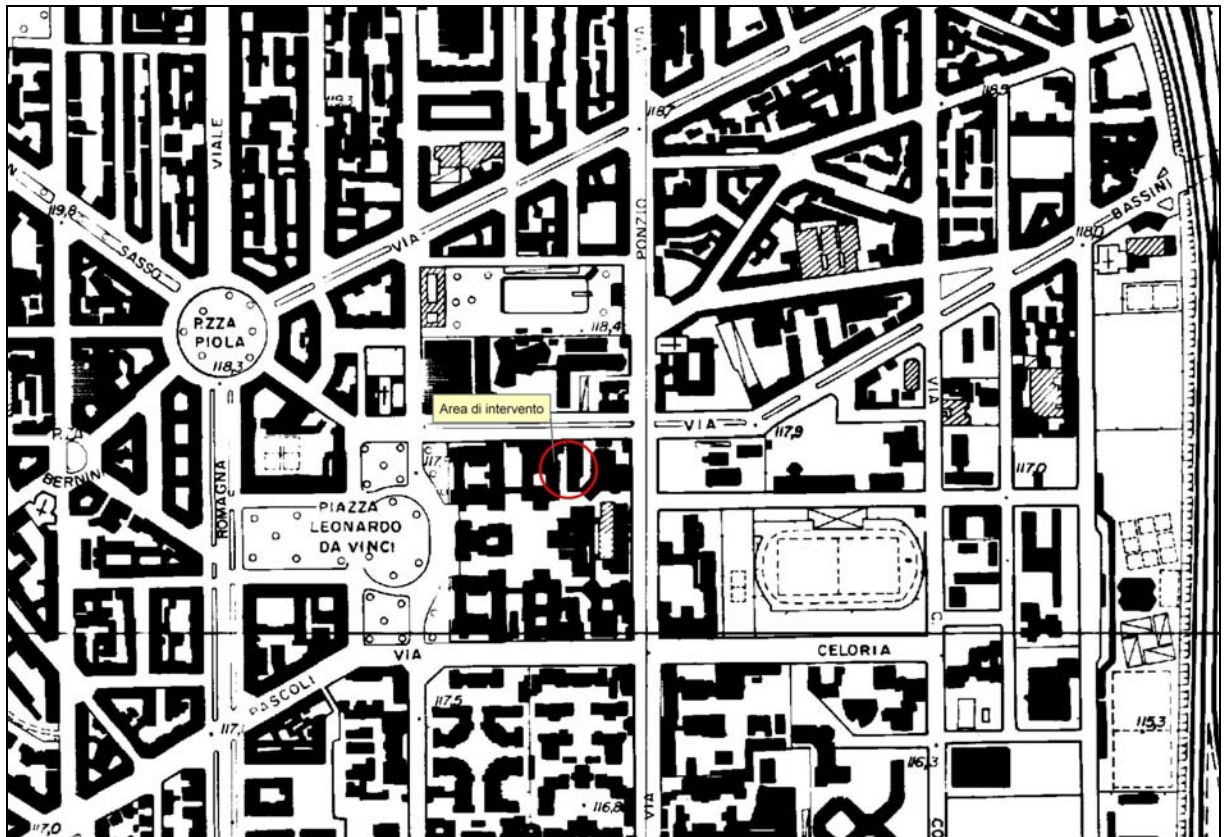


Figura 1 – Stralcio della tavoletta CTR B6c2

### INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Da un punto di vista geologico generale, i depositi della Pianura Padana sono caratterizzati da un potente materasso di materiali alluvionali e fluvio-glaciali che hanno colmato le antiche depressioni Padane con materiali provenienti dall'erosione delle catene Alpi. In generale i depositi più grossolani, costituiti da ghiaie e sabbie, si rinvenivano negli strati più superficiali mentre più in profondità, al di sotto dei 40-50 m, si assiste ad un progressivo aumento delle componenti più fini di tipo limoso-



argilloso che raggiungono il loro massimo a profondità superiori ai 100 m in corrispondenza dei depositi deltizi e palustri del Villafranchiano.

I depositi fluvioglaciali sono caratterizzati da ghiaie medie e ciottoli immerse in matrice sabbiosa, in genere scarsamente selezionati. Clasti poligenici subarrotondati di natura prevalentemente metamorfica e cristallina (granitoidi), cui si associano ciottoli calcarei e calcareo-marnosi. Il grado di alterazione, varia da debole a medio nel primo sottosuolo, con locale alterazione più spinta su clasti carbonatici.

### **INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

Il territorio in oggetto appartiene alla città metropolitana di Milano ed ha subito un importante sviluppo residenziale ed industriale dal dopoguerra. Da un punto di vista geomorfologico, trovandosi all'interno del centro cittadino, non sono presenti elementi di rilievo.

In generale il territorio presenta un blando declivio verso sud e quote di circa 118 m. s.l.m.

Le incisioni e gli avvallamenti creati originariamente dai corsi d'acqua sono oggi in gran parte obliterati dall'azione antropica che ha modificato sostanzialmente l'assetto del territorio.

### **CAMPAGNA DI INDAGINE**

La campagna di indagine condotta a fine luglio del 2010 aveva da un lato la finalità di caratterizzare i terreni di fondazione del nuovo locale tecnico e dall'altra di valutare la presenza di eventuali sostanze potenzialmente contaminanti nelle matrici di suolo. Per raggiungere questo duplice scopo sono stati eseguiti due sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni.

Per ogni sondaggio sono state eseguite prove S.P.T. in foro. I campioni prelevati sono stati successivamente portati in laboratorio per essere analizzati.

Durante i sondaggi non si è riscontrata la presenza di falda freatica.

Nell'ottobre 2006 era stata condotta dallo Studio Celotti una prima indagine a mezzo di 3 prove penetrometriche dinamiche sull'area dell'edificio 4. Di nostro interesse è la prova n. 3 ubicata nell'area del presente intervento.

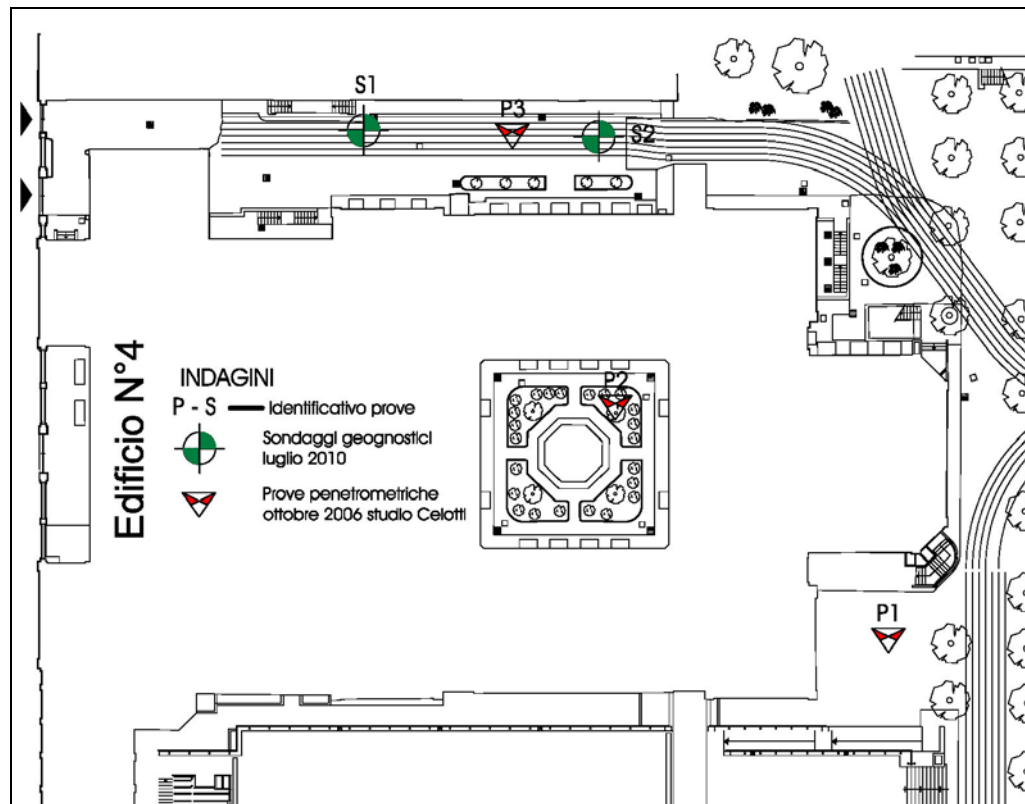


Figura 2 – Ubicazione indagini in sito

### SONDAGGI GEOGNOSTICI

Sono stati eseguiti due sondaggi geognostici (S1, S2,) spinti a diverse profondità: S1 ha raggiunto la quota di -9.5 m da p.c.; S2 a -6 m da p.c.

La quota del piano campagna è circa 118 m s.l.m.

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata impiegata una perforatrice idraulica a rotazione Beretta T44.

La perforazione è stata eseguita a secco a carotaggio continuo con l'impiego di carotiere semplice diametro 101 mm; il sostegno delle pareti del foro è stato ottenuto mediante l'impiego di tubi di rivestimento del diametro di 127 mm.

La stratigrafia con la descrizione a visu delle carote prelevate è riportata nell'allegato n. 1 come le foto delle cassette catalogatrici.

### **PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**

Si riportano di seguito i valori della prova penetrometrica P3 eseguita dallo studio Celotti nel 2006.

La prova consiste nel misurare il numero di colpi (N) necessari per infliggere la punta conica (Rp) e il rivestimento (Rr) in 30 cm di terreno. I valori di Rp e Rr che si ottengono vengono generalmente trasformati in prove S.P.T. equivalenti e da queste si ricavano i parametri geotecnici dei terreni attraverso correlazioni empiriche.

**Tabella 1 – Tabulato prove penetrometriche dinamiche pesanti**

Prof.	N(30) P3
1	
1.1	3
1.4	12
1.7	4
2	2
2.3	1
2.6	1
2.9	3
3.2	4
3.5	5
3.8	1
4.1	3
4.4	3
4.7	7
5	10
5.3	18
5.6	19
5.9	19
6.2	18
6.5	23
6.8	22
7.1	27
7.4	26

7.7	36
8	19
8.3	27

La prova mette in evidenza livelli da scarsamente addensati negli strati più superficiali a mediamente o molto addensati negli strati sottostanti. In particolare si osserva un orizzonte più superficiale a densità media o bassa fino a circa 4.7 m di profondità e terreni più addensati sotto i 4.8 m circa.

### **PROVE S.P.T.**

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche S.P.T.

La prova prevede l'infissione di una scarpetta campionatrice nel terreno per intervalli di 15 cm ciascuno, per un totale di 45 cm. Si contano il numero di colpi necessari per l'infissione degli ultimi 30 cm. In caso di terreni incoerenti prevalentemente sabioso-ghiaiosi, come nel caso in esame, è possibile sostituire la scarpetta con una punta conica. Tali prove hanno lo scopo di determinare lo stato di addensamento dei terreni prevalentemente mediante formule empiriche che, come tali, vanno applicate criticamente;

di seguito si riportano le caratteristiche dell'attrezzatura utilizzata:

- testa di battuta in acciaio avvitata su aste di diametro 51 mm;
- altezza di caduta del maglio: 75 cm;
- peso del maglio: 63.5 kg.

La Tabella 2 riassume i risultati delle prove in foro alle varie profondità investigate.



**Tabella 2 – Prove S.P.T. in foro**

<b>S1</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>N<sub>spt</sub></b>	<b>S2</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>N<sub>spt</sub></b>
1	4.50	30	1	3.0	3
2	6	43	2	6.0	33
3	7.50	57			
4	8.5	Rif.			

Dall'analisi dei risultati si può notare l'elevato numero di colpi medio che caratterizza i depositi presenti in sito a partire da 4,5 m al di sotto del p.c.

I valori  $N_{SPT}$  relativamente più bassi in S2 a circa 3 m di profondità sono dovuti ad un primo livello superficiale a minor densità relativa costituito da materiali a granulometria limoso sabbiosa. Tale livello è visibile anche dalle prove penetrometriche dinamiche eseguite nel 2006.

Confrontando le due diverse tipologie di prove si riscontra un generale accordo di risultati alle quote di riferimento anche se le prove penetrometriche hanno evidenziato un numero di colpi leggermente più basso rispetto alle prove S.P.T. In generale comunque ci si trova in un contesto caratterizzato da terreni da mediamente a molto addensati con buone caratteristiche geotecniche a partire da circa 4.5 m di profondità. I livelli più superficiali presentano invece caratteristiche più eterogenee e globalmente più scadenti e non sono propriamente adatti all'imposta di fondazioni dirette. I livelli più superficiali sono anche caratterizzati dalla granulometria più fine.

Per utilizzare i risultati delle prove SPT in foro si fa riferimento a relazioni empiriche.

I risultati ottenuti sul campo vanno poi corretti in funzione della profondità a cui è stata effettuata la prova e in funzione dell'efficacia del dispositivo di battitura.

Una volta corretti, i risultati delle prove in sito possono essere utilizzati per stimare vari parametri di interesse, in particolare saranno stimate:

- densità relativa
- angolo di attrito

## MODELLO GEOLOGICO TECNICO

L'analisi critica dei risultati delle indagini in sito (sondaggi a carotaggio continuo, prove SPT, prove penetrometriche dinamiche) ha permesso di caratterizzare i terreni nel sottosuolo e di definirne i principali parametri geotecnici di progetto ( $c'$ ,  $\Phi'$ ).

In particolare, sono state definite 3 unità omogenee dal punto di vista geotecnico, individuate in corrispondenza delle verticali di sondaggio e correlate poi sull'area di interesse al fine di ottenere un modello geotecnico del sottosuolo utile alla progettazione. Data la sostanziale omogeneità granulometrica dei litotipi presenti, le unità sono state individuate criticamente principalmente in funzione del grado di addensamento ricavato dalle prove SPT in foro e dalle prove penetrometriche dinamiche facendo riferimento ai valori di  $N_{spt}$  misurati in sito fino a circa 10 metri di profondità (I valori di  $N(30)$  delle prove penetrometriche sono stati trasformati in valori di  $N_{spt}$  equivalenti).

Di seguito vengono descritte le principali caratteristiche delle unità litotecniche sopra definite .

### *Unità 1: Terreni eterogenei poco addensati*

L'unità comprende sia i terreni di riporto o di rimaneggiato antropico nei primi 0.5 m, sia terreni naturali presenti al di sotto del p.c. fino a circa 4,5 m di profondità. L'Unità è costituita da materiali generalmente poco addensati costituiti da limi argillosi variamente sabbiosi fino a circa -2.5 m di profondità a cui seguono sabbie limose/ghiaiose, fino a circa -4.5 m spesso bagnate tra -2.5 e -3.8 m

Per questa unità è stata stimata una densità relativa compresa tra 20% e 30% .

L'unità costituisce l'orizzonte più superficiale nell'area

### *Unità 2: Terreni omogenei mediamente addensati*

L'unità è costituita prevalentemente da sabbie e ghiaie limose o ciottolose da circa -4.5 m. Il terreno, omogeneo dal punto di vista granulometrico, presenta una densità relativa media (DR compreso tra 50 e 65%).

### *Unità 3: Terreni omogenei addensati*

L'unità è costituita prevalentemente da ghiaie e sabbie ciottolose da circa -6 m. Il terreno, omogeneo dal punto di vista granulometrico, presenta una buona densità relativa (DR compreso tra 65 e 80%).

## **CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI**

Per la caratterizzazione geotecnica delle varie unità si è proceduto analizzando criticamente:

- i risultati delle correlazioni empiriche tra  $N_{SPT}$ , densità relativa (DR) e angolo d'attrito efficace ( $\phi'$ );
- esame delle condizioni geologiche ed idrogeologiche del sito.
- la classificazione tecnica dei campioni prelevati dalle carote di sondaggio;

I dati elaborati, pur fornendo valutazioni a carattere puntiforme, possono comunque essere indicativi in ragione delle buone caratteristiche di omogeneità litologica dei terreni presenti.

I parametri di progetto (densità relativa DR, angolo d'attrito efficace e coesione), ottenuti per correlazione con i risultati delle prove SPT (Gibbs e Holtz; Terzaghi e Peck; Peck, Hanson e Thornburn, Schmertmann, Road Bridge Specification, Japanese National Railway, Sowers, Meyerhoff), sono stati cautelativamente ridotti sulla base dell'incertezza che naturalmente affligge i valori stimati da correlazioni empiriche e su considerazioni inerenti le condizioni di prova (utilizzo di punta conica chiusa invece della scarpetta standard). Si è scelto dunque di utilizzare i dati più cautelativi per considerare, inoltre, le possibili variazioni locali dei parametri nelle zone non direttamente interessate dalla campagna geognostica.

Non essendo disponibili informazioni dirette riguardo l'eventuale contributo della coesione, ed essendo i terreni nella zona di interesse a comportamento granulare e non coesivo la coesione efficace è stata considerata nulla ( $c'=0$ ). Tra -0.5 m da p.c. e circa -2.5 m è presente un livello limoso che può presentare comportamento

intermedio tra coesivo e granulare. Ai fini del presente progetto si è scelto un comportamento granulare.

Nella tabella seguente si riassumono i parametri di progetto assegnati ai terreni desunti, come precedentemente esposto, dall'analisi critica delle prove effettuate.

Tutte le prove eseguite sono riportate integralmente in allegato 1.

**Tabella 3 – Valori caratteristici dei parametri del terreno**

Unità	Nspt equivalente	Gamma (kN/m <sup>3</sup> )	Profondità m da p.c.	Densità relativa Dr (%)	Coesione C' (kPa)	E Modulo elastico (kN/cm <sup>2</sup> )	Angolo di Attrito Phi' (°)
1	4	18	0-4.5	20-30	0	100	26
2	25	19	4.5 - 6	50-65	0	350	32
3	36	20	>6	65-80	0	470	35

## SISMICITÀ

Con l'ordinanza P.C.M. 20 marzo 2003, n° 3274 si danno i "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

In base a tale ordinanza ed a seguito della sua pubblicazione sulla G.U. del 08/05/2003, il Comune di Milano è stato classificato comune sismico in classe 4 (con  $a_g/g = 0,05$ ) per la quale sono previsti i valori di accelerazione orizzontale di cui alla tabella seguente:

<b>Zona</b>	<b>Valore di <math>a_g</math></b>
1	0.35 g
<b>2</b>	<b>0.25 g</b>
3	0.15 g
4	0.05 g



Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 Norme Tecniche per le Costruzioni, **la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente"** e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

### **CATEGORIE DI SUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE DI SITO**

L'attribuzione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni) secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2008 sono riassunte in Tabella 1

**Tabella 4 - Classificazione sismica secondo l'OPCM 3274 (& succ. agg.)**

<b>Classe</b>	<b>Litologia</b>	<b><math>V_{s30}</math> m/s</b>	<b><math>N_{spt}</math></b>	<b><math>C_u</math> kPa</b>
A	Formazioni litoidi e suoli molto rigidi con copertura di spessore inferiore ai 5 m	> 800	-	-
B	Sabbie e ghiaie od argille molto addensate e consistenti, potenti decine di metri	360 – 800	> 50	> 250
C	Sabbie e ghiaie od argille mediamente addensate, potenti decine di metri	180-360	15-50	70-250
D	Depositi da sciolti a mediamente addensati, o coesivi da poco a mediamente consistenti	< 180	< 15	> 70
E	Alluvioni superficiali potenti da 5 a 20 metri, su substrato con $V_{s30} > 800$ m/s	< 360	-	-
S1	Depositi con almeno 10 m di limi/argille saturi, a bassa consistenza con $IP > 40$	< 100	-	10-20
S2	Depositi liquefacibili di argille sensitive, od altri diversi da quelli sopra indicati	-	-	-

Nelle definizioni precedenti  $V_{s30}$  è la velocità media di propagazione entro i primi 30 m di profondità delle onde di taglio. Il sito verrà classificato sulla base del valore di  $V_{s30}$  se disponibile, altrimenti sulla base del valore di  $N_{spt}$  o  $C_u$ .

Per quanto il presente progetto la categoria di suolo è stata valutata dalle prove eseguite, estrapolate a 30 m di profondità.

La "**categoria di suolo**" per il terreno presente, in riferimento alle specifiche del D.M. 14.01.2008 già O.P.C.M. n.3274/03, assumendo quale quota di riferimento quella del p.c. può essere ascrivibile alla **classe c** con velocità  $V_{s30}$  comprese tra  **$360 < V_{s30} < 800$  m/s**.

La condizione topografica del sito nella zona può essere ascrivibile alla **categoria T1** – superficie pianeggiante.

Per le opere in progetto si è considerata una **Vn di 50 anni** e una classe d'uso CU III.

In queste condizioni il coefficiente d'uso risulta pari a 1,5

### **PARAMETRI SISMICI**

Di seguito si riportano i parametri sismici per le verifiche agli SL calcolati secondo le NTC 2008 relativi alla zona in oggetto per quanto riguarda le fondazioni:

Sito in esame.

latitudine: 45,479302

longitudine: 9,230046

Classe: 3

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 12261	Lat: 45,4593	Lon: 9,2174	Distanza: 2434,775
Sito 2	ID: 12262	Lat: 45,4618	Lon: 9,2885	Distanza: 4954,369
Sito 3	ID: 12040	Lat: 45,5117	Lon: 9,2848	Distanza: 5589,588
Sito 4	ID: 12039	Lat: 45,5092	Lon: 9,2137	Distanza: 3563,238

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 75anni

Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 45 [anni]

ag: 0,024 g

Fo: 2,555

Tc\*: 0,188 [s]

## Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	75	[anni]
ag:	0,030	g
Fo:	2,559	
Tc*:	0,210	[s]

## Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	712	[anni]
ag:	0,060	g
Fo:	2,658	
Tc*:	0,290	[s]

## Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	1462	[anni]
ag:	0,073	g
Fo:	2,703	
Tc*:	0,305	[s]

## Coefficienti Sismici

## SLO:

Ss:	1,500
Cc:	1,820
St:	1,000
Kh:	0,007
Kv:	0,004
Amax:	0,360
Beta:	0,200

## SLD:

Ss:	1,500
Cc:	1,760
St:	1,000

**dott. geol. Luca Siena**  
via Paolo Sarpi, 42  
20154 Milano  
P.I. 03804230963

Tel. +390291531178  
Cell. +393939013333  
Fax: +3902313238  
email: l.siena@basin.it

Kh: 0,009

Kv: 0,005

Amax: 0,444

Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,500

Cc: 1,580

St: 1,000

Kh: 0,018

Kv: 0,009

Amax: 0,883

Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,500

Cc: 1,550

St: 1,000

Kh: 0,022

Kv: 0,011

Amax: 1,068

Beta: 0,200



## CONCLUSIONI

Sono state studiate le caratteristiche dei terreni su cui sorgerà il nuovo locale tecnico interrato dell' Area Tecnico Edilizia del Politecnico situati presso l'edificio 4 di via Bonardi in Milano.

L'analisi condotta ha evidenziato la presenza di un terreno dalle buone caratteristiche geotecniche generali a partire da circa 4.5 m di profondità. In superficie il materiale limoso sabbioso e di riporto, presenta caratteristiche più scadenti.

Le prove in sito eseguite nel luglio 2010 e nel 2006 (prove penetrometriche dinamiche Studio Celotti) hanno messo in evidenza valori di colpi/piedi (S.P.T. equivalenti) medi di circa 4 fino a 4.5 m da p.c., indicando un materiale con densità relativa bassa (tra il 25% e il 35%). Al di sotto del primo livello più scadente si passa ad un terreno sabbioso ghiaioso con un repentino miglioramento delle caratteristiche geotecniche del terreno.

Le prove effettuate fino a 10 m di profondità non hanno evidenziato la presenza di falda freatica che, nella zona, dovrebbe attestarsi a circa 19 – 25 m da p.c.

A livello generale si ritiene che le fondazioni della nuova struttura dovranno essere impostate a partire da -4.5 m da attuale p.c. nell'unità 2 costituita da ghiaie e sabbie da mediamente ad addensate con buone caratteristiche geotecniche.

Si ritiene che in queste condizioni i carichi ammissibili sul terreno utilizzando sia fondazioni nastriformi che a platea siano ampiamente superiori ai carichi di progetto ipotizzati (non noti al momento della stesura della presente ma valutati in base alla tipologia di struttura in progetto). La pressione attualmente presente alla quota di imposta della fondazione (dovuta al peso proprio del terreno) è probabilmente già di per sé molto prossima ai carichi di progetto. Per queste ragioni si ritiene che il terreno non debba subire ulteriori significativi cedimenti che possano causare danni alle strutture. Tali considerazioni indicative dovranno essere verificate in sede di progettazione strutturale.

Per la progettazione di dettaglio delle strutture e delle opere di consolidamento provvisori dovranno essere usati i valori caratteristici dei terreni riportati in tabella 5

**dott. geol. Luca Siena**  
via Paolo Sarpi, 42  
20154 Milano  
P.I. 03804230963

Tel. +390291531178  
Cell. +393939013333  
Fax: +3902313238  
email: l.siena@basin.it

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto il terreno presente fino alla profondità investigata può essere assimilabile ad un suolo di categoria "C" in condizioni topografiche "T1".

Essendo tutta l'area di intervento ribassata rispetto al livello del piano campagna si raccomanda di prevedere un adeguato sistema di drenaggio e raccolta delle acque.

Milano, 15-09-2010

The image shows a circular professional stamp of the "ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA". Inside the stamp, it reads "LUCA SIENA", "geologo specialista", "n. 1266 AF", and "sezione A". To the right of the stamp is a handwritten signature that appears to be "Luca Siena".

**ALLEGATI:**

ALLEGATO 1: LAYOUT UBICAZIONE INDAGINI  
ALLEGATO 2: STRATIGRAFIE  
ALLEGATO 3: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

---

ALLEGATO 1:

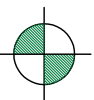
## **LAYOUT UBICAZIONE INDAGINI**



# Edificio N°4

## INDAGINI

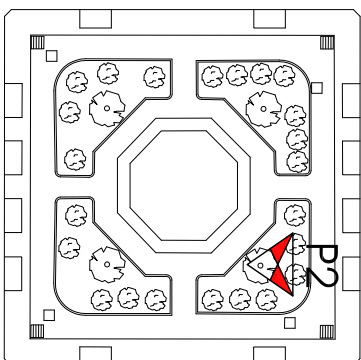
P - S — Identificativo prove



Sondaggi geognostici  
luglio 2010



Prove penetrometriche  
ottobre 2006 studio Celotti



S1

P3

S2

P1

ALLEGATO 2:

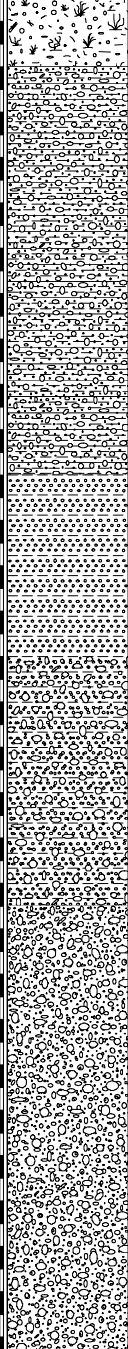
## **STRATIGRAFIE**

## SCALA 1 : 41 Pagina 1/1

SCALA 1 : 41

[illegible]

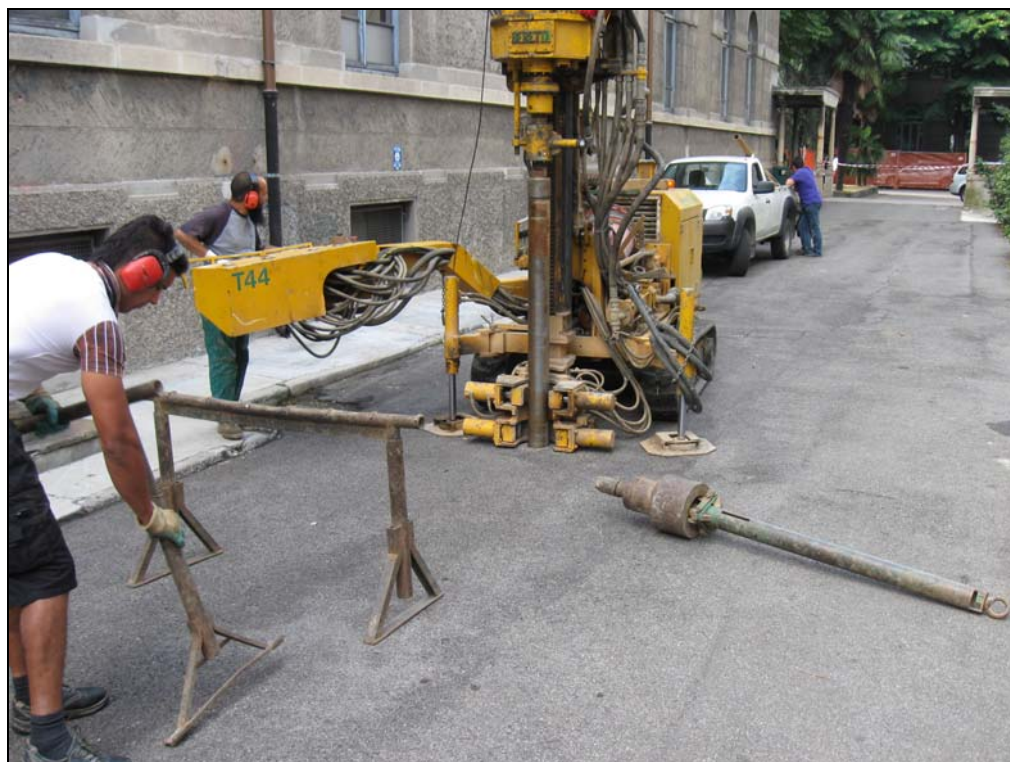
Riferimento: dr. SIENA	Sondaggio: 2
Località: Politecnico di Milano edificio 4 P.zza Leonardo da Vinci 32	Quota: pc
Impresa esecutrice: GEODRILL S.R.L.	Data: 30/07/2010
Coordinate:	Redattore: dr. Siena
Perforazione: carotaggio continuo	

ø mm	R v	A r s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
														Riporto con asfalto
						1) Dis < 0.40 2.00							0.3	Limo sabbioso argilloso debolmente ghiaioso color marrone da 1.3 15 cm di colore grigio
				1										
				2		2) Dis < 2.20 3.60							2.1	Sabbia limosa color marrone
				3					1-2-1	3	2.9	Sabbia ghiaiosa limosa bagnata colore grigiastro		
				4		3) Dis < 3.60 5.00							4.0	Sabbia con ghiaia e ciottoli colore grigio
				5										
				6					16-15-18	33	6.0			



ALLEGATO 3:

## **DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**









**dott. geol. Luca Siena**  
via Paolo Sarpi, 42  
20154 Milano  
P.I. 03804230963

Tel. +390291531178  
Cell. +393939013333  
Fax: +3902313238  
email: l.siena@basin.it









**dott. geol. Luca Siena**  
via Paolo Sarpi, 42  
20154 Milano  
P.I. 03804230963

Tel. +390291531178  
Cell. +393939013333  
Fax: +3902313238  
email: l.siena@basin.it





POLITECNICO DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA STRUTTURALE  
LABORATORIO PROVE MATERIALI  
20133 MILANO – P.ZA LEONARDO DA VINCI, 32

Cod. Fiscale 80057930150  
P. IVA 04376620151

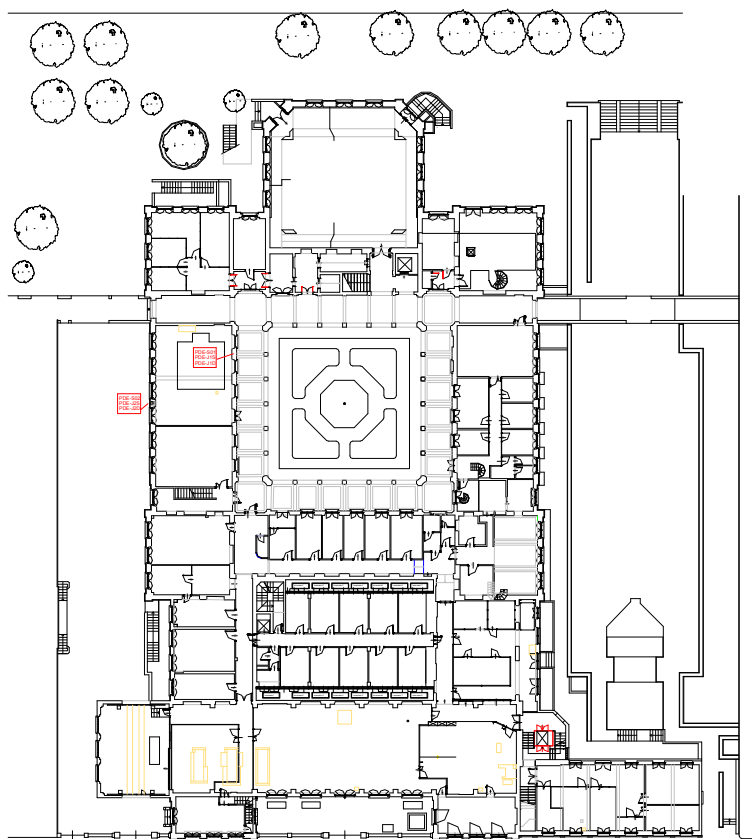
Accettazione materiale:  
Via Celoria, 3  
orario 9 – 12

TELEX 333467 POLIMI I  
TELEFAX 23994211

Segret. accett. 2399.4210  
Segret. certif. 2399.4211

**Richiedente:** Area Tecnico Edilizia – Politecnico di Milano

*DIPARTIMENTO DI ENERGETICA*



*Piano terra*

Il Responsabile Tecnico  
Claudia Tiraboschi



POLITECNICO DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA STRUTTURALE  
LABORATORIO PROVE MATERIALI  
20133 MILANO – P.ZA LEONARDO DA VINCI, 32

Cod. Fiscale 80057930150  
P. IVA 04376620151

Accettazione materiale:  
Via Celoria, 3  
orario 9 – 12

TELEX 333467 POLIMI I  
TELEFAX 23994211

Segret. accett. 2399.4210  
Segret. certif. 2399.4211

**Richiedente:** Area Tecnico Edilizia – Politecnico di Milano

*Prove PDE-SO1, PDEJIS, PDEJID – piano interrato*



Il Responsabile Tecnico  
Claudia Tiraboschi





POLITECNICO DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA STRUTTURALE  
LABORATORIO PROVE MATERIALI  
20133 MILANO – P.ZA LEONARDO DA VINCI, 32

Accettazione materiale:  
Via Celoria, 3  
orario 9 – 12

TELEX 333467 POLIMI I  
TELEFAX 23994211

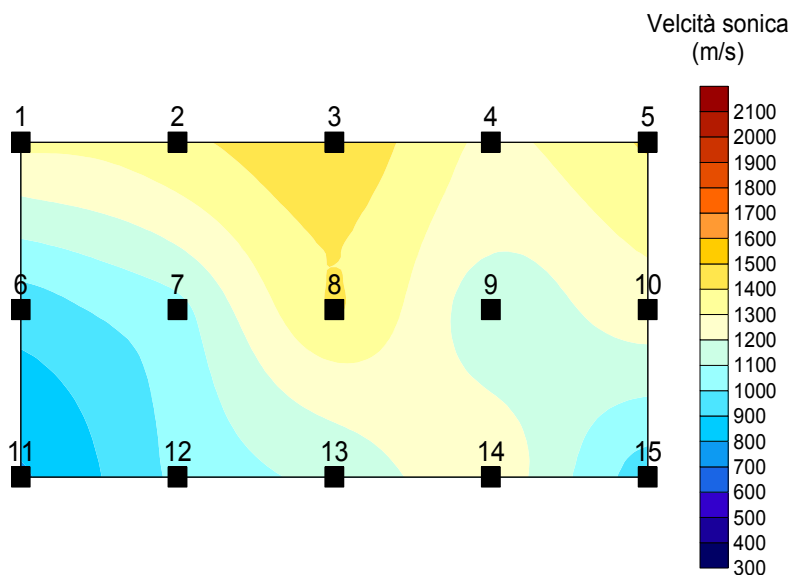
Cod. Fiscale 80057930150  
P. IVA 04376620151

Segret. accett. 2399.4210  
Segret. certif. 2399.4211

**Richiedente:** Area Tecnico Edilizia – Politecnico di Milano

*Tabella 1. Istogrammi e valori di velocità ottenuti dalla prova PDE-SO1*

Prova PDE-SO1: istogrammi					Prova sonica PDE-SO1 – 1,51 m dal piano di calpestio (riga superiore della griglia)			
					Punti di prova	Spessore (m)	Tempo (sec)	Velocità (m/sec)
					1	0.64	0.000484	1322.3
					2	0.64	0.000464	1379.3
					3	0.64	0.000432	1481.5
					4	0.64	0.000504	1269.8
					5	0.64	0.000452	1415.9
					6	0.64	0.000684	935.7
					7	0.64	0.000604	1059.6
					8	0.64	0.000452	1415.9
					9	0.64	0.000576	1111.1
					10	0.64	0.000504	1269.8
					11	0.64	0.000816	784.3
					12	0.64	0.000624	1025.6
					13	0.64	0.000572	1118.9
					14	0.64	0.000496	1290.4
					15	0.64	0.000688	930.2
					Velocità MAX		punto 3	1481.5
					Velocità MIN		punto 11	784.3
					Velocità media totale			1187.4
					Deviazione standard			209.6



Il Responsabile Tecnico  
Claudia Tiraboschi



POLITECNICO DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA STRUTTURALE  
LABORATORIO PROVE MATERIALI  
20133 MILANO – P.ZA LEONARDO DA VINCI, 32

Cod. Fiscale 80057930150  
P. IVA 04376620151

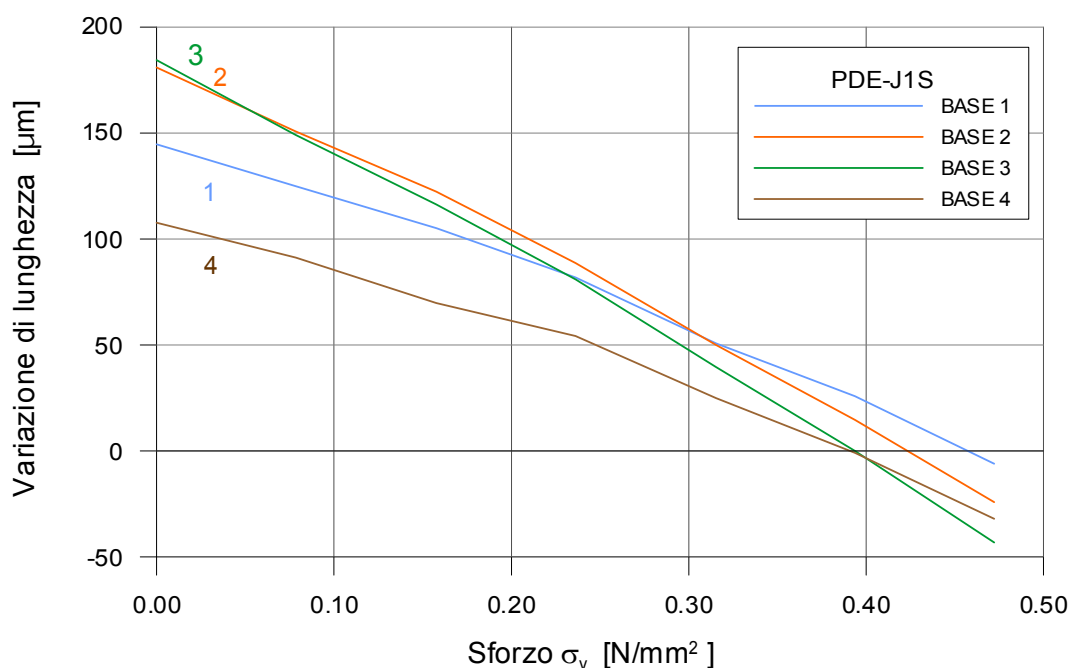
Accettazione materiale:  
Via Celoria, 3  
orario 9 – 12

TELEX 333467 POLIMI I  
TELEFAX 23994211

Segret. accett. 2399.4210  
Segret. certif. 2399.4211

**Richiedente:** Area Tecnico Edilizia – Politecnico di Milano

Prova: PDE-J1S  
Cantiere: Dipartimento di energetica  
Data: 23/07/2007



Sforzo corrispondente all'annullamento della variazione di lunghezza delle singole basi (valori interpolati) [N/mm <sup>2</sup> ]	
BASE1	0.46
BASE2	0.42
BASE3	0.39
BASE4	0.39
<b>Media</b>	<b>0.42</b>
<b>Scarto quadratico medio</b>	<b>0.03</b>
<b>Coefficiente di variazione %</b>	<b>8.0</b>

Tabella 3 – Sforzo corrispondente all'annullamento della variazione di lunghezza tra le singole basi (valori interpolati)

Il Responsabile Tecnico  
Claudia Tiraboschi



POLITECNICO DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA STRUTTURALE  
LABORATORIO PROVE MATERIALI  
20133 MILANO – P.ZA LEONARDO DA VINCI, 32

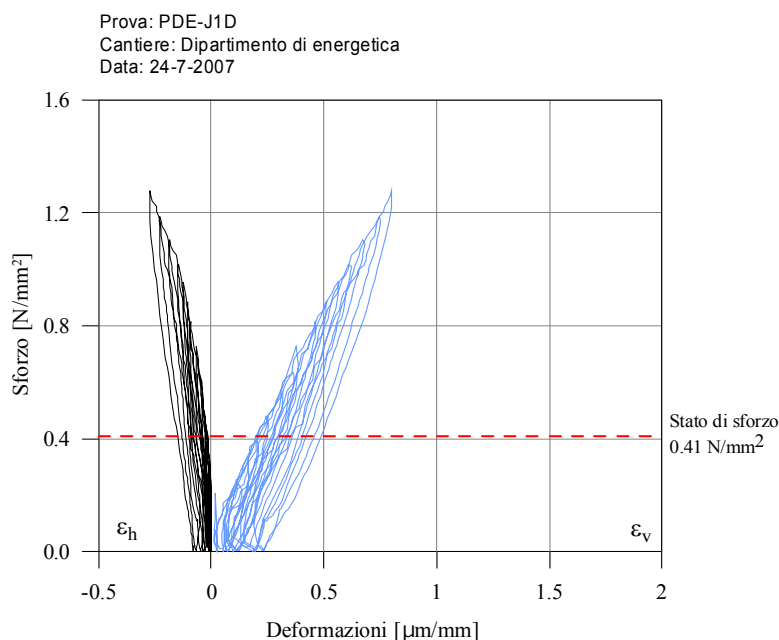
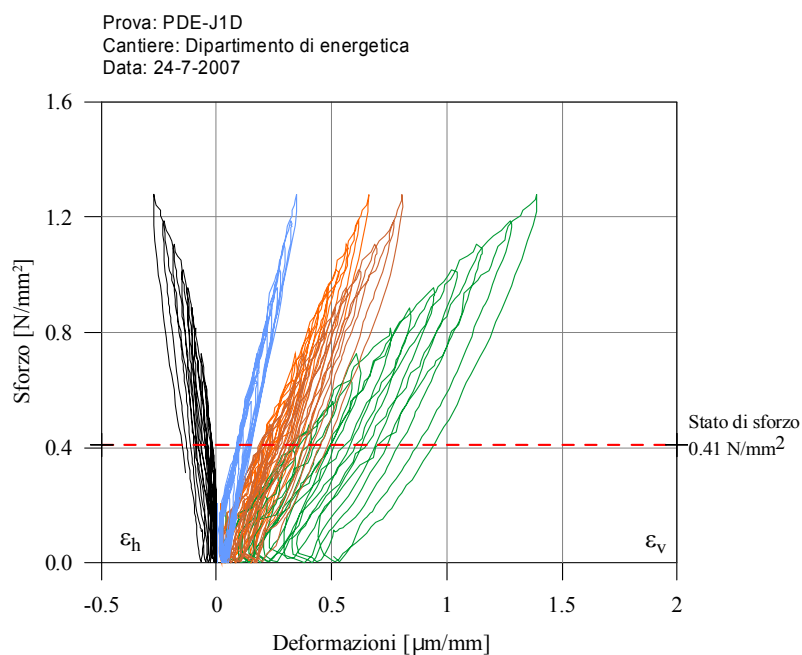
Cod. Fiscale 80057930150  
P. IVA 04376620151

Accettazione materiale:  
Via Celoria, 3  
orario 9 – 12

TELEX 333467 POLIMI I  
TELEFAX 23994211

Segret. accett. 2399.4210  
Segret. certif. 2399.4211

**Richiedente:** Area Tecnico Edilizia – Politecnico di Milano



$\Delta \sigma$ [MPa]	$\Delta \sigma / \Delta \epsilon_v$ (media Lvd1 1234) [MPa]	$\Delta \epsilon_h / \Delta \epsilon_v$
0.25-0.7	1725	0.22

Tabella 4 - Valori di deformabilità ricavati dalla prova PDE-J1D.

Il Responsabile Tecnico  
Claudia Tiraboschi



POLITECNICO DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA STRUTTURALE  
LABORATORIO PROVE MATERIALI  
20133 MILANO – P.ZA LEONARDO DA VINCI, 32

Cod. Fiscale 80057930150  
P. IVA 04376620151

Accettazione materiale:  
Via Celoria, 3  
orario 9 – 12

TELEX 333467 POLIMI I  
TELEFAX 23994211

Segret. accett. 2399.4210  
Segret. certif. 2399.4211

**Richiedente:** Area Tecnico Edilizia – Politecnico di Milano

*Prove PDE-SO21, PDEJ2S, PDEJ2D – piano terra*



Il Responsabile Tecnico  
Claudia Tiraboschi





POLITECNICO DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA STRUTTURALE  
LABORATORIO PROVE MATERIALI  
20133 MILANO – P.ZA LEONARDO DA VINCI, 32

Cod. Fiscale 80057930150  
P. IVA 04376620151

Accettazione materiale:  
Via Celoria, 3  
orario 9 – 12

TELEX 333467 POLIMI I  
TELEFAX 23994211

Segret. accett. 2399.4210  
Segret. certif. 2399.4211

**Richiedente:** Area Tecnico Edilizia – Politecnico di Milano

*Tabella 1. Istogrammi e valori di velocità ottenuti dalla prova PDE-SO2*

Prova PDE-SO2: istogrammi				Prova sonica PDE-SO2 – 1,21 m dal piano di calpestio (riga superiore della griglia)			
				Punti di prova	Spessore (m)	Tempo (sec)	Velocità (m/sec)
				1	0.61	0.000488	1250.0
				2	0.61	0.000476	1281.5
				3	0.61	0.00044	1386.4
				4	0.61	0.000444	1373.9
				5	0.61	0.000468	1303.4
				6	0.61	0.00052	1173.0
				7	0.61	0.000372	1639.8
				8	0.61	0.000476	1281.5
				9	0.61	0.000472	1292.4
				10	0.61	0.0005	1220.0
				11	0.61	0.000456	1337.7
				12	0.61	0.000444	1373.9
				13	0.61	0.00048	1270.8
				14	0.61	0.00048	1270.8
				15	0.61	0.00056	1089.3
				16	0.61	0.000512	1191.4
				17	0.61	0.000472	1292.4
				18	0.61	0.00044	1386.4
				19	0.61	0.000708	861.6
				20	0.61	0.000712	856.7
				21	0.61	0.000544	1121.3
				22	0.61	0.000548	1113.1
				23	0.61	0.000516	1182.2
				24	0.61	0.0006	1016.7
				<b>Velocità MAX</b>		punto 7	1639.8
				<b>Velocità MIN</b>		punto 20	856.7
				<b>Velocità media totale</b>			1231.9
				<b>Deviazione standard</b>			170.0

Il Responsabile Tecnico  
Claudia Tiraboschi



POLITECNICO DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA STRUTTURALE  
LABORATORIO PROVE MATERIALI  
20133 MILANO – P.ZA LEONARDO DA VINCI, 32

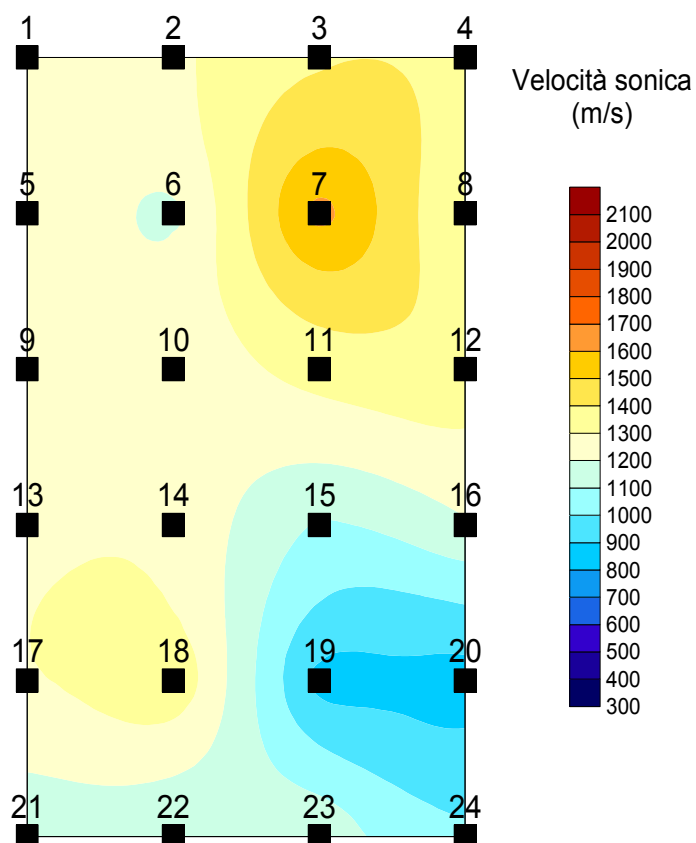
Cod. Fiscale 80057930150  
P. IVA 04376620151

Accettazione materiale:  
Via Celoria, 3  
orario 9 – 12

TELEX 333467 POLIMI I  
TELEFAX 23994211

Segret. accett. 2399.4210  
Segret. certif. 2399.4211

**Richiedente:** Area Tecnico Edilizia – Politecnico di Milano



Il Responsabile Tecnico  
Claudia Tiraboschi



POLITECNICO DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA STRUTTURALE  
LABORATORIO PROVE MATERIALI  
20133 MILANO – P.ZA LEONARDO DA VINCI, 32

Accettazione materiale:  
Via Celoria, 3  
orario 9 – 12

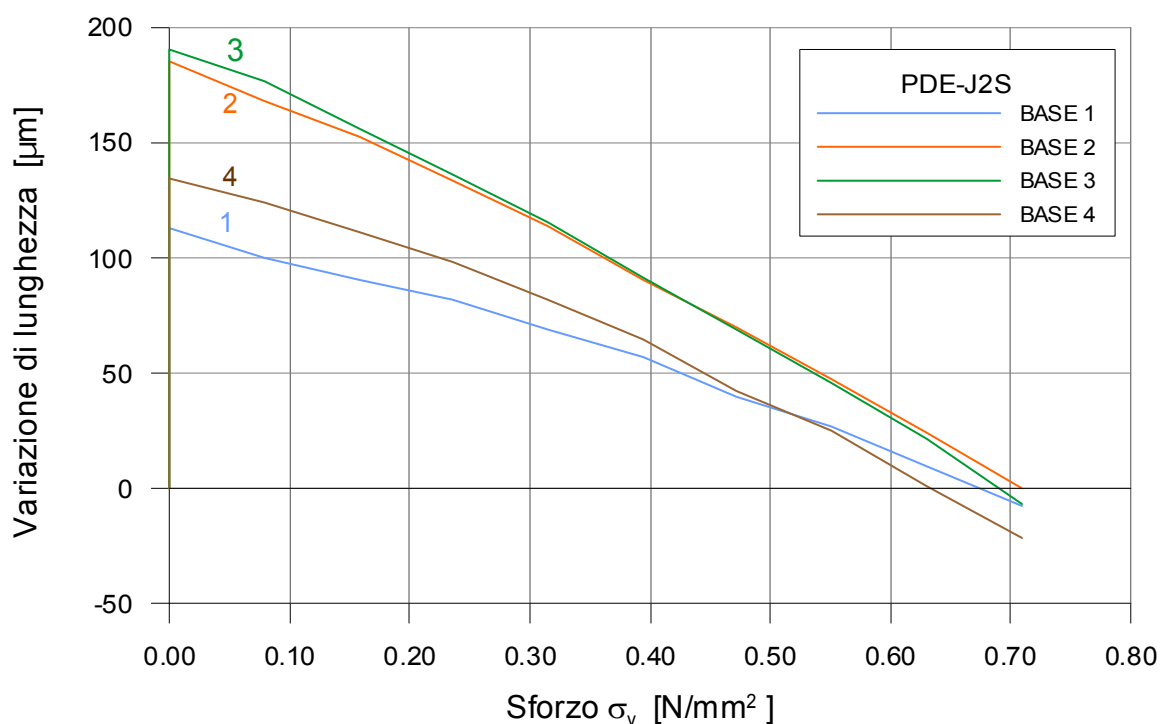
TELEX 333467 POLIMI I  
TELEFAX 23994211

Cod. Fiscale 80057930150  
P. IVA 04376620151

Segret. accett. 2399.4210  
Segret. certif. 2399.4211

**Richiedente:** Area Tecnico Edilizia – Politecnico di Milano

Prova: PDE-J2S  
Cantiere: Dipartimento di energetica  
Data: 25/07/2007



Sforzo corrispondente all'annullamento della variazione di lunghezza delle singole basi (valori interpolati) [N/mm²]	
BASE1	0.67
BASE2	0.71
BASE3	0.69
BASE4	0.63
<b>Media</b>	<b>0.68</b>
<b>Scarto quadratico medio</b>	<b>0.03</b>
<b>Coefficiente di variazione %</b>	<b>5.1</b>

Tabella 3 – Sforzo corrispondente all'annullamento della variazione di lunghezza tra le singole basi (valori interpolati)

Il Responsabile Tecnico  
Claudia Tiraboschi



POLITECNICO DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA STRUTTURALE  
LABORATORIO PROVE MATERIALI  
20133 MILANO – P.ZA LEONARDO DA VINCI, 32

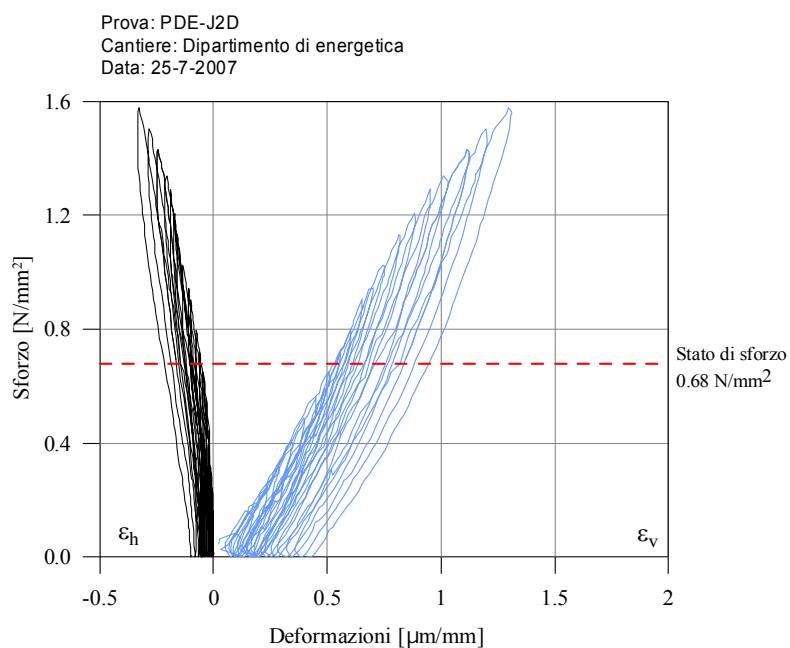
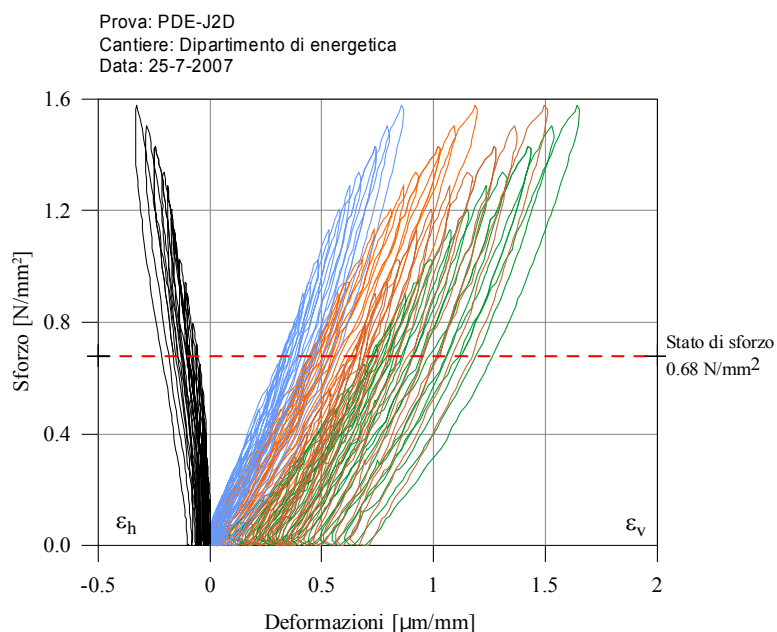
Cod. Fiscale 80057930150  
P. IVA 04376620151

Accettazione materiale:  
Via Celoria, 3  
orario 9 – 12

TELEX 333467 POLIMI I  
TELEFAX 23994211

Segret. accett. 2399.4210  
Segret. certif. 2399.4211

**Richiedente:** Area Tecnico Edilizia – Politecnico di Milano

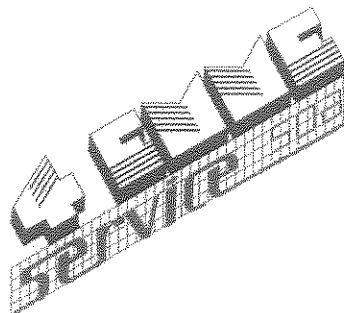


$\Delta \sigma$ [MPa]	$\Delta \sigma / \Delta \epsilon_v$ (media Lvd1 1234) [MPa]	$\Delta \epsilon_h / \Delta \epsilon_v$
0.25-1.1	1475	0.25

Tabella 4 - Valori di deformabilità ricavati dalla prova PDE-J2D.

Il Responsabile Tecnico  
Claudia Tiraboschi





PROVE IN SITO - LABORATORIO PROVE MATERIALI

4 EMME SERVICE S.p.A. - 39100 BOLZANO - ITALY - Via L. Zuegg, 20



## INDAGINI SU MURATURE POLITECNICO DI MILANO PIAZZA LEONARDO DA VINCI, MILANO

PROVA n. 9477/MI

15 Aprile 2011

Committente: **Politecnico di Milano**  
Consulente: **Studio tecnico associato Brambilla e Colombo**  
Relatore: **Ing. Aristide Mariani**



*Edificio oggetto delle prove*

Rif.: MI-045-11

Milano, 14 Luglio 2011

via Scarsellini n. 13

Ufficio di Milano:  
Tel.: 02/40092545

Fax: 02/40092743

BOLZANO Tel. 0471/543111  
Fax 0471/543110  
info@4emme.it  
www.4emme.it

LABORATORIO Tel. 0471/543181  
BOLOGNA Tel. 051/8345808  
CAGLIARI Tel. 070/490732  
COMO Tel. 031/305253

FIRENZE Tel. 055/461000  
GENOVA Tel. 010/586195  
MILANO Tel. 02/40092545  
MODENA Tel. 059/395414

NOVARA Tel. 0321/824873  
PADOVA Tel. 049/6029707  
PALERMO Tel. 091/6703629  
PIACENZA Tel. 0523/755849

ROMA Tel. 06/71546992  
TORINO Tel. 011/7706323  
TREVISO Tel. 0438/990200  
VERONA Tel. 045/8004278



PER INFORMAZIONI  
TECNICHE

Iscrizione Registro Imprese, Codice Fiscale e Partita I.V.A. IT 01286130212 - R.E.A. BZ 111601 - Capitale Sociale Euro 500.000,00 i.v.  
Banche: CASSA CENTR. RAIFFEISEN BZ - IBAN IT49 8034 9311 6000 0090 0027 138 - BANCA NAZIONALE DEL LAVORO - IBAN IT97 H 01005 11600 000000021486

## INDICE

1.	PREMESSA	pag.	2
2.	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA	pag.	2
3.	DESCRIZIONE DELLA PROVA	pag.	2
	3.1. Rapporto dei risultati	pag.	3
4.	NOTE	pag.	4

### ALLEGATI:

rapporti di compressione mattoni  
analisi malte

## 1. PREMESSA

La Società *4 EMME Service S.p.a.* è stata incaricata dal *Politecnico di Milano* di eseguire alcune indagini sulle murature con cui è realizzato l'**edificio 4**, sede del dipartimento di ingegneria idraulica ambientale infrastrutture viarie e rilevamento, sito in piazza Leonardo da Vinci 32 a Milano.

Le indagini sono state eseguite il giorno 15 Aprile 2010 alla presenza di:

Arch. Diana Bruno  
Ing. M. Solari

Direttore dei Lavori;  
Consulente studio Ing. Brambilla – Colombo;

e per la 4 EMME SERVICE S.p.A. :

Ing. Aristide Mariani  
Sig. Giuseppe Lambarella

Responsabile delle prove;  
Assistente tecnico.

## 2. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

La struttura indagata conta 3 piani fuori terra ed è realizzata in muratura portante di malta e mattoni pieni.

## 3. DESCRIZIONE DELLA PROVA

Per avere un'indicazione dell'omogeneità dei materiali utilizzati nell'edificio e per stimare la resistenza meccanica delle murature indagate sono stati prelevati 20 mattoni in diverse zone dell'edificio, sottoponendoli poi a prova di compressione seguendo le indicazioni della norma UNI – EN 772-1. Per avere un termine di paragone con le prove svolte in precedenza sulle stesse murature alcuni prelievi sono stati effettuati nelle zone già oggetto di indagini svolte con martinetto piatto doppio. In cinque zone si è prelevato anche un campione di malta, sottoposto poi a indagine petrografica in laboratorio. Le planimetrie allegate alla presente relazione riportano la localizzazione dei prelievi.

### 3.1 Rapporto dei risultati

La tabella seguente riporta i risultati ottenuti dalla prova di compressione dei mattoni. Si rimanda agli allegati alla presente relazione per i certificati di prova del laboratorio; in allegato si riportano inoltre i certificati relativi alle analisi petrografiche svolte.

Elemento	Resistenza a compressione [MPa]	Note
M1	13,5	-
M2	10,9	Prelievo coincidente con zona dove è stato eseguito il martinetto piatto
M3	25,4	-
M4	25,7	-
M5	10,2	-
M6	24,0	-
M7	13,9	-
M8	17,1	-
M9	17,2	-
M10	25,2	-
M11	33,4	-
M12	130,8	-
M13	105,5	-
M14-a	8,9	Prelievo coincidente con zona dove è stato eseguito il martinetto piatto
M14-b	33,1	Prelievo coincidente con zona dove è stato eseguito il martinetto piatto
M15	28,2	-
M16	15,6	-
M17	17,6	-
M18	21,5	-
M19	34,7	-
M20	20,7	-
M21	17,7	-

La tabella seguente riassume i risultati ottenuti dall'analisi petrografica delle malte.

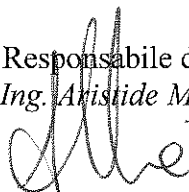
Elemento	Classe	Stato di conservazione
M2	M 2,5	Buono
M7	M 2,5	Buono
M8	M 2,5	Buono
M14	M 2,5	Scadente
M18	M 2,5	Buono

#### 4. NOTE

La Società si assume la responsabilità per la precisione delle misurazioni effettuate; l'elaborazione dei dati invece rappresenta solamente un sussidio da verificare ed approvare da parte del Consulente.

Milano, 14 Luglio 2011

Il Responsabile delle prove  
*Ing. Aristide Mariani*

A handwritten signature in dark ink, appearing to be 'A. Mariani', written over the printed name.

4 EMME Service S.p.A.  
Il Direttore del Centro di Milano  
*Ing. Luciano Geschel*

A handwritten signature in dark ink, appearing to be 'L. Geschel', written over the printed name.



**ALLEGATI PROVA**

**9477/MI**

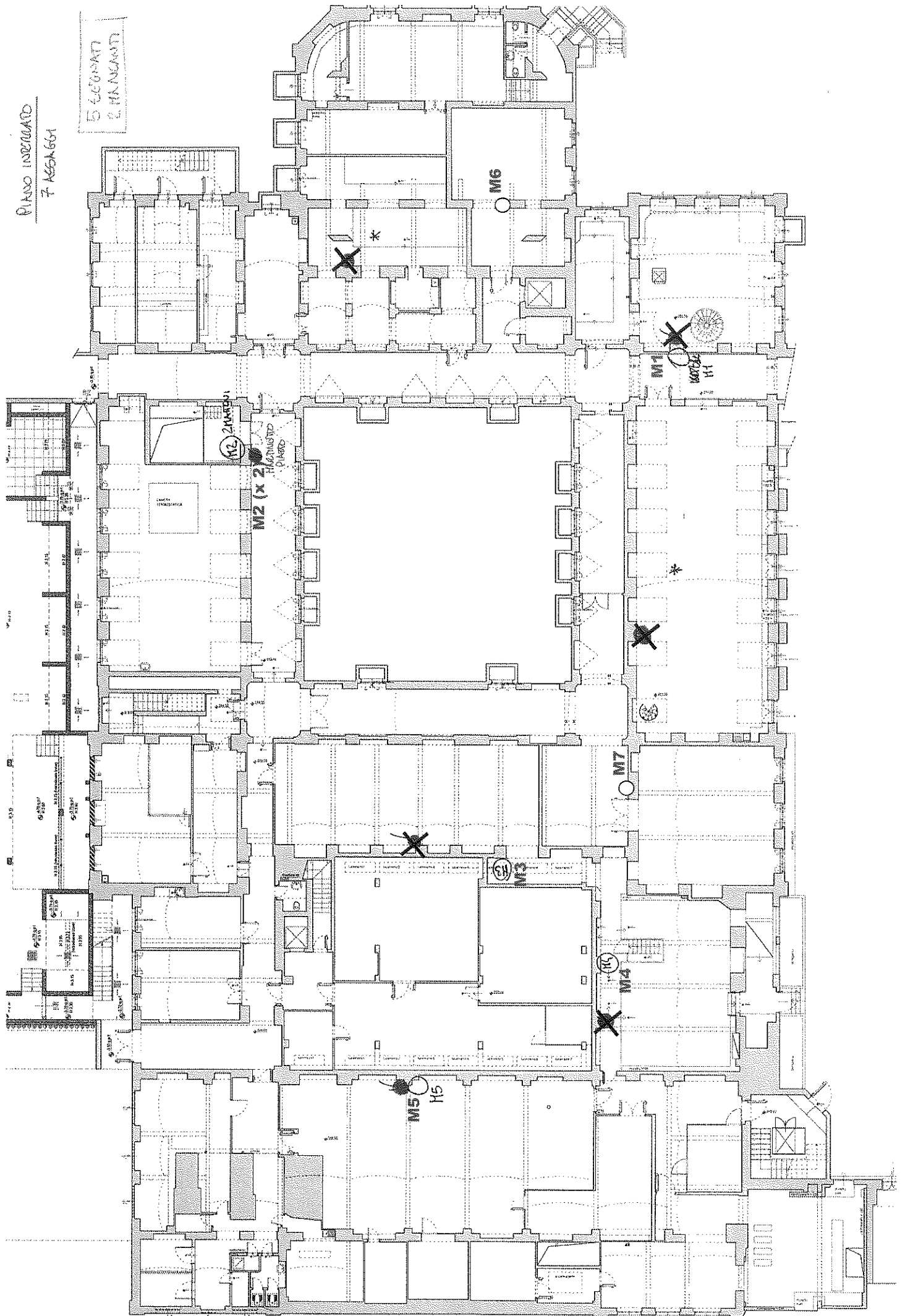
**Localizzazione prove**

**Rapporti di compressione mattoni**

**Analisi malte**

PIANO INTERNO  
7 AGON 661

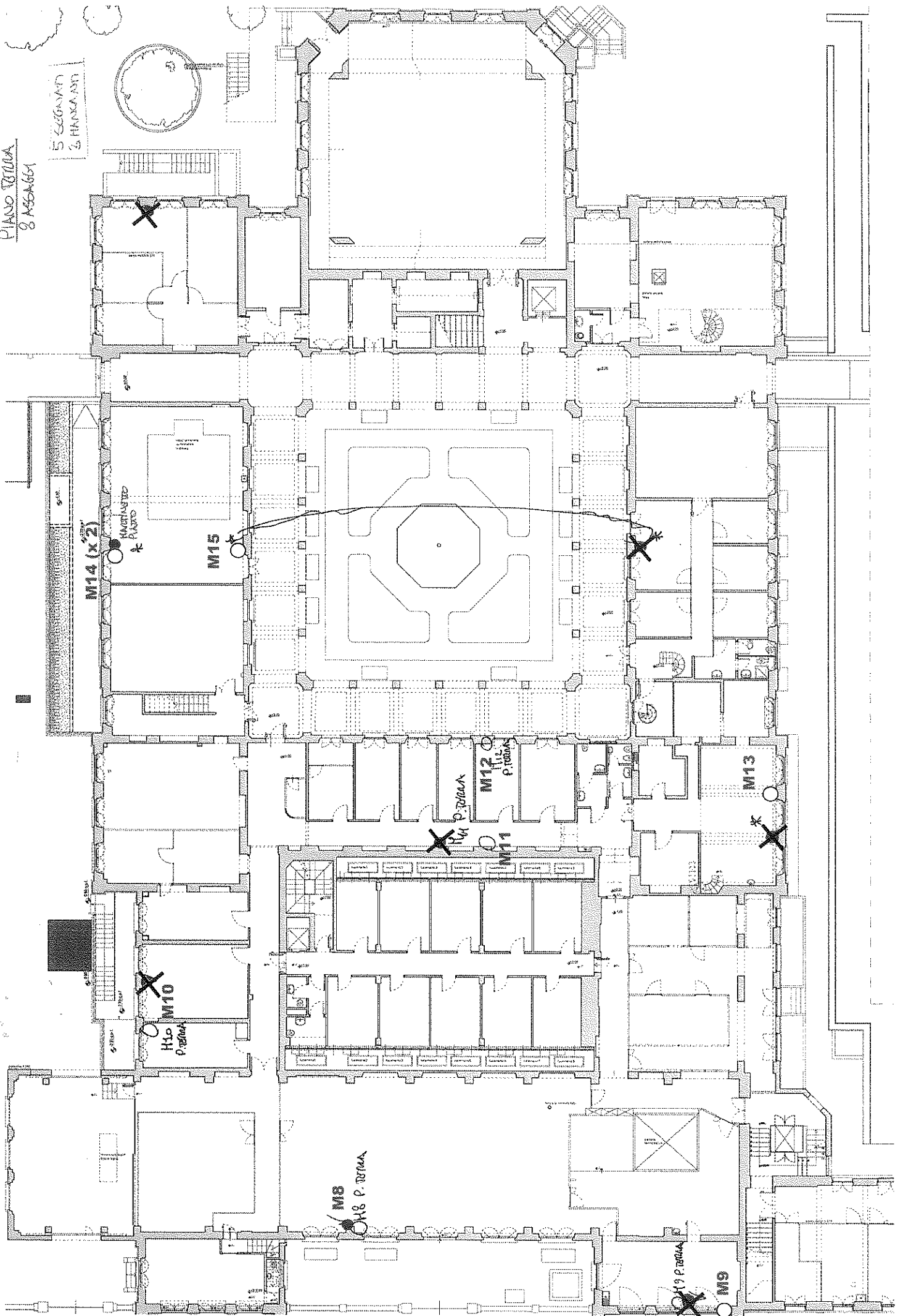
5660471  
C. HANCAUTI

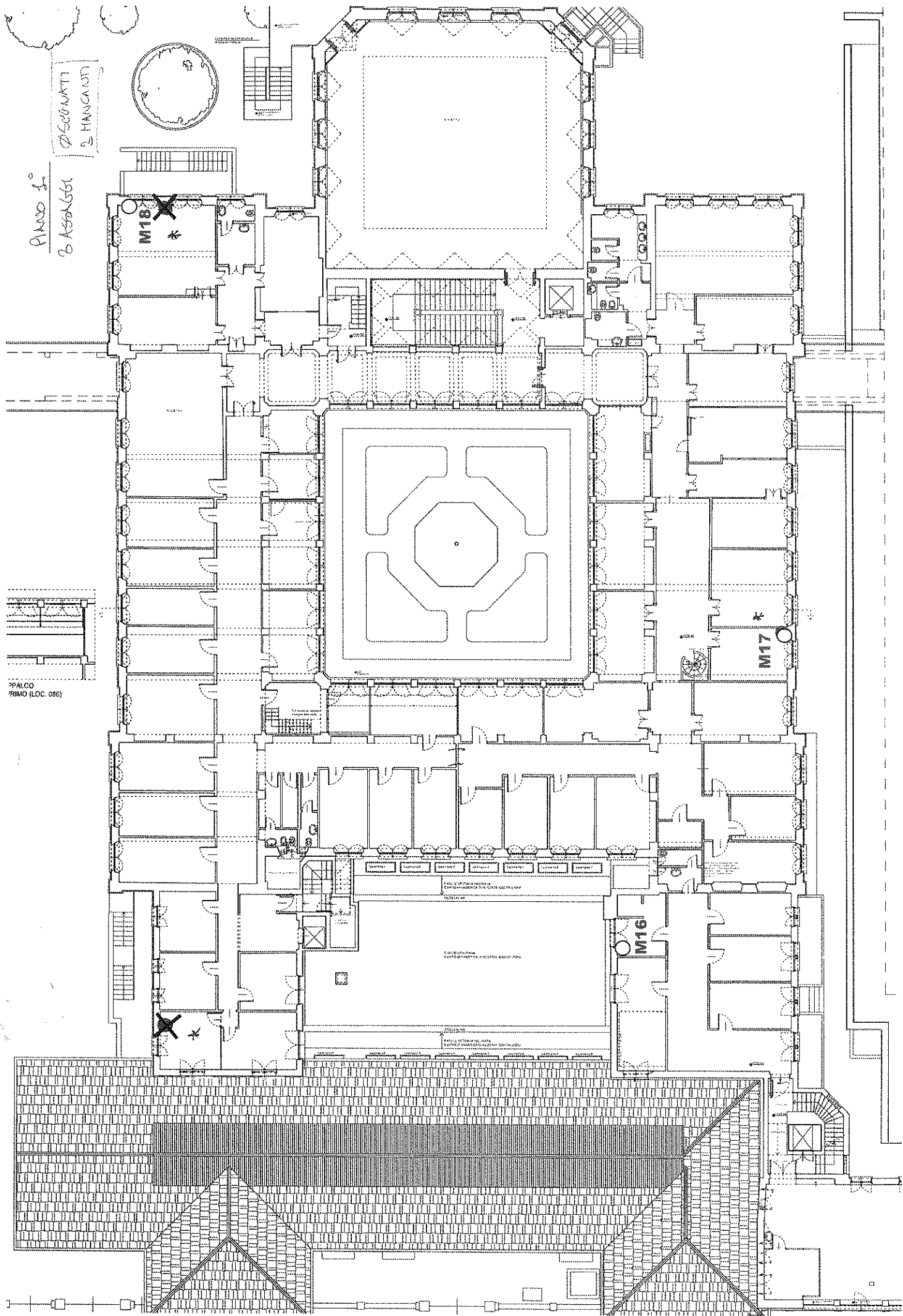




PIANO TERZA  
8 AGGIUNTA

5 SEGNALE  
3 HANCA 100





ANNO 1°  
2. ASSALGOL  
2. HANCAULT

3. PALCO  
PRIMO (LOC. 086)

M18

M17

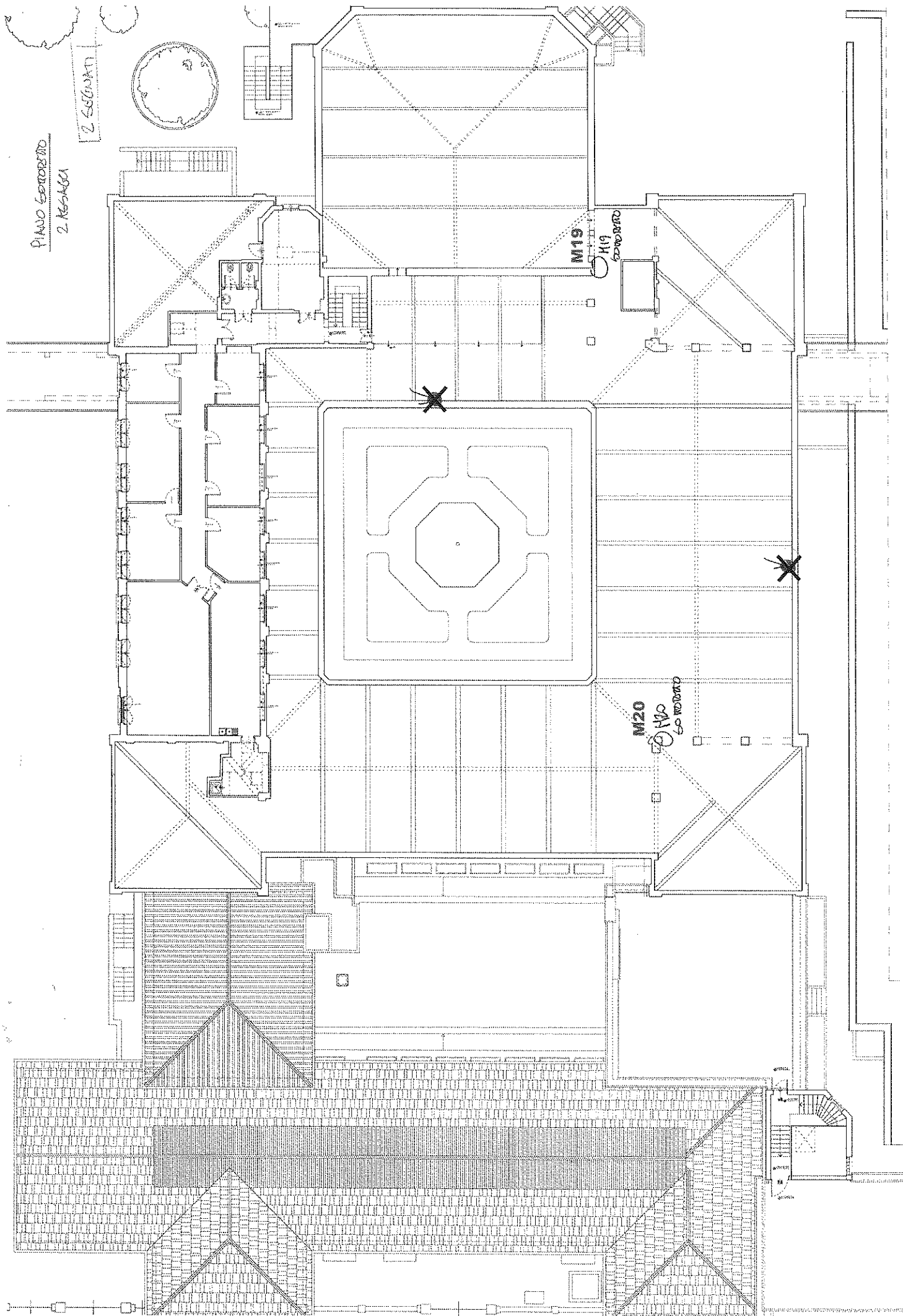
M16

1. SALA DI FINESTRA  
2. SALA DI FINESTRA  
3. SALA DI FINESTRA  
4. SALA DI FINESTRA  
5. SALA DI FINESTRA  
6. SALA DI FINESTRA  
7. SALA DI FINESTRA  
8. SALA DI FINESTRA  
9. SALA DI FINESTRA  
10. SALA DI FINESTRA  
11. SALA DI FINESTRA  
12. SALA DI FINESTRA  
13. SALA DI FINESTRA  
14. SALA DI FINESTRA  
15. SALA DI FINESTRA  
16. SALA DI FINESTRA  
17. SALA DI FINESTRA  
18. SALA DI FINESTRA  
19. SALA DI FINESTRA  
20. SALA DI FINESTRA  
21. SALA DI FINESTRA  
22. SALA DI FINESTRA  
23. SALA DI FINESTRA  
24. SALA DI FINESTRA  
25. SALA DI FINESTRA  
26. SALA DI FINESTRA  
27. SALA DI FINESTRA  
28. SALA DI FINESTRA  
29. SALA DI FINESTRA  
30. SALA DI FINESTRA  
31. SALA DI FINESTRA  
32. SALA DI FINESTRA  
33. SALA DI FINESTRA  
34. SALA DI FINESTRA  
35. SALA DI FINESTRA  
36. SALA DI FINESTRA  
37. SALA DI FINESTRA  
38. SALA DI FINESTRA  
39. SALA DI FINESTRA  
40. SALA DI FINESTRA  
41. SALA DI FINESTRA  
42. SALA DI FINESTRA  
43. SALA DI FINESTRA  
44. SALA DI FINESTRA  
45. SALA DI FINESTRA  
46. SALA DI FINESTRA  
47. SALA DI FINESTRA  
48. SALA DI FINESTRA  
49. SALA DI FINESTRA  
50. SALA DI FINESTRA  
51. SALA DI FINESTRA  
52. SALA DI FINESTRA  
53. SALA DI FINESTRA  
54. SALA DI FINESTRA  
55. SALA DI FINESTRA  
56. SALA DI FINESTRA  
57. SALA DI FINESTRA  
58. SALA DI FINESTRA  
59. SALA DI FINESTRA  
60. SALA DI FINESTRA  
61. SALA DI FINESTRA  
62. SALA DI FINESTRA  
63. SALA DI FINESTRA  
64. SALA DI FINESTRA  
65. SALA DI FINESTRA  
66. SALA DI FINESTRA  
67. SALA DI FINESTRA  
68. SALA DI FINESTRA  
69. SALA DI FINESTRA  
70. SALA DI FINESTRA  
71. SALA DI FINESTRA  
72. SALA DI FINESTRA  
73. SALA DI FINESTRA  
74. SALA DI FINESTRA  
75. SALA DI FINESTRA  
76. SALA DI FINESTRA  
77. SALA DI FINESTRA  
78. SALA DI FINESTRA  
79. SALA DI FINESTRA  
80. SALA DI FINESTRA  
81. SALA DI FINESTRA  
82. SALA DI FINESTRA  
83. SALA DI FINESTRA  
84. SALA DI FINESTRA  
85. SALA DI FINESTRA  
86. SALA DI FINESTRA  
87. SALA DI FINESTRA  
88. SALA DI FINESTRA  
89. SALA DI FINESTRA  
90. SALA DI FINESTRA  
91. SALA DI FINESTRA  
92. SALA DI FINESTRA  
93. SALA DI FINESTRA  
94. SALA DI FINESTRA  
95. SALA DI FINESTRA  
96. SALA DI FINESTRA  
97. SALA DI FINESTRA  
98. SALA DI FINESTRA  
99. SALA DI FINESTRA  
100. SALA DI FINESTRA



PIANO ESTERNO  
2. RESA

2. SEGNATO





**4 EMME Service S.p.A.**

Via Scarsellini 13 20161 Milano – Italia  
e-Mail: laboratorio.mi@4emme.it [www.4emme.it](http://www.4emme.it)



4 EMME SERVICE Spa via L. Zuegg, 20 39100 Bolzano – Italy Tel. 0471-543182 Fax. 0471-543180 P.I. 01288130212  
Iscr. Trib. BZ 13963/14420 - REA 13963 - C.C.I.A.A. BZ 111601 - Cap. Soc. 500.000,000 Euro - Cassa di Risparmio BZ Ag. 1 IBAN IT11 N060 4511 6010 0000 0921 400

Pagina 1 di 2

## RAPPORTO DI PROVA

### PROVA DI COMPRESSIONE SU ELEMENTI DI MURATURA

UNI EN 772-1

Rapporto n. **209** del **14/07/2011** V.A. n. 170 del 14/07/2010

Intestatario **Politecnico di Milano, area Tecnico Edilizia – p.za Leonardo da Vinci 32, Milano**

Impresa **n.d.**

Cantiere **Politecnico di Milano, edificio 4 – sede D.I.I.A.R.**

Consulente **Studio tecnico associato Brambilla Colombo**

Committente **Politecnico di Milano, area Tecnico Edilizia – p.za Leonardo da Vinci 32, Milano**

Contrassegno	Rif. Struttura	Rettifica (*)	Dimensioni l x h x t [mm]	Area di carico [mm <sup>2</sup> ]	Forza esercitata [N]	Resistenza a compressione [N/mm <sup>2</sup> ]	Data prova
M1	-	R	70 x 56 x 115	8280	107380	<b>13,5</b>	14/07/2011
M2	-	R	55 x 65 x 60	6776	35870	<b>11,0</b>	14/07/2011
M3	-	R	57 x 59 x 72	3567	104390	<b>25,5</b>	14/07/2011
M4	-	R	66 x 58 x 80	12600	135620	<b>25,5</b>	14/07/2011
M5	-	R	47 x 51 x 65	6210	31310	<b>10,5</b>	14/07/2011
M6	-	R	77 x 51 x 99	3510	182920	<b>24,0</b>	14/07/2011
M7	-	R	86 x 49 x 55	11096	65670	<b>14,0</b>	14/07/2011
M8	-	R	110 x 55 x 55	14100	103580	<b>17,0</b>	14/07/2011
M9	-	R	80 x 58 x 65	15200	89590	<b>17,0</b>	14/07/2011
M10	-	R	109 x 56 x 91	6880	249830	<b>25,0</b>	14/07/2011

(\*) R rettificato

NR non rettificato perché conforme alla norma

Lo Sperimentatore

geom. Maurizio Negri

Il Direttore del Laboratorio

dott. ing. Luciano G. Ceschel

Il presente certificato non può essere riprodotto, anche parzialmente, senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio.  
Autorizzato con D.M. n° 3312 del 21/05/2009 ad effettuare prove sui materiali da costruzione ai sensi dell' art. 20, legge del 05.11.1971 n°. 1086



MATERIALI

**4 EMME Service S.p.A.**Via Scarsellini 13 20161 Milano - Italia  
e-Mail: laboratorio.mi@4emme.it [www.4emme.it](http://www.4emme.it)

Member of CISC Federation

RINA

4 EMME SERVICE Spa via L. Zuegg, 20 39100 Bolzano - Italy Tel. 0471-543182 Fax. 0471-543180 P.I. 01288130212  
Iscr. Trib. BZ 13963/14420 - REA 13963 - C.C.I.A.A. BZ 111601 - Cap. Soc. 500.000,000 Euro - Cassa di Risparmio BZ Ag. 1 IBAN IT11 N060 4511 6010 0000 0921 400

Pagina 2 di 2

**RAPPORTO DI PROVA****PROVA DI COMPRESSIONE SU ELEMENTI DI MURATURA**

UNI EN 772-1

Rapporto n.

**209**

del

**14/07/2011**

V.A. n. 170

del 14/07/2010

Contrassegno	Rif. Struttura	Rettifica (*)	Dimensioni l x h x t [mm]	Area di carico [mm <sup>2</sup> ]	Forza esercitata [N]	Resistenza a compressione [N/mm <sup>2</sup> ]	Data prova
M11	-	R	85 x 54 x 85	7921	241080	<b>33,5</b>	14/07/2011
M12	-	R	69 x 56 x 120	8050	108340	<b>131,0</b>	14/07/2011
M13	-	R	77 x 56 x 88	3300	714700	<b>105,5</b>	14/07/2011
M14 a	-	R	41 x 53 x 87	4104	31900	<b>9,0</b>	14/07/2011
M14 b	-	R	84 x 51 x 150	5280	417300	<b>33,0</b>	14/07/2011
M15	-	R	46 x 65 x 135	3055	174870	<b>28,0</b>	14/07/2011
M16	-	R	65 x 50 x 54	7623	5460	<b>15,5</b>	14/07/2011
M17	-	R	146 x 52 x 76	4730	195200	<b>17,5</b>	14/07/2011
M18	-	R	188 x 51 x 75	6050	303200	<b>21,5</b>	14/07/2011
M19	-	R	200 x 54 x 76	5200	526800	<b>34,5</b>	14/07/2011
M20	-	R	86 x 56 x 80	9919	142700	<b>20,5</b>	14/07/2011
M21	-	R	89 x 52 x 89	7225	140200	<b>18,0</b>	14/07/2011

(\*) R rettificato

NR non rettificato perché conforme alla norma

La prova è stata eseguita con macchina Controls C5600/\* matricola 08004992 certificato di taratura n. 131/2011 emesso dal Politecnico di Milano.

Il direttore dei Lavori ha firmato l'ordine di prova Sì ☐ No ☒

Osservazioni: nessuna

Lo Sperimentatore

  
geom. Maurizio Negri

Il Direttore del Laboratorio

  
dott. ing. Luciano G. CeschelIl presente certificato non può essere riprodotto, anche parzialmente, senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio.  
Autorizzato con D.M. n° 3312 del 21/05/2009 ad effettuare prove sui materiali da costruzione ai sensi dell' art. 20, legge del 05.11.1971 n°. 1086



LABORATORIO PROVE MATERIALI

**4 EMME Service S.p.A.**

Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano – Italy  
Tel. 0471 543182 – Fax. 0471 543180  
E-Mail: laboratorio.bz@4emme.it – [www.4emme.it](http://www.4emme.it)



Pagina/Seite 1 di/von 11

**RAPPORTO DI PROVA:  
PROBEBERICHT:**

**NR. 929 del / von 19/05/2011**

**Committente:  
Auftraggeber:**

**Politecnico di Milano**

**Verbale di accettazione:  
Annahmeprotokoll:**

**NR. 1166 del / von 02/05/2011**

**Descrizione della prova:  
Prüfungsbeschreibung:**

**DESCRIZIONE PETROGRAFICA**

**Norme di riferimento:  
Bezugsnormen:**

**UNI 11176:2006; Classificazione secondo D.M. 14/01/2008.**

**Cantiere / Luogo del Prelievo:  
Baustelle / Ort der Probeentnahme:**

**Politecnico di Milano, Edificio 4**

**Descrizione del materiale:  
Materialbeschreibung:**

**Campioni di Malta**

**Prelievo effettuato da:  
Probeentnahme durchgeführt von:**

**4 Emme Service Spa**

**La prova è stata effettuata su nr  
provinì:  
Anzahl der geprüften Probekörper:**

**5**

**Data della prova:  
Prüfdatum:**

**11-18/05/2011**

**Attrezzatura utilizzata:  
Angewendete Ausrüstung:**

**Troncatrice Remet Micromet-M, Pulitrice Remet LS2, Microscopio ottico polarizzatore Olympus BX51P.**

**Osservazioni:  
Bemerkungen:**

**Nessuna**

Lo Sperimentatore  
Der Labortechniker

  
dott. geol. Andrea Tralli

Il Direttore del Laboratorio  
Der Direktor der Prüfanstalt

  
dott. ing. Settimo Martinello

Il presente rapporto non può essere riprodotto parzialmente senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio.  
Das vorliegende Probebericht darf nicht ohne schriftliche Zustimmung der Prüfanstalt teilweise vervielfältigt werden.  
Autorizzato con D.M. n° 52187 del 28.07.2004 ad effettuare prove sui materiali da costruzione ai sensi dell' art. 20, legge del 05.11.1971 n°. 1086  
Ermächtigt mit D.M. Nr. 52187 vom 28.07.2004 zur Durchführung von Proben auf Materialien laut Gesetz vom 05.11.1971, Nr. 1086, Art. Nr. 20





LABORATORIO PROVE MATERIALI

**4 EMME Service S.p.A.**Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano – Italy  
Tel. 0471 543182 – Fax. 0471 543180  
E-Mail: laboratorio.bz@4emme.it – [www.4emme.it](http://www.4emme.it)RINA  
ISO 9001:2000  
Certified Supplier

Pagina/Seite 2 di/von 11

**RAPPORTO DI PROVA:**  
**PROBEBERICHT:****NR. 929 del / von 19/05/2011****RISULTATI DI PROVA / PRÜFERGEBNISSE**

Sigla Campione: M2

**Descrizione macroscopica**

Malta tenace di colore grigio chiaro.

**Descrizione mineralogico-petrografica**

TESSITURA	COMPONENTI		ANALISI MODALE*
Matrice	Composizione carbonatica, Struttura omogenea, Tessitura micritica.		35 %
Porosità da aggregati	Non rilevata.		-
Porosità da legante	Definita da vacui di forma irregolare.		5 %
Porosità da sutura aggregato/legante	Non rilevata.		-
Aggregati	Quarzo	65 %	60 %
	Calcareniti	25 %	
	Feldspati	5 %	
	Biotite	5 %	

**Descrizione microscopica degli aggregati**

TESSITURA	COMPONENTI	ANALISI MODALE*
Granulometria	Arenacea molto fine (62,5 – 125 µm)	35 %
	Arenacea fine (125 – 250 µm)	30 %
	Arenacea media (250 – 500 µm)	15 %
	Arenacea grossa (500 µm – 2,0 mm)	15 %
	Conglomeratica fine (2,0 – 4,0 mm)	5 %
Forma	Angolosa.	
Sfericità	Bassa sfericità.	
Classazione	Poco selezionato. Non si evidenziano orientazioni preferenziali tra i clasti.	

\*Determinazioni percentuali sulla base di una stima visuale

Lo Sperimentatore  
Der Labortechniker  
dott. geol. Andrea TralliIl Direttore del Laboratorio  
Der Direktor der Prüfanstalt  
dott. ing. Settimo Martinello

Il presente rapporto non può essere riprodotto parzialmente senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio.  
Das vorliegende Probebericht darf nicht ohne schriftliche Zustimmung der Prüfanstalt teilweise vervielfältigt werden.  
Autorizzato con D.M. n° 52187 del 28.07.2004 ad effettuare prove sui materiali da costruzione ai sensi dell' art. 20, legge del 05.11.1971 n°. 1086  
Ermächtigt mit D.M. Nr. 52187 vom 28.07.2004 zur Durchführung von Proben auf Materialien laut Gesetz vom 05.11.1971, Nr. 1086, Art. Nr. 20



LABORATORIO PROVE MATERIALI  
**4 EMME Service S.p.A.**  
Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano – Italy  
Tel. 0471 543182 – Fax. 0471 543180  
E-Mail: laboratorio.bz@4emme.it – [www.4emme.it](http://www.4emme.it)



Pagina/Seite 3 di/von 11

**RAPPORTO DI PROVA:  
PROBEBERICHT:**

**NR. 929 del / von 19/05/2011**

**RISULTATI DI PROVA / PRÜFERGEBNISSE**

**Caratterizzazione del materiale**

Classificazione dell'impasto	Malta tenace a base di calce idraulica di colore grigio chiaro
	Gli aggregati sono costituiti da sabbie e ghiaie a composizione silico-carbonatica, con netta prevalenza, nelle sabbie, della componente silicatica.
	Il rapporto legante/aggregato in pasta è circa 1/3 in volume.
Osservazioni particolari	Lo stato di conservazione è buono.
	L'impasto analizzato può essere classificato come appartenente alla classe M 2,5 (Idraulica) secondo il D.M. 14/01/2008.

Sezione M2 - Campione tal quale.



Sezione M2 - Fotomicrografia al Microscopio Polarizzatore in luce trasmessa, sezione sottile, 100 x N+.



Lo Sperimentatore  
Der Labortechniker

dott. geol. *Andrea Tralli*

Il Direttore del Laboratorio  
Der Direktor der Prüfanstalt

dott. ing. *Settimo Martinello*

Il presente rapporto non può essere riprodotto parzialmente senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio.  
Das vorliegende Probebericht darf nicht ohne schriftliche Zustimmung der Prüfanstalt teilweise vervielfältigt werden.  
Autorizzato con D.M. n° 52187 del 28.07.2004 ad effettuare prove sui materiali da costruzione ai sensi dell' art. 20, legge del 05.11.1971 n° 1086  
Ermächtigt mit D.M. Nr. 52187 vom 28.07.2004 zur Durchführung von Proben auf Materialien laut Gesetz vom 05.11.1971, Nr. 1086, Art. Nr. 20



LABORATORIO PROVE MATERIALI  
**4 EMME Service S.p.A.**

Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano – Italy  
Tel. 0471 543182 – Fax. 0471 543180  
E-Mail: laboratorio.bz@4emme.it – [www.4emme.it](http://www.4emme.it)



Pagina/Seite 4 di/von 11

**RAPPORTO DI PROVA:**  
**PROBEBERICHT:**

**NR. 929 del / von 19/05/2011**

**RISULTATI DI PROVA / PRÜFERGEBNISSE**

Sigla Campione: **M7**

**Descrizione macroscopica**

Malta tenace di colore grigio chiaro.

**Descrizione mineralogico-petrografica**

TESSITURA	COMPONENTI		ANALISI MODALE*
Matrice	Composizione carbonatica, Struttura omogenea, Tessitura micritica.		30 %
Porosità da aggregati	Non rilevata.		-
Porosità da legante	Definita da vacui di forma irregolare.		10 %
Porosità da sutura aggregato/legante	Non rilevata.		-
Aggregati	Quarzo	65 %	60 %
	Calcareniti	20 %	
	Feldspati	10 %	
	Biotite	5 %	

**Descrizione microscopica degli aggregati**

TESSITURA	COMPONENTI		ANALISI MODALE*
Granulometria	Arenacea molto fine (62,5 – 125 µm)		35 %
	Arenacea fine (125 – 250 µm)		35 %
	Arenacea media (250 – 500 µm)		15 %
	Arenacea grossa (500 µm – 2,0 mm)		10 %
	Conglomeratica fine (2,0 – 4,0 mm)		5 %
Forma	Angiolosa.		
Sfericità	Bassa sfericità.		
Classazione	Poco selezionato. Non si evidenziano orientazioni preferenziali tra i clasti.		

\* Determinazioni percentuali sulla base di una stima visuale

Lo Sperimentatore  
Der Labortechniker

dott. geol. Andrea Tralli

Il Direttore del Laboratorio  
Der Direktor der Prüfanstalt

dott. ing. Settimo Martinello

Il presente rapporto non può essere riprodotto parzialmente senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio.  
Das vorliegende Probebericht darf nicht ohne schriftliche Zustimmung der Prüfanstalt teilweise vervielfältigt werden.  
Autorizzato con D.M. n° 52187 del 28.07.2004 ad effettuare prove sui materiali da costruzione ai sensi dell' art. 20, legge del 05.11.1971 n°. 1086  
Ermächtigt mit D.M. Nr. 52187 vom 28.07.2004 zur Durchführung von Proben auf Materialien laut Gesetz vom 05.11.1971, Nr. 1086, Art. Nr. 20



LABORATORIO PROVE MATERIALI  
**4 EMME Service S.p.A.**  
Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano – Italy  
Tel. 0471 543182 – Fax. 0471 543180  
E-Mail: laboratorio.bz@4emme.it – [www.4emme.it](http://www.4emme.it)



Pagina/Seite 5 di/von 11

**RAPPORTO DI PROVA:**  
**PROBEBERICHT:**

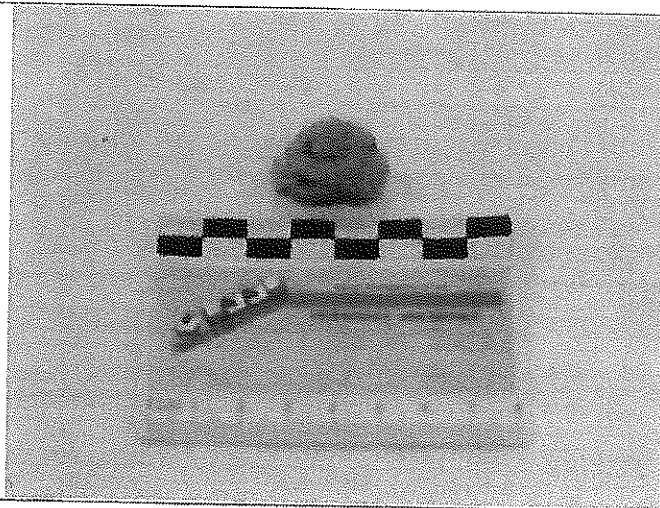
**NR. 929 del / von 19/05/2011**

**RISULTATI DI PROVA / PRÜFERGEBNISSE**

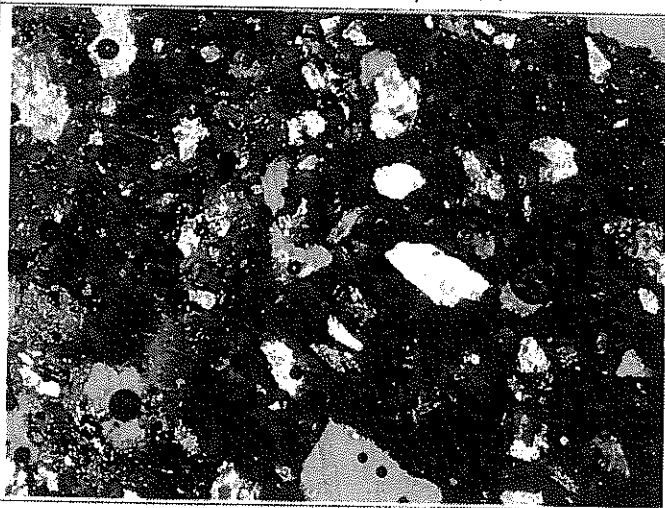
**Caratterizzazione del materiale**

<b>Classificazione dell'impasto</b>	Malta tenace a base di calce idraulica di colore grigio chiaro
	Gli aggregati sono costituiti da sabbie e ghiaie a composizione silico-carbonatica, con netta prevalenza, nelle sabbie, della componente silicatica.
	Il rapporto legante/aggregato in pasta è circa 1/3 in volume.
	Lo stato di conservazione è buono.
<b>Osservazioni particolari</b>	L'impasto analizzato può essere classificato come appartenente alla classe M 2,5 (Idraulica) secondo il D.M. 14/01/2008.

*Sezione M7 - Campione tal quale.*



*Sezione M7 - Fotomicrografia al Microscopio Polarizzatore in luce trasmessa, sezione sottile, 40 x N+.*



Lo Sperimentatore  
Der Labortechniker

*dott. geol. Andrea Tralli*

Il Direttore del Laboratorio  
Der Direktor der Prüfanstalt

*dott. ing. Settimo Martinello*

Il presente rapporto non può essere riprodotto parzialmente senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio.  
Das vorliegende Probebericht darf nicht ohne schriftliche Zustimmung der Prüfanstalt teilweise vervielfältigt werden.  
Autorizzato con D.M. n° 52187 del 28.07.2004 ad effettuare prove sui materiali da costruzione ai sensi dell' art. 20, legge del 05.11.1971 n°. 1086  
Ermächtigt mit D.M. Nr. 52187 vom 28.07.2004 zur Durchführung von Proben auf Materialien laut Gesetz vom 05.11.1971, Nr. 1086, Art. Nr. 20





LABORATORIO PROVE MATERIALI  
**4 EMME Service S.p.A.**

Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano – Italy  
Tel. 0471 543182 – Fax. 0471 543180  
E-Mail: laboratorio.bz@4emme.it – [www.4emme.it](http://www.4emme.it)



Pagina/Seite 6 di/von 11

**RAPPORTO DI PROVA:**  
**PROBEBERICHT:**

**NR. 929 del / von 19/05/2011**

**RISULTATI DI PROVA / PRÜFERGEBNISSE**

Sigla Campione: **M8**

**Descrizione macroscopica**

Malta tenace di colore grigio chiaro.

**Descrizione mineralogico-petrografica**

TESSITURA	COMPONENTI		ANALISI MODALE*
Matrice	Composizione carbonatica, Struttura omogenea, Tessitura micritica.		30 %
Porosità da aggregati	Non rilevata.		-
Porosità da legante	Definita da vacui di forma irregolare.		5 %
Porosità da sutura aggregato/legante	Non rilevata.		-
Aggregati	Quarzo	60 %	65 %
	Calcareniti	25 %	
	Feldspati	10 %	
	Biotite	5 %	

**Descrizione microscopica degli aggregati**

TESSITURA	COMPONENTI	ANALISI MODALE*
Granulometria	Arenacea molto fine (62,5 – 125 µm)	35 %
	Arenacea fine (125 – 250 µm)	30 %
	Arenacea media (250 – 500 µm)	15 %
	Arenacea grossa (500 µm – 2,0 mm)	10 %
	Conglomeratica fine (2,0 – 4,0 mm)	5 %
Forma	Angolosa.	
Sfericità	Bassa sfericità.	
Classazione	Poco selezionato. Non si evidenziano orientazioni preferenziali tra i clasti.	

\* Determinazioni percentuali sulla base di una stima visuale

Lo Sperimentatore  
Der Labortechniker

dott. geol. *Andrea Tralli*

Il Direttore del Laboratorio  
Der Direktor der Prüfanstalt

dott. ing. *Settimo Martinello*

Il presente rapporto non può essere riprodotto parzialmente senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio.  
Das vorliegende Probebericht darf nicht ohne schriftliche Zustimmung der Prüfanstalt teilweise vervielfältigt werden.  
Autorizzato con D.M. n° 52187 del 28.07.2004 ad effettuare prove sui materiali da costruzione ai sensi dell' art. 20, legge del 05.11.1971 n°. 1086  
Ermächtigt mit D.M. Nr. 52187 vom 28.07.2004 zur Durchführung von Proben auf Materialien laut Gesetz vom 05.11.1971, Nr. 1086, Art. Nr. 20



LABORATORIO PROVE MATERIALI  
**4 EMME Service S.p.A.**

Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano – Italy  
Tel. 0471 543182 – Fax. 0471 543180  
E-Mail: laboratorio.bz@4emme.it – [www.4emme.it](http://www.4emme.it)



RINA  
ISO 9001:2000  
Certificato di Qualità

Pagina/Seite 7 di/von 11

**RAPPORTO DI PROVA:**  
**PROBEBERICHT:**

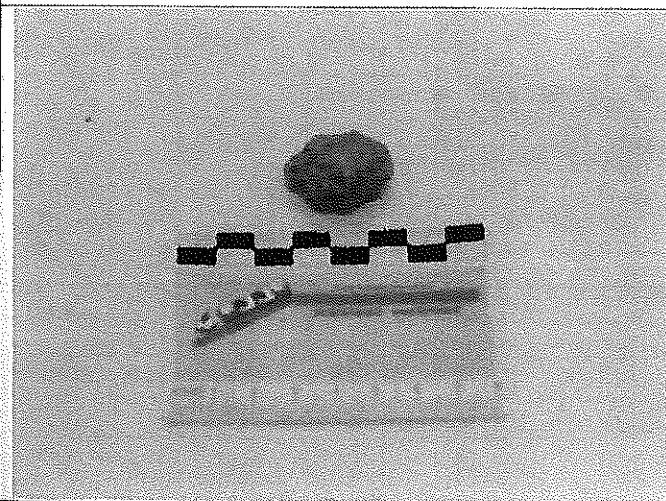
**NR. 929 del / von 19/05/2011**

**RISULTATI DI PROVA / PRÜFERGEBNISSE**

**Caratterizzazione del materiale**

<b>Classificazione dell'impasto</b>	<p>Malta tenace a base di calce idraulica di colore grigio chiaro</p> <p>Gli aggregati sono costituiti da sabbie e ghiaie a composizione silico-carbonatica, con netta prevalenza, nelle sabbie, della componente silicatica.</p> <p>Il rapporto legante/aggregato in pasta è circa 1/3 in volume.</p> <p>Lo stato di conservazione è buono.</p>
<b>Osservazioni particolari</b>	<p>L'impasto analizzato può essere classificato come appartenente alla classe M 2,5 (Idraulica) secondo il D.M. 14/01/2008.</p>


Sezione M8- Campione tal quale.



Sezione M8 - Fotomicrografia al Microscopio Polarizzatore in luce trasmessa, sezione sottile, 40 x N+.



Lo Sperimentatore  
Der Labortechniker

  
dott. geol. Andrea Tralli

Il Direttore del Laboratorio  
Der Direktor der Prüfanstalt

  
dott. ing. Saverio Martinello

Il presente rapporto non può essere riprodotto parzialmente senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio.  
Das vorliegende Probebericht darf nicht ohne schriftliche Zustimmung der Prüfanstalt teilweise vervielfältigt werden.  
Autorizzato con D.M. n° 52187 del 28.07.2004 ad effettuare prove sui materiali da costruzione ai sensi dell' art. 20, legge del 05.11.1971 n°. 1086  
Ermächtigt mit D.M. Nr. 52187 vom 28.07.2004 zur Durchführung von Proben auf Materialien laut Gesetz vom 05.11.1971, Nr. 1086, Art. Nr. 20



LABORATORIO PROVE MATERIALI  
**4 EMME Service S.p.A.**

Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano – Italy  
Tel. 0471 543182 – Fax. 0471 543180  
E-Mail: laboratorio.bz@4emme.it – [www.4emme.it](http://www.4emme.it)



Pagina/Seite 8 di/von 11

**RAPPORTO DI PROVA:**  
**PROBEBERICHT:**

**NR. 929 del / von 19/05/2011**

**RISULTATI DI PROVA / PRÜFERGEBNISSE**

Sigla Campione: **M14**

**Descrizione macroscopica**

Malta in polvere di colore grigio chiaro.

**Descrizione mineralogico-petrografica**

TESSITURA	COMPONENTI		ANALISI MODALE*
Matrice	Composizione carbonatica, Struttura omogenea, Tessitura micritica.		35 %
Porosità da aggregati	Non rilevata.		-
Porosità da legante	Non rilevata.		-
Porosità da sutura aggregato/legante	Non rilevata.		-
Aggregati	Quarzo	60 %	65 %
	Calcareniti	25 %	
	Feldspati	10 %	
	Biotite	5 %	

**Descrizione microscopica degli aggregati**

TESSITURA	COMPONENTI	ANALISI MODALE*
Granulometria	Arenacea molto fine (62,5 – 125 µm)	35 %
	Arenacea fine (125 – 250 µm)	30 %
	Arenacea media (250 – 500 µm)	20 %
	Arenacea grossa (500 µm – 2,0 mm)	10 %
	Conglomeratica fine (2,0 – 4,0 mm)	5 %
Forma	Angolosa.	
Sfericità	Bassa sfericità.	
Classazione	Poco selezionato. Non si evidenziano orientazioni preferenziali tra i clasti.	

\* Determinazioni percentuali sulla base di una stima visuale

Lo Sperimentatore  
Der Labortechniker

dott. geol. *Andrea Tralli*

Il Direttore del Laboratorio  
Der Direktor der Prüfanstalt

dott. ing. *Settimo Martinello*

Il presente rapporto non può essere riprodotto parzialmente senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio.  
Das vorliegende Probebericht darf nicht ohne schriftliche Zustimmung der Prüfanstalt teilweise vervielfältigt werden.  
Autorizzato con D.M. n° 52187 del 28.07.2004 ad effettuare prove sui materiali da costruzione ai sensi dell' art. 20, legge del 05.11.1971 n°. 1086  
Ermächtigt mit D.M. Nr. 52187 vom 28.07.2004 zur Durchführung von Proben auf Materialien laut Gesetz vom 05.11.1971, Nr. 1086, Art. Nr. 20



LABORATORIO PROVE MATERIALI  
**4 EMME Service S.p.A.**

Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano – Italy  
Tel. 0471 543182 – Fax. 0471 543180  
E-Mail: laboratorio.bz@4emme.it – [www.4emme.it](http://www.4emme.it)



Pagina/Seite 9 di/von 11

**RAPPORTO DI PROVA:**  
**PROBEBERICHT:**

**NR. 929 del / von 19/05/2011**

**RISULTATI DI PROVA / PRÜFERGEBNISSE**

**Caratterizzazione del materiale**

<b>Classificazione dell'impasto</b>	Malta a base di calce idraulica di colore grigio chiaro
	Gli aggregati sono costituiti da sabbie e ghiaie a composizione silico-carbonatica, con netta prevalenza, nelle sabbie, della componente silicatica.  Il rapporto legante/aggregato in pasta è circa 1/3 in volume.  Lo stato di conservazione è scadente.
<b>Osservazioni particolari</b>	L'impasto analizzato può essere classificato come appartenente alla classe M 2,5 (Idraulica) secondo il D.M. 14/01/2008.

Sezione M14 - Campione tal quale.



Sezione M14 - Fotomicrografia al Microscopio Polarizzatore in luce trasmessa, sezione sottile, 40 x N+.



Lo Sperimentatore  
Der Labortechniker

dott. geol. *Andrea Tralli*

Il Direttore del Laboratorio  
Der Direktor der Prüfanstalt

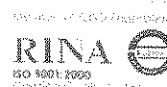
dott. ing. *Settimo Martinello*

Il presente rapporto non può essere riprodotto parzialmente senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio.  
Das vorliegende Probebericht darf nicht ohne schriftliche Zustimmung der Prüfanstalt teilweise vervielfältigt werden.  
Autorizzato con D.M. n° 52187 del 28.07.2004 ad effettuare prove sui materiali da costruzione ai sensi dell' art. 20, legge del 05.11.1971 n°. 1086  
Ermächtigt mit D.M. Nr. 52187 vom 28.07.2004 zur Durchführung von Proben auf Materialien laut Gesetz vom 05.11.1971, Nr. 1086, Art. Nr. 20





LABORATORIO PROVE MATERIALI

**4 EMME Service S.p.A.**Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano – Italy  
Tel. 0471 543182 – Fax. 0471 543180  
E-Mail: laboratorio.bz@4emme.it – [www.4emme.it](http://www.4emme.it)

Pagina/Seite 10 di/von 11

**RAPPORTO DI PROVA:**  
**PROBEBERICHT:****NR. 929 del / von 19/05/2011****RISULTATI DI PROVA / PRÜFERGEBNISSE**Sigla Campione: **M18****Descrizione macroscopica**

Malta tenace di colore grigio chiaro.


**Descrizione mineralogico-petrografica**

TESSITURA	COMPONENTI		ANALISI MODALE*
Matrice	Composizione carbonatica, Struttura omogenea, Tessitura micritica.		30 %
Porosità da aggregati	Non rilevata.		-
Porosità da legante	Definita da vacui di forma irregolare.		5 %
Porosità da sutura aggregato/legante	Non rilevata.		-
Aggregati	Quarzo	70 %	65 %
	Calcareni	20 %	
	Feldspati	5 %	
	Biotite	5 %	

**Descrizione microscopica degli aggregati**

TESSITURA	COMPONENTI	ANALISI MODALE*
Granulometria	Arenacea molto fine (62,5 – 125 µm)	30 %
	Arenacea fine (125 – 250 µm)	35 %
	Arenacea media (250 – 500 µm)	20 %
	Arenacea grossa (500 µm – 2,0 mm)	10 %
	Conglomeratica fine (2,0 – 4,0 mm)	5 %
Forma	Angolosa.	
Sfericità	Bassa sfericità.	
Classazione	Poco selezionato. Non si evidenziano orientazioni preferenziali tra i clasti.	

\* Determinazioni percentuali sulla base di una stima visuale

Lo Sperimentatore  
Der Labortechniker  
dott. geol. Andrea TralliIl Direttore del Laboratorio  
Der Direktor der Prüfanstalt  
dott. Ing. Settimo Martinello

Il presente rapporto non può essere riprodotto parzialmente senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio.  
Das vorliegende Probebericht darf nicht ohne schriftliche Zustimmung der Prüfanstalt teilweise vervielfältigt werden.  
Autorizzato con D.M. n° 52187 del 28.07.2004 ad effettuare prove sui materiali da costruzione ai sensi dell' art. 20, legge del 05.11.1971 n°. 1086  
Ermächtigt mit D.M. Nr. 52187 vom 28.07.2004 zur Durchführung von Proben auf Materialien laut Gesetz vom 05.11.1971, Nr. 1086, Art. Nr. 20



LABORATORIO PROVE MATERIALI

**4 EMME Service S.p.A.**

Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano – Italy  
Tel. 0471 543182 – Fax. 0471 543180  
E-Mail: laboratorio.bz@4emme.it – [www.4emme.it](http://www.4emme.it)



Pagina/Seite 11 di/von 11

**RAPPORTO DI PROVA:**  
**PROBEBERICHT:**

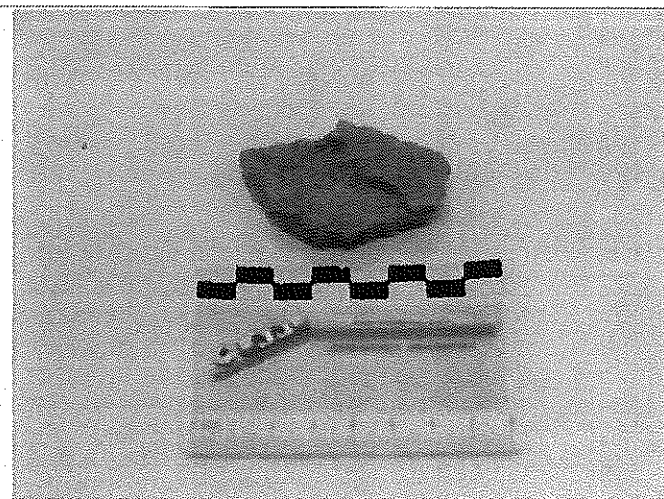
**NR. 929 del / von 19/05/2011**

**RISULTATI DI PROVA / PRÜFERGEBNISSE**

**Caratterizzazione del materiale**

<b>Classificazione dell'impasto</b>	Malta tenace a base di calce idraulica di colore grigio chiaro  Gli aggregati sono costituiti da sabbie e ghiaie a composizione silico-carbonatica, con netta prevalenza, nelle sabbie, della componente silicatica.  Il rapporto legante/aggregato in pasta è circa 1/3 in volume.  Lo stato di conservazione è buono.
<b>Osservazioni particolari</b>	L'impasto analizzato può essere classificato come appartenente alla classe M 2,5 (Idraulica) secondo il D.M. 14/01/2008.

Sezione M18 - Campione tal quale.



Sezione M18 - Fotomicrografia al Microscopio Polarizzatore in luce trasmessa, sezione sottile, 40 x N+.



Lo Sperimentatore  
Der Labortechniker

dott. ing. Andrea Tralli

Il Direttore del Laboratorio  
Der Direktor der Prüfanstalt

dott. ing. Settimo Martinello

Il presente rapporto non può essere riprodotto parzialmente senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio.  
Das vorliegende Probebericht darf nicht ohne schriftliche Zustimmung der Prüfanstalt teilweise vervielfältigt werden.  
Autorizzato con D.M. n° 52187 del 28.07.2004 ad effettuare prove sui materiali da costruzione ai sensi dell' art. 20, legge del 05.11.1971 n°. 1086  
Ermächtigt mit D.M. Nr. 52187 vom 28.07.2004 zur Durchführung von Proben auf Materialien laut Gesetz vom 05.11.1971, Nr. 1086, Art. Nr. 20

**PROVE DI CARICO E INDAGINI STRUTTURALI  
POLITECNICO DI MILANO  
PIAZZA LEONARDO DA VINCI - MILANO**

**PROVE n. 9602-9603-9604-9605/MI**

**dal 05 al 08 luglio 2011**

Committente: **POLITECNICO DI MILANO**

Consulenti: **Studio BRAMBILLA-COLOMBO**

Relatore: **Geom. Roberto Pin**



*Foto edificio*

Rif.:MI-185-11

Milano, 22 luglio 2011

via Scarsellini n. 13

Ufficio di Milano:  
Tel.: 02/40092545

Fax: 02/40092743

**BOLZANO** Tel. 0471/543111  
Fax 0471/543110  
info@4emme.it  
www.4emme.it

**LABORATORIO** Tel. 0471/543181  
BOLOGNA Tel. 051/6346808  
CAGLIARI Tel. 070/490732  
COMO Tel. 031/305253

FIRENZE Tel. 055/481000  
GENOVA Tel. 010/586195  
MILANO Tel. 02/40092545  
MODENA Tel. 059/395414

PADOVA Tel. 049/6020707  
PALERMO Tel. 091/6703629  
PIACENZA Tel. 0523/755849  
ROMA Tel. 06/71546992

TORINO Tel. 011/7706023  
TRENTO Tel. 0461/830920  
TREVISO Tel. 0438/990200  
VERONA Tel. 045/8004278

## INDICE

1.	PREMESSA	pag.	2
2.	DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE	pag.	2
3.	DESCRIZIONE DELLE STRUMENTAZIONI	pag.	3
4.	DESCRIZIONE DELLE PROVE	pag.	5
4.1	Prova n. 9602/MI	pag.	5
4.2	Prova n. 9603/MI	pag.	11
4.3	Prova n. 9604/MI	pag.	17
4.4	Appendice alle prove con i martinetti	pag.	23
4.5	Prova n. 9605/MI	pag.	24
5.	NOTE	pag.	31

## ALLEGATI:

stampate delle prove

### 1. PREMESSA

La Società *4 EMME Service S.p.a.* è stata incaricata dal *Politecnico di Milano* di effettuare delle prove di carico sulle strutture ed indagini sulle murature dell'**Edificio 4** all'interno del Complesso Universitario sito in Piazza Leonardo da Vinci a Milano.

La scelta degli elementi strutturali da sottoporre a verifica, la determinazione e la disposizione dei carichi, le modalità di rilevazione ed i punti di misura sono stati preventivamente concordati i Consulenti Studio Brambilla-Colombo.

Le prove sono state eseguite i giorni 05-06-07-08 luglio 2011 e vi hanno assistito:

Ing. Marco Solari

Collaboratore Studio  
Brambilla - Colombo;  
A.T.E. ;

Arch. Nadia Bruno

e per la 4 EMME Service S.p.A.:

Geom. Roberto Pin;  
Ing. Alessandro Pirovano;  
Sig. Giuseppe Lambarella.

### 2. DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

#### 2.1 Prova n. 9602/MI

La struttura indagata è costituita da un solaio in laterocemento di calpestio del 1° Piano, avente luce pari a m 5,30.



## 2.2 Prova n. 9603/MI

La struttura indagata è costituita da una trave ribassata in c.a. di calpestio del 1° Piano, avente luce pari a m 8,70 per un interasse pari a m 3,00.

## 2.3 Prova n. 9604/MI

La struttura indagata è costituita da una capriata in c.a. di Copertura, avente luce pari a m 9,70 per un interasse pari a m 4,30.

## 2.4 Prova n. 9605/MI

La struttura indagata è costituita da una porzione di muratura in mattoni pieni di calpestio del Piano Terra.

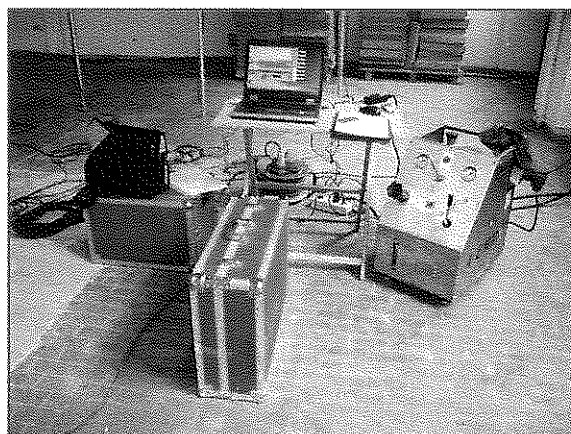
# 3. DESCRIZIONE DELLE STRUMENTAZIONI

Per l'esecuzione delle prove di carico n.9602-9603-9604/MI è stata utilizzata la seguente attrezzatura:

## 3.1 Collaudatore GS04

La rilevazione delle deformazioni è stata effettuata con l'attrezzatura *GS04* costituita da:

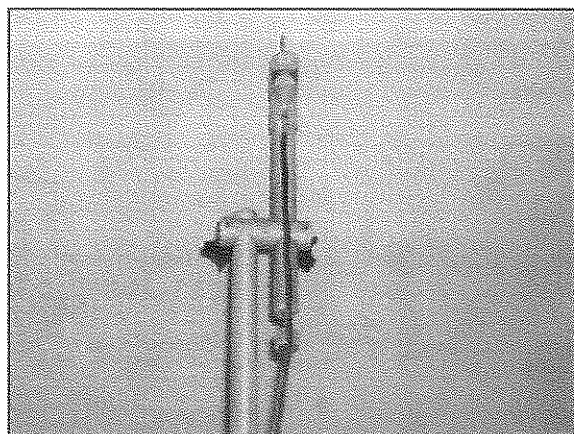
- unità di acquisizione *GS04AD 24 – mat. 041*
- cella di carico classe 1 mod. *TCQ 250 kN*;
- trasduttori LVDT mod. *Schaevitz E 200 HQ*;
- software di elaborazione *4 Emme Service*.



## 3.2 Trasduttori di spostamento

I trasduttori di spostamento sono portati a contatto della struttura attraverso apposite aste telescopiche. La catena di misura, sensore-cavo-unità, comporta un errore massimo pari a  $\pm 1\%$ . I sensori impiegati hanno le seguenti caratteristiche:

- sensibilità 0.002 mm ;
- escursione 10 - 25- 50 mm ;
- linearità 99.6% .



### 3.3 Cella di carico

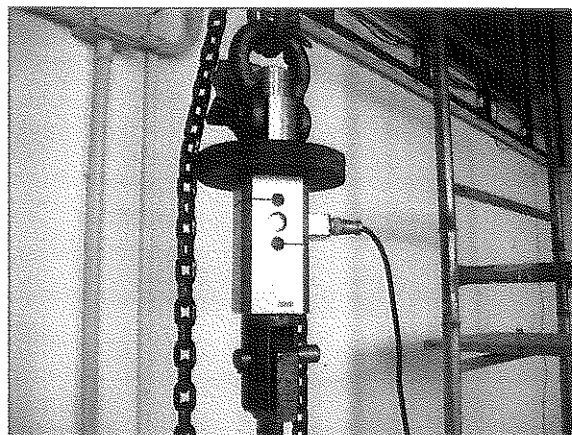
La cella di carico, collegata al computer, è uno strumento a funzionamento estensimetrico che consente di rilevare il valore della forza applicata.

La cella è installata direttamente sul martinetto utilizzato per l'applicazione del carico.

La catena strumento-cavo-unità, comporta un errore massimo pari a  $\pm 1,5\%$ .

La cella di carico ha le seguenti caratteristiche:

- escursione  $\pm 200$  kN;
- sensibilità 0,1 kN;
- linearità 99,4%.

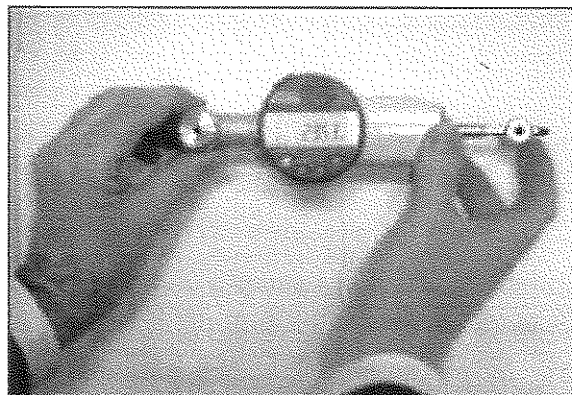


La calibrazione dell'acquisitore GS04 con i sensori differenziali dedicati è stata effettuata in data 28-29 marzo 2011 con certificato n. 774/11; tutti gli strumenti sono stati tarati dal Laboratorio della 4 EMME Service S.p.A. utilizzando dei sensori campione come previsto dalla procedura 7.6 del Manuale Qualità.

Per l'esecuzione della prova 9605/MI (Martinetti Piatti), è stata utilizzata la seguente attrezzatura :

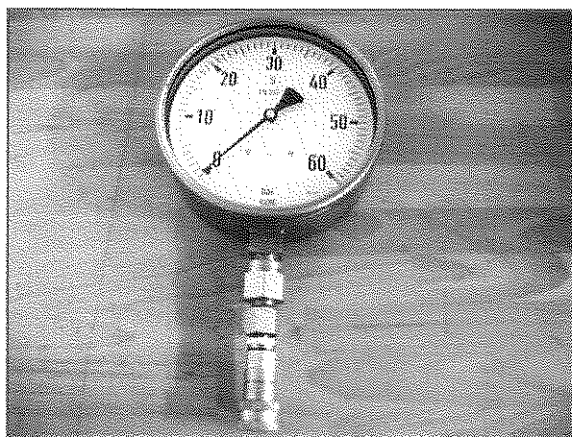
### 3.3 Comparatore

Per la misura delle distanze relative tra i capisaldi si è utilizzato il comparatore centesimale digitale, Mitutoyo, modello ID-C1050B e n. di serie 02682.



### 3.4 Manometro

E' stato utilizzato un manometro marca WIKA avente fondo scala di 60 bar e suddivisione della scala graduata pari a 0.5 bar .

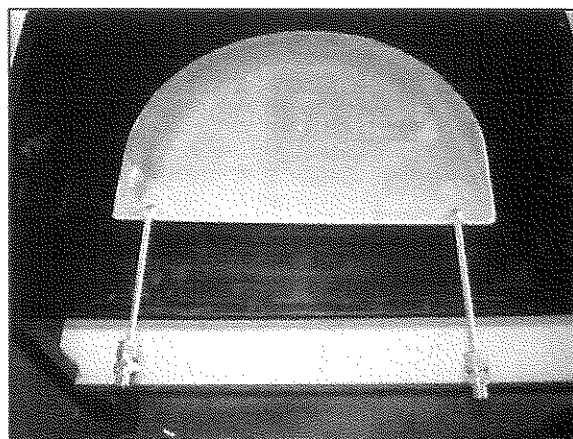


### 3.5 Martinetti piatti

I martinetti piatti utilizzati sono delle celle di carico in acciaio speciale di forma semicircolare, azionate idraulicamente ed aventi le seguenti caratteristiche :

diametro semicircolo: 34.7 cm

- superficie: 761.5 cm<sup>2</sup>
- spessore: 4.0 mm
- profondità: 25.7 cm

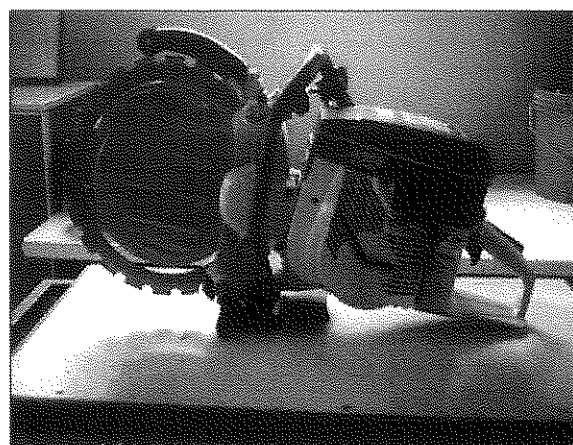


### 3.6 Troncatrice

Marca: PARTNER

Mod.: K950 Active

Le dimensioni del taglio ricavato sono di poco superiori a quelle del martinetto piatto.

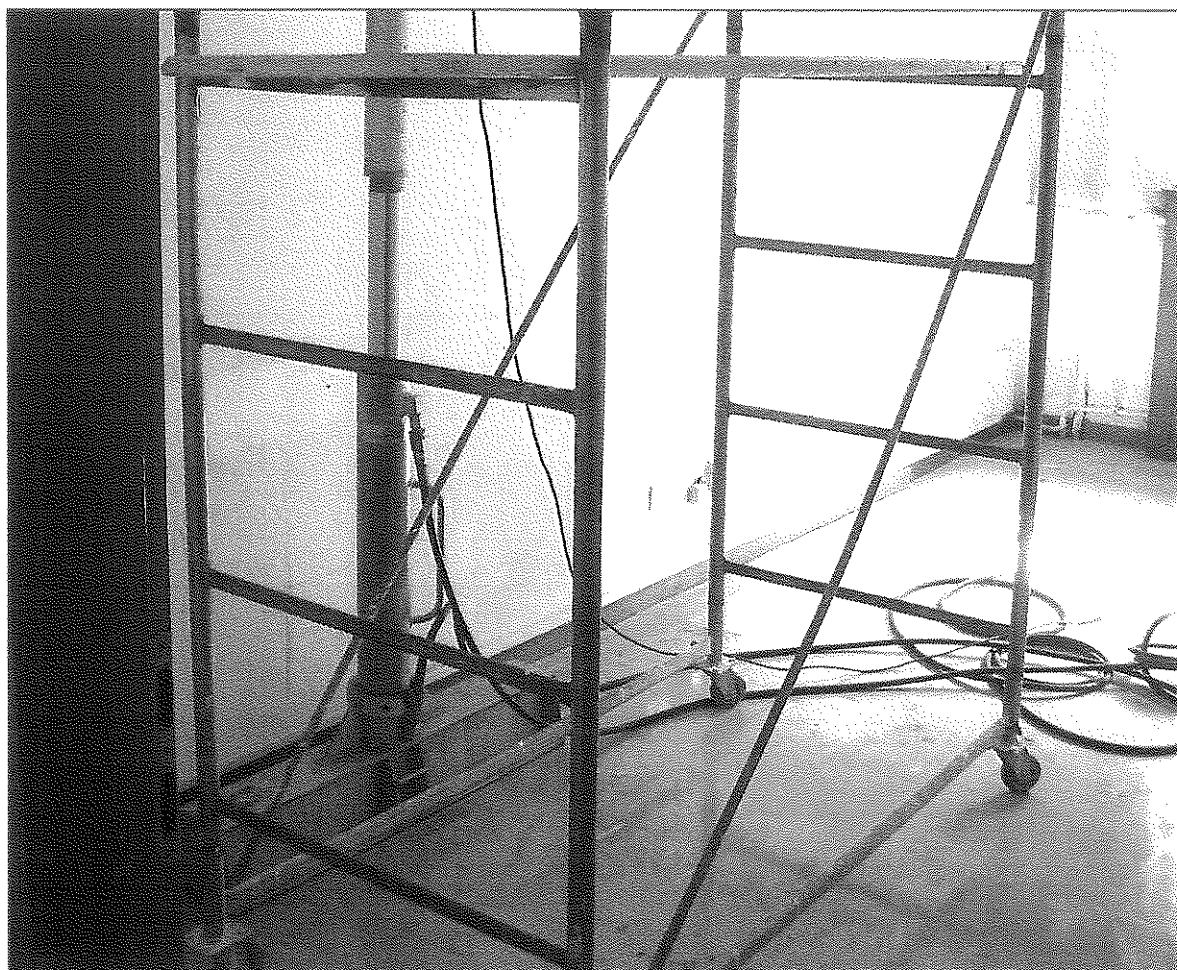


## 4. DESCRIZIONE DELLE PROVE

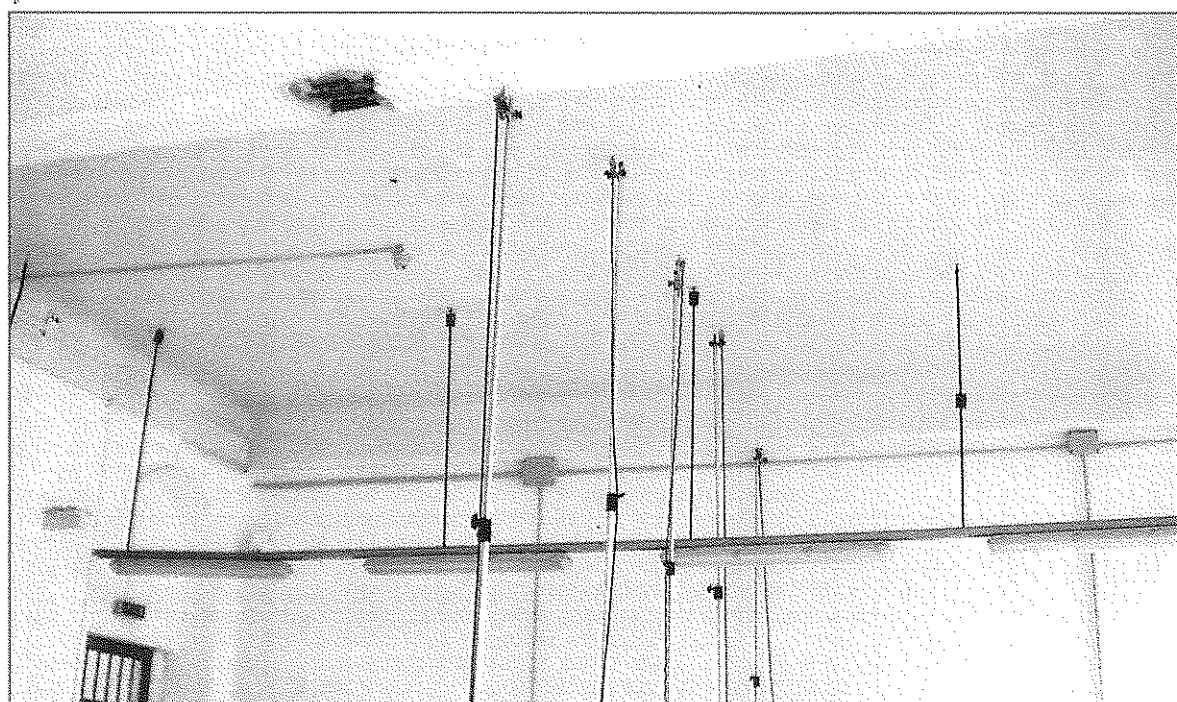
### 4.1 Prova n. 9602/MI

Il carico è stato effettuato tramite un martinetto oleodinamico a spinta (avente un'impronta pari a 1,0x0,2 m) posizionato in mezzeria della luce della struttura indagata e contrastato alla trave ribassata in c.a. superiore.

Per la rilevazione delle frecce sono stati utilizzati 9 sensori di misura (montati su aste telescopiche e portati a contatto con la struttura indagata) posizionati al piano sottostante quello di carico. La posizione del martinetto di carico e dei sensori differenziali è individuabile nell'elaborato grafico che segue.



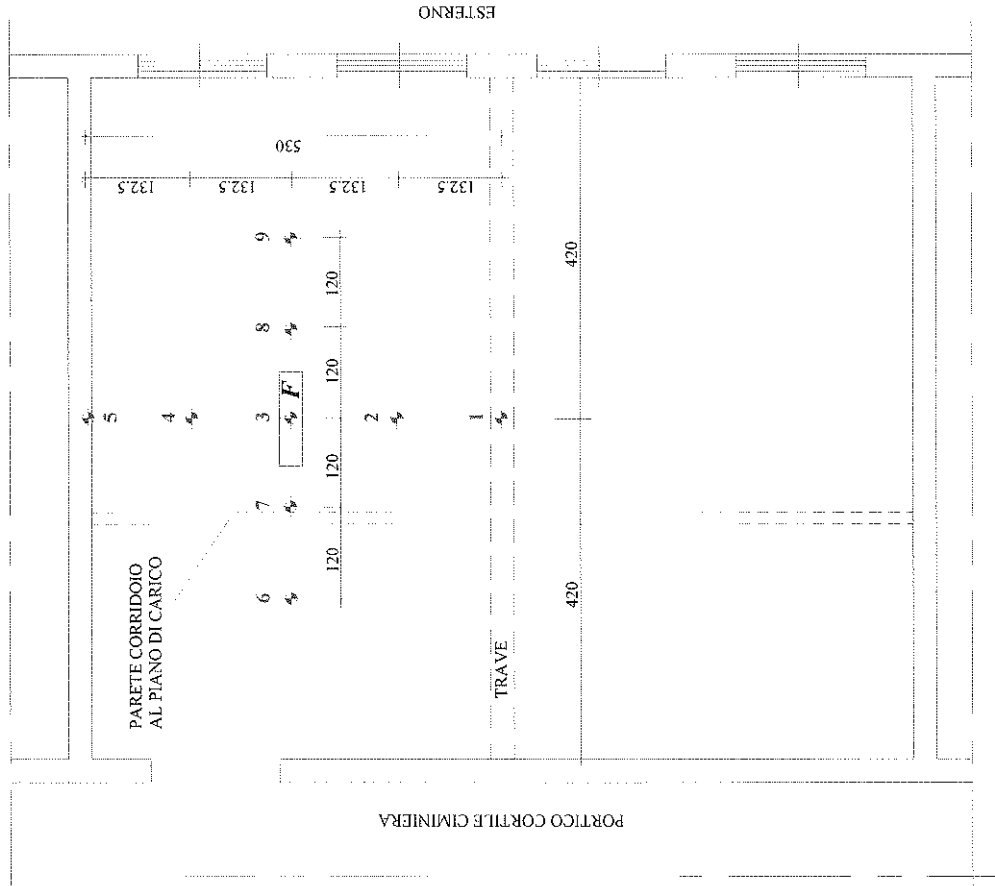
*Foto 1: particolare martinetto di carico.*



*Foto 2: particolare sensori di freccia.*



SOLAIO IN LATEROCEMENTO DI CALPESTIO 1° PIANO - EDIFICIO 4



n = SENSORI DI FRECCIA

F = IMPRONTA DI CARICO cm 100x20

**POLITECNICO  
DI MILANO**

Disegno

Schema posizione carico e sensori di freccia

Alfame S.r.l. s.p.a.  
via Suardiana, 13  
Tel. 02-4807343  
Fax 02-4807343

IN DATA  
05/07/2011

N° di Prova  
**9602/MI**

**PROVA DI VERIFICA**  
**MI 9602/0**

Data dell'intervento .....: **05/07/2011**  
 Località .....: **Milano**  
 In .....: **Piazza Leonardo da Vinci**  
 Committente.....: **POLITECNICO DI MILANO**  
 Denominazione edificio ....: **Edificio 4**  
 Seguendo le istruzioni di ..: **Studio BRAMBILLA-COLOMBO**

Tipo di struttura .....: **Solaio in laterocemento di calpestio 1° Piano.**  
 Luce.....: **530 cm**  
 Sovraccarico richiesto ....: **4 kN/m2**  
 Fascia Collaborante b ....: **3,10 m**  
 Coefficiente  $C_v$  .....: **0,38**

**FRECCE RELATIVE ALLA FORZA    40,5    kN**

SENSORI LONGITUDINALI			ALTRI SENSORI		
Sensore n°	Posizione	Frecce mm	Sensore n°	Posizione	Frecce mm
1	Appoggio trave	0,210	6	m 2,4 Trasv. Sinistro	0,280
2	1/4 Luce	1,010	7	m 1,2 Trasv. Sinistro	0,770
3	MEZZERIA	2,040	8	m 1,2 Trasv. Destro	1,370
4	3/4 Luce	0,890	9	m 2,4 Trasv. Destro	0,640
5	Appoggio lato muro	0,070			

**NOTE:**

Prova effettuata con un martinetto a spinta posizionato in mezzeria della luce.  
 Il valore delle frecce n°6+7+8+9 per la deformata trasversale, è stato rilevato al  
 4° ciclo ( $f_3 = 1,990$  mm).

# ALLEGATO PROVA MI 9602/0

Tabella Forza-Freccia del sensore n° 3 nel ciclo 6

Forza kN	Freccia mm	Incr. e Decr. (+/-) mm/100
10,3	0,450	45
20,5	0,960	51
30,2	1,500	54
40,5	2,040	54
30,2	1,590	-45
20,2	1,060	-53
10,3	0,500	-56
0,0	0,010	-49

## Linearità del carico applicato

Forza kN  
Carico kN/m<sup>2</sup>  
Linearità %

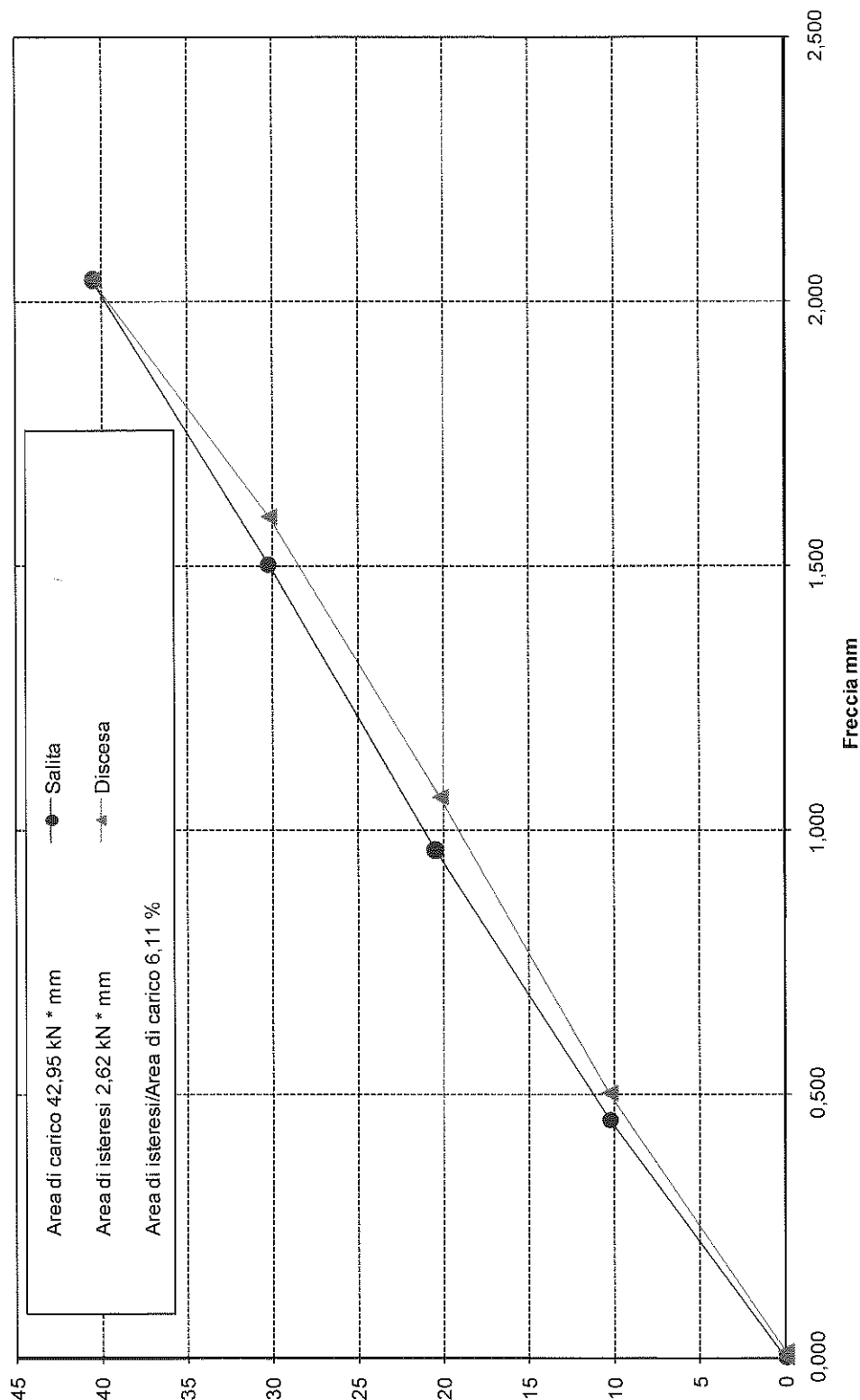
10,3	20,5	30,2	40,5
1,65	3,28	4,84	6,49
100	93	86	85

Ripetibilità complessiva	99 %
Linearità media	91 %
Linearità minima	85 %
Permanenze percentuali	0 %

ALLEGATO PROVA MI 9602/0

Curva di isteresi per carico concentrato

Forza kN

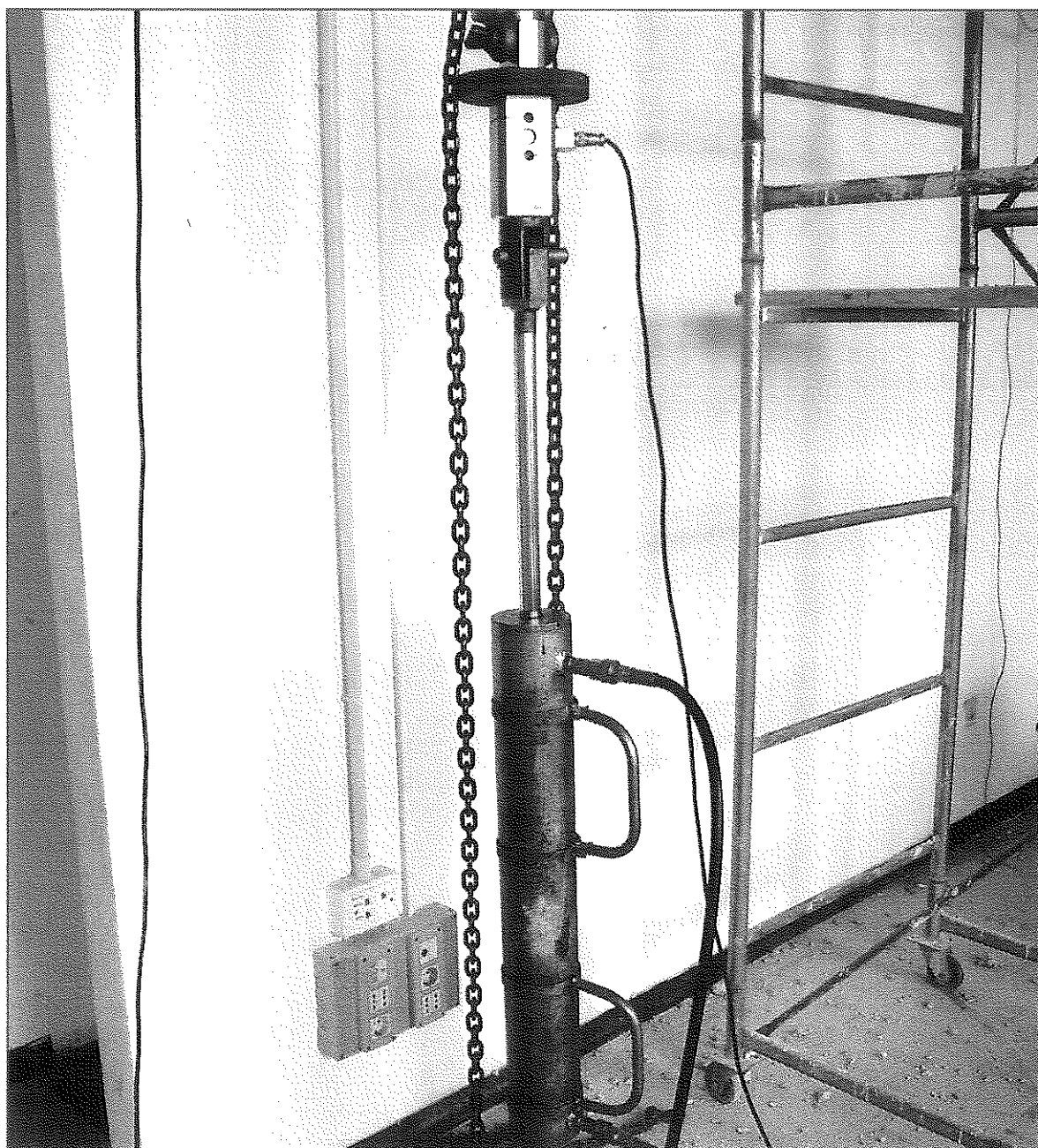




#### 4.2 Prova n. 9603/MI

Il carico è stato effettuato tramite un martinetto oleodinamico a trazione, insistente sulla mezzeria della luce della trave indagata, tramite due piastre metalliche fissate ai lati della stessa e collegate tra loro tramite spinottature imbullonate preparate dalla Committente. Tale martinetto trovava poi contrasto, tramite tassellazione chimica, al massetto del pavimento sottostante di piano terra.

Per la rilevazione delle frecce sono stati utilizzati 6 sensori di misura (montati su aste telescopiche e portati a contatto con la struttura indagata) posizionati al piano di carico. La posizione del martinetto di carico e dei sensori differenziali è individuabile nell'elaborato grafico che segue.



*Foto 3: particolare martinetto e cella di carico.*



*Foto 4: particolare sensori di freccia.*



**PROVA DI VERIFICA  
MI 9603/0**

Data dell'intervento .....: **06/07/2011**  
 Località .....: **Milano**  
 In .....: **Piazza Leonardo da Vinci**  
 Committente.....: **POLITECNICO DI MILANO**  
 Denominazione edificio ....: **Edificio 4**  
 Seguendo le istruzioni di ..: **Studio BRAMBILLA-COLOMBO**

Tipo di struttura .....: **Trave ribassata in c.a. di calpestio 1° Piano.**  
 Luce.....: **870 cm**  
 Sovraccarico richiesto .....: **4 kN/m<sup>2</sup>**  
 Fascia Collaborante b .....: **3,00 m**  
 Coefficiente  $C_v$  .....: **0,4**

**FRECCE RELATIVE ALLA FORZA 60,5 kN**

SENSORI LONGITUDINALI			ALTRI SENSORI		
Sensore n°	Posizione	Frecce mm	Sensore n°	Posizione	Frecce mm
1	Appoggio esterno	0,140	12	1/2 tra trave adiac. SX	0,290
9	1/4 Luce	0,970			
10	MEZZERIA	1,320			
11	3/4 Luce	0,780			
2	Appoggio interno	0,080			

**NOTE:**

Prova effettuata con un martinetto a trazione posizionato in mezzeria della luce.  
 Il valore di b rappresenta la porzione di solaio che grava sulla trave (interasse).  
 Il valore della freccia n°12 è stato rilevato al 6° ciclo ( $f_{10} = 1,320$  mm).



# ALLEGATO PROVA MI 9603/0

Tabella Forza-Freccia del sensore n° 10 nel ciclo 5

Forza kN	Freccia mm	Incr. e Decr. (+/-) mm/100
20,4	0,410	41
40,4	0,860	45
50,9	1,090	23
60,5	1,320	23
40,6	0,940	-38
20,3	0,440	-50
0,0	0,010	-43

## Linearità del carico applicato

Forza kN  
Carico kN/m2  
Linearità %

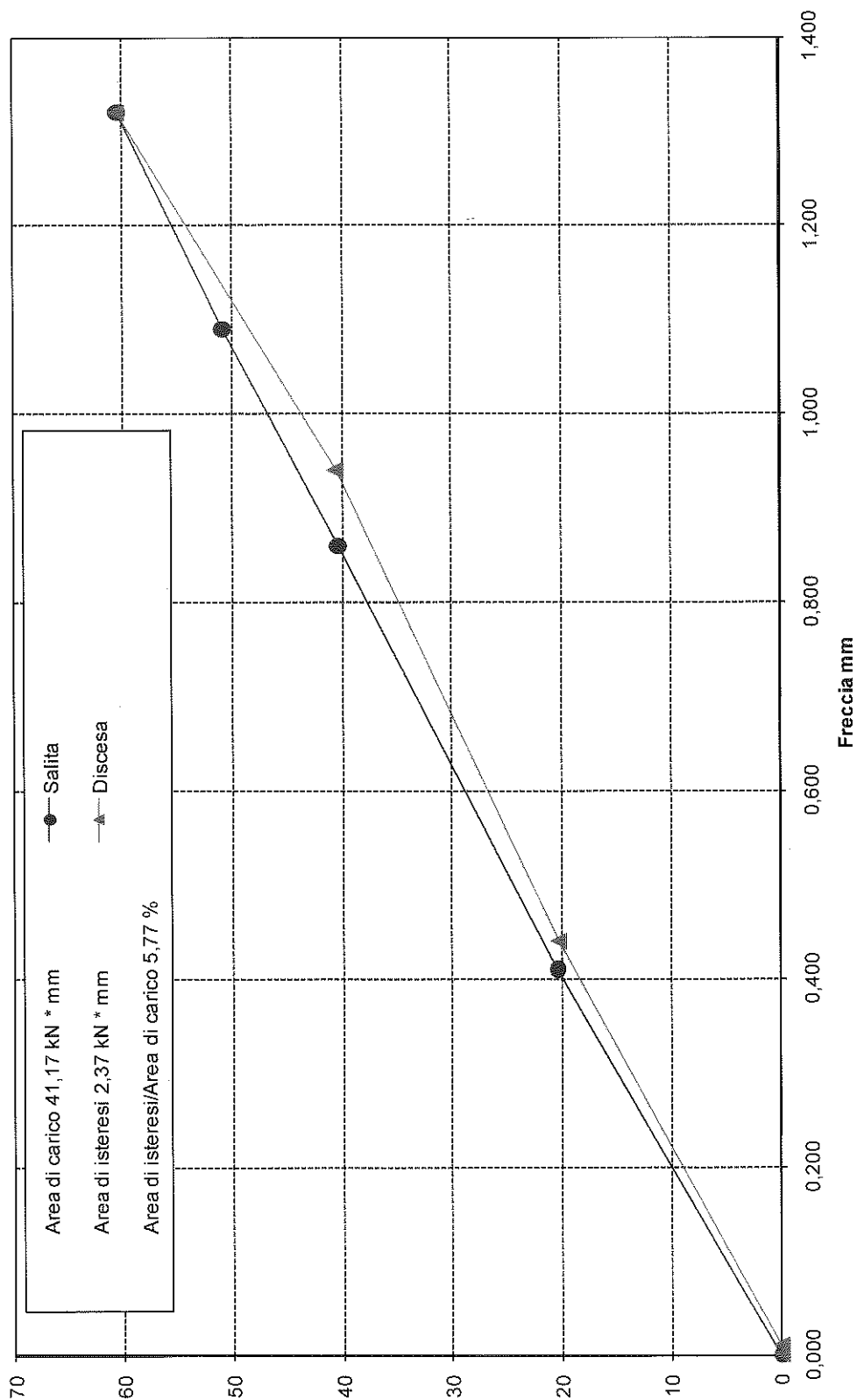
20,4	40,4	50,9	60,5
1,95	3,87	4,88	5,80
100	94	93	91

Ripetibilità complessiva	99 %
Linearità media	95 %
Linearità minima	91 %
Permanenze percentuali	1 %

ALLEGATO PROVA MI 9603/0

Curva di isteresi per carico concentrato

Forza kN



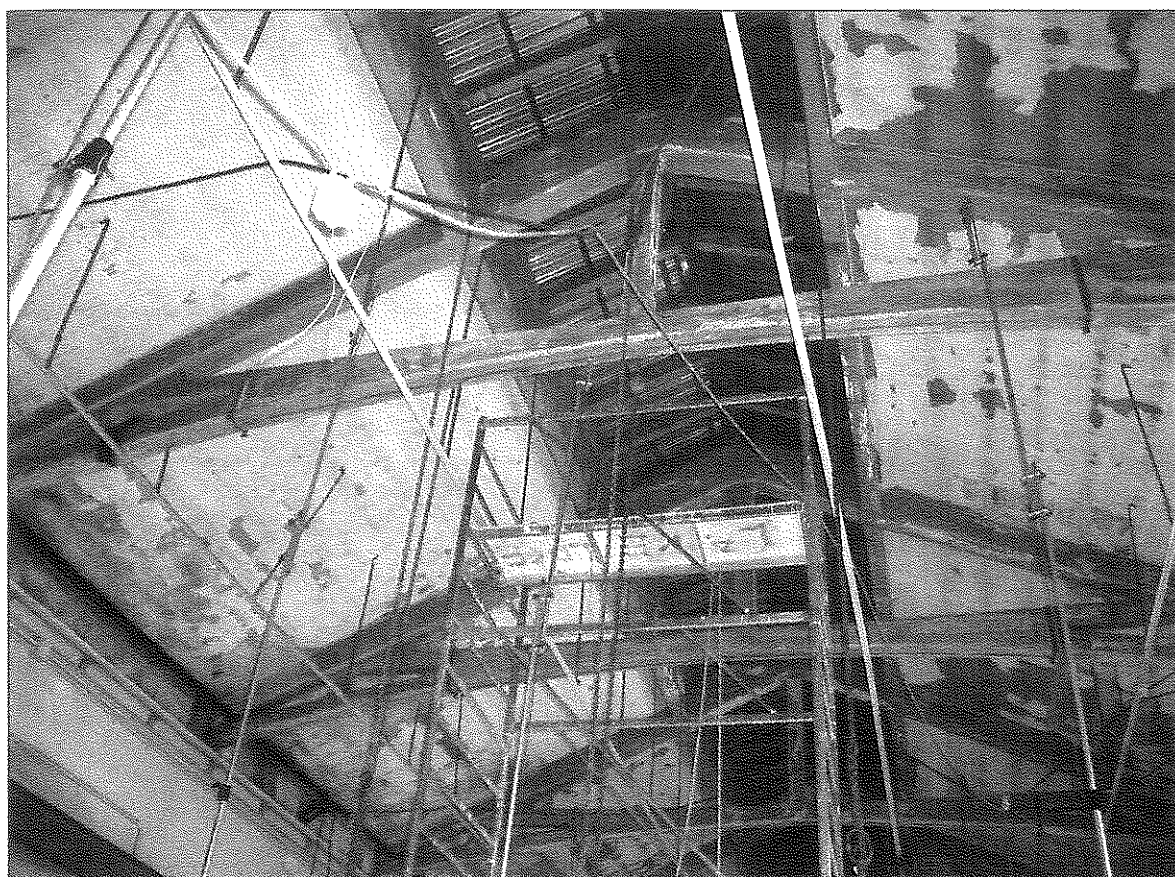
#### 4.3 Prova n. 9604/MI

Il carico è stato effettuato tramite tre martinetti oleodinamici a trazione, insistenti uno in mezzzeria della luce e gli altri due posizionati simmetricamente a m 1,10 dal centrale (carichi in prossimità dei due arcarecci in c.a. superiori) della capriata indagata. Tali martinetti trovavano contrasto, tramite tassellazione chimica, al massetto del pavimento sottostante di piano terra. I martinetti agivano in parallelo tramite circuito oleodinamico dedicato.

Per la rilevazione delle frecce sono stati utilizzati 6 sensori di misura (montati su aste telescopiche e portati a contatto con la struttura indagata) posizionati al piano di carico. La posizione dei martinetti di carico e dei sensori differenziali è individuabile nell'elaborato grafico che segue.



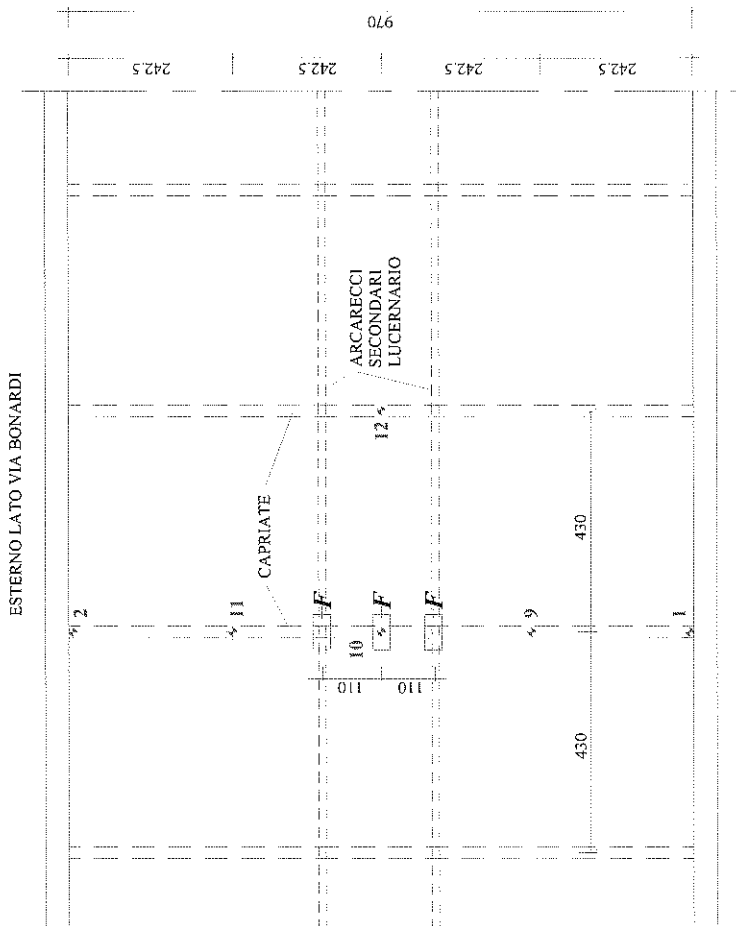
*Foto 5: particolare martinetti e cella di carico.*



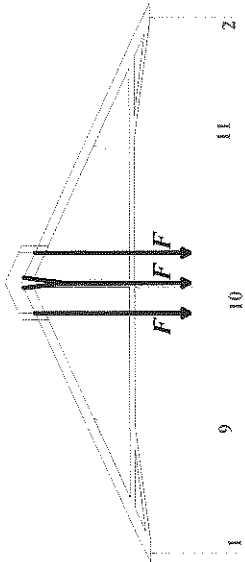
*Foto 6: particolare sensori di freccia.*



CAPRIATA IN C.A. DI COPERTURA - EDIFICIO 4



VISTA IN PIANTA



VISTA FRONTALE

n = SENSORI DI FRECCIA

F = PUNTO DI APPLICAZIONE DEL CARICO

POLITECNICO DI MILANO  
DISEGNO  
Schema posizione carico e sensori di freccia

Alfame Service SpA  
via Santellan, 13  
Tel. 02-46002545  
Fax 02-46002543

IN DATA  
07/07/2011

N° di Prova  
9604/MI

**PROVA DI VERIFICA**  
**MI 9604/0**

Data dell'intervento .....: **07/07/2011**  
 Località .....: **Milano**  
 In .....: **Piazza Leonardo da Vinci**  
 Committente.....: **POLITECNICO DI MILANO**  
 Denominazione edificio ....: **Edificio 4**  
 Seguendo le istruzioni di ..: **Studio BRAMBILLA-COLOMBO**

Tipo di struttura .....: **Capriata in c.a. di copertura.**  
 Luce.....: **970 cm**  
 Sovraccarico richiesto .....: **2 kN/m2**  
 Fascia Collaborante b .....: **4,30 m**  
 Coefficiente  $C_v$  .....: **0,59**

FRECCE RELATIVE ALLA FORZA    **75,9    kN**

SENSORI LONGITUDINALI			ALTRI SENSORI		
Sensore n°	Posizione	Frecce mm	Sensore n°	Posizione	Frecce mm
1	Appoggio interno	0,270	12	1/2 ria capriata adiac. DX	0,540
9	1/4 Luce	1,540			
10	MEZZERIA	1,790			
11	3/4 Luce	1,530			
2	Appoggio esterno	0,320			

**NOTE:**

Prova effettuata con tre martinetti a trazione posizionati uno in mezzeria della luce e due simmetricamente a m 1,10 dalla stessa.

Il valore di b rappresenta la porzione di copertura che grava sulla capriata (interasse).

# ALLEGATO PROVA MI 9604/0

## Tabella Forza-Freccia del sensore n° 10 nel ciclo 6

Forza kN	Freccia mm	Incr. e Decr. (+/-) mm/100
30,6	0,700	70
60,3	1,410	71
75,9	1,790	38
60,9	1,480	-31
30,3	0,730	-75
0,0	0,000	-73

## Linearità del carico applicato

Forza kN  
Carico kN/m<sup>2</sup>  
Linearità %

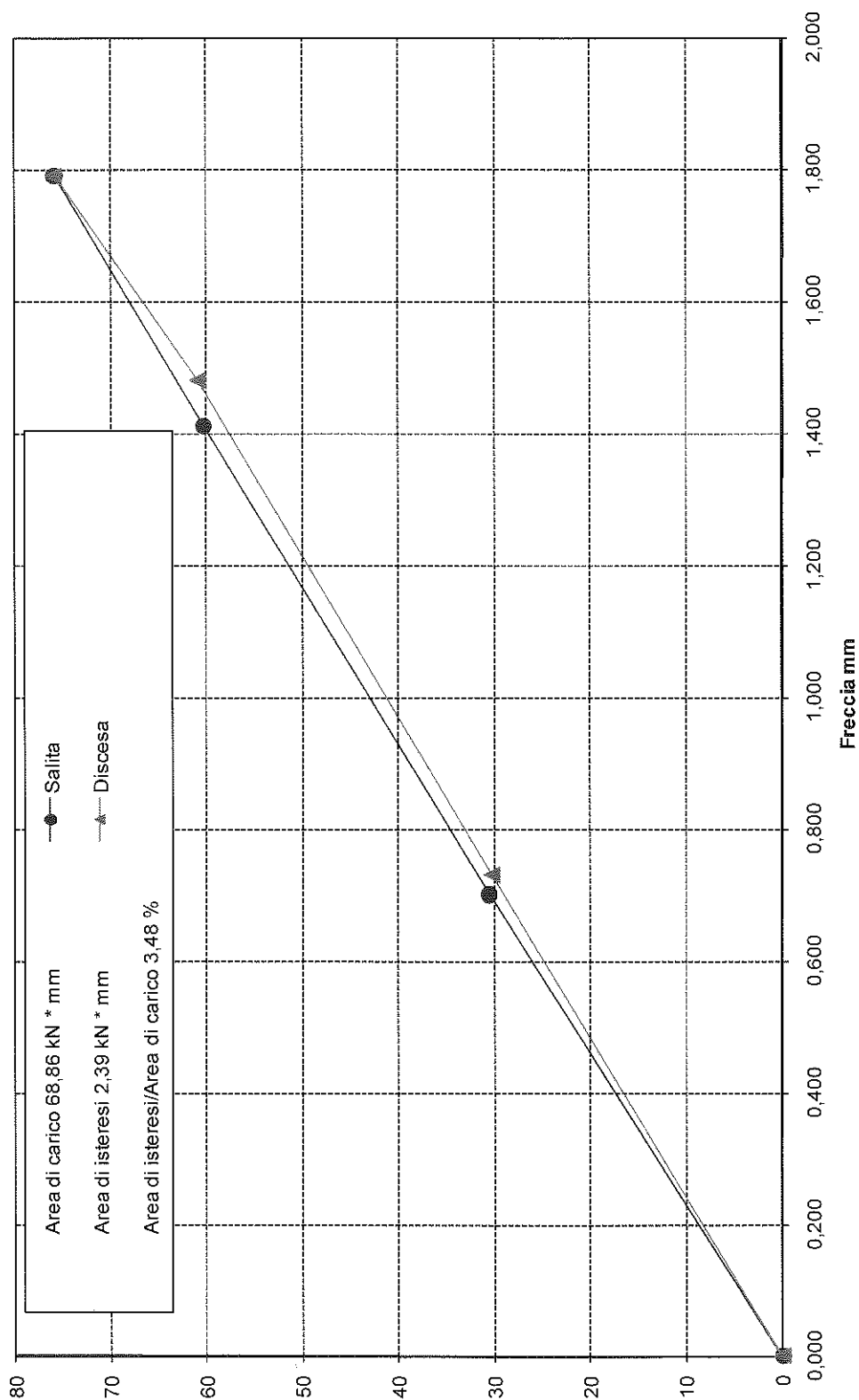
30,6	60,3	75,9
1,26	2,49	3,14
100	98	97

Ripetibilità complessiva	99 %
Linearità media	98 %
Linearità minima	97 %
Permanenze percentuali	0 %

## ALLEGATO PROVA MI 9604/0

## Curva di isteresi per carico concentrato

Forza kN





#### 4.4 Appendice alle prove con i martinetti

La tecnica di prova consiste nell'applicazione graduale e crescente di un carico e nella contemporanea rilevazione delle deformazioni in diversi punti della struttura. Il carico è applicato attraverso forze concentrate, prodotte da martinetti oleodinamici, che determinano lo stesso momento massimo provocato dal carico distribuito di progetto.

La forza equivalente  $F_{eq}$  è definita come la forza applicata su una linea di 1 metro, in corrispondenza della mezzeria di un solaio, trasversalmente all'orditura, capace di indurre lo stesso momento massimo prodotto da un carico uniformemente distribuito  $q$ .

Per calcolare la  $F_{eq}$  partendo dal carico distribuito di progetto  $q$  si utilizza la formula:

$$F_{eq} = C_v \cdot b \cdot q \cdot L$$

Dove:

$F_{eq}$  forza concentrata applicata [kN];

$C_v$  coefficiente di vincolo;

$b$  rappresenta la fascia trasversale collaborante [m], per le prove 9603-9604/MI rappresenta la porzione di solaio/copertura che grava sulla trave/capriata (interasse);

$q$  carico uniformemente distribuito di progetto [kN/m<sup>2</sup>];

$L$  luce della struttura [m].

Il valore di  $C_v$  deriva dall'eguaglianza del momento massimo prodotto dal carico concentrato con quello distribuito. Il valore di  $b$ , che determina la larghezza di solaio collaborante, può essere calcolato teoricamente in base alla conoscenza del rapporto dei momenti d'inerzia  $J_y/J_x$  o sperimentalmente rilevando la deformata trasversale di mezzeria.

I parametri di controllo, definiti rispetto alla freccia di mezzeria, che sono considerati nelle analisi delle strutture sono i seguenti:

- *ripetibilità*: è il rapporto percentuale, a parità di carico, tra i valori della freccia, depurata del residuo, di due cicli diversi.
- *linearità*: è il rapporto percentuale tra le tangenti alla curva di isteresi passanti per i punti individuati dall'ultimo e dal primo carico.
- *permanenza*: è il rapporto percentuale tra il residuo e la freccia massima.

La descrizione particolareggiata della metodologia è esposta nell'opuscolo *Prove in sito* ed inserita nel sito [www.4emme.it](http://www.4emme.it).

#### 4.5 Prova n. 9605/MI

Il metodo permette, operando in sito, la determinazione delle caratteristiche di deformabilità e di resistenza di una muratura.

##### *Rilievo dello stato tensionale (esercizio):*

Lo stato tensionale della muratura in esame viene alterato mediante un taglio piano normale alla superficie della parete muraria.

Il taglio comporta il rilascio delle tensioni che si manifestano con la tendenza a chiudere i lembi del taglio. Tali tensioni vengono bilanciate da uno speciale martinetto inserito nell'incisione.

La pressione applicata al martinetto piatto introdotto nell'incisione, che riporterà alle condizioni di deformazione antecedenti al taglio, si assume come prossima, sostanzialmente, alla tensione in sito.

La prova è condotta ad incrementi di carico costanti mentre vengono rilevati in tempo reale, tramite comparatore centesimale, e inseriti in una tabella carico-deformazioni per monitorare l'andamento della prova.

##### *Rilievo dello stato tensionale ultimo (rottura):*

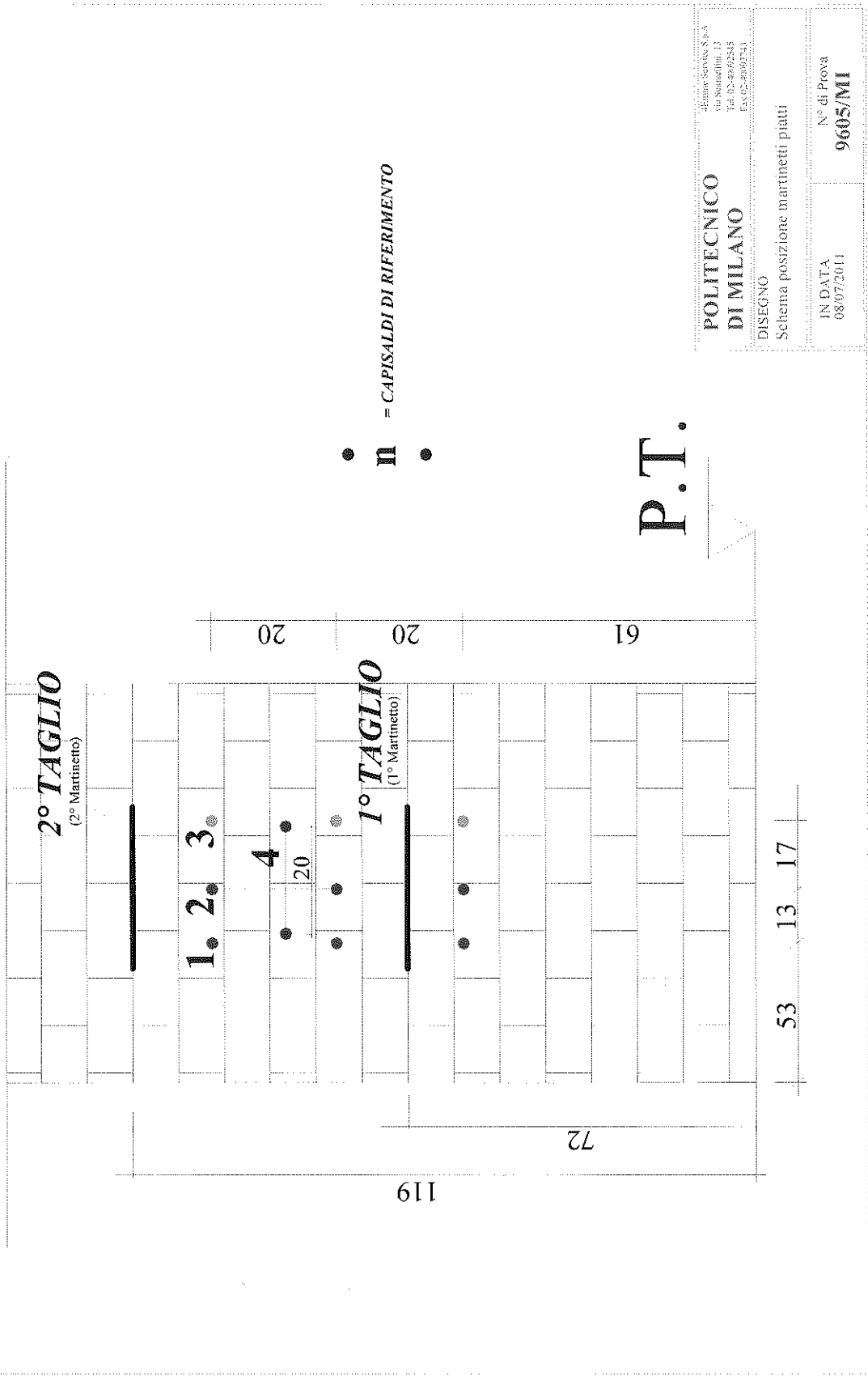
Una volta rilevato il carico di esercizio della muratura si prosegue installando un secondo martinetto parallelo al primo ad una distanza di circa 2 volte la larghezza del martinetto.

La prova, assimilabile ad una prova a compressione monoassiale non confinata, è condotta ad incrementi di carico costanti mentre vengono rilevati in tempo reale, tramite comparatore centesimale, e inseriti in una tabella carico-deformazioni per monitorare l'andamento della prova.

Una volta ripristinata la tensione di esercizio della muratura in esame, si incrementa ciclicamente il carico prodotto dai martinetti fino a rilevare il collasso del complesso malta-mattoni.

La descrizione particolareggiata della metodologia è esposta nell'opuscolo *Prove in sito* ed inserita nel sito [www.4emme.it](http://www.4emme.it).

	P [daN/cm <sup>2</sup> ]	Km	Am [mm <sup>2</sup> ]	At [mm <sup>2</sup> ]	σ [daN/cm <sup>2</sup> ]
<b>Tensione d'esercizio (1 martinetto)</b>	5	0.98	761.5	824	<b>4,5</b>
<b>Tensione di rottura (2 martinetti)</b>	25	0.98	761.5	Martinetto 1: 824	<b>24,8</b>
				Martinetto 2: 820	



<b>Data:</b> 08/07/2011	<b>Cantiere:</b> Piazza Leonardo da Vinci – Milano
<b>Martinetto piatto tipo:</b> semicircolare	<b>Quantità:</b> 1
<b>Dimensioni:</b>	$d = 34.7 \text{ cm}$ $p = 25.7 \text{ cm}$ $h = 0.35 \text{ cm}$
<b>Am :</b>	<b>761.5 cm<sup>2</sup></b>
<b>Disposizione martinetti:</b>	Orizzontale.
<b>Ubicazione prova:</b>	MP-1

### CARICO DI ESERCIZIO DELLA MURATURA (stato tensionale)

$$\sigma = p \times K_m \times A_m / A_t = 4,5 \text{ kg/cm}^2$$

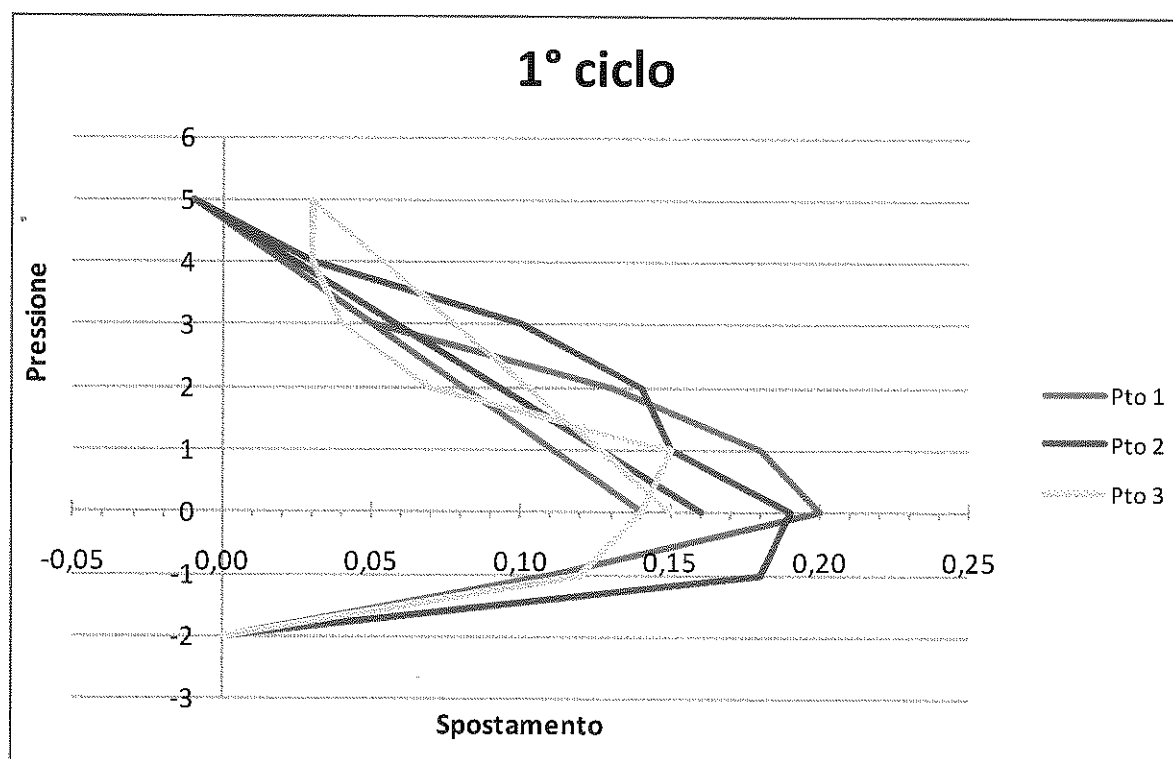
Dove:

$p = 5,0 \text{ bar}$  (pressione che riporta a 0 lo spostamento dei bottoni)

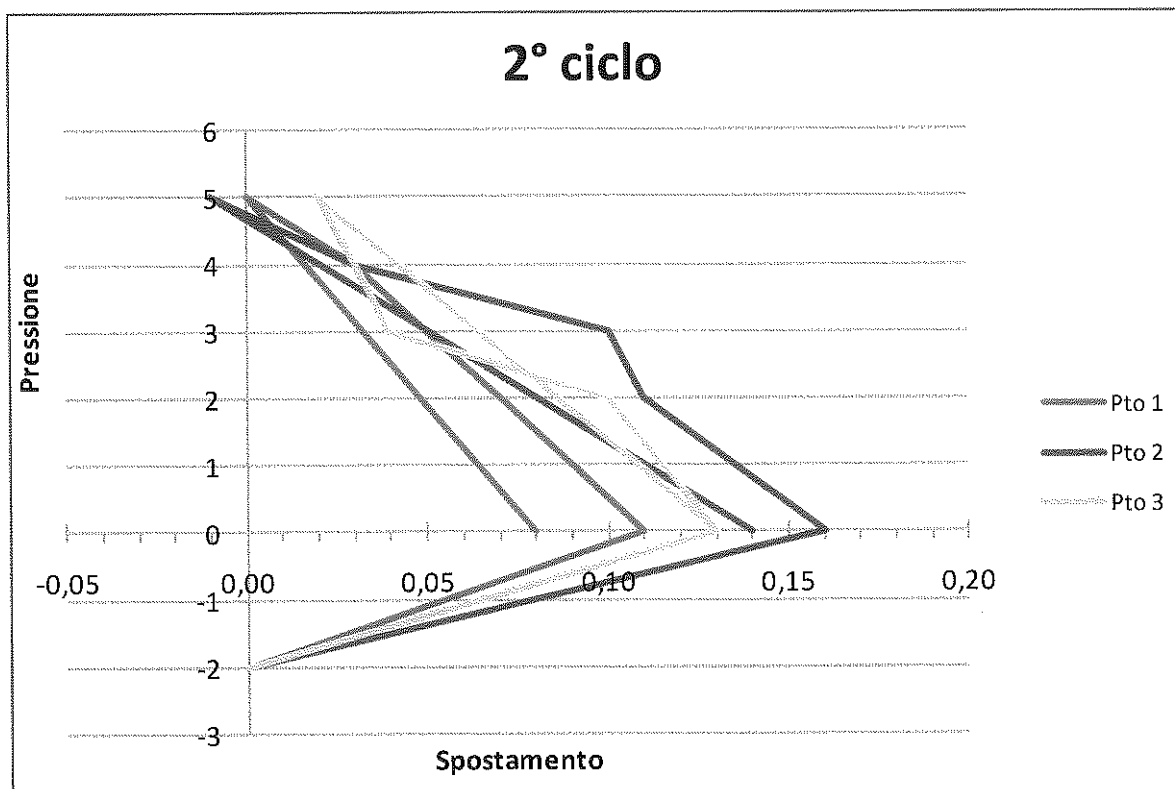
$K_m = 0.98$  (coeff. di taratura del martinetto inferiore)

$A_m = 761.5 \text{ cm}^2$  (area del martinetto)

$A_t = 824 \text{ cm}^2$  (area di taglio)







<b>Data:</b> 08/07/2011	<b>Cantiere:</b> Piazza Leonardo da Vinci – Milano
<b>Martinetto piatto tipo:</b> semicircolare	<b>Quantità:</b> 1
<b>Dimensioni:</b>	$d = 34.7 \text{ cm}$ $p = 25.7 \text{ cm}$ $h = 0.35 \text{ cm}$
<b>Am :</b>	<b>761.5 cm<sup>2</sup></b>
<b>Disposizione martinetti:</b>	Orizzontale.
<b>Ubicazione prova:</b>	MP-2

### RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE DELLA MURATURA (Stato tensionale ultimo)

$$\sigma_{\text{rottura}} = p_r \times \Sigma(K_m \times A_m / A_t) / 2 = 21,8 \text{ kg/cm}^2$$

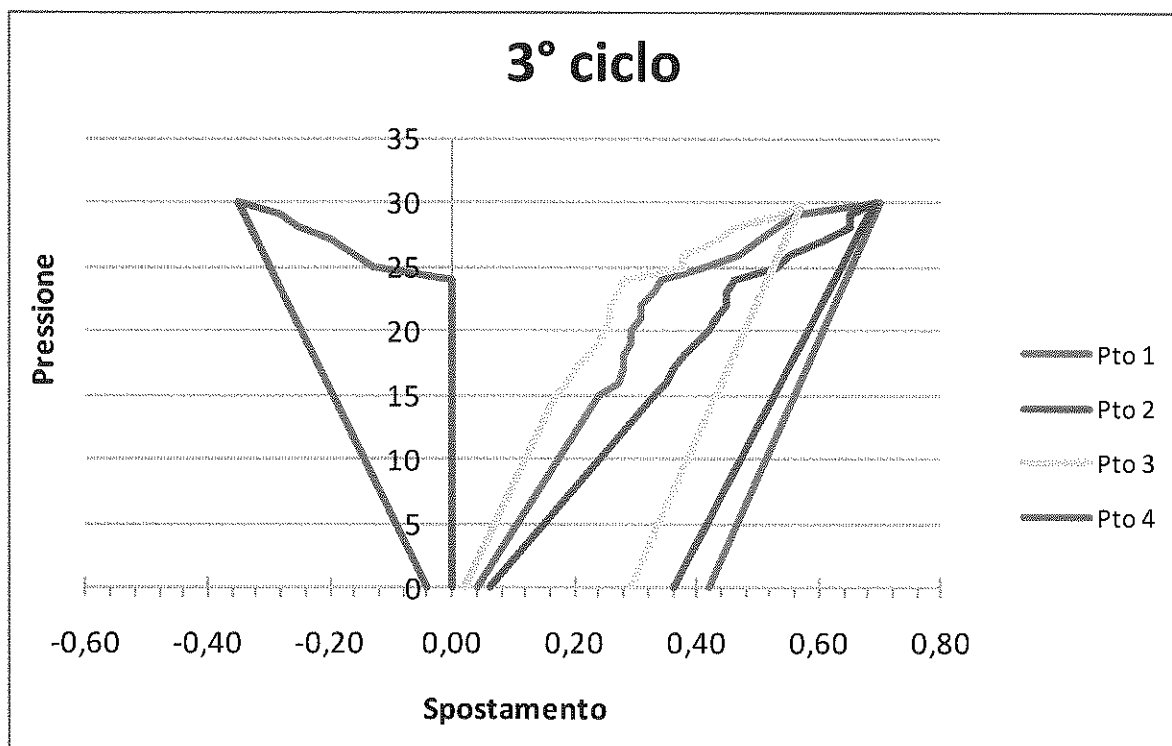
Dove:  $\sigma_{\text{rottura}}$  = carico di rottura

$p_r$  = pressione di prima fessurazione della muratura **24 bar**

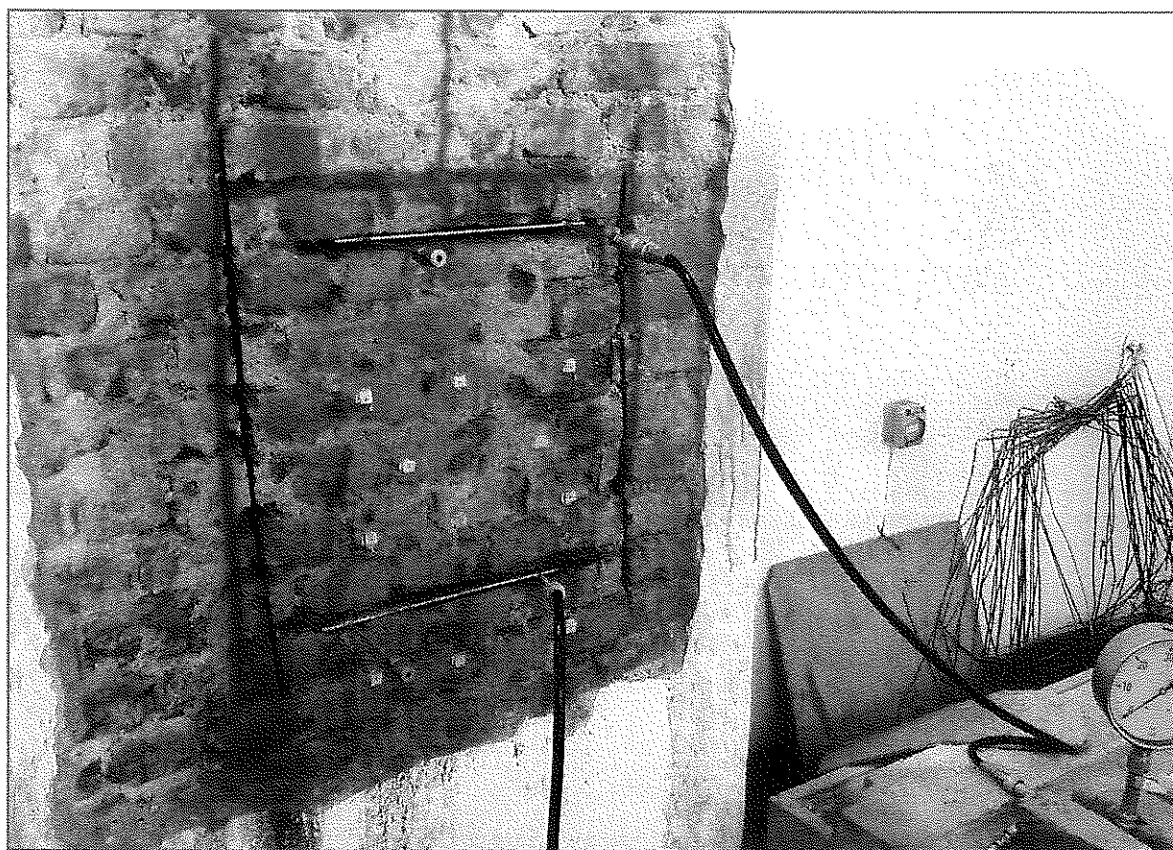
$\Sigma K_m$  =  $K_m$  martinetto superiore (0.98) +  $K_m$  martinetto inferiore (0.98) = **1.96**

$\Sigma A_m$  = sommatoria delle aree dei martinetti = cm<sup>2</sup> (761.5 + 761.5) = **1523.0 cm<sup>2</sup>**

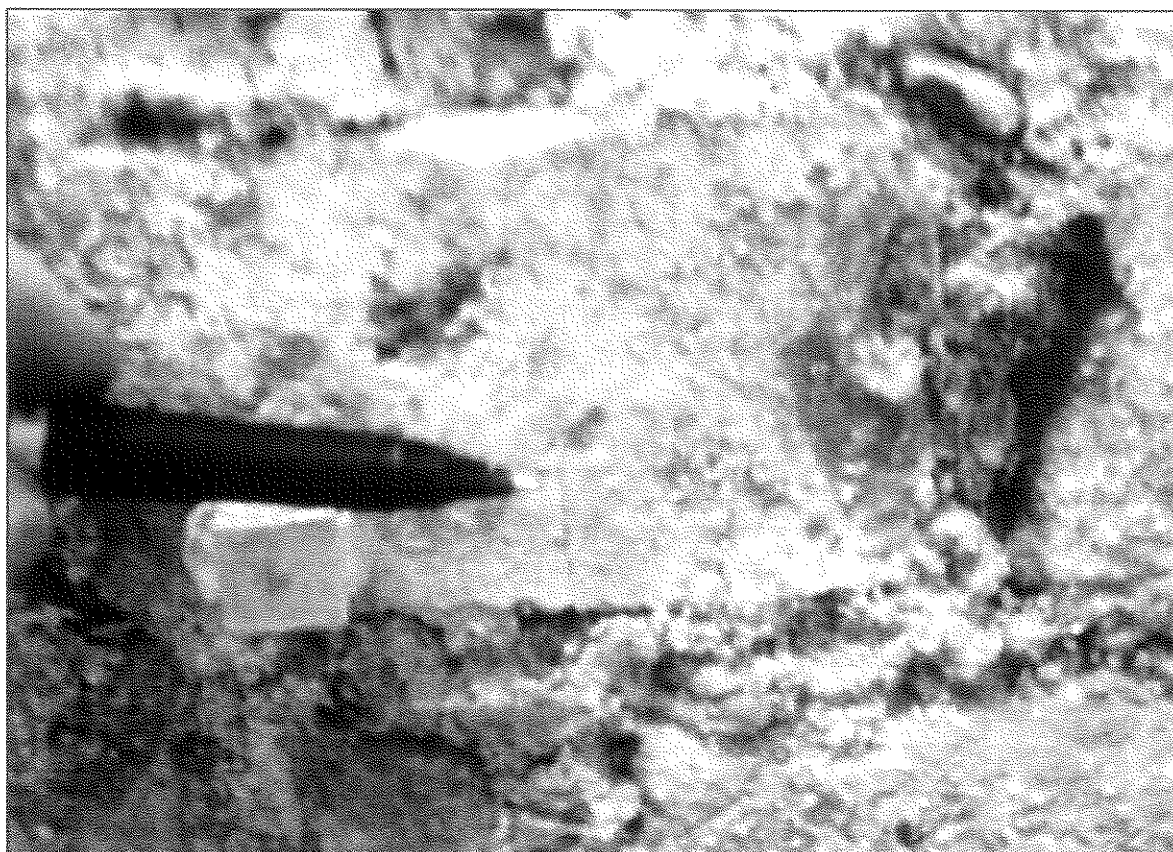
$\Sigma A_t$  = sommatoria delle aree di taglio = cm<sup>2</sup> (824 + 820) = **1.644 cm<sup>2</sup>**



*Stato tensionale ultimo*



*Particolare rottura*



*Particolare rottura (crepe messe in evidenza)*

Nella tabella seguente sono calcolati i moduli elastici per ogni tratto del grafico e sono stati individuati i moduli elastici secanti nell'ultimo ciclo. È stato anche analizzato il rapporto V/H delle deformazioni ottenute nel ciclo di rottura.

Valori						Modulo Elastico [MPa]				Rapporto V/H			Modulo Secante
Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4	P		Pto 1	Pto 2	Pto 3	Media	Pto 1	Pto 2	Pto 3	
				Bar	N/mm2								
0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00	0,00								
0,00020	0,00025	0,00025	0,00000	1,00	0,10	500	400	400	433,3	-	-	-	
0,00020	0,00035	0,00020	0,00000	2,00	0,20	-	1000	-2000	-500	-	-	-	
0,00015	0,00040	0,00025	0,00000	3,00	0,30	-2000	2000	2000	666,7	-	-	-	
0,00015	0,00050	0,00025	0,00000	4,00	0,40	-	1000	-	1000	-	-	-	
0,00030	0,00075	0,00035	0,00000	5,00	0,50	666,7	400	1000	688,9				
0,00040	0,00080	0,00050	0,00000	6,00	0,60	1000	2000	666,7	1222	-	-	-	
0,00040	0,00080	0,00050	0,00000	7,00	0,70	-	-	-	-	-	-	-	
0,00040	0,00080	0,00050	0,00000	8,00	0,80	-	-	-	-	-	-	-	
0,00015	0,00000	0,00005	0,00000	0,00	0,00								
0,00045	0,00070	0,00025	0,00000	4,00	0,40	1333	571,4	2000	1302	-	-	-	
0,00055	0,00080	0,00035	0,00000	5,00	0,50	1000	1000	1000	1000	-	-	-	
0,00055	0,00080	0,00035	0,00000	6,00	0,60	-	-	-	-	-	-	-	
0,00055	0,00080	0,00040	0,00000	7,00	0,70	-	-	2000	2000	-	-	-	
0,00055	0,00090	0,00045	0,00000	8,00	0,80	-	1000	2000	1500	-	-	-	
0,00070	0,00090	0,00045	0,00000	9,00	0,90	666,7	-	-	666,7	-	-	-	
0,00075	0,00090	0,00050	0,00000	10,00	1,00	2000	-	2000	2000	-	-	-	
0,00075	0,00095	0,00060	0,00000	11,00	1,10	-	2000	1000	1500	-	-	-	
0,00075	0,00095	0,00060	0,00000	12,00	1,20	-	-	-	-	-	-	-	
0,00085	0,00105	0,00065	0,00000	13,00	1,30	1000	1000	2000	1333	-	-	-	
0,00110	0,00110	0,00080	0,00000	14,00	1,40	400	2000	666,7	1022	-	-	-	
0,00115	0,00135	0,00090	0,00000	15,00	1,50	2000	400	1000	1133	-	-	-	
0,00130	0,00140	0,00095	0,00000	16,00	1,60	666,7	2000	2000	1556	-	-	-	
0,00135	0,00160	0,00115	0,00000	17,00	1,70	2000	500	500	1000	-	-	-	
0,00135	0,00160	0,00120	0,00000	18,00	1,80	-	-	2000	2000	-	-	-	
0,00135	0,00165	0,00120	0,00000	19,00	1,90	-	2000	-	2000	-	-	-	
0,00135	0,00175	0,00120	0,00000	20,00	2,00	-	1000	-	1000	-	-	-	
0,00020	0,00030	0,00010	0,00000	0,00	0,00					-	-	-	
0,00120	0,00165	0,00085	0,00000	15,00	1,50	1500	1111	2000	1537	-	-	-	
0,00135	0,00175	0,00095	0,00000	16,00	1,60	666,7	1000	1000	888,9	-	-	-	
0,00140	0,00180	0,00100	0,00000	17,00	1,70	2000	2000	2000	2000	-	-	-	
0,00140	0,00190	0,00110	0,00000	18,00	1,80	-	1000	1000	1000	-	-	-	
0,00145	0,00200	0,00120	0,00000	19,00	1,90	2000	1000	1000	1333	-	-	-	1548,7
0,00145	0,00210	0,00125	0,00000	20,00	2,00	-	1000	2000	1500	-	-	-	
0,00155	0,00215	0,00130	0,00000	21,00	2,10	1000	2000	2000	1667	-	-	-	
0,00155	0,00225	0,00130	0,00000	22,00	2,20	-	1000	-	1000	-	-	-	
0,00165	0,00225	0,00135	0,00000	23,00	2,30	1000	-	2000	1500	-	-	-	
0,00170	0,00230	0,00140	0,00000	24,00	2,40	2000	2000	2000	2000	-	-	-	
0,00205	0,00265	0,00190	0,00065	25,00	2,50	285,7	285,7	200	257,1	3,1538	4,0769	2,9231	
0,00235	0,00275	0,00190	0,00080	26,00	2,60	333,3	1000	-	666,7	2,9375	3,4375	2,375	
0,00250	0,00305	0,00215	0,00100	27,00	2,70	666,7	333,3	400	466,7	2,5	3,05	2,15	
0,00265	0,00325	0,00230	0,00125	28,00	2,80	666,7	500	666,7	611,1	2,12	2,6	1,84	422,9
0,00280	0,00325	0,00270	0,00140	29,00	2,90	666,7	-	250	458,4	2	2,3214	1,9286	
0,00350	0,00345	0,00285	0,00175	30,00	3,00	142,9	500	666,7	436,5	2	1,9714	1,6286	
0,00210	0,00180	0,00145	0,00020	0,00	0,00								



## 5. NOTE

I grafici di pag. 10-16-22 mostrano la curva di isteresi relativa al ciclo più significativo (carico-scarico) con indicata la percentuale dell'area di isteresi rispetto all'area di carico: questo valore rappresenta la percentuale di lavoro dissipato nell'esecuzione del ciclo di carico - scarico.

Tutti i dati che compaiono nella presente relazione sono stati ricavati dalle stampe che alleghiamo.

La presente relazione include 7 pagine di allegati (stampe originali).

La Società si assume la responsabilità per la precisione delle misurazioni effettuate; l'elaborazione dei dati invece rappresenta solamente un sussidio da verificare ed approvare da parte del Collaudatore.

Milano, 22 luglio 2011

4 EMME Service S.p.A.  
Il Direttore del Centro di Milano  
Ing. Luciano Ceschel

Il Responsabile delle prove

Geom. Roberto Pin

**ALLEGATO PROVA**

**9602/MI**

**Tabulati della prova**



Cklo Fase	Ferr (kN)	S/C 01-01 (mm)	S/C 02-02 (mm)	S/C 03-03 (mm)	S/C 04-04 (mm)	S/E 05-05 (mm)														Commento
C=01 F=0.24	20,2	0,09	0,45	0,94	0,51	0,03														*cosh Long 0°-0°20'01"10'12'12
C=01 F=0.27	30,5	0,15	0,73	1,48	0,84	0,06														*cosh Long 0°-0°20'01"10'21'02
C=01 F=0.33	40,6	0,22	1,02	2,05	1,16	0,09														*cosh Long 0°-0°20'01"10'22'43
C=01 F=0.37	40,6	0,22	1,02	2,05	1,16	0,09														*cosh Long 0°-0°20'01"10'23'44
C=01 F=0.38	30,1	0,18	0,81	1,63	0,91	0,06														*cosh Long 0°-0°20'01"10'24'04
C=01 F=0.39	20,1	0,12	0,53	1,12	0,61	0,03														*cosh Long 0°-0°20'01"10'25'37
C=01 F=0.39	10,2	0,07	0,28	0,57	0,31	0,01														*cosh Long 0°-0°20'01"10'26'01
C=01 F=0.31	0,0	0,00	0,01	0,01	0,01	-0,02														*cosh Long 0°-0°20'01"10'27'23
C=01 F=0.22	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00														*cosh Long 0°-0°20'01"10'28'10
C=01 F=0.13	10,3	0,04	0,20	0,45	0,23	0,02														*cosh Long 0°-0°20'01"10'28'40
C=01 F=0.24	20,5	0,09	0,46	0,96	0,52	0,04														*cosh Long 0°-0°20'01"10'29'12
C=01 F=0.37	30,2	0,15	0,74	1,50	0,83	0,07														*cosh Long 0°-0°20'01"10'29'49
C=01 F=0.33	40,5	0,21	1,01	2,04	1,15	0,10														*cosh Long 0°-0°20'01"10'30'22
C=01 F=0.37	30,2	0,16	0,79	1,59	0,89	0,07														*cosh Long 0°-0°20'01"10'31'43
C=01 F=0.22	20,2	0,10	0,50	1,06	0,58	0,04														*cosh Long 0°-0°20'01"10'32'23
C=01 F=0.39	10,3	0,06	0,24	0,50	0,27	0,02														*cosh Long 0°-0°20'01"10'33'00
C=01 F=0.40	0,0	0,00	0,00	0,01	0,00	-0,01														*cosh Long 0°-0°20'01"10'33'23



**ALLEGATO PROVA**

**9603/MI**

**Tabulati della prova**





Ciclo Fase	Forta (tN)	S/C 01-01 (tmm)	S/C 02-02 (tmm)	S/C 03-03 (tmm)	S/C 04-04 (tmm)	S/C 05-05 (tmm)	S/C 06-06 (tmm)	S/C 07-07 (tmm)	S/C 08-08 (tmm)	S/C 09-09 (tmm)	S/C 10-10 (tmm)	S/C 11-11 (tmm)	S/C 12-12 (tmm)	Commento
C=01F=01	-55,2	0,13	0,87	1,21	0,71	0,07								+ cubb Inve 0+072011107547
C=01F=02	-60,5	0,15	0,99	1,36	0,81	0,08								+ cubb Inve 0+072011110007
C=01F=03	-60,6	0,15	0,99	1,37	0,81	0,08								+ cubb Inve 0+072011111295
C=01F=04	-48,2	0,10	0,70	0,97	0,58	0,05								+ cubb Inve 0+072011111321
C=01F=05	-20,1	0,07	0,37	0,51	0,30	0,02								+ cubb Inve 0+072011111447
C=01F=06	0,0	0,02	0,01	0,03	0,04	0,00								+ cubb Inve 0+072011111717
C=01F=07	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00								+ cubb Inve 0+072011111717
C=01F=08	-20,4	0,05	0,33	0,41	0,24	0,02								+ cubb Inve 0+072011111949
C=01F=09	-40,4	0,09	0,63	0,86	0,49	0,04								+ cubb Inve 0+072011111722
C=01F=10	-50,9	0,12	0,81	1,09	0,64	0,06								+ cubb Inve 0+072011111540
C=01F=11	-60,5	0,14	0,97	1,32	0,78	0,08								+ cubb Inve 0+072011111717
C=01F=12	-60,5	0,14	0,97	1,32	0,78	0,08								+ cubb Inve 0+072011111717
C=01F=13	-40,6	0,10	0,68	0,94	0,52	0,05								+ cubb Inve 0+072011111750
C=01F=14	-20,3	0,06	0,34	0,44	0,26	0,02								+ cubb Inve 0+072011111309
C=01F=15	0,0	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00								+ cubb Inve 0+072011111309
C=01F=16	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00								+ cubb Inve 0+072011111309
C=01F=17	-60,7	0,14	0,29	1,32	0,77	0,08								+ cubb Inve 0+072011111477
C=01F=18	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00								+ cubb Inve 0+072011111477
C=01F=19	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00								+ cubb Inve 0+072011111477

**ALLEGATO PROVA**

**9604/MI**

**Tabulati della prova**

Note Carriata in c.a. di copertura (prova con tre martinetti a trazione).

Ciclo Fase	Ferra (kN)	S/C 01-01 (mm)	S/C 09-09 (mm)	S/C 10-10 (mm)	S/C 11-11 (mm)	S/C 02-02 (mm)	S/C 12-12 (mm)	Comento
C=001F=001	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1 ciclo Caricata
C=001F=002	-5,2	0,06	0,28	0,36	0,27	0,07	0,06	1 ciclo Caricata
C=001F=003	-7,7	0,09	0,44	0,52	0,41	0,09	0,10	1 ciclo Caricata
C=001F=004	-10,1	0,12	0,60	0,71	0,58	0,12	0,13	1 ciclo Caricata
C=001F=005	0,0	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	1 ciclo Caricata
C=001F=006	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1 ciclo Caricata
C=001F=007	-10,1	0,11	0,58	0,70	0,57	0,11	0,22	1 ciclo Caricata
C=001F=008	-12,5	0,15	0,75	0,86	0,71	0,14	0,24	1 ciclo Caricata
C=001F=009	-15,0	0,17	0,89	1,06	0,87	0,18	0,30	1 ciclo Caricata
C=001F=010	-15,0	0,17	0,90	1,06	0,87	0,18	0,30	1 ciclo Caricata
C=001F=011	-10,1	0,12	0,62	0,73	0,61	0,12	0,22	1 ciclo Caricata
C=001F=012	-0,1	0,00	-0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	1 ciclo Caricata
C=001F=013	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1 ciclo Caricata
C=001F=014	-5,2	0,06	0,28	0,35	0,27	0,06	0,11	1 ciclo Caricata
C=001F=015	-10,2	0,11	0,59	0,71	0,58	0,11	0,22	1 ciclo Caricata
C=001F=016	-15,1	0,17	0,90	1,05	0,87	0,17	0,31	1 ciclo Caricata
C=001F=017	-17,5	0,19	1,04	1,22	1,01	0,21	0,35	1 ciclo Caricata
C=001F=018	-17,5	0,19	1,04	1,22	1,02	0,21	0,35	1 ciclo Caricata
C=001F=019	-15,1	0,17	0,95	1,09	0,93	0,18	0,32	1 ciclo Caricata
C=001F=020	-10,3	0,12	0,69	0,76	0,64	0,13	0,83	1 ciclo Caricata
C=001F=021	-5,0	0,06	0,35	0,39	0,31	0,07	0,12	1 ciclo Caricata
C=001F=022	0,0	-0,01	-0,01	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	1 ciclo Caricata
C=001F=023	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1 ciclo Caricata



Ciclo Fase	Ferris (Q20)	S/C 01-01 (mm)	S/C 09-09 (mm)	S/C 10-10 (mm)	S/C 11-11 (mm)	S/C 02-02 (mm)	S/C 12-12 (mm)	Commento
C=001F=014	-5,2	0,05	0,27	0,34	0,27	0,06	0,09	+ cask Capraia 07072011 94136
C=001F=015	-10,5	0,11	0,60	0,71	0,60	0,11	0,22	+ cask Capraia 07072011 94117
C=001F=016	-15,3	0,17	0,91	1,07	0,89	0,18	0,32	+ cask Capraia 07072011 94733
C=001F=017	-17,7	0,20	1,05	1,23	1,03	0,21	0,36	+ cask Capraia 07072011 94140
C=001F=018	-20,3	0,23	1,22	1,41	1,18	0,24	0,42	+ cask Capraia 07072011 94013
C=001F=019	-20,4	0,24	1,23	1,42	1,18	0,24	0,43	+ cask Capraia 07072011 94139
C=001F=020	-15,1	0,17	0,95	1,10	0,94	0,19	0,34	+ cask Capraia 07072011 94713
C=001F=021	-10,1	0,11	0,66	0,76	0,63	0,13	0,24	+ cask Capraia 07072011 94014
C=001F=022	-5,0	0,06	0,34	0,39	0,32	0,07	0,12	+ cask Capraia 07072011 94894
C=001F=023	0,0	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	+ cask Capraia 07072011 94074
C=001F=024	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	+ cask Capraia 07072011 94139
C=001F=025	-5,4	0,06	0,30	0,35	0,29	0,07	0,12	+ cask Capraia 07072011 94221
C=001F=026	-10,2	0,10	0,61	0,71	0,61	0,13	0,23	+ cask Capraia 07072011 94441
C=001F=027	-15,2	0,15	0,90	1,06	0,90	0,18	0,32	+ cask Capraia 07072011 94732
C=001F=028	-20,3	0,20	1,22	1,40	1,18	0,24	0,43	+ cask Capraia 07072011 94924
C=001F=029	-22,6	0,24	1,37	1,58	1,33	0,27	0,47	+ cask Capraia 07072011 100112
C=001F=030	-25,1	0,27	1,54	1,79	1,51	0,31	0,52	+ cask Capraia 07072011 101174
C=001F=031	-25,1	0,27	1,54	1,79	1,51	0,31	0,52	+ cask Capraia 07072011 94924
C=001F=032	-20,3	0,23	1,24	1,50	1,28	0,25	0,44	+ cask Capraia 07072011 100112
C=001F=033	-10,4	0,12	0,73	0,80	0,68	0,14	0,24	+ cask Capraia 07072011 101139
C=001F=034	0,0	0,00	0,03	0,03	0,01	0,00	0,01	+ cask Capraia 07072011 101117
C=001F=035	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	+ cask Capraia 07072011 101130
C=001F=036	-10,2	0,10	0,59	0,70	0,58	0,13	0,22	+ cask Capraia 07072011 101337
C=001F=037	-20,1	0,22	1,21	1,41	1,19	0,25	0,43	+ cask Capraia 07072011 101247
C=001F=038	-25,3	0,27	1,54	1,79	1,52	0,32	0,52	+ cask Capraia 07072011 100943
C=001F=039	-25,3	0,27	1,54	1,79	1,53	0,32	0,54	+ cask Capraia 07072011 101337





*Ministero per i Beni e le Attività  
Culturali*

SOPRINTENDENZA PER I BENI  
ARCHITETTONICI E PAESAGGISTICI  
DI MILANO

Milano, li 16 GIU 2008

Al Politecnico di Milano  
Area Tecnico Edilizia  
Piazza Leonardo da Vinci 32  
20133 MILANO

Prot. N° 10026

Allegato P.m.

Risposta al foglio del 5/6/08

Dir. Sec. N° 12546

**OGGETTO:** Milano – Piazza Leonardo da Vinci 32 -  
Edificio tutelato ai sensi dell'art.10 del D.Lgs.42/04  
Opere di restauro, ristrutturazione, recupero funzionale e ampliamento Edifici 4 e 10 del  
Campus Leonardo.

E p.c.  
Comune di Milano  
Settore Autorizzazioni e Concessioni  
Via Pirelli 39  
20124 MILANO

Questo Ufficio ha esaminato la nota cui si risponde e, per quanto di competenza, esprime in linea di massima parere favorevole alle opere descritte negli allegati elaborati grafici.

L'eventuale autorizzazione potrà essere rilasciata dopo l'esame del progetto esecutivo che si invita a concordare preliminarmente.

Nell'occasione si invita anche ad approfondire la ricerca storico documentaria.

Il Funzionario Responsabile del Procedimento  
(Arch. L. Corrieri)

Il Soprintendente  
(Dott. Arch. Alberto Artioli)

LC/ma




# Ministero dell'Interno

DIPARTIMENTO DEI VIGILI DEL FUOCO, DEL SOCCORSO PUBBLICO E DELLA DIFESA CIVILE

COMANDO PROVINCIALE VIGILI DEL FUOCO MILANO

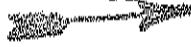
Ufficio Prevenzione Incendi

 Dipartimento dei Vigili del Fuoco del  
Soccorso Pubblico e della Difesa Civile  
**COM-MI**

REGISTRO UFFICIALE - USCITA

Prot. n. 0052276 del 21/11/2011

536|032101.01.05.04. Insediamenti civili

Al  POLITECNICO DI MILANO  
LEG. RAPPR. AZZONE GIOVANNI  
P.ZA L. DA VINCI, 32  
20133 MILANO

al Sig. Sindaco del Comune di  
MILANO

Pratica VV.F. n° 363100

Responsabile dell'istruttoria: Ing. Tommaso Di Iena

**Oggetto: POLITECNICO DI MILANO. Attività n° 67 C- 34 C del D.P.R. 01.08.2011 n° 151. Istanza di valutazione del progetto in deroga. PARERE DI CONFORMITA'**

In relazione alla domanda di deroga al rispetto delle condizioni prescritte, si trasmette, in allegato alla presente, il parere di conformità formulato dal responsabile dell'istruttoria.

Al titolare dell'attività in indirizzo si ricorda che, ai sensi dell'art. 4 del DPR 151/2011, l'istanza di cui all'art. 16, co. 2, del D.Lgs. 139/2006, deve essere presentata, prima dell'esercizio dell'attività, mediante segnalazione certificata di inizio attività (SCIA), corredata dalla documentazione che segue:

- Dichiarazione a firma del titolare dell'attività, da effettuarsi su modello ministeriale MOD PIN 2-2011 (allegato alla Lettera Circolare del Ministero dell'Interno, Dipartimento dei Vigili del Fuoco Soccorso Pubblico e Difesa Civile, Prot. n. 13061 del 06.10.2011);
- Asseverazione a firma di un tecnico abilitato incaricato, attestante la conformità dell'attività alla normativa di prevenzione incendi e, ove previsto, al progetto approvato da questo Comando, da effettuarsi su modello ministeriale MOD PIN 2.1-2011 (allegato alla Lettera Circolare);
- Certificazioni e/o dichiarazioni, come previsto dall'Allegato II del D.M. 04.05.1998, dal DM 37 del 22.01.2008 e dalla Lettera Circolare del Ministero dell'Interno, Dipartimento dei Vigili del Fuoco del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Prot. P515/4101 Sott. 72/E.6 del 24.04.2008.

Per le attività di cui all'allegato I del DPR 151/2011, categorie A e B, questo Comando effettua controlli, attraverso visite tecniche, volti ad accertare il rispetto delle prescrizioni previste dalla normativa di prevenzione incendi, nonché la sussistenza dei requisiti di sicurezza antincendio. I controlli sono disposti anche con metodo a campione o in base a programmi settoriali, per categorie di attività o nelle situazioni di potenziale pericolo comunque segnalate o rilevate.

Per le attività, invece, di categoria C, questo Comando effettua visite tecniche e, in caso di esito positivo, rilascia il certificato di prevenzione incendi.

Il Sig. Sindaco avrà cura di inserire nei propri atti autorizzativi le indicazioni contenute nell'allegato parere.



Per il Comandante Provinciale  
Dott. Ing. Silvano Barberi  
Direttore Vice Dirigente  
Dott. Ing. Luciano Propena





## *Ministero dell'Interno*

DIPARTIMENTO DEI VIGILI DEL FUOCO, DEL SOCCORSO PUBBLICO E DELLA DIFESA CIVILE

### **COMANDO PROVINCIALE VIGILI DEL FUOCO MILANO**

*Ufficio Prevenzione Incendi*

Pratica VV.F. n° 363100

Responsabile dell'istruttoria: **Ing. Tommaso Di Lena**

Oggetto: **POLITECNICO DI MILANO.**

**Attività n° 67 C - 34 C del D.P.R. 01.08.2011 n° 151. Istanza di valutazione del progetto in deroga. PARERE DI CONFORMITÀ**

In relazione alla istanza di esame presentata, ai sensi e per gli effetti degli artt. 2, 6, del DPR 12.01.1998, n. 37, esaminata, per quanto di propria competenza e ai soli fini della prevenzione incendi, la documentazione progettuale relativa all'attività menzionata in oggetto, la stessa risulta **conforme** alla normativa di sicurezza vigente. **Inoltre l'istanza di deroga ha avuto parere favorevole dalla Direzione Reg.le VVF per la Lombardia alle condizioni proposte dal richiedente.**

Premesso che, per quanto non esplicitamente rilevabile dalla documentazione grafica e dalla relazione tecnica, devono essere integralmente osservate le regole tecniche ed i criteri di sicurezza antincendio in vigore, nonché le norme di buona tecnica (in particolare norme CEI, UNI-CIG, UNI, ecc.), si ricorda l'obbligo di:

- Attuare quanto previsto, in merito all'esercizio dell'attività, dall'art. 6 del D.P.R. 151/2011.
- Attuare, per quanto applicabili, i criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro previsti dal D.M. 10/03/1998.
- Installare e mantenere a regola d'arte, in conformità al disposto della L. 186 del 01.03.1968 e del D.M. 37 del 22.01.2008, gli impianti elettrici, di messa a terra, e di protezione contro le scariche atmosferiche.
- Installare idonea cartellonistica di sicurezza, conforme a quanto previsto dal D.Lgs. 81 del 09/04/2008, atta ad indicare vie di esodo, attuatori di allarme, presidi, sistemi, impianti antincendio, ecc.

Si ricorda che ogni modifica delle strutture o degli impianti ovvero delle condizioni di esercizio dell'attività, che comporti aggravio delle preesistenti condizioni di sicurezza antincendio, obbliga il titolare dell'attività a riavviare le procedure di cui agli artt. 3, 4 del D.P.R. 151 del 01.08.2011.

Si restituisce copia della documentazione progettuale con i visti di approvazione.



Il responsabile dell'istruttoria  
Direttore Vice Dirigente  
**Ing. Tommaso DI LENA**

Rif. Pratica V.V.F. n.

363100

LA LOMBARDIA

14402 DEL 26-9-11

marca da bollo

(solo sull'originale)

## AL COMANDO PROVINCIALE DEI VIGILI DEL FUOCO DI

MILANO

provincia

Il sottoscritto		AZZONE		GIOVANNI	
domiciliato in		Piazza Leonardo da Vinci		32	20133 MILANO
MI	02/2399.1	C.F.	Z Z N G N N 6 2 S 2 4 F 2 0 5 O		
provincia	telefono	codice fiscale della persona fisica			
nella sua qualità di Legale rappresentante in quanto Rettore pro-tempore					
della Politecnico di Milano					
con sede in Piazza Leonardo da Vinci					
Milano	MI	02/2399.1			
comune	provincia	telefono			

## CHIEDE

a codesto Comando Provinciale, ai sensi della legge 26/7/1965 n. 966, del DPR 29/7/1982 n. 577 e del DPR 12/1/1998 n. 37 di voler disporre l'esame del progetto allegato, presentato in duplice copia, al fine di ottenere il

## PARERE DI CONFORMITÀ ANTINCENDIO

per i lavori di:		Ristrutturazione dell'Edificio 4 del Campus Leonardo	
relativi all'attività		scuola	
sita in		Piazza Leonardo da Vinci	
Milano	MI	02/2399.1	
comune	provincia	telefono	
individuata al n. 85		del decreto del Ministro dell'Interno 16/2/1982 e comprendente anche le attività di cui ai numeri 43 del decreto medesimo.	

La documentazione tecnico progettuale è sottoscritta dal tecnico

ING. COLOMBO		ANDREA	
iscritto all'Albo professionale dell'Ordine/Collegio		MILANO	n. iscrizione 15602
con domicilio in		VIA ORTI	3
20122	MILANO	MI	0255195296
c.a.p.	comune	provincia	telefono
con ufficio in		VIA ORTI	3
20122	MILANO	MI	0255195296
c.a.p.	comune	provincia	telefono

Spazio riservato al Comando Provinciale

Allegato alla nota n. 363100

del

Dipartimento dei Vigili del Fuoco del  
Soccorso Pubblico e della Difesa Civile  
COM-MI

REGISTRO UFFICIALE - INGRESSO

Prot. n. 0020480 del 04/05/2011

711032101.01.01. Pianificazione e coordinamento in materia di prevenzione

## SCHEDA INFORMATIVA GENERALE

### a) INFORMAZIONI GENERALI SULL'ATTIVITÀ PRINCIPALE E SULLE EVENTUALI ATTIVITÀ SECONDARIE SOGGETTE A CONTROLLO DI PREVENZIONE INCENDI

ATTIVITÀ 85 – EDIFICIO UNIVERSITARIO DESTINATO A DIDATTICA E AD UFFICI  
DIPARTIMENTALI

ATTIVITÀ 43 – DEPOSITI DI MATERIALE CARTACEO DIDATTICO E  
AMMINISTRATIVO A PIANO SEMINTERRATO

### b) INDICAZIONI DEL TIPO DI INTERVENTI IN PROGETTO: NUOVO INSEDIAMENTO O MODIFICA, AMPLIAMENTO O RISTRUTTURAZIONE DI ATTIVITÀ ESISTENTE

NUOVO INSEDIAMENTO IN EDIFICIO ESISTENTE MEDIANTE COMPLETA  
RISTRUTTURAZIONE

*N.B.: La scheda informativa generale deve essere sempre riferita all'intero complesso, anche nei casi di modifiche o ampliamenti o ristrutturazioni di una parte dell'attività, o di richiesta di deroga.*

Allega i seguenti documenti :

Relazione tecnica (2 copie a firma di tecnico abilitato) relativa a (barrare una delle tre ipotesi corrispondente alla situazione ☒):

- ☒ per attività non regolate da specifiche disposizioni antincendio: individuazione dei pericoli di incendio; descrizione delle condizioni ambientali; valutazione qualitativa del rischio; compensazione del rischio incendio; gestione dell'emergenza.
- ☒ per attività regolate da specifiche disposizioni antincendio: dimostrazione dell'osservanza delle specifiche disposizioni tecniche di prevenzione incendi.
- ☐ per ampliamenti o modifiche di attività esistenti: documentazione tecnica e grafica riferita alla parte oggetto dell'intervento ed alle relative correlazioni con l'esistente (scheda informativa e planimetria generale devono riguardare l'intero complesso).

Elaborati grafici (2 copie a firma di tecnico abilitato) preferibilmente nei formati non superiori ad A2 e piegati in A4 comprendenti: planimetria generale in scala (da 1:2000 a 1:200), a seconda delle dimensioni dell'insediamento, da cui risultano: ubicazione delle attività, accessibilità, distanze di sicurezza esterne, etc.; piante in scala da 1:50 a 1:200, a seconda delle dimensioni dell'edificio o locale dell'attività, relative a ciascun piano, con destinazione d'uso dei locali, indicazione uscite, attrezzature antincendio, impianti di sicurezza, etc.; sezioni ed eventuali prospetti degli edifici in scala adeguata, tavole relative ad impianti e macchinari di particolare importanza ai fini della sicurezza antincendio.

Ricevuta di versamento n. \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_ effettuato sul c/c postale n. \_\_\_\_\_ intestato alla Tesoreria Provinciale dello Stato di \_\_\_\_\_ ai sensi della legge 26 luglio 1965, n.966, per un totale di | € 660 | così distinte:



(1) specificare la dizione riportata nell'allegato VI al D.M. 4 maggio 1998 al fine di definire il numero di ore ed il relativo importo (quantitativo, capacità, capienza, superficie, potenzialità, etc.)

**Ulteriore eventuale indirizzo presso il quale si chiede di inviare la corrispondenza:**

**IL RETTORE**  
(Prof. Giovanni Azzone)

*N.B.: In caso di delega, ove la firma non sia apposta in presenza del pubblico ufficiale addetto alla ricezione del modello, la persona delegata deve allegare all'istanza una fotocopia del documento di riconoscimento del richiedente (DPR 445 del 28 dicembre 2000). In caso di inoltro dell'istanza a mezzo posta, deve essere allegata fotocopia del documento di riconoscimento del richiedente.*



<i>Spazio riservato al delegante</i>			<i>Spazio riservato al Comando Provinciale (da compilare solo in assenza di fotocopia del documento di riconoscimento del richiedente)</i>														
Il sottoscritto per le procedure di cui alla presente istanza delega il/la sig. <table border="1"> <tr> <td>ING.</td> <td>COLOMBO</td> <td>ANDREA</td> </tr> <tr> <td>titolo profess.</td> <td>cognome</td> <td>nome</td> </tr> </table>			ING.	COLOMBO	ANDREA	titolo profess.	cognome	nome	Ai sensi dell'art. 3 del D.P.R. n. 403 del 20/10/1998, io sottoscritto addetto incarica- to con qualifica di in data a mezzo documento n. / / rilasciato in data a ho proceduto all'accertamento dell'identità personale del sig.								
ING.	COLOMBO	ANDREA															
titolo profess.	cognome	nome															
domiciliato in VIA ORTI <table border="1"> <tr> <td>3</td> <td>20122</td> <td>MILANO</td> </tr> <tr> <td>n. civico</td> <td>c.a.p.</td> <td>comune</td> </tr> <tr> <td>MI</td> <td></td> <td>0255195296</td> </tr> <tr> <td>provincia</td> <td></td> <td>telefono</td> </tr> </table>			3	20122	MILANO	n. civico	c.a.p.	comune	MI		0255195296	provincia		telefono	che ha qui apposto la sua firma alla mia presen- za. Data / /		
3	20122	MILANO															
n. civico	c.a.p.	comune															
MI		0255195296															
provincia		telefono															
22/4/2011  <b>IL RETTORE</b> (Prof. Giovanni Azzone)			 <b>IL RETTORE</b> Prof. Giovanni Azzone														

9

Rif. Pratica VV.F. n.

363100

AUTORIZZAZIONE DIREZIONE REGIONALE VV.F. PER  
LA LOMBARDIA 16402 DEL 26-9-11marca da  
bollo

(solo sull'originale)

ALLA DIREZIONE REGIONALE DEI VIGILI DEL FUOCO DEL  
LOMBARDIA

regione

tramite il

COMANDO PROVINCIALE DEI VIGILI DEL FUOCO DI  
MILANO

provincia

Il sottoscritto **AZZONE** **GIOVANNI**

domiciliato in **Piazza Leonardo da Vinci** **32** **20133** **Milano**

**MI** **02/2399.1** **C.F. Z Z N G N N 6 2 S 2 4 F 2 0 5 O**

nella sua qualità di **Legale rappresentante in quanto Rettore pro-tempore**

della **POLITECNICO DI MILANO**

con sede in **PIAZZA LEONARDO DA VINCI** **32**

**MILANO** **MI**

relativamente all'attività **SCUOLA**

sita in **PIAZZA LEONARDO DA VINCI** **32**

**MILANO** **MI** **85**

del decreto del Ministro dell'Interno 16/2/1982 e comprendente anche le attività di cui ai numeri **43**

del decreto medesimo.

## CHIEDE

a codesta Direzione Regionale, ai sensi dell'art. 6 del DPR 12/1/1998 n. 37 di voler concedere la

## DEROGA

all'osservanza della vigente normativa antincendio per la/le attività individuata/e al/ai n. **85**

del decreto del Ministro dell'Interno 16/2/1982, relativamente ai punti riportati in dettaglio nella/e tabella/e seguenti. In tale/i tabella/e vengono anche indicate, in modo sintetico, le caratteristiche dell'attività e i vincoli esistenti che comportano l'impossibilità di ottemperare ai suddetti punti.

Spazio riservato alla Direzione Regionale

Spazio riservato al Comando Provinciale

Allegato alla nota

363100

21 NOV. 2011

Dipartimento dei Vigili del Fuoco del  
Soccorso Pubblico e della Difesa Civile  
COM-MI

REGISTRO UFFICIALE - INGRESSO

Prot. n. 0020480 del 04/05/2011

711032101.01.01. Pianificazione e  
coordinamento in materia di prevenzione

# DISPOSIZIONI NORMATIVE ALLE QUALI SI RICHIEDE DEROGA

<b>Attività n. 85</b> <b>Disposizione DM 26-8-1992</b> <small>legge, decreto ecc.</small> <b>Articolo/ Punto 6.1</b>	<b>Descrizione della situazione da derogare</b> Obbligo di prevedere, nei laboratori in cui si utilizzano sostanze infiammabili, aperture di aerazione permanente pari a 1/20 della superficie in pianta	
Caratteristiche e/o vincoli esistenti che comportano l'impossibilità di ottemperare alle disposizioni normative	Valutazione del rischio aggiuntivo conseguente alla mancata osservanza delle disposizioni cui si intende derogare	Misure tecniche che si ritengono idonee a compensare il rischio aggiuntivo
<small>N.B.: inserire solo descrizione sintetica; in allegato produrre relazione dettagliata</small>  necessità di mantenere nei locali condizioni microclimatiche compatibili con lo svolgimento delle attività	<small>N.B.: inserire solo descrizione sintetica; in allegato produrre relazione dettagliata</small>  possibile formazione di miscele infiammabili	<small>N.B.: inserire solo descrizione sintetica; in allegato produrre relazione dettagliata</small>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• installazione di serramenti ad apertura automatica asservita all'impianto di rivelazione incendi, con superficie di aerazione pari a 0,2 m<sup>2</sup> in ciascun locale;</li> <li>• limitazione della presenza di sostanze chimiche all'interno di ciascun laboratorio alle singole fasi di utilizzo, nelle quantità strettamente necessarie;</li> <li>• deposito delle confezioni di sostanze chimiche infiammabili all'interno di armadi resistenti al fuoco, con bacino inferiore di contenimento, dotati di aspirazione continua;</li> <li>• svolgimento delle sperimentazioni e dei travasi sotto cappe chimiche a funzionamento continuo;</li> <li>• installazione degli opportuni impianti di sicurezza (rivelazione, allarme);</li> <li>• predisposizione in tutti i locali di ricambio meccanico permanente dell'aria, funzionante anche a cappe spente.</li> </ul>

<b>Attività n. 85</b> <b>Disposizione DM 26-8-1992</b> <small>legge, decreto ecc.</small> <b>Articolo/ Punto 6.2</b>	<b>Descrizione della situazione da derogare</b> limitazione a 20 litri complessivi di sostanze infiammabili all'interno del volume dell'edificio	
<b>Caratteristiche e/o vincoli esistenti che comportano l'impossibilità di ottemperare alle disposizioni normative</b>	<b>Valutazione del rischio aggiuntivo conseguente alla mancata osservanza delle disposizioni cui si intende derogare</b>	<b>Misure tecniche che si ritengono idonee a compensare il rischio aggiuntivo</b>
<i>N.B.: inserire solo descrizione sintetica: in allegato produrre relazione dettagliata</i>	<i>N.B.: inserire solo descrizione sintetica: in allegato produrre relazione dettagliata</i>	<i>N.B.: inserire solo descrizione sintetica: in allegato produrre relazione dettagliata</i>
la limitazione in oggetto è incompatibile con le esigenze didattiche, svolte in 13 distinti laboratori. Per le attività quotidiane il Dipartimento necessita di detenere all'interno dell'edificio circa 130 litri di sostanze liquide infiammabili, di cui circa 1/3 distribuito nei laboratori e il resto custodito nel deposito interno. Le riserve sono stoccate in apposito fabbricato esterno.	aumento del rischio di innesco e di propagazione dell'incendio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• oltre che la compartimentazione perimetrale delle due aree destinate a laboratori, si prevede la sottocompartimentazione di ogni laboratorio;</li> <li>• nei laboratori e nel deposito interno, stoccaggio delle confezioni di sostanze chimiche infiammabili all'interno di armadi resistenti al fuoco, con bacino inferiore di contenimento e dotati di aspirazione continua;</li> <li>• svolgimento delle sperimentazioni e dei travasi sotto cappe chimiche a funzionamento continuo;</li> <li>• il deposito e tutti i laboratori verranno dotati degli opportuni impianti di sicurezza (rivelazione, allarme).</li> </ul>

Nel caso in cui le attività e/o i punti da derogare siano più di 3 allegare ulteriore copia della seconda facciata MOD. PIN2.

Allega i seguenti documenti:

Documentazione tecnica (relazione tecnica ed elaborati grafici) contenente quanto previsto per la richiesta del parere di conformità antincendio (3 copie a firma di tecnico abilitato).

Relazione tecnica ed elaborati grafici integrativi (3 copie a firma di tecnico abilitato) contenenti:

- descrizione delle disposizioni normative alle quali si chiede di derogare;
- specificazione delle caratteristiche dell'attività e dei vincoli che comportano l'impossibilità di ottemperare a tali disposizioni normative;
- valutazione del rischio aggiuntivo conseguente alla mancata osservanza delle disposizioni cui si intende derogare;
- misure tecniche che si ritengono idonee a compensare il rischio aggiuntivo.

[illegible]

totale n. ore	15	€	660
---------------	----	---	-----

Altro: \_\_\_\_\_

COLOMBO		ANDREA	
cognome		nome	
VIA ORTI	3	20122	MILANO
via - piazza	n. civico	C.A.P.	provincia
		comune	MI



22/4/2014  
Data
 IL RETTORE  
 (Prof. Giovanni Azzone)

Spazio riservato al delegante		Spazio riservato al Comando Provinciale (da compilare solo in assenza di fotocopia del documento di riconoscimento del richiedente)	
Il sottoscritto per le procedure di cui alla presente istanza delega il/la sig. _____		Ai sensi dell'art. 3 del D.P.R. n. 403 del 20/10/1998, io sottoscritto _____ addetto incaricato	
ING. COLOMBO ANDREA <small>titolo profess. cognome nome</small>	con qualifica di _____ in data ____/____/____ a mezzo documento n. _____ rilasciato in data ____/____/____ a _____ ho proceduto all'accertamento dell'identità personale del sig. _____ che ha qui apposto la sua firma alla mia presenza.		
domiciliato in VIA ORTI <small>via - piazza</small>	Data ____/____/____		
3 20122 MILANO <small>n. civico c.a.p. comune</small>	IL RETTORE (Prof. Giovanni Azzone)		
MI 0255195296 <small>provincia telefono</small>	IL RETTORE (Prof. Giovanni Azzone)		

**N.B.:** In caso di delega, ove la firma non sia apposta in presenza del pubblico ufficiale addetto alla ricezione del modello, la persona delegata deve allegare all'istanza una fotocopia del documento di riconoscimento del richiedente (DPR 445 del 28 dicembre 2000). In caso di inoltro dell'istanza a mezzo posta, deve essere allegata fotocopia del documento di riconoscimento del richiedente.

ESENTE DALL'IMPOSTA DI BOLLO  
Marca da Bollo  
€ 14.62 N° 642 - ART. 16 ALLEGATO B

SENSI DEL D.P.R. 26.10.1972

ASL di Milano  
Dipartimento di Prevenzione  
Servizio PSAL - UOPSAL n. \_\_\_\_  
Via \_\_\_\_\_

### **RICHIESTA DEROGA ART. 65 D.LGS 81/2008**

Il sottoscritto GIOVANNI AZZONE

nato a MILANO

il 24/11/1962

residente/domiciliato a PER LA CARICA A MILANO

CAP 20133

Via/Piazza LEONARDO DA VINCI, 32

n. 32

nella sua qualità di Legale Rappresentante dell'Azienda POLITECNICO DI MILANO

Codice Ateco 2007 85.42.00 - ISTRUZIONE UNIVERSITARIA

Codice Fiscale o Partita Iva C.F. 80057930150 P.I.: 04376620151

avente sede legale in MILANO

CAP 20133

Via/Piazza LEONARDO DA VINCI

n. 32

tel. 02/2399.1

### **CHIEDE**

In deroga all'art. 65 del D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81, l'autorizzazione all'utilizzo a scopo lavorativo dei locali:

☒ SEMINTERRATI

☐ INTERRATI

identificati nelle planimetrie allegate

A.S.L. di Milano  
DISTRETTO 3

24 FEB 2012

siti in MILANO

VIA PIAZZA LEONARDO DA VINCI, 32

EDIFICIO G - LOCALE INDIVIDUATO IN PLANIMETRIA (18-AULETTA STRADA)

ove sono occupati <sup>1</sup> lavoratori che svolgono le seguenti attività <sup>2</sup>:

IL LOCALE PER IL QUALE SI CHIEDE DEROGA E' UN'AULA SITA A LIVELLO SEMINTERRATO DELL'EDIFICIO G DEL CAMPUS LEONARDO. L'ART. 1 E 2 DEL D.M. N° 382 DEL 28/09/1998 E QUI PARA GLI STUDENTI AI LAVORATORI AI FINI DELLA SICUREZZA. L'AUTORIZZAZIONE ALL'ESEERCIZIO DELL'ATTIVITA' E' RICHIESTA CON RIFERIMENTO ALLA CONFIGURAZIONE DEL LOCALE DOPO IL PREVISTO E PROGRAMMATO INTERVENTO DI RISTRUTTURAZIONE

<sup>1</sup> Specificare il numero di lavoratori impiegati nei locali oggetto di deroga

<sup>2</sup> Specificare il tipo di attività svolta nei locali oggetto di deroga (es.: laboratorio, deposito, ufficio ecc.....).



- dichiara che le lavorazioni svolte non danno luogo ad emanazioni nocive e non espongono i lavoratori a temperature eccessive;
- dichiara di rispettare le norme generali per l'igiene del lavoro e di aver provveduto, con mezzi idonei, alla areazione, alla illuminazione e alla protezione contro l'umidità dei locali oggetto di deroga.

Data 24/02/2012



Il Legale Rappresentante

**IL RETTORE**

(Prof. Giovanni Azzoni)

*ga*

#### ALLEGATI

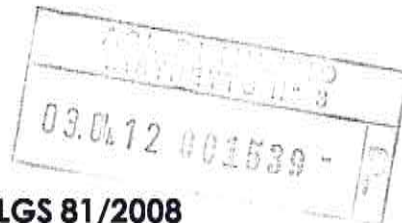
- n. 2 planimetrie quotate, in scala 1:100, firmate da un tecnico abilitato e dal richiedente;
- riportare almeno 2 sezioni perpendicolari (ulteriori sezioni in caso di situazioni particolari);
- riportare, per ciascuno dei locali interessati dalla deroga, la descrizione dell'attività che verrà svolta e l'indicazione dei locali accessori (bagni, spogliatoi, depositi, ecc.)
- Ricevuta versamento 67,00 euro (escluso sopralluogo) su c/c postale n. 14083273 intestato "ASL di Milano - Servizio Tesoreria". Nella causale di versamento indicare "Dipartimento di Prevenzione Medica - Servizio PSAL - Aut. art. 65 D.Lgs. 81/2008.





Regione  
Lombardia

ASL Milano



**AUTORIZZAZIONE IN DEROGA ART. 65 D.LGS 81/2008**

**VISTA** la richiesta di deroga ex art. 65 del D.LGS. 9/04/08 81 per l'utilizzo dei locali interrati

siti in **PIAZZA LEONARDO DA VINCI, 32 a MILANO (MI)**

prodotta il 24/02/2012 dal **POLITECNICO DI MILANO**

con sede in **PIAZZA LEONARDO DA VINCI, 32 a MILANO (MI)**

nella persona del Legale Rappresentante **PROF. GIOVANNI AZZONE**

codice fiscale/partita IVA **04376620151**

**VISTO** l'art. 65 del D.LGS. 9/04/08 n. 81 ;

ESENTE DALL'IMPOSTA DI BOLLO  
AI SENSI DEL D.P.R. 26/9/87  
N° 642 - ART. 16 ALLEGATO B

☐ **PRESO ATTO che il legale rappresentante dichiara:**

- che le lavorazioni svolte non danno luogo ad emissioni di agenti nocivi
- di rispettare le norme generali per l'igiene del lavoro e di aver provveduto ad assicurare idonee condizioni di aerazione, di illuminazione e di microclima

**SI AUTORIZZA**

in deroga all'art. 65 del d.lgs. 09/04/08 n. 81, l'utilizzo dei locali interrati oggetto dell'istanza, con destinazione all'attività di :  
**85.42.00 – ISTRUZIONE UNIVERSITARIA**

La presente autorizzazione è subordinata al mantenimento della situazione ambientale risultante al momento del rilascio. Ogni modificazione inerente i locali, gli impianti, le attività svolte e la ragione sociale dell'azienda dovrà essere comunicata tempestivamente a questa Azienda Sanitaria Locale.

L'autorizzazione, di cui la planimetria vistata che si allega costituisce parte integrante, dovrà essere conservata sul luogo di lavoro e presentata ad ogni richiesta dell' Organo di Vigilanza. La stessa potrà essere sospesa o revocata qualora non risultino osservate le vigenti norme in materia d'igiene e sicurezza del lavoro e del Regolamento Locale d'Igiene del Comune di Milano.

**La presente autorizzazione non sostituisce e non comprende eventuali altre autorizzazioni a cui l'azienda può essere soggetta, anche con riferimento agli adempimenti ed ai provvedimenti in materia di prevenzione incendi.**

Per Direttore SPSAL  
Il responsabile UOPSAL 3  
Dott.ssa Tiziana Vai





*Ministero per i Beni e le Attività  
Culturali*

SOPRINTENDENZA PER I BENI ARCHITETTONICI  
E PAESAGGISTICI DI MILANO

23 APR 2012

Milano .....

*Al* Politecnico di Milano  
(att. Rettore)  
P.za Leonardo da Vinci 32  
**20133 MILANO**

*e p.c.* Comune di Milano  
Direzione Centrale Sviluppo  
del Territorio  
Sportello Unico per l'Edilizia  
Servizio Interventi Edilizia Minori  
Via Pirelli 39 **20124 MILANO**

*Prot. N. 5003      Allegati:*

*Risposta al foglio del 12.4.2012  
N. 6954*

**OGGETTO: MILANO – Politecnico**

Compendio vincolato ex art. 10 – 13 DLgs 24/2004 (DDR 19.8.2011)  
Fabbricato n. 4 - Lotto I: interventi diversi

In riferimento all'oggetto, effettuati incontri tecnici presso quest'Ufficio, esaminati gli atti e considerato anche quanto già precedentemente autorizzato, oltre all'urgenza da Voi segnalata, questa Soprintendenza, per quanto di competenza approva ex art. 21 DLgs 42/2004 le opere previste.

Ai fini di una migliore riuscita delle opere, è auspicabile che i lavori siano realizzati con cura ed attenzione da maestranze di comprovata esperienza, possibilmente anche nell'ambito del recupero, e/o operatori specializzati negli specifici settori, comunque sotto il costante controllo della DL, a garanzia della salvaguardia del bene vincolato, e del rispetto, da parte di tutti, della sicurezza.

In ogni caso di prosieguo, la medesima Soprintendenza invita ad allegare anche copia della presente nota, e della precorsa corrispondenza, ai fini di rapido riferimento, altrimenti difficoltoso: si ringrazia.

Il responsabile del procedimento  
(Dott. Arch. Giovanni Battista SANNAZZARO)

18.4.2012



Il Soprintendente  
(Dott Arch. Alberto ARTIOLI)