

LINEA DI RICERCA 2.2

VENEZIA, UN MILLENNIO DI COSTRUZIONI E LA PROTEZIONE DALLE "ACQUE SALSE"

Responsabile: prof. Mario Piana

Dipartimento di Storia dell'Architettura – Università IUAV di Venezia

LINEA DI RICERCA 2.3

METODOLOGIE DI INDAGINE E TECNICHE DI INTERVENTO PER IL RESTAURO E IL
CONSOLIDAMENTO DEGLI EDIFICI VENEZIANI

Responsabile: prof. Giulio Mirabella Roberti

Dipartimento di Storia dell'Architettura – Università IUAV di Venezia

3. I sistemi utilizzati per contrastare i problemi dovuti all'acqua

Responsabile: prof. Paolo Faccio

Dipartimento di Costruzione dell'Architettura – Università IUAV di Venezia

Collaboratori: ing. Donato Chiffi, dott.ssa Alessia Vanin

VENEZIA, palazzo Franchetti 28 aprile 2006

1. Indagine bibliografica su tecniche costruttive dell'edilizia storica veneziana elaborate per contrastare gli effetti dell'umidità di risalita

2. Individuazione meccanismi di danno materico derivanti da effetti umidità di risalita su membrature murarie e membrature lignee e valutazione qualitativa degli effetti strutturali

3. Redazione modelli previsionali analitici e numerici per valutazione modifica comportamento strutturale per alterazione consistenza materica degli elementi strutturali ed efficienza dei nodi di connessione

4. Valutazione sperimentale con esecuzione di prove a rottura su modelli in scala reale. Calibrazione dei modelli

5. Analisi di un caso reale significativo rispetto alle problematiche studiate

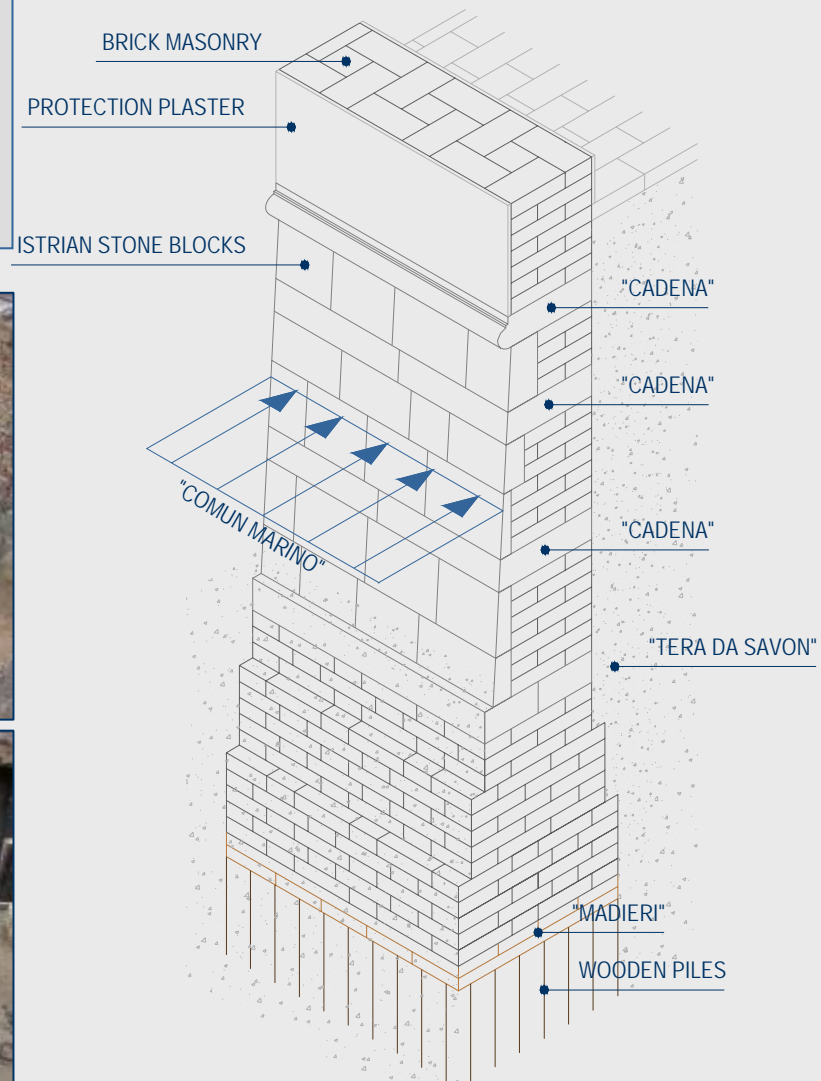
6. Valutazione potenzialità dei modelli previsionali. Definizione procedura di valutazione dell'efficienza strutturale residua

1. INDAGINE BIBLIOGRAFICA SULLE TECNICHE COSTRUTTIVE

SOLUZIONI TECNICHE

1. PALI IN LEGNO
2. "MADIERI" = TAVOLE IN LEGNO
3. BLOCCHI IN PIETRA D'ISTRIA
4. "CADENE" = STRATI CONTINUI DI BLOCCHI IN PIETRA D'ISTRIA
5. INTONACO DI PROTEZIONE
6. "TERA DA SAVON" = ARGILLA IMPERMEABILE

SCHEMA DEL SISTEMA DI FONDAZIONE



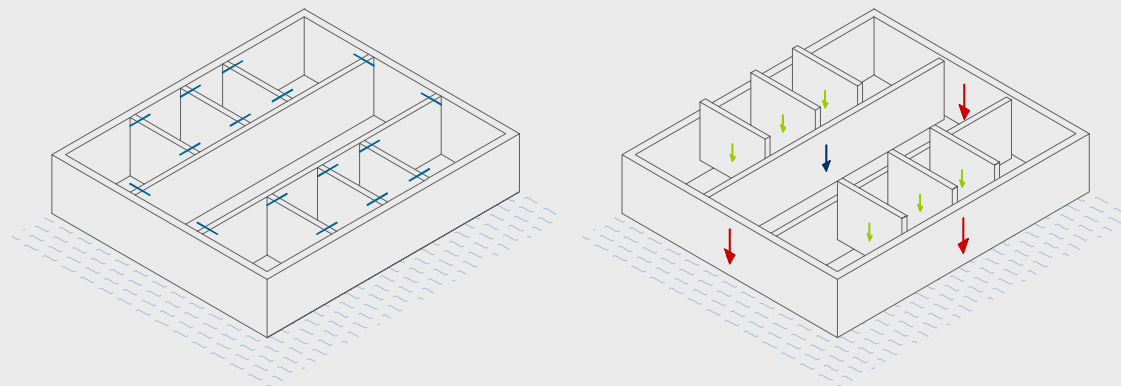
SISTEMA DI FONDAZIONE
DEI "Magazzini Ligabue"
a DORSODURO

1. INDAGINE BIBLIOGRAFICA SULLE TECNICHE COSTRUTTIVE

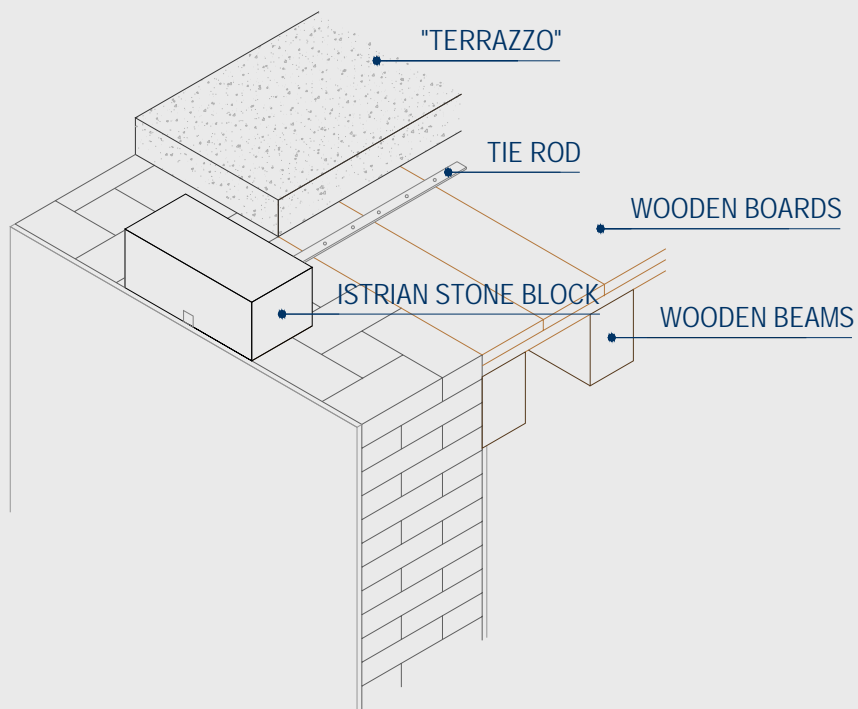
SOLUZIONI TECNICHE

1. ASSENZA DI CONNESSIONE TRA MURI PORTANTI ORTOGONALI
2. INSERIMENTO DI TIRANTI METALLICI A CIASCUN PIANO

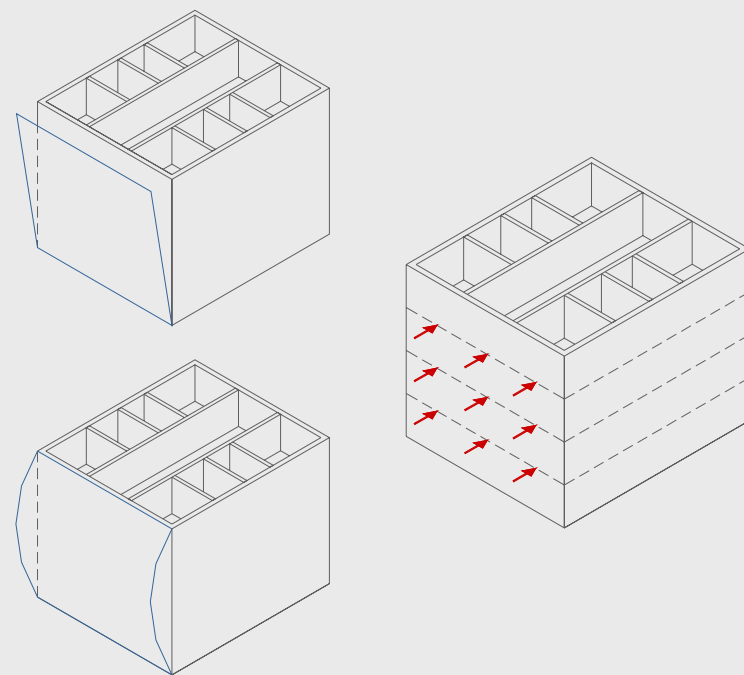
RELAZIONE TRA I MURI PORTANTI



CONNESSIONE TRA I MURI PORTANTI ED IL SOLAIO

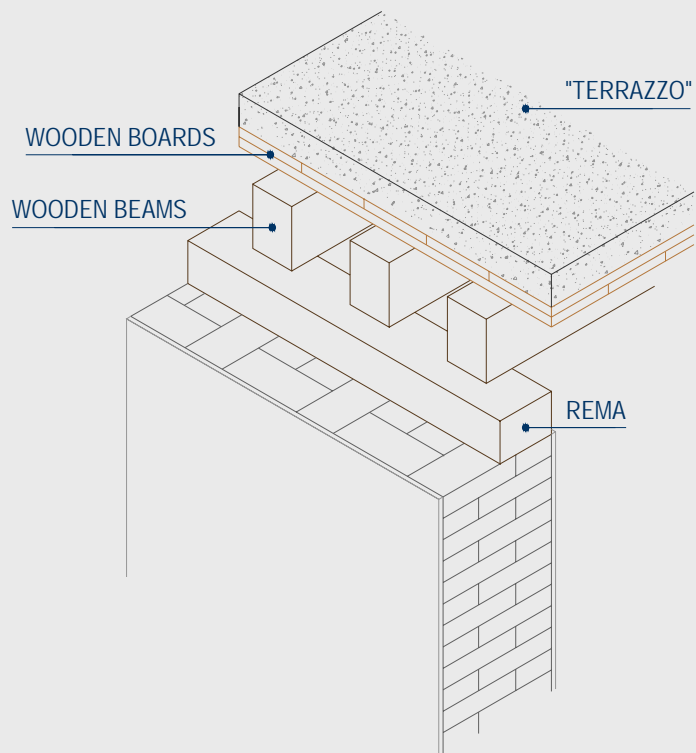


FUNZIONE DEI TIRANTI

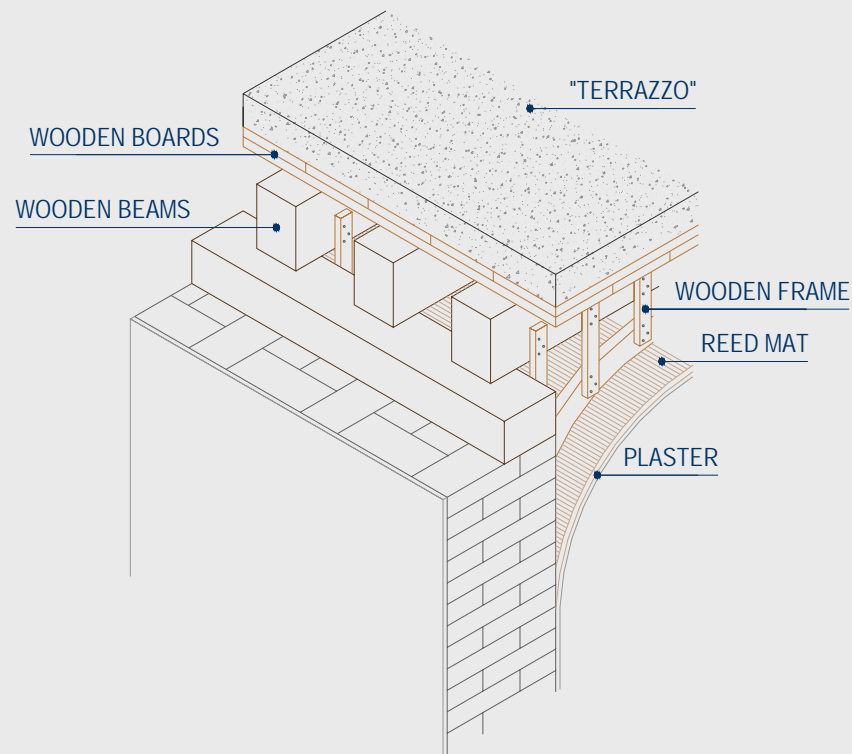


1. INDAGINE BIBLIOGRAFICA SULLE TECNICHE COSTRUTTIVE

SOLAIO CON TRAVI IN LEGNO



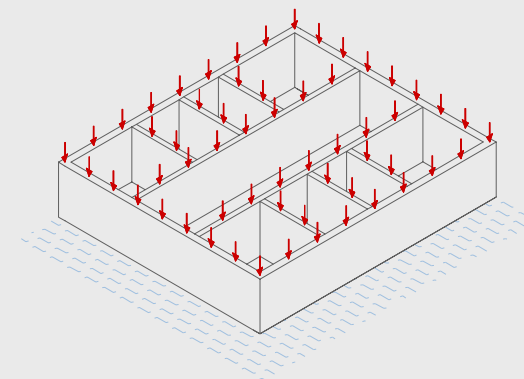
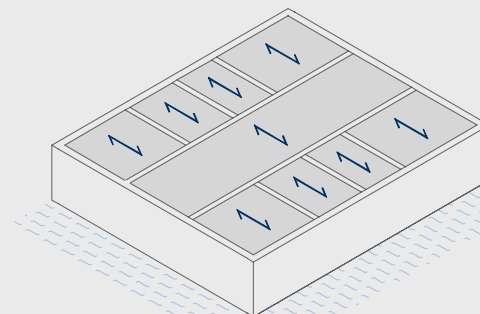
SOLAIO VOLTATO



ORDITURA DEI SOLAI E DISTRIBUZIONE DEI CARICHI SUI MURI

SOLUZIONI TECNICHE

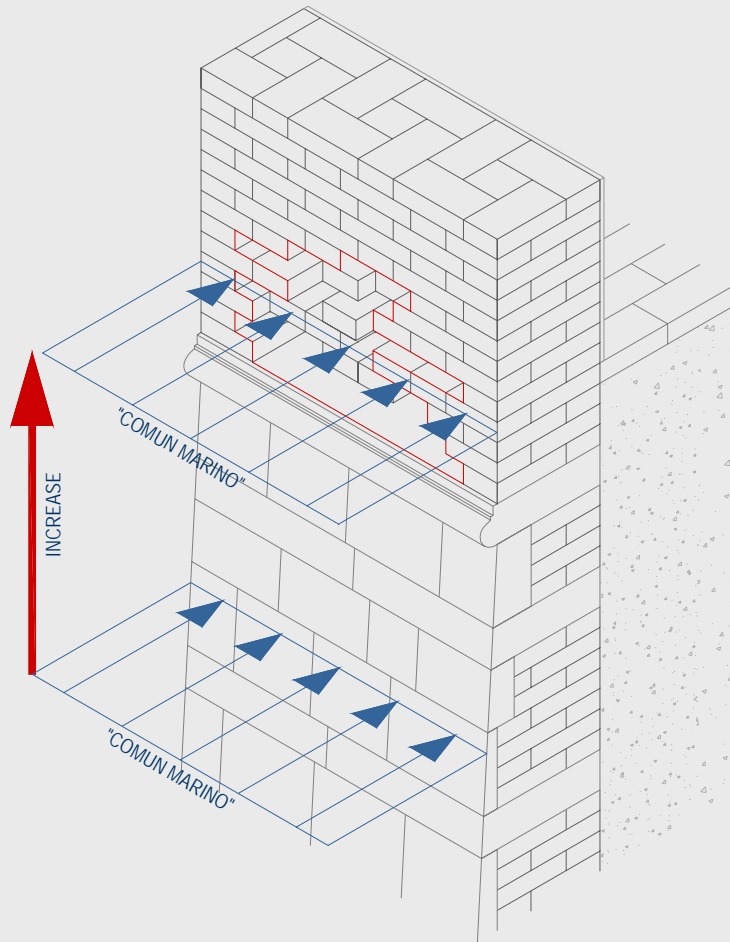
1. SOLAI TRAVI IN LEGNO
2. ASSENZA DI AZIONI ORIZZONTALI
3. ORDITURA DEI SOLAI



2. MECCANISMI DI DANNO MATERICO E CONSEGUENZE STRUTTURALI

FATTORI DI ALTERAZIONE

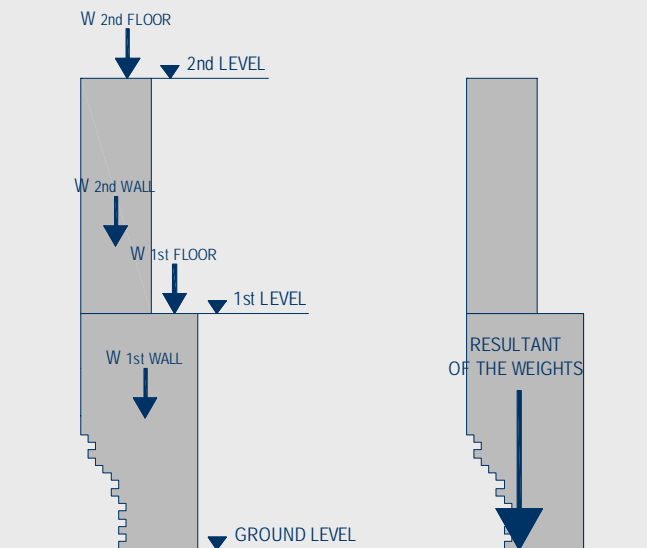
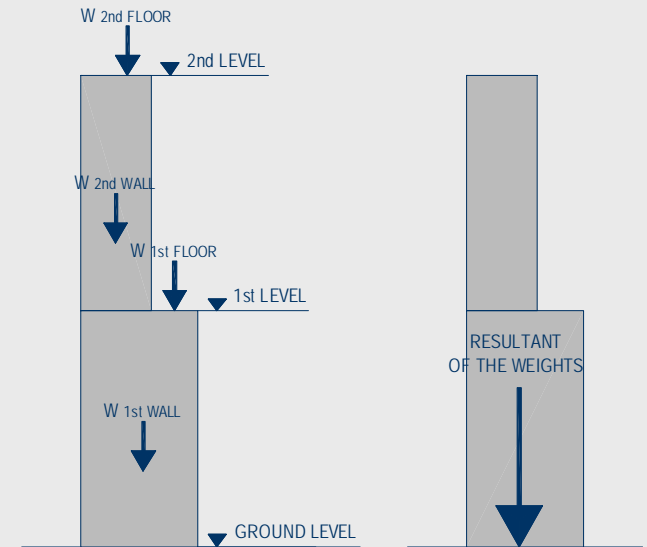
1. INCREMENTO DEL LIVELLO MAREAE NEL CORSO DEI SECOLI
2. SPROFONDAMENTO DEL TERRENO DI FONDAZIONE



EFFETTI DELL'ALTERAZIONE

RIDUZIONE DELLA SEZIONE GEOMETRICA DEL MURO ALLA BASE

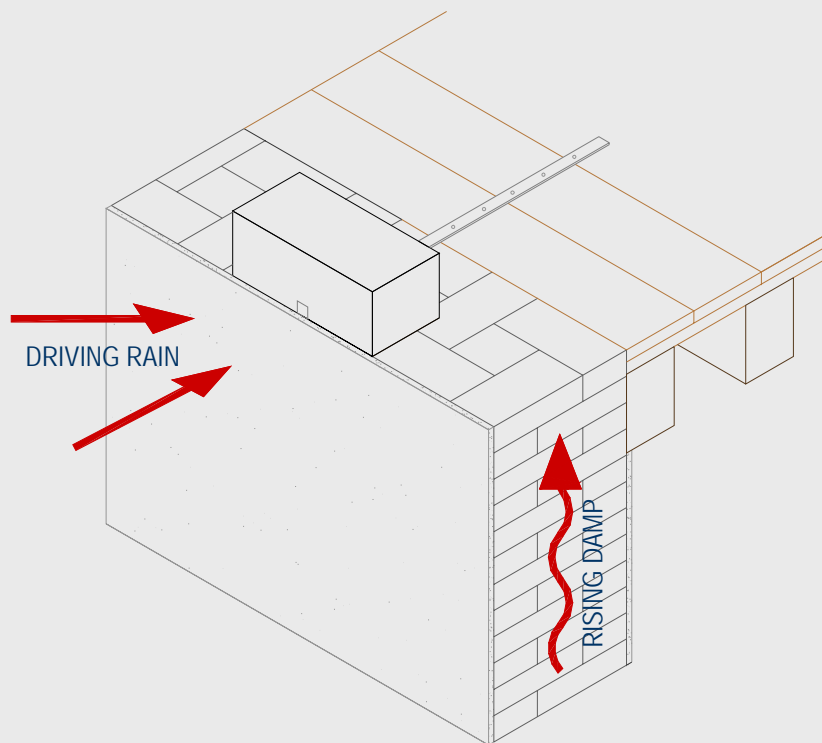
CONSEGUENZE STRUTTURALI



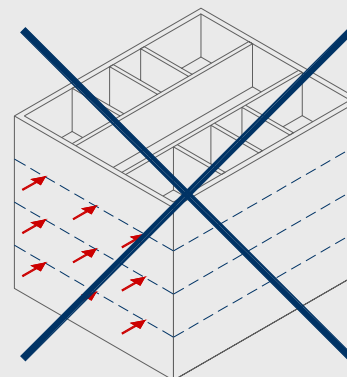
2. MECCANISMI DI DANNO MATERICO E CONSEGUENZE STRUTTURALI

FATTORI DI ALTERAZIONE

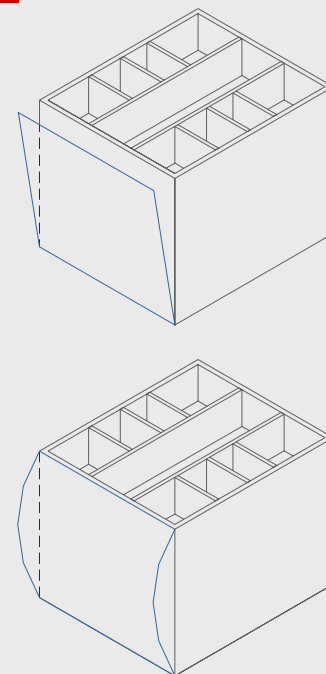
1. UMIDITA' DI RISALITA
2. PIOGGIA BATTENTE



CONSEGUENZE STRUTTURALI



NOT GUARANTEED



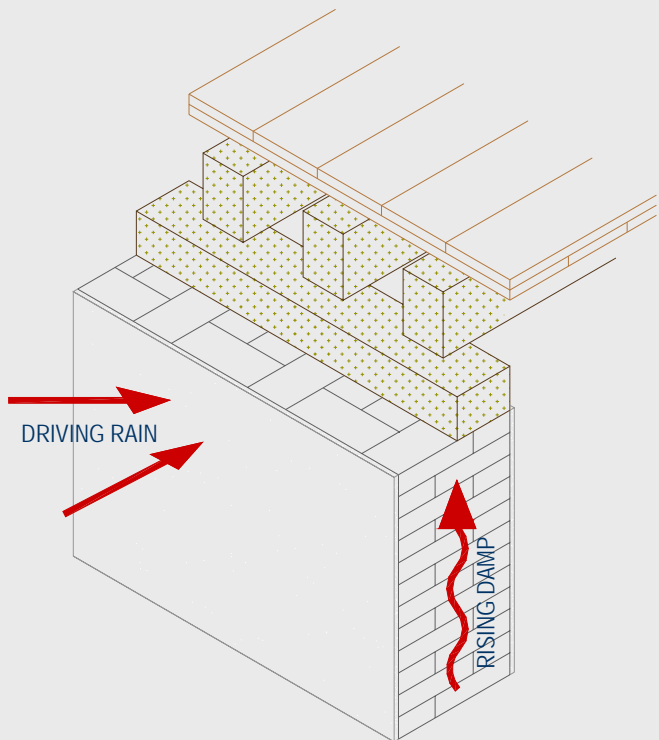
EFFETTI DELL'ALTERAZIONE

RIDUZIONE DELLE PROPRIETA' MECCANICHE DELLA MURATURA
OSSIDAZIONE DEI TIRANTI METALLICI

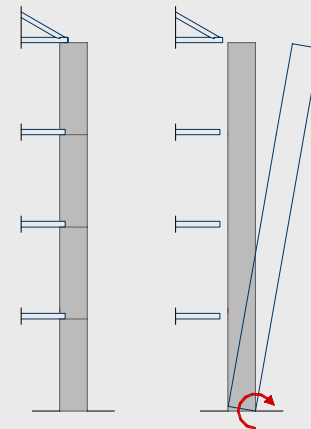
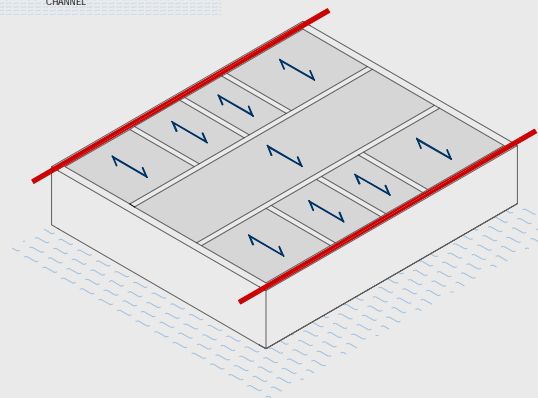
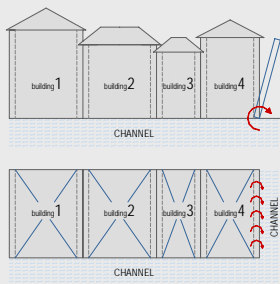
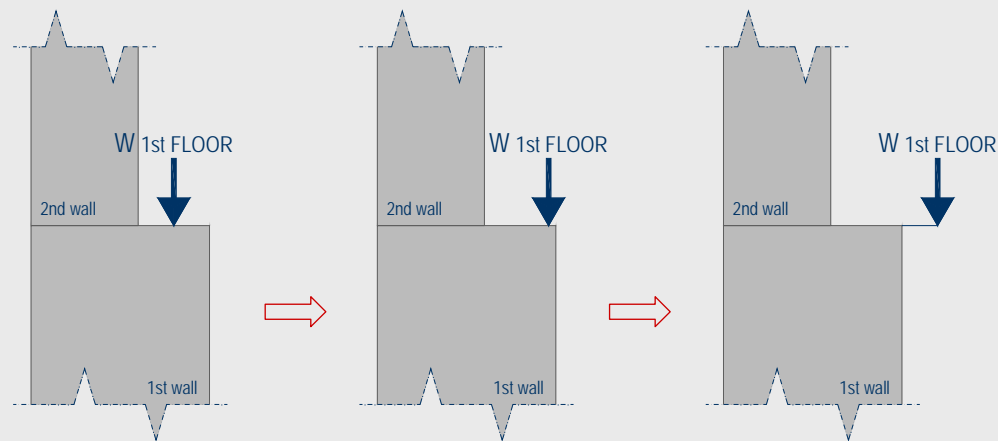
2. MECCANISMI DI DANNO MATERICO E CONSEGUENZE STRUTTURALI

FATTORI DI ALTERAZIONE

1. UMIDITA' DI RISALITA
2. PIOGGIA BATTENTE



CONSEGUENZE STRUTTURALI



EFFETTI DELL'ALTERAZIONE

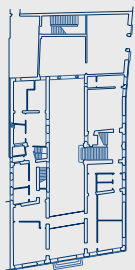
DEGRADO DELLE TRAVI IN LEGNO

RIDUZIONE DELL'AREA DI CONTATTO CON IL MURO

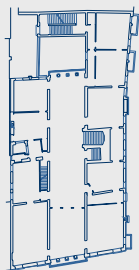
LOCALIZZAZIONE



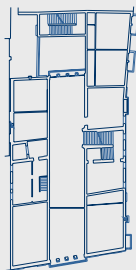
PIANO TERRA



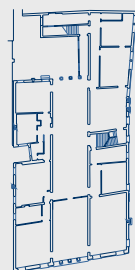
1° MEZZANINO



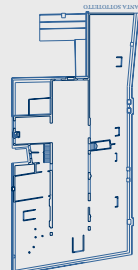
1° PIANO



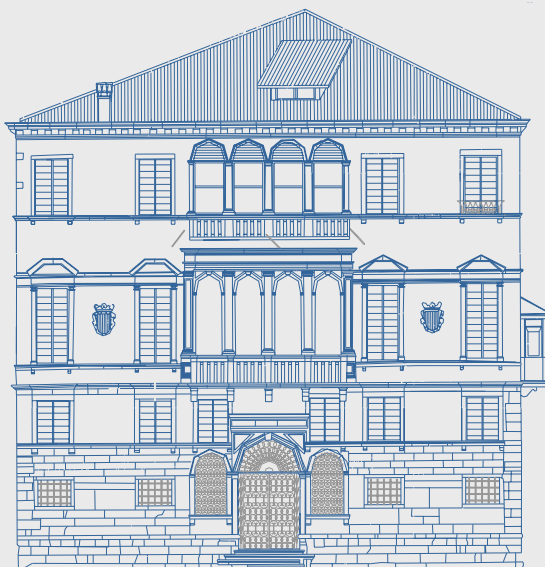
2° MEZZANINO



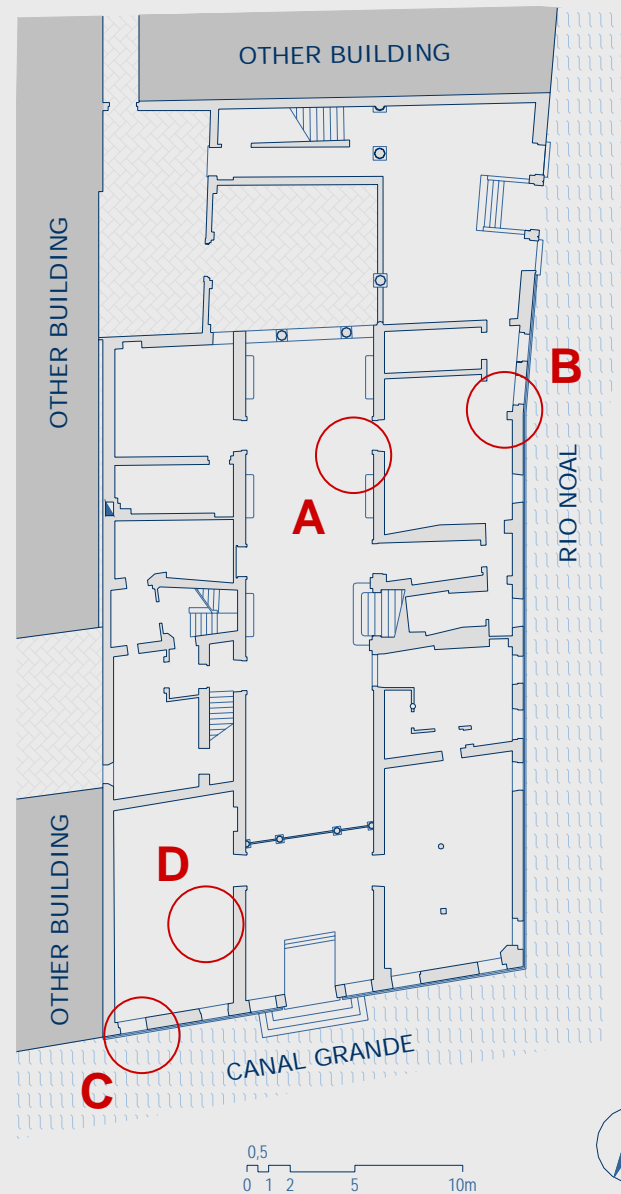
3° PIANO



PROSPETTO
SUL CANAL GRANDE



PIANO TERRA CON LOCALIZZAZIONE DEI PUNTI DI PRELIEVO



RILIEVO DEI MURI

area A



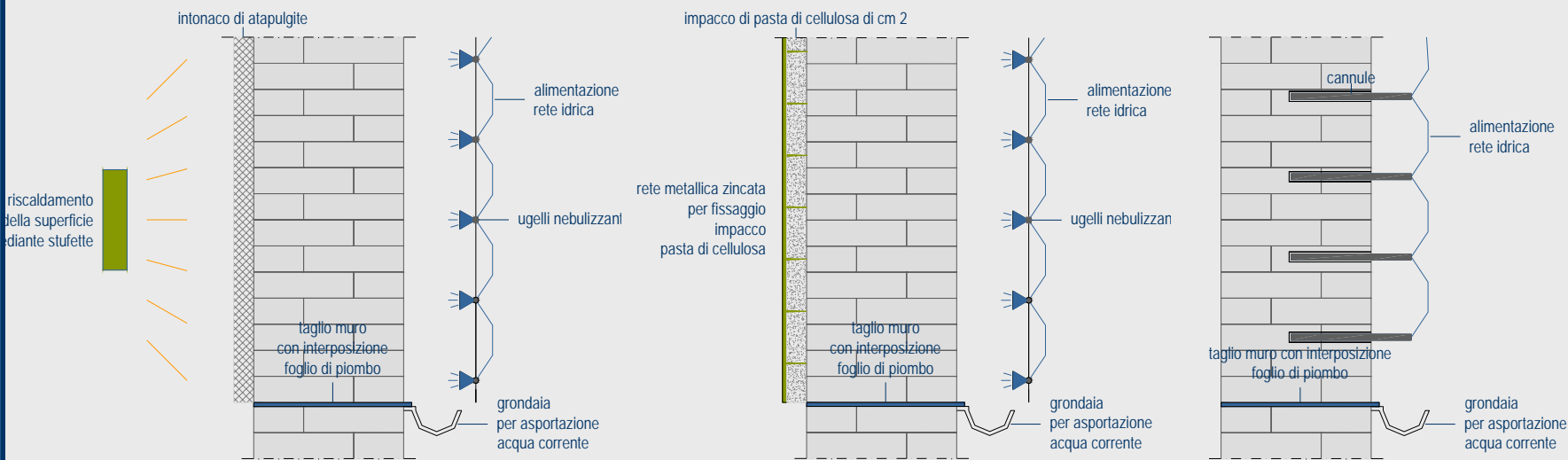
area B



area C



TECNICHE DI LAVAGGIO

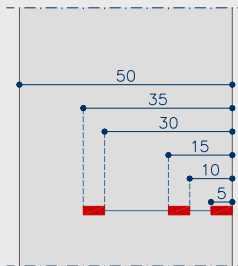


FOTO

TRE PROFONDITA' DI PRELIEVO

esterno

interno



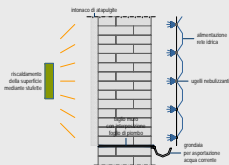
Porzioni interessate dal prelievo delle polveri

DATE DEI PRELIEVI

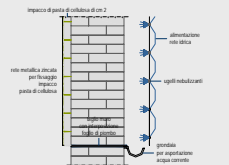
- 13.12.2001
- 07.08.2002
- 04.02.03
- 28.02.03
- 01.08.03

ANALISI PERIODICHE

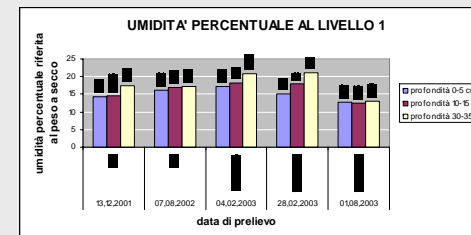
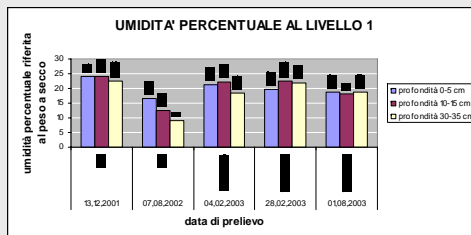
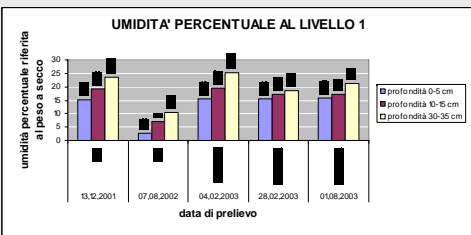
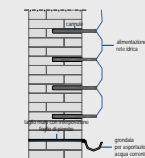
area A



area B



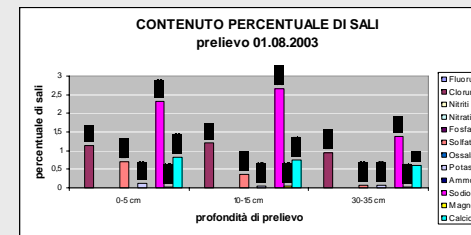
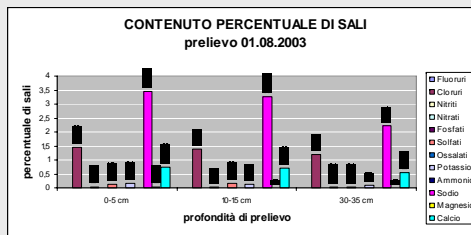
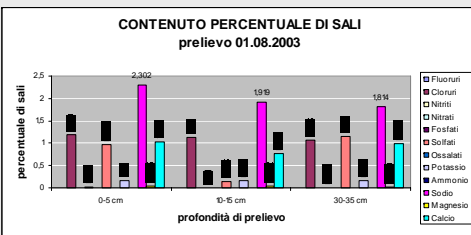
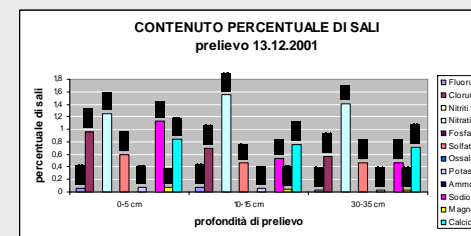
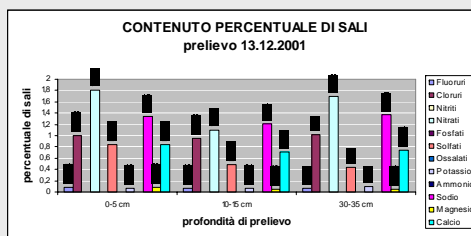
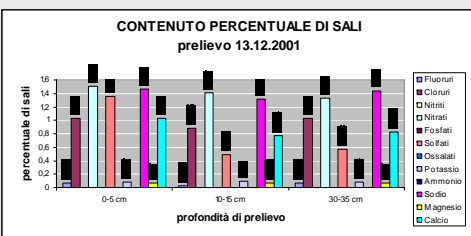
area C



RIDUZIONE DEL CONTENUTO DI UMIDITA'

RIDUZIONE DEL CONTENUTO DI UMIDITA'

RIDUZIONE DEL CONTENUTO DI UMIDITA'

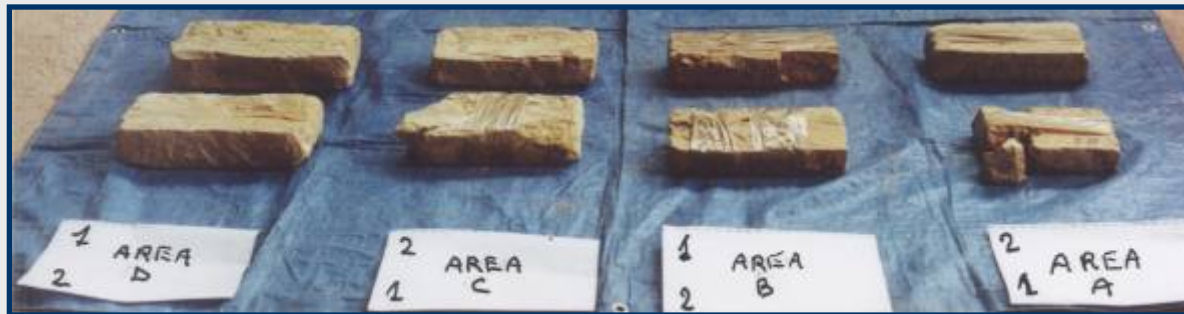


RIDUZIONE DEL CONTENUTO DI SALI

RIDUZIONE DEL CONTENUTO DI SALI

RIDUZIONE DEL CONTENUTO DI SALI

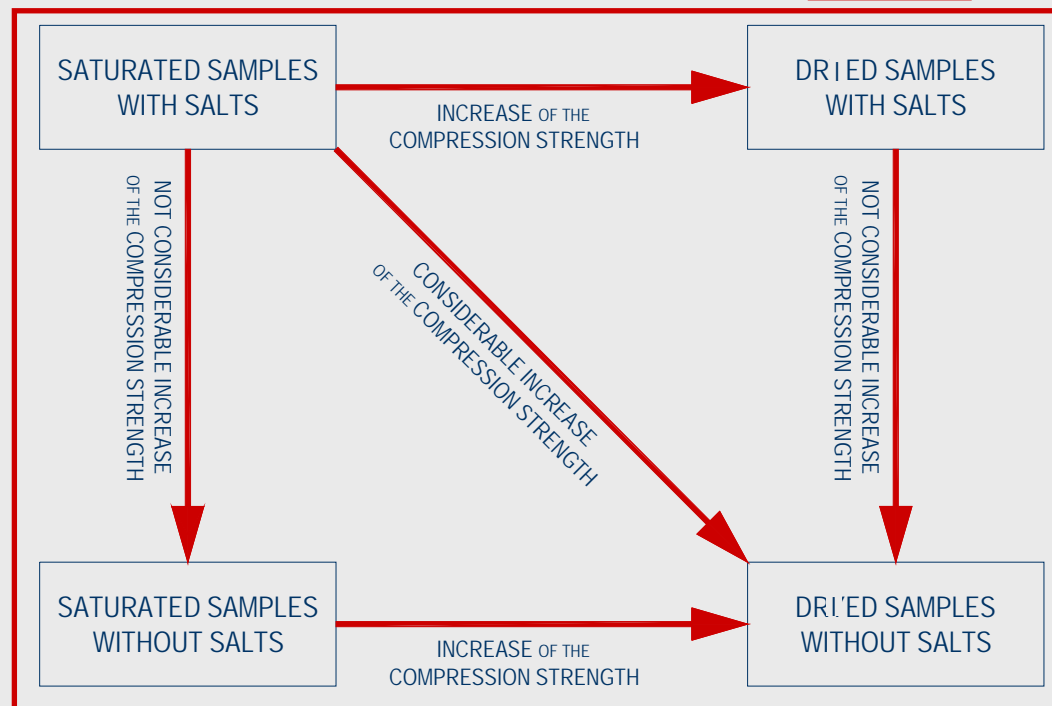
ESTRAZIONE DEI MATTONI



CAMPIONI COINVOLTI NEI TEST



RISULTATI QUALITATIVI DEI TEST DI SCHIACCIAMENTO



REALIZZAZIONE DI PROTOTIPI DI EDIFICIO PRESSO IL
LABORATORIO DEL CFMEA DI FOSSALTA DI PORTOGRUARO

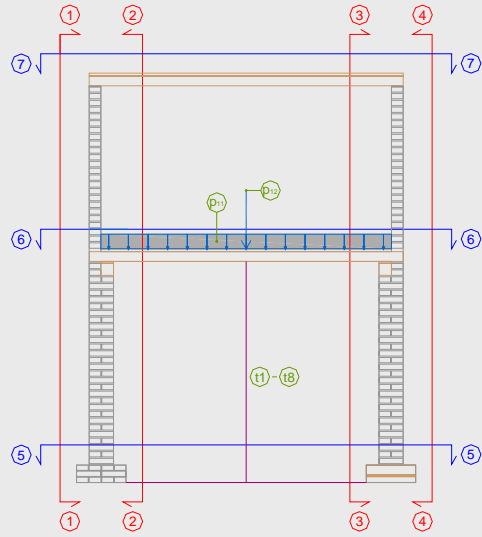
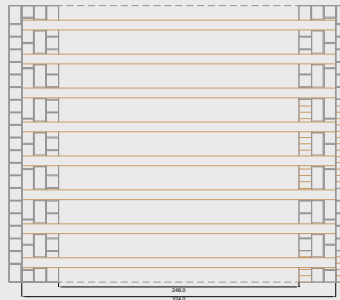


SEZIONE 7-7 ↻

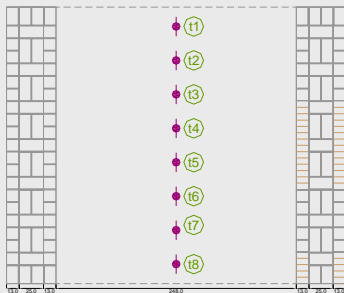


PROTOTIPO 1

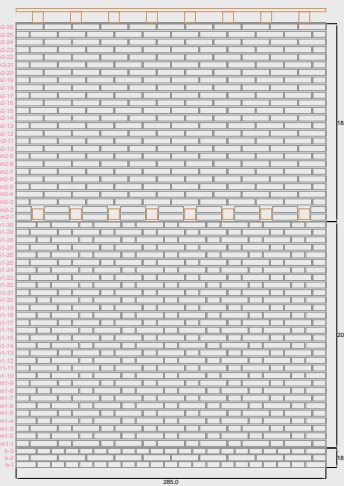
SEZIONE 6-6 ↻



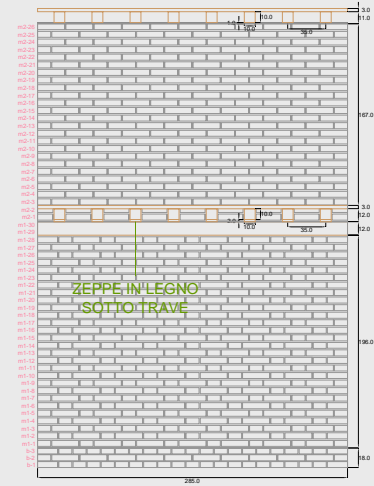
SEZIONE 5-5 ↻



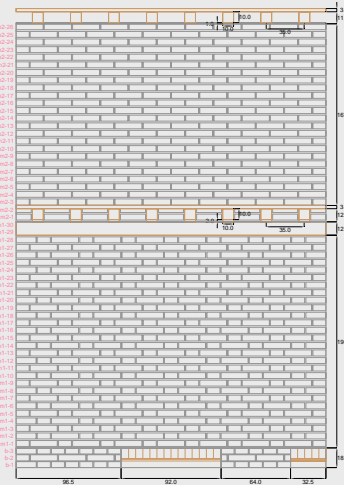
SEZIONE 1-1 ↻



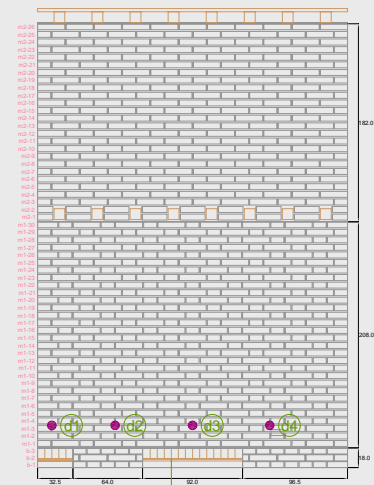
SEZIONE 2-2 ↻



SEZIONE 3-3 ↻

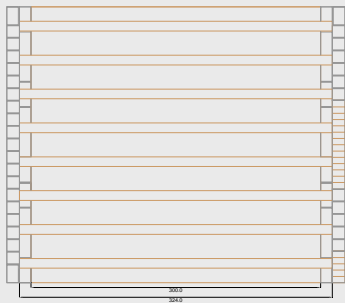


SEZIONE 4-4 ↻



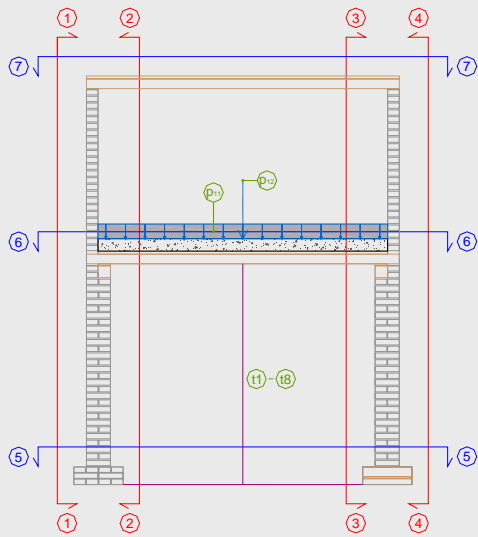
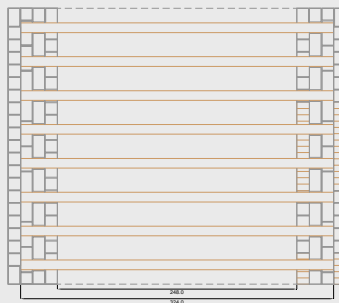
ZEPPE IN LEGNO ALLA BASE

SEZIONE ⑦-⑦ ↗

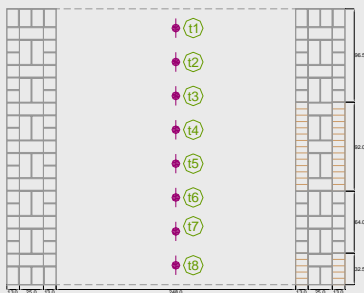


PROTOTIPO 2

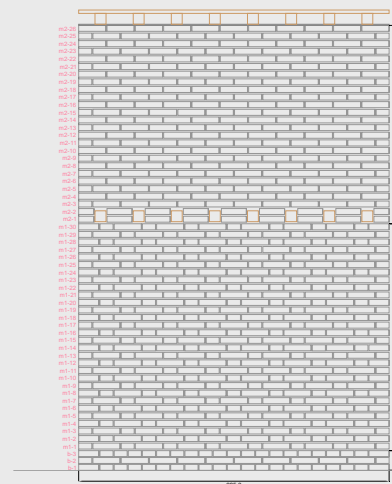
SEZIONE ⑥-⑥ ↗



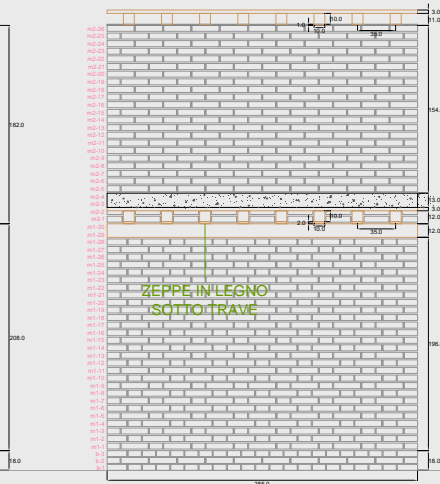
SEZIONE ⑤-⑤ ↗



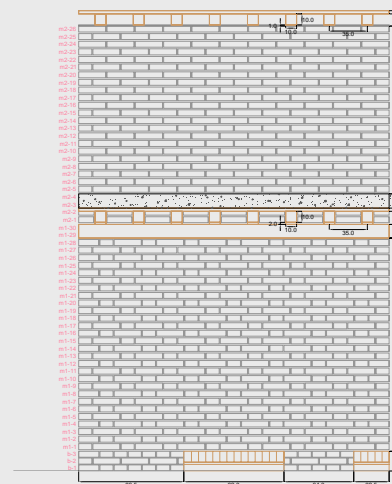
SEZIONE ①-① ↗



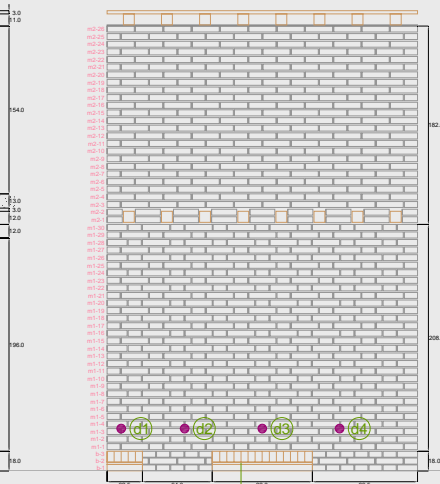
SEZIONE ②-② ↗



SEZIONE ③-③ ↗



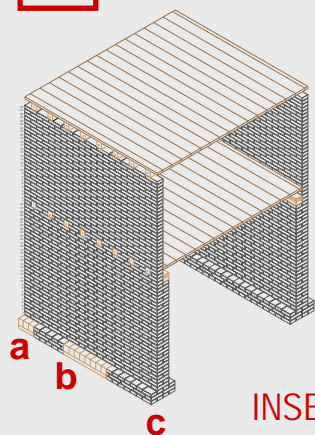
SEZIONE ④-④ ↗



ZEPPE IN LEGNO ALLA BASE

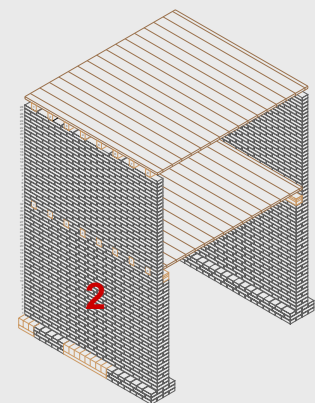
ACCORGIMENTI COSTRUTTIVI

1 FONDAZIONI



INSERIMENTO DI ZEPPE E SPEZZONI DI TRAVI IN LEGNO IN POSIZIONE CENTRALE E TERMINALE

2 MURATURA SETTI

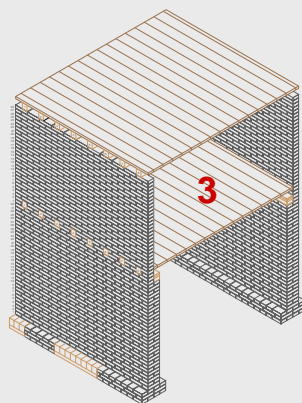


MATTONI PIENI,
MALTA BASTARDA
FACILMENTE RIMOVIBILE DAI GIUNTI

ACCORGIMENTI COSTRUTTIVI

3

SOLAIO PIANO TERRA



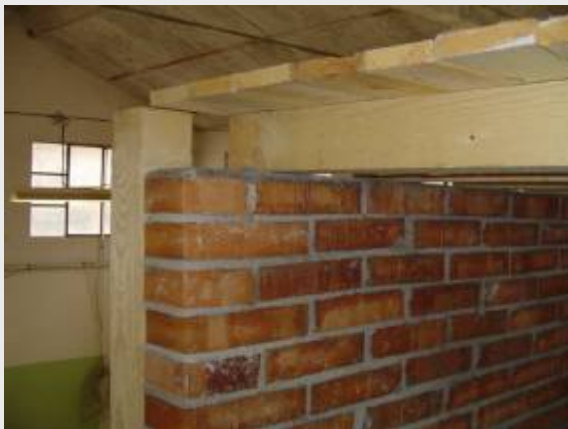
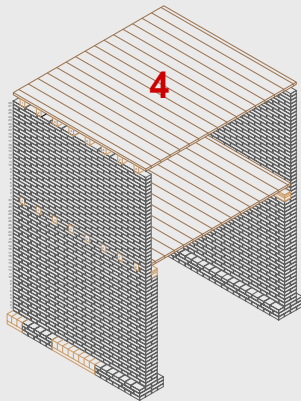
INSERIMENTO DI ZEPPE IN LEGNO
IN CORRISPONDENZA DEL NODO
MURATURA-SOLAIO



ACCORGIMENTI COSTRUTTIVI

4

SOLAIO PRIMO PIANO



TRAVI IN SEMPLICE APPOGGIO



STEP 0

Configurazione modello: modello integro

Carichi: modello scarico

Rilevatori: 8 trasduttori verticali, 4 deformometri sulla muratura

Si tarano i rilevatori

STEP 1

Configurazione modello: modello integro

Carichi: p_{11} , p_{21} di entità 100kg/m^2

Rilevatori: 8 trasduttori verticali, 4 deformometri sulla muratura

Si misurano gli abbassamenti delle travi del primo solaio e le deformazioni della muratura

STEP 2

Configurazione modello: modello integro

Carichi: p_{11} , p_{21} di entità 200kg/m^2

Carichi: Rilevatori: 8 trasduttori verticali, 4 deformometri sulla muratura

Si misurano gli abbassamenti delle travi del primo solaio e le deformazioni della muratura

STEP 3

Configurazione modello: modello integro

Carichi: p_{11} , p_{21} di entità 300kg/m^2

Carichi: Rilevatori: 8 trasduttori verticali, 4 deformometri sulla muratura

Si misurano gli abbassamenti delle travi del primo solaio e le deformazioni della muratura

STEP 4

Configurazione modello: modello con erosione giunti al piede murario

Carichi: p_{11} , p_{21} di entità 300kg/m²

Carichi: Rilevatori: 8 trasduttori verticali, 4 deformometri sulla muratura

Si misurano gli abbassamenti delle travi del primo solaio e le deformazioni della muratura

STEP 5

Configurazione modello: tolte le zeppe di appoggio sul muro delle 2 travi centrali del primo solaio

Carichi: p_{11} , p_{21} , p_{12} crescente da 0 a 2000 kg

Rilevatori: 8 trasduttori verticali, 4 deformometri sulla muratura

Si misurano gli abbassamenti delle travi del primo solaio e le deformazioni della muratura

STEP 6

Configurazione modello: eliminazione zeppe lignee in fondazione in posizione centrale

Carichi: p_{11} , p_{21} , p_{12} crescente da 0 a 2000 kg

Rilevatori: 8 trasduttori verticali, 4 deformometri sulla muratura

Si misurano gli abbassamenti delle travi del primo solaio e le deformazioni della muratura

STEP 7

Configurazione modello: eliminazione zeppe lignee in fondazione in posizione terminale

Carichi: p_{11} , p_{21} , p_{12} crescente da 0 a 2000 kg

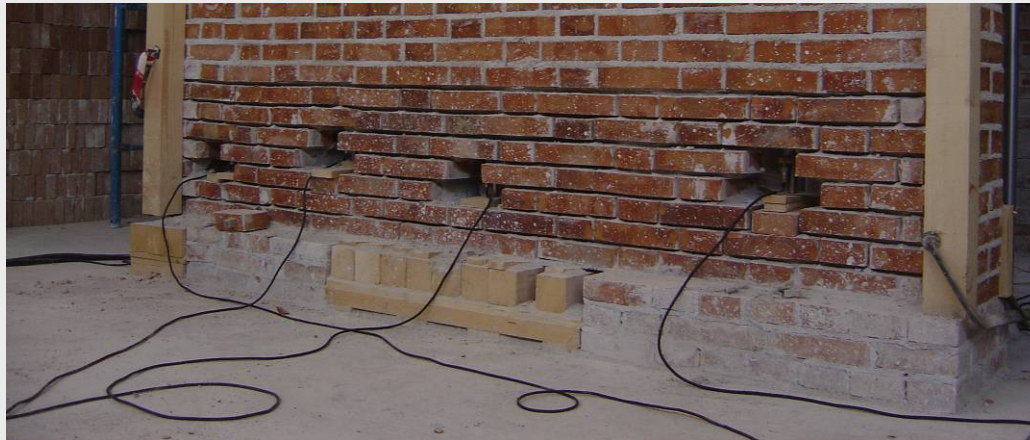
Rilevatori: 8 trasduttori verticali, 4 deformometri sulla muratura

Si misurano gli abbassamenti delle travi del primo solaio e le deformazioni della muratura

SET-UP DI PROVA – RILIEVO DEGLI SPOSTAMENTI RELATIVI



TRASDUTTORI SU ASTE TELESCOPICHE PER IL RILIEVO DELL'ABBASSAMENTO DELLE TRAVI DEL PRIMO SOLAIO



DEFORMOMETRI INSERITI NELLO SPESSORE DEL PIEDE MURARIO PER IL RILIEVO DELLO SCHIACCIAMENTO

SET-UP DI PROVA – CARICAMENTO DEL PRIMO SOLAIO



APPLICAZIONE DI CARICO DISTRIBUITO DI 100-200 E 300 KG/M2 COSTITUITO DA SACCHI DI SABBIA



APPLICAZIONE DI CARICO CONCENTRATO DI ENTITA' CRESCENTE MEDIANTE MARTINETTO OLEODINAMICO VINCOLATO A TERRA ED ALLE DUE TRAVI CENTRALI DEL SOLAIO

ESECUZIONE DELLA PROVA – MODIFICHE DELLA STRUTTURA



SCARNITURA DEI GIUNTI DI MALTA IN CORRISPONDENZA
DEL PIEDE MURARIO



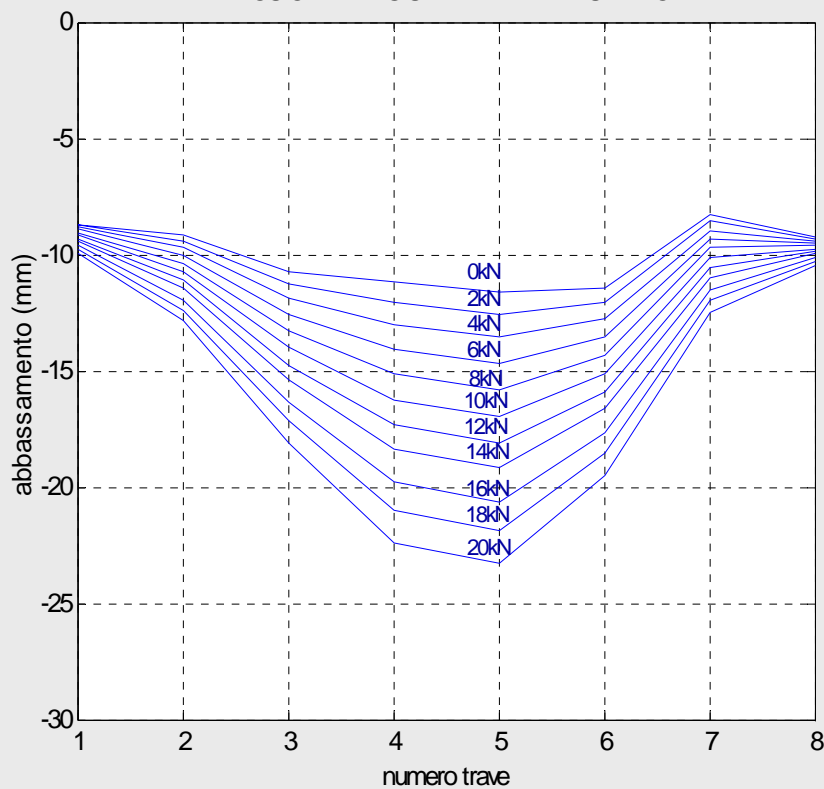
ELIMINAZIONE DELLE ZEPPE LIGNEE DI APPOGGIO
DELLE DUE TRAVI CENTRALI DEL PRIMO SOLAIO



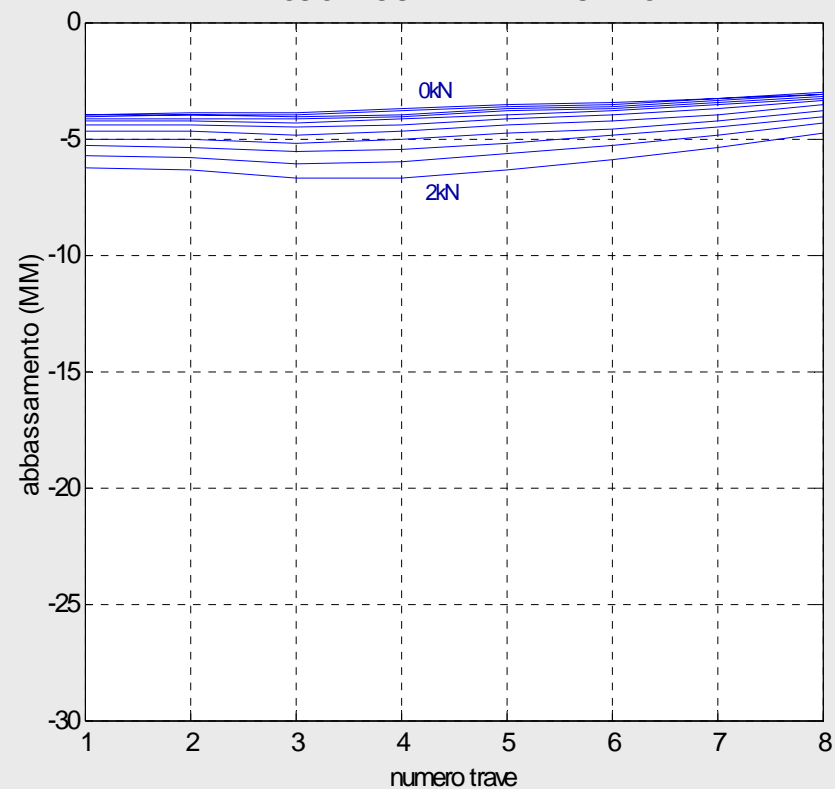
ELIMINAZIONE DELLE ZEPPE LIGNEE DI APPOGGIO
DELLA FONDAZIONE

ABBASSAMENTI TRAVI DEL PRIMO SOLAIO PER I DUE PROTOTIPICARICO DISTRIBUITO DI 3kN/m² FORZA CONCENTRATA CRESCENTE DA 0 A 20kNPROTOTIPO CON SOLO TAVOLATO

EROSIONE DEI GIUNTI AL PIEDE MURARIO

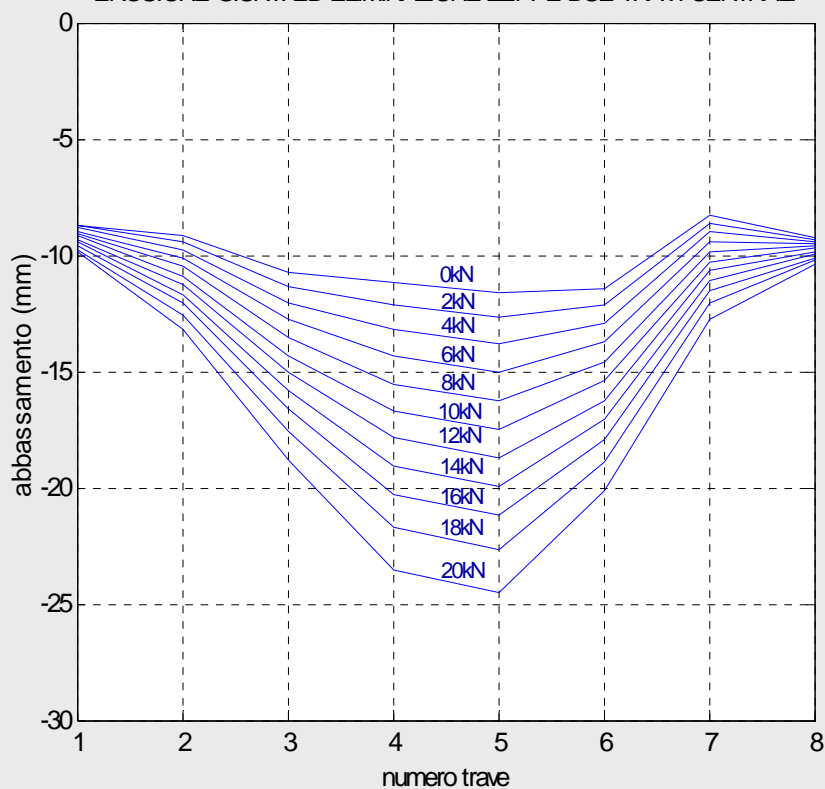
PROTOTIPO CON TERRAZZO

EROSIONE GIUNTI AL PIEDE MURARIO

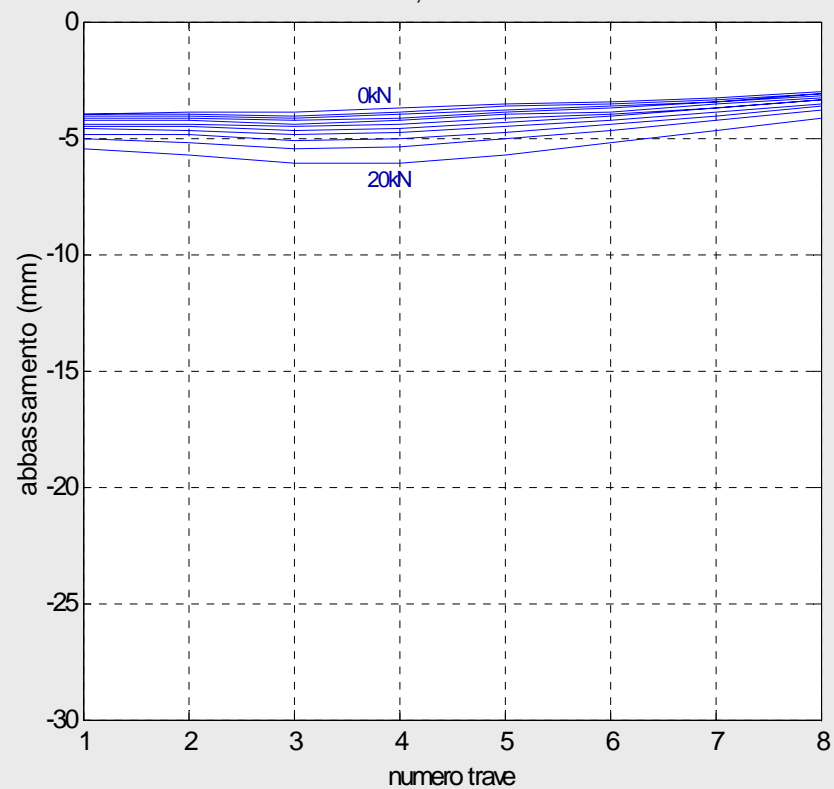


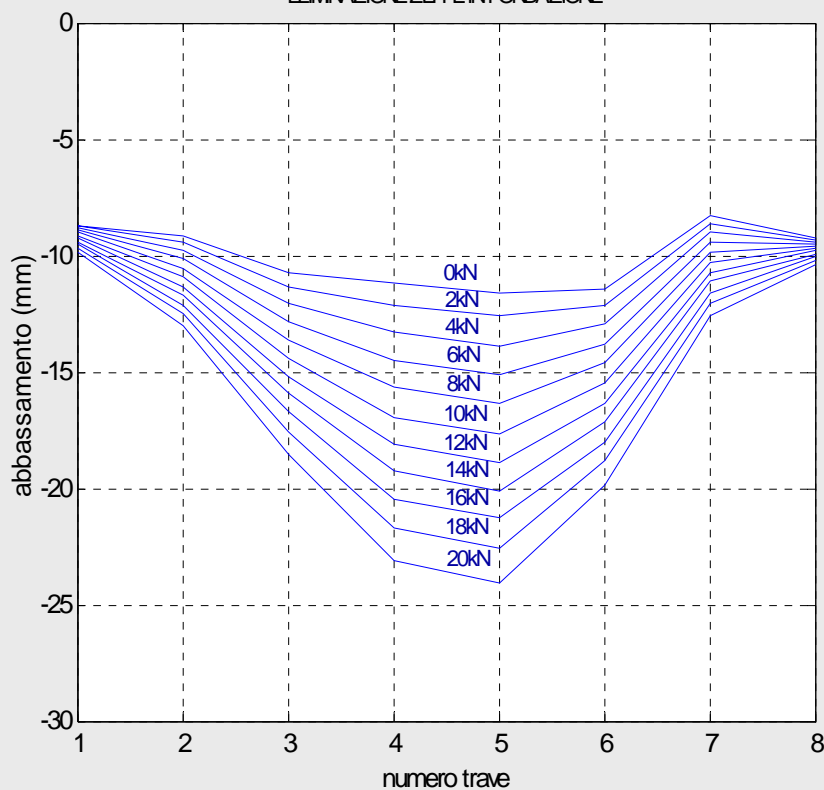
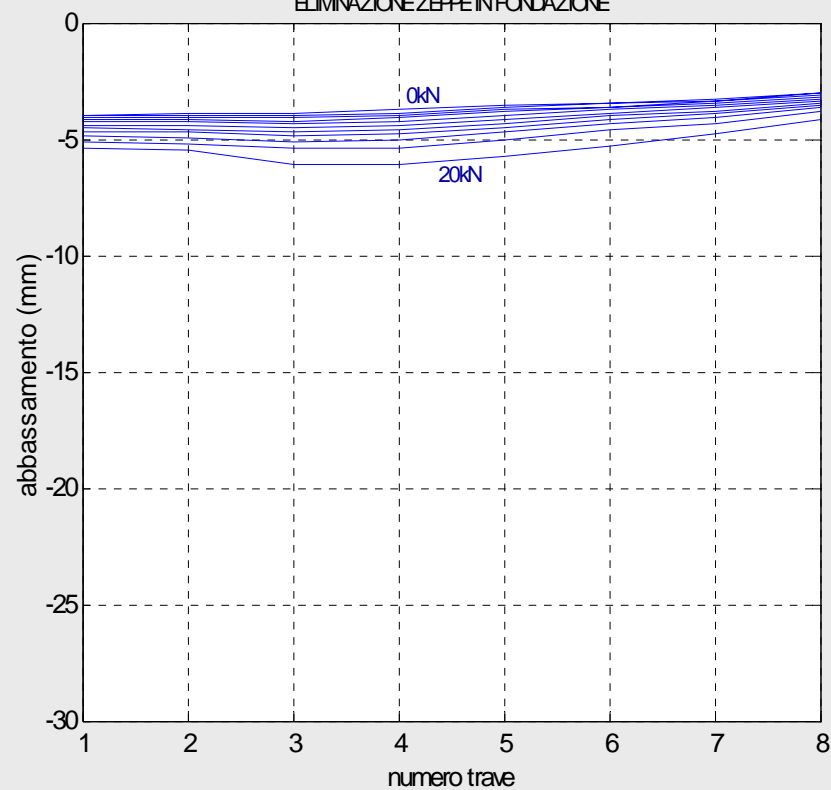
ABBASSAMENTI TRAVI DEL PRIMO SOLAIO PER I DUE PROTOTIPICARICO DISTRIBUITO DI 3kN/m² FORZA CONCENTRATA CRESCENTE DA 0 A 20kNPROTOTIPO CON SOLO TAVOLATO

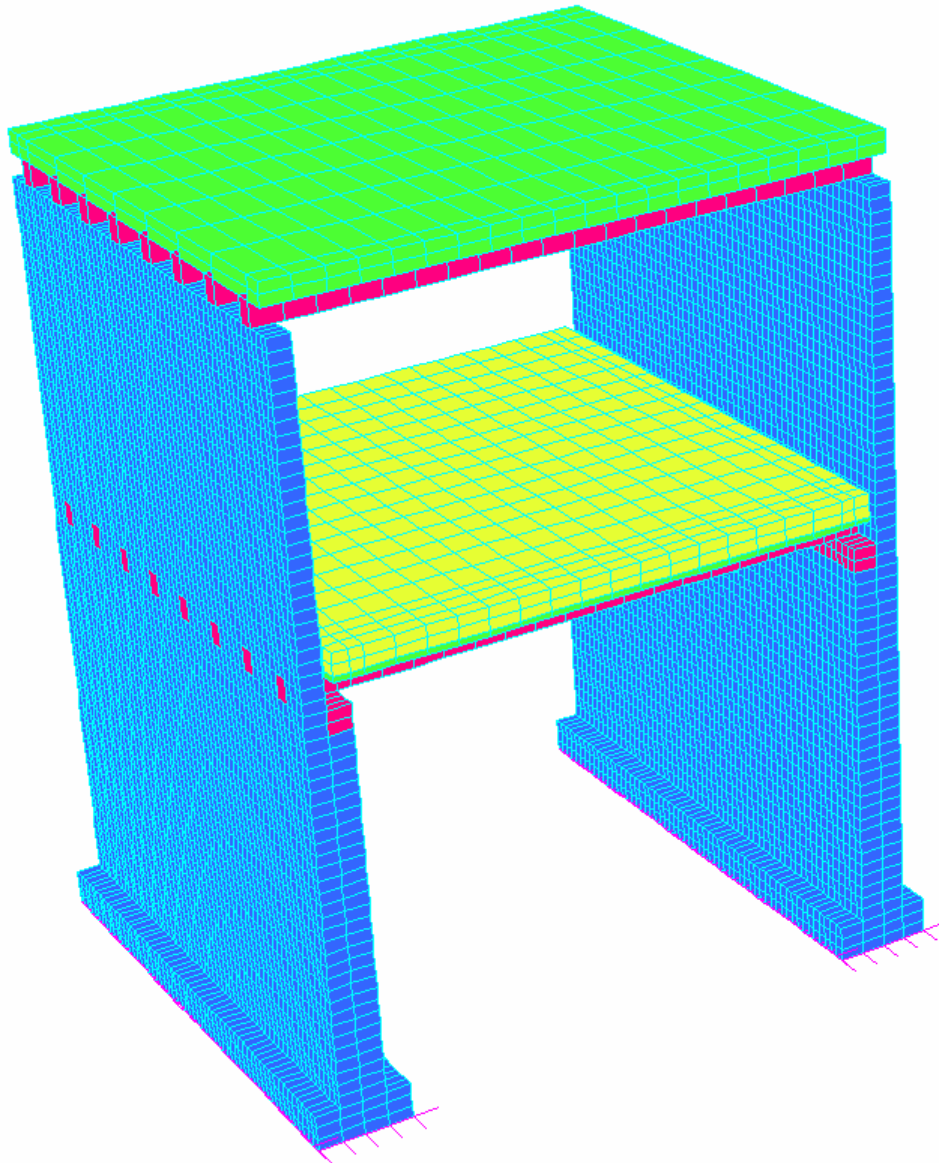
EROSIONE GIUNTI ED ELIMINAZIONE ZEPPE DUE TRAVI CENTRALI

PROTOTIPO CON TERRAZZO

EROSIONE GIUNTI AL PIEDE MURARIO, ELIMINAZIONE ZEPPE DUE TRAVI CENTRALI



ABBASSAMENTI TRAVI DEL PRIMO SOLAIO PER I DUE PROTOTIPICARICO DISTRIBUITO DI 3kN/m^2 FORZA CONCENTRATA CRESCENTE DA 0 A 20kN PROTOTIPO CON SOLO TAVOLATOEROSIONE GIUNTI AL PIEDE MURARIO, ELIMINAZIONE ZEPPE DUE TRAVI CENTRALI,
ELIMINAZIONE ZEPPE IN FONDAZIONEPROTOTIPO CON TERRAZZOEROSIONE GIUNTI AL PIEDE MURARIO, ELIMINAZIONE ZEPPE DUE TRAVI CENTRALI,
ELIMINAZIONE ZEPPE IN FONDAZIONE



MODELLO NUMERICO

(CODICE DI CALCOLO STRAUS 7)

ELEMENTI BRICK A 8 NODI

DIMENSIONI

7 ASSE X

6 ASSE Y

6.25cm ASSE Z

SUL MODELLO NUMERICO SI
PREVEDONO:

MODIFICA DELLA GEOMETRIA

MODIFICA DEI PARAMETRI MECCANICI

MURATURA

modulo elastico situazione integra: $E_{mi} = 1.500 \text{ MPa}$

modulo elastico situazione deteriorata: $E_{md} = 500 \text{ MPa}$

peso specifico: $\gamma_m = 1.800 \text{ DaN/m}^3$

LEGNO

modulo elastico: $E_l = 13.000 \text{ MPa}$

peso specifico: $\gamma_l = 600 \text{ DaN/m}^3$

TERRAZZO

modulo elastico: $E_t = 500 \text{ MPa}$

peso specifico: $\gamma_p = 1.500 \text{ DaN/m}^3$

PIANO FONDAZIONE

modulo di Winkler: $K_t = 30.000 \text{ DaN/m}^3$

