



ALPHA CAESAR S.R.L.
Via R. LEONCAVALLO, 1
20131 Milano

Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO PE0410	LOTTO CA 2 10	CODIFICA RT	DOCUMENTO RT.00.00 001	REV.	FOGLIO 1 di 41
--------------------	------------------	----------------	---------------------------	------	-------------------



CITTA' DI CASSANO D'ADDA
Provincia di Milano

**OPERE INFRASTRUTTURALI ER LA REALIZZAZIONE DI UNA PISTA CICLABILE
TRATTO n° 2 Cascina San Pietro – Cassano d'Adda
PONTE IN LEGNO**

RELAZIONE TECNICA GENERALE
PROGETTO ESECUTIVO

SEZIONI	TITOLO DELLE SEZIONI
Sezione I	RELAZIONE TECNICA GENERALE

	25/06/2010	RELAZIONE TECNICA	ing. MAURO CASSANO Iscr. Albo Ingegneri prov. Milano n° A-25475
REV	DATA	DESCRIZIONE	IL PROGETTISTA



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		2 di 41

Sommario

1	PREMESSA	4
1.1.	Descrizione dell'opera.....	4
1.2.	Modelli di calcolo.....	6
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	7
2.1	Normativa emessa dallo stato italiano	7
2.3	Normativa europea	9
2.4	Normativa sismica nazionale:	9
2.5	Normativa sismica regionale:	9
3	PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA	10
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI	11
4.1	Calcestruzzo per fondazioni e elevazione $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$	11
4.2	Acciaio per cemento armato ordinario B 450C.....	11
4.3	Acciaio per carpenteria metallica S 355	12
4.4	Unioni bullonate.....	12
4.5	Legname utilizzato.....	12
5	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE	13
5.1	Travi.....	13
6	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE Scatolare a U	14
7	ANALISI DEI CARICHI	15
7.1	Peso proprio ponte in legno.....	15
7.2	Carichi ed ipotesi di calcolo	15
7.3	Analisi dei carichi	16
7.3.1	Azioni permanenti.....	16
7.3.2	Azioni Variabili da Traffico.....	16
7.3.3	Azioni Variabili di vento e neve	17
7.3.4	Azioni Sismiche	17
8	VERIFICHE DI SICUREZZA	19
8.1	Verifiche agli Stati Limite Ultimi	19
8.2	Stati Limite di Esercizio	19
8.3	Verifiche allo stato limite di fatica.....	19
8.4	Verifiche allo stato limite di fessurazione	19
8.5	Verifiche allo stato limite di deformazione.....	20



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		3 di 41

8.6 Verifiche delle azioni sismiche	20
8.7 Verifiche in fase di costruzione.....	20
8.8 Verifiche in fase di costruzione.....	20
9 PONTE IN LEGNO	21
9.1 Generalità	21
10 PRODOTTI DI LEGNO PER LA COSTRUZIONE – SCELTA DEL TIPO DI LEGNO DA USARE	25
10.1 Introduzione	25
10.2 Prodotti di tipo lineare	26
10.3 Legno massiccio	26
10.4 Prodotti di legno massiccio.....	28
11 SPECIE LEGNOSE PER USO STRUTTURALE.....	30
11.1 Abete rosso, Picea abies Karst.	30
11.2 Abete bianco, Abies alba Mill.	31
11.3 Pino silvestre, Pinus sylvestris L.....	32
11.4 Larice (europeo), Larix decidua Mill.....	33
11.5 Douglasia strutturale, Pseudotsuga menziesii Franco.....	34
11.6 Faggio, Fagus sylvatica L.....	35
11.7 Quercia; propriamente: Farnia, Quercus robur L. e Rovere, Quercus petraea Liebl.....	36
11.8 Frassino, Fraxinus excelsior L.....	37
11.9 Robinia, Robinia pseudoacacia L.....	38
11.10 Castagno, Castanea sativa Mill.....	39
12 CARATTERISTICHE FISICHE DEL LEGNO.....	40
12.1 Considerazioni generali.....	40
12.2 Grandezze caratteristiche dell'umidità del legno	40
12.3 Determinazione dell'umidità del legno	40
12.4 Scelta finale sul tipo di legno da utilizzare	41
13 RELAZIONE DI CALCOLO.....	41



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		4 di 41

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda il progetto strutturale esecutivo per un ponte in legno nell'ambito della realizzazione di una pista ciclopedonale nel comune di Cassano d'Adda.

L'opera si inserisce nell'ambito della realizzazione di una pista ciclopedonale tra Cascine San Pietro e l'area di Interscambio.

Lungo il tracciato ciclopedonale si deve realizzare un ponte in legno, che permetta lo scavalco di un canale; la luce da scavalcare è di circa 6,5 metri,

Il ponte da realizzare sarà di 3a categoria: "ponti per il transito dei soli carichi associati allo schema 5 (passerelle pedonali)", avrà una larghezza di 3,00 m e dovrà resistere ad un carico, relativo alla folla compatta di 5 KN/m^2 .

Sul manufatto sarà applicato un contrassegno permanente, chiaramente visibile, indicante la categoria e l'anno di costruzione del ponte e l'accesso di carichi differenti da quelli di progetto sarà materialmente impedito.

L'intera struttura si appoggia completamente su uno scatolare ad U in calcestruzzo armato, di dimensioni 6,60 x 4,50 metri, con un'inclinazione di 55 gradi, costruito in opera appositamente per l'alloggiamento del ponte.

La struttura sarà calcolata e dimensionata con il metodo delle tensioni ammissibili, integrata con la verifica sismica agli stati limite, secondo la nuova normativa (Ordinanza n°3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 20/03/2003 e successive modifiche, Ordinanza n°3431 della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 03/05/2005).

1.1. Descrizione dell'opera

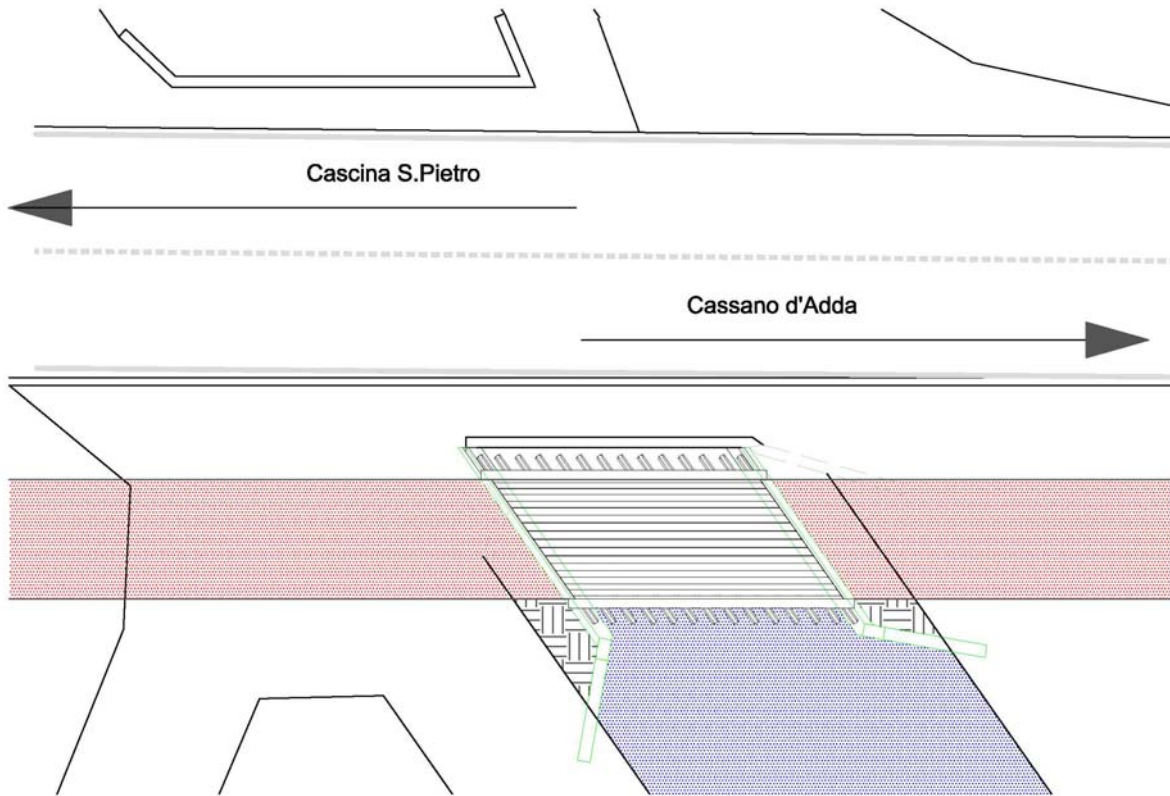
La schematizzazione della struttura progettata, il calcolo dei parametri di sollecitazione e la valutazione delle tensioni e delle deformazioni, in ordine alla garanzia di una sicurezza permanente ed omogenea dell'opera, sono state effettuate secondo i metodi della Scienza delle Costruzioni, della Teoria dell'Elasticità e della Geotecnica.

Si sono analizzate le combinazioni più sfavorevoli delle combinazioni di carico, al fine di individuare i valori massimi e minimi delle sollecitazioni cercate.

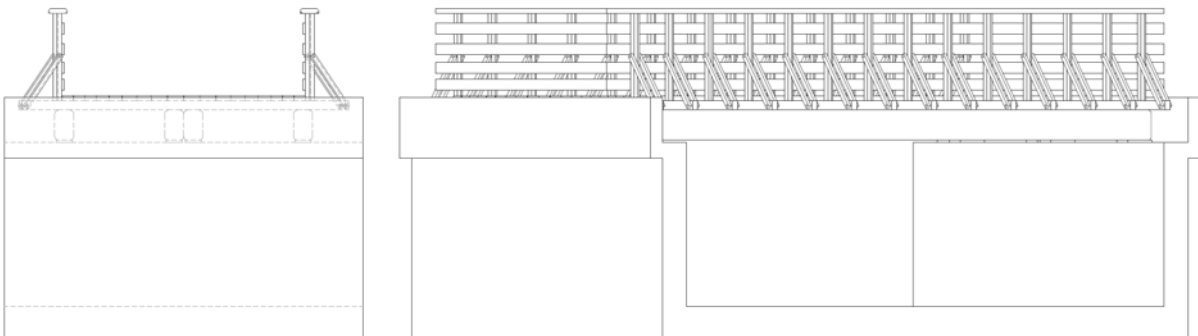
La verifica di resistenza delle sezioni in cemento armato, è stata condotta con il metodo degli Stati Limite Ultimi e della verifica sismica secondo la recente normativa.

Le opere strutturali progettate si trovano ovunque in stato di sicurezza rispetto alle più gravose condizioni di carico di progetto, ed in stato di compatibilità con le esigenze di servizio.

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		5 di 41



Il ponte in legno poggerà su uno scatolare aperto.
La larghezza trasversale del ponte è pari a 3,00 m.



La struttura del ponte in legno con caratteristiche meccaniche delle travi, secondo l'Eurocodice 5, C32/C19, composta da travi a sezione rettangolare 280x140 mm.

Lo schema statico del ponte prevede la disposizione di apparecchi di appoggio in acciaio longitudinalmente fissi alla struttura in c.a. dello scatolare aperto.

Per l'analisi sismica si è operato considerando una zona sismica di categoria 4 secondo quanto indicato dall'ordinanza P.C.M. 3274 del 20.03.2003.



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		6 di 41

Il varo dell'impalcato è previsto a seguito del montaggio a terra o in stabilimento delle varie parti in legno e sarà poi movimentato e disposto sugli apparecchi di appoggio mediante autogrù.

I dimensionamenti e le verifiche statiche, oltre che alla panoramica di combinazioni di carico previste dalla normativa, indagano il comportamento del ponte nelle fasi di sostituzione degli apparecchi d'appoggio previste nei programmi di manutenzione.

Si riassumono qui brevemente le principali caratteristiche geometriche dell'impalcato:

- Luci di calcolo delle travi in legno: 630 cm
- Larghezza totale impalcato 300 cm
- Altezza delle travi 38 cm
- Base delle travi 24 cm
- Numero travi 4
- Lunghezza taglio trave 672,8 cm
- Lunghezza trave a facce inclinate 656 cm
- Travetti di ripartizione 8x12 cm
- Tavolame Spessore 6 cm

La schematizzazione delle strutture progettate, i calcoli dei valori delle sollecitazioni e la valutazione delle tensioni e delle deformazioni, per la garanzia di una sicurezza permanente ed omogenea delle opere, sono stati effettuati secondo i metodi della Scienza delle Costruzioni, della Teoria dell'Elasticità e della Geotecnica.

Si sono analizzate le combinazioni più sfavorevoli delle condizioni di carico, al fine di individuare i valori massimi e minimi delle sollecitazioni interessanti le strutture.

La verifica di resistenza delle sezioni in c.a. è stata condotta con il metodo degli Stati Limite Ultimi e della verifica sismica secondo la recente normativa nazionale e regionale.

Le opere strutturali progettate si trovano ovunque in stato di sicurezza rispetto alle più gravose condizioni di carico di progetto, ed in stato di compatibilità con le esigenze di esercizio della strada.

1.2. Modelli di calcolo

I diversi schemi di calcolo durante le fasi esecutive ed i consecutivi tempi di applicazione dei carichi comportano l'utilizzo di specifici modelli di calcolo qui di seguito descritti.

Modello 1: peso proprio della struttura in legno: il peso della travi più i travetti di ripartizione e il tavolame del camminamento oltre ai parapetti in legno.

Modello 2: transito dei carichi mobili.

Modello 3: azione del vento e carico neve.

Modello 4: azioni sismiche.



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		7 di 41

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

I calcoli sviluppati nel seguito sono stati svolti nello spirito del metodo “*agli Stati Limite*” e nel rispetto della normativa vigente; in particolare si sono osservate le prescrizioni contenute nelle seguenti:

2.1 Normativa emessa dallo stato italiano

- **Ministero dei LL.PP. - D.M. 14.01.2008:** “Nuove norme Tecniche per le costruzioni”;
- **C.S.LL.PP. - Circ. 617 del 02.02.2009:** Istruzioni relative alle “Nuove norme Tecniche per le costruzioni”;
- **Legge 05.11.1971 n. 1086 :** “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- **Ministero dei LL.PP. - D.M. 14.02.1992 :** “Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento normale e precompresso e per le strutture metalliche”; (Il presente decreto è stato abrogato, a partire dal 30 giugno 2009, dall'art. 20, comma 2, della legge 28-2-2008, n. 31);
- **Ministero dei LL.PP. - Circ. 37406 del 24.06.1993 :** “Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al Decreto Ministeriale 14 febbraio 1992” (Il presente decreto è stato abrogato, a partire dal 30 giugno 2009, dall'art. 20, comma 2, della legge 28-2-2008, n. 31);
- **Ministero dei LL.PP. - D.M. 09.01.1996 :** “Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento normale e precompresso e per le strutture metalliche” (Il presente decreto è stato abrogato, a partire dal 30 giugno 2009, dall'art. 20, comma 2, della legge 28-2-2008, n. 31);
- **Ministero dei LL.PP. - Circ. 252 del 15.10.1996 :** “Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al Decreto Ministeriale 09 gennaio 1996” (Il presente decreto è stato abrogato, a partire dal 30 giugno 2009, dall'art. 20, comma 2, della legge 28-2-2008, n. 31);
- **Ministero dei LL.PP - D.M. 16.01.1996 :** Norme Tecniche relative ai “Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi” (Il presente decreto è stato abrogato, a partire dal 30 giugno 2009, dall'art. 20, comma 2, della legge 28-2-2008, n. 31);
- **Ministero dei LL.PP - D.M. 16.01.1996 :** Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche;
- **Ministero dei LL.PP. - Circ. 156 del 04.07.1996 :** Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		8 di 41

- delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi” (Il presente decreto è stato abrogato, a partire dal 30 giugno 2009, dall'art. 20, comma 2, della legge 28-2-2008, n. 31);
- **Ordinanza P.C.M. 3274 del 20.03.2003** : “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”; *Allegato 3*: “Norme tecniche per il progetto sismico dei ponti”; *Allegato 4*: “Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni”.
 - **Ministero dei LL.PP. - D.M. 04.05.1990** : "Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali" (Il presente decreto è stato abrogato, a partire dal 30 giugno 2009, dall'art. 20, comma 2, della legge 28-2-2008, n. 31);
 - **Ministero dei LL.PP. - Circ. 34233 del 25.02.1991** : "Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali" (Il presente decreto è stato abrogato, a partire dal 30 giugno 2009, dall'art. 20, comma 2, della legge 28-2-2008, n. 31);
 - **Ministero dei LL.PP. - D.M. 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";
 - **Ministero dei LL.PP. - Circ. 30483 del 24.09.1988** : Istruzioni per l'applicazione delle “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”;
 - **Ministero dei LL.PP. - D.M. 03.12.1987** : “Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate” (Il presente decreto è stato abrogato, a partire dal 30 giugno 2009, dall'art. 20, comma 2, della legge 28-2-2008, n. 31);
 - **Ministero dei LL.PP. - Circ. 31104 del 16.03.1989** : “Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate” (Il presente decreto è stato abrogato, a partire dal 30 giugno 2009, dall'art. 20, comma 2, della legge 28-2-2008, n. 31);

2.2 Normativa emessa da enti pubblici

- **Circolare A.N.A.S. n.43/84 del 18.06.1984**: "Disposizioni relative alla progettazione ed esecuzione di ponti e viadotti in c.a. e c.a.p. ;
- **C.N.R. 10016/2000**: "Travi composte in acciaio e calcestruzzo: istruzioni per l'impiego nelle costruzioni" (Ritirata);
- **C.N.R. 10011/97**: "Costruzioni in acciaio: Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo, la manutenzione" (Ritirata);
- **CNR UNI 10007:1963 01/07/1963** “Costruzione e manutenzione delle strade. Opere murarie”;
- **CNR UNI 10009:1964 01/07/1964** “Prove sui materiali stradali. Indice di portanza cbr di una terra”;



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		9 di 41

- **CNR UNI 10020:1971 01/01/1971** “Prova di aderenza su barre di acciaio ad aderenza migliorata”;

2.3 Normativa europea

- **UNI ENV 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Dicembre 1991:** "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici";
- **UNI ENV 1993-1-1: 1994/A1 (Eurocodice 3) – Ottobre 1998:** "Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici";
- **UNI CEN ISO/TS 22476-11:2005 26/09/2005 Eurocodice 7:** INGEGNERIA STRUTTURALE “Indagini e prove geotecniche”;
- **UNI ENV 1998-1-1 (Eurocodice 8) – Ottobre 1997:** "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 1-1: Regole generali – Azioni sismiche e requisiti generali per le strutture";
- **UNI ENV 1998-2 (Eurocodice 8) – Febbraio 1998:** "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 2: Ponti";
- **UNI ENV 1998-5 (Eurocodice 8) – Febbraio 1998:** "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici";

2.4 Normativa sismica nazionale:

- **Ordinanza n°3431 della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 03/05/2005;**
- **Decreto 21 ottobre 2003 della Presidenza Consiglio dei Ministri:** “Disposizioni di attuazione dell’art.2, commi 2,3 e 4 dell’OPCM del 20 marzo 2003 n°3274” e successive modifiche e integrazioni;

2.5 Normativa sismica regionale:

- **DELIBERAZIONE GIUNTA REGIONE LOMBARDIA 22 DICEMBRE 2005 N. 8/1566** - “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di Governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, primo comma, della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12”;
- **CIRCOLARE MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI 2 FEBBRAIO 2009 N. 617** – “Istruzioni per l’applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- **ISTRUZIONI 21 LUGLIO 2006 N. 66 del Consiglio Superiore dei lavori pubblici - Dipartimento per la protezione civile** – “Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche ed all’applicazione dell’ordinanza del



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		10 di 41

Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274 e successive modificazioni ed integrazioni.

3 PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA

Per la risoluzione statica della struttura sono stati utilizzati Programma di calcolo ad elementi finiti monodimensionali, bidimensionali e tridimensionali della STS "Software Tecnico Scientifico":

CDSWin Strutture C.A. e in legno

CDCWin Verifica Sezioni C.A. e in legno.



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO PE0410	LOTTO CA 2 10	CODIFICA RT	DOCUMENTO RT.00.00 001	REV.	FOGLIO 11 di 41
--------------------	------------------	----------------	---------------------------	------	--------------------

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

4.1 Calcestruzzo per fondazioni e elevazione $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$

Rapporto massimo acqua / cemento	0.50		
Slump	S4		
Tipo di cemento	CEM I, II		
Diametro massimo inerte	20 mm		
Contenuto minimo di cemento	320 Kg/m ³		
Classe Calcestruzzo	$\geq \text{C25/30 N/mm}^2$		
Contenuto minimo d'aria	5%		
Classe di esposizione	3 ambiente umido con gelo		
Aggregati resistenti al gelo	Si		
Classe di resistenza del calcestruzzo	R_{ck}	$= 30,00 \text{ N/mm}^2$	
Resistenza a compressione cilindrica	f_{ck}	$= 0.83 \times R_{ck}$	$= 24,9 \text{ N/mm}^2$
Valore medio resistenza cilindrica	f_{cm}	$= f_{ck} + 8$	$= 32,9 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	E_{cm}	$= 22000[f_{cm}/10]^{0.3}$	$= 31447 \text{ N/mm}^2$

Stati limite ultimi:

Resistenza a compressione cilindrica	f_{ck}	$= 0.83 \times R_{ck}$	$= 24,9 \text{ N/mm}^2$
Fattore di sicurezza cls	γ_c	$= 1.60$	
Resistenza a compressione di calcolo	f_{cd}	$= f_{ck} / \gamma_c$	$= 15,56 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	f_{ctm}	$= 0.27 \times [R_{ck}]^{2/3}$	$= 2,61 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione	f_{ctk}	$= 0.7 \times f_{ctm}$	$= 1,82 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo	f_{ctd}	$= f_{ctk} / \gamma_c$	$= 1.14 \text{ N/mm}^2$

Stati limite di esercizio:

Tensione limite di esercizio (ambiente poco aggr. Comb RARA)	f_{cd}	$= f_{ck} \times 0.60$	$= 14,94 \text{ N/mm}^2$
Tensione limite di esercizio (amb. poco aggr. Comb QPERM)	f_{cd}	$= f_{ck} \times 0.45$	$= 11,21 \text{ N/mm}^2$
Tensione limite di esercizio (amb. molto aggr. Comb RARA)	f_{cd}	$= f_{ck} \times 0.50$	$= 12,45 \text{ N/mm}^2$
Tensione limite di esercizio (amb. molto aggr. Comb QPERM)	f_{cd}	$= f_{ck} \times 0.40$	$= 9,96 \text{ N/mm}^2$

4.2 Acciaio per cemento armato ordinario B 450C

Tensione caratteristica a rottura	$f_{t \text{ nom}}$	$= 540.00 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{y \text{ nom}}$	$= 450.00 \text{ N/mm}^2$



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		12 di 41

Stati limite ultimi:

Fattore di sicurezza acciaio	γ_s	= 1.15
Resistenza a trazione di calcolo	f_{yd}	= $f_{y\ nom} / \gamma_s = 391.00\ N/mm^2$

Stati limite di esercizio:

Trazione in acciaio ordinario (Comb. RARA)	$f_{y\ RARA}$	= $f_{y\ nom} \times 0.70 = 315,00\ N/mm^2$
Trazione in acciaio ordinario (Comb. FREQ e QPERM)		= 264,00 N/mm ²

Copriferro netto minimo 3 cm

Sovrapposizione continua 50 ϕ

4.3 Acciaio per carpenteria metallica S 355

Modulo elastico E = 210000 N/mm²

Resistenza di progetto ($t \leq 40\ mm$) $f_{yk} = 355.00\ N/mm^2$

4.4 Unioni bullonate

Si utilizzano bulloni di classe 8.8

4.5 Legname utilizzato

In riferimento alla norma Tecnica UNI 11035-2:2003, si utilizzerà Larice "Larix Decidua Mill." In legno massiccio (EN 14081-1) lavorato in uso Savigliano con taglio fuori cuore, piallato e scortecciato:

Classe di Servizio "1"

Clasifica "Conifere 1"

Categoria "S2" C32/C19

Flessione $f_{m,k} = 32,00\ [MPa]$

Trazione parallela $f_{t,0k} = 19,00\ [MPa]$



Città di Cassano d'Adda

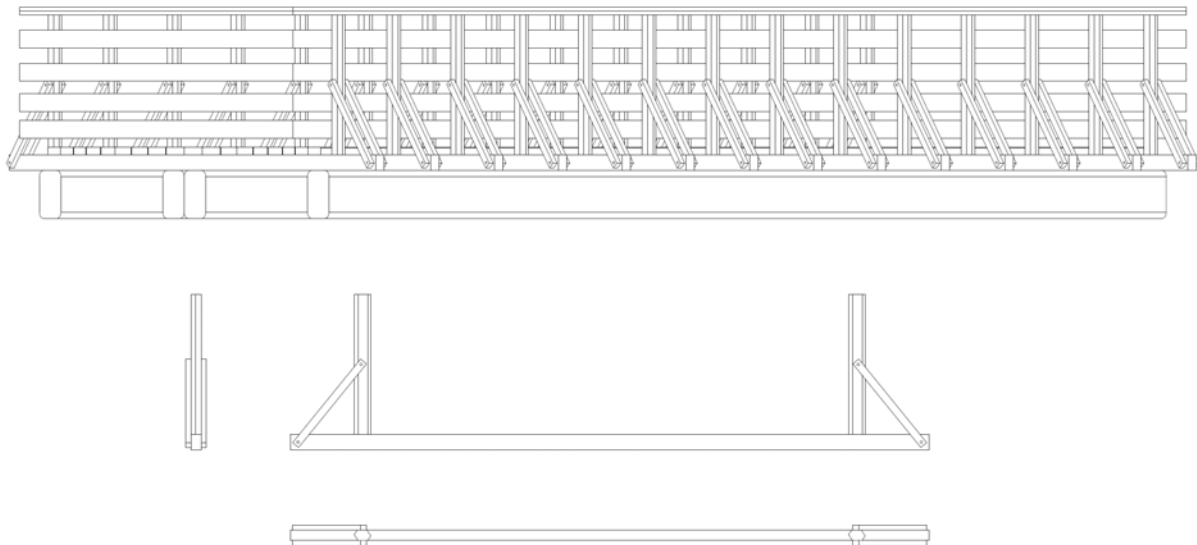
Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		13 di 41

5 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

5.1 Travi

Si riporta di seguito la sezione longitudinale della trave costituente la passerella in legno con l'ubicazione degli irrigidimenti trasversali.



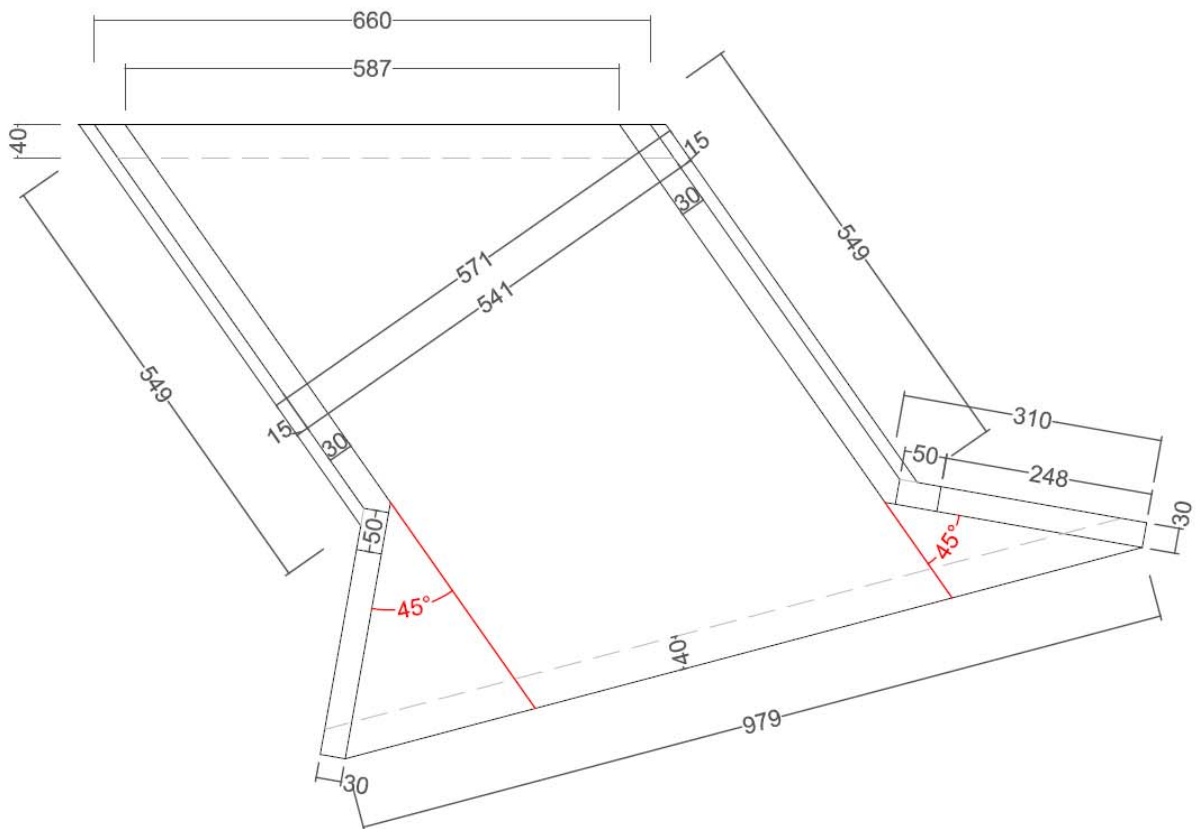
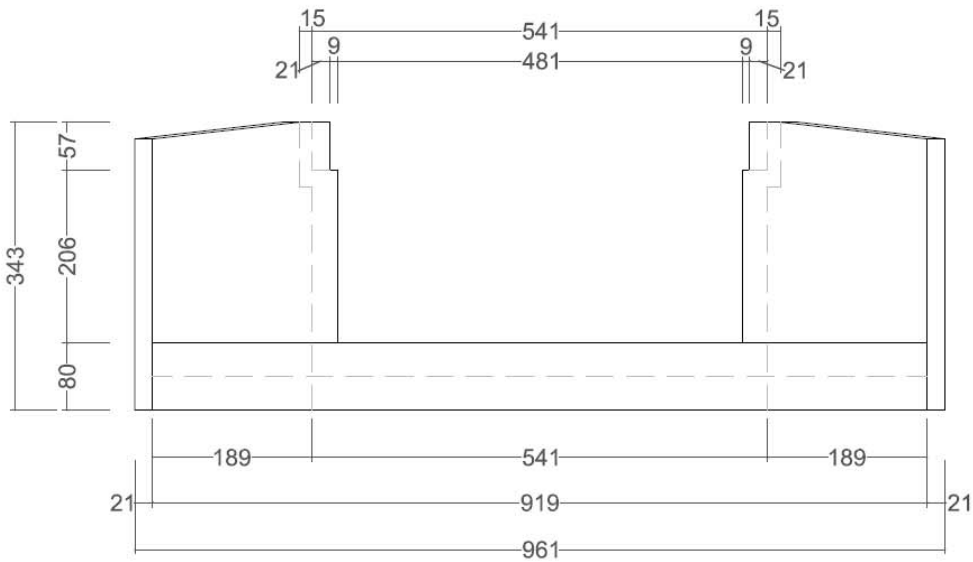


Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		14 di 41

6 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE Scatolare a U





Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		15 di 41

7 ANALISI DEI CARICHI

7.1 Peso proprio ponte in legno

Il peso proprio del legname è valutato in ragione di $6,5 \text{ KN/m}^3$.

In sede di combinazioni di carico i valori di sollecitazione saranno cautelativamente amplificati (per il 10%) in considerazione dei pesi aggiuntivi dovuti a giunti, bullonature e orditure minori.

7.2 Carichi ed ipotesi di calcolo

Il dimensionamento delle strutture è stato effettuato tenendo conto delle seguenti ipotesi di calcolo:

peso proprio calcestruzzo	25	KN/m^3
terreno non rimaneggiato	18	KN/m^3
terreno rimaneggiato e compattato	17	KN/m^3
Carpenteria in legno	6,5	KN/m^3

Carichi stradali secondo D.M.14.01.2008:

“Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”

Azioni sismiche : zona 4 ai sensi dell’Ordinanza n°3274 della Presidenza del Consiglio dei ministri del 20/03/2003.

Terreni superficiali angolo d’attrito interno 30° e falda posta a livello inferiore della quota d’imposta delle fondazioni

Spinta dinamica della corrente assente in quanto la corrente non ha ostacoli fissi posti dalla presente struttura perché i piedritti sono a filo con l’alveo del canale e la sezione idraulica dello scatolare è sufficientemente ampia rispetto alla quantità d’acqua che è regimentata.

Le acque del canale sono regimentate da chiuse e il livello di massima piena è inferiore all’altezza dell’intradosso della travata continua.



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO PE0410	LOTTO CA 2 10	CODIFICA RT	DOCUMENTO RT.00.00 001	REV.	FOGLIO 16 di 41
--------------------	------------------	----------------	---------------------------	------	--------------------

7.3 Analisi dei carichi

- Azioni permanenti;
- Azioni variabili da traffico;
- Azioni variabili di vento e neve;
- Azioni sismiche.

7.3.1 Azioni permanenti

Le azioni permanenti prese in considerazione sono:

- 1) Peso proprio degli elementi strutturali e non strutturali: g 1
- 2) Carichi permanenti portati: g 2 (Tavolame pavimentazione e parapetti).

Il peso proprio degli elementi strutturali e non strutturali, relativi alla trave, è di seguito riportato in tabella.

Carichi permanenti						
Descrizione	Parti	Base	Altezza	Lunghezza	Peso	Peso
	Uguali				Specifico	Totale
	N	B	H	L	γ	$P_{tot.}$
		[m]	[m]	[m]	[KN/m3]	[KN]
Travi Principali	4	0,24	0,38	6,60	6,5	17,21
Travetti di ripartizione	14	0,08	0,12	5	6,5	4,80
Tavolame Pavimento	1	3	0,06	6,7	6,5	8,62
Montanti Parapetto	28	0,13	0,08	1,1	6,5	2,29
Puntoni Parapetto	56	0,04	0,06	0,85	6,5	0,81
Corrimano Parapetto	2	0,23	0,06	7	6,5	1,38
Tavole parapetto	8	0,03	0,14	7	6,5	1,68
						36,81

7.3.2 Azioni Variabili da Traffico

I carichi variabili da traffico sono definiti dagli Schemi di Carico descritti nel §5.1.3.3.3, del D.M. 14/01/08 e nello specifico:



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		17 di 41

7.3.2.1 Schema di Carico 5: costituito dalla folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di $5,0 \text{ kN/m}^2$. Il carico folla sarà applicato su tutte le zone significative della superficie di influenza.

7.3.2.2 Azione longitudinale di frenatura o di accelerazione

per memoria

7.3.3 Azioni Variabili di vento e neve

Mentre si può considerare trascurabile l'azione del vento, il carico di neve considerato è di $1,9 \text{ KN/m}^2$

7.3.4. Azioni Sismiche

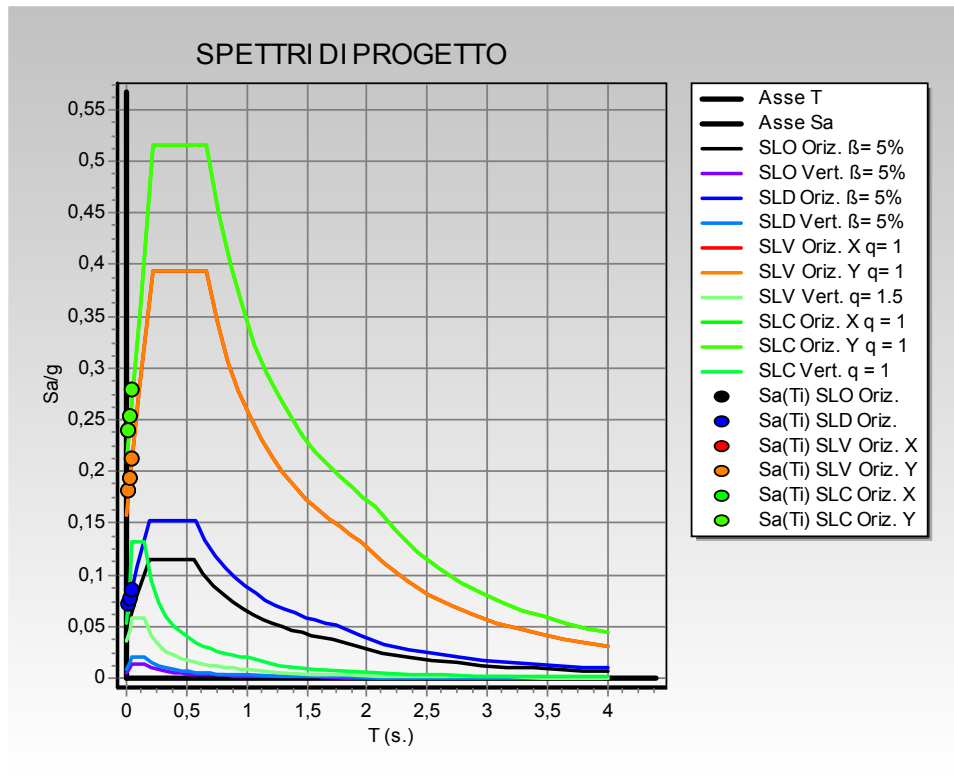
Per quanto riguarda le azioni sismiche si riporta di seguito lo spettro accelerometrico di progetto.



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		18 di 41



7.3.4.1 Verifiche delle azioni sismiche

Le verifiche nei riguardi delle azioni sismiche vanno svolte secondo i criteri ed i metodi esposti nel relativo § 3.2. del DM 1401



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		19 di 41

8 VERIFICHE DI SICUREZZA

Le verifiche di sicurezza sulle varie parti dell'opera saranno effettuate sulla base dei criteri definiti dal DM 14/01/08.

In particolare saranno effettuate le verifiche allo stato limite ultimo, ivi compresa la verifica allo stato limite di fatica, ed agli stati limite di servizio riguardanti gli stati di fessurazione e di deformazione.

Le combinazioni di carico da considerare ai fini delle verifiche saranno stabilite in modo da garantire la sicurezza secondo quanto definito nei criteri generali enunciati al Cap. 2 delle cogenti norme tecniche.

8.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Si dovrà verificare che sia: $E_d \leq R_d$, dove E_d è il valore di progetto degli effetti delle azioni ed R_d è la corrispondente resistenza di progetto.

8.2 Stati Limite di Esercizio

Per gli Stati Limite di Esercizio si dovrà verificare che sia: $E_d \leq C_d$, dove C_d è un valore nominale o una funzione di certe proprietà materiali legate agli effetti progettuali delle azioni considerate, ed è il valore di progetto dell'effetto dell'azione determinato sulla base delle combinazioni di carico.

8.3 Verifiche allo stato limite di fatica

Le verifiche saranno condotte considerando spettri di carico differenziati, a seconda che si conduca una verifica per vita illimitata o una verifica a danneggiamento.

8.4 Verifiche allo stato limite di fessurazione

Per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture viene prefissato uno stato limite di fessurazione, commisurato alle condizioni ambientali e di sollecitazione, nonché alla sensibilità delle armature alla corrosione.



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		20 di 41

Per le strutture in calcestruzzo armato ordinario, devono essere rispettate le limitazioni di cui alla Tab. 4.1.VI,(paragrafo 5.1.4.4, DM14/01/08) per armatura poco sensibile.

8.5 Verifiche allo stato limite di deformazione

L'assetto della struttura, valutata in base alle combinazioni di carico precedentemente indicate, dovrà risultare compatibile con la geometria della struttura stessa in relazione alle esigenze del traffico, nonché con i vincoli ed i dispositivi di giunto previsti in progetto.

Le deformazioni della struttura non dovranno arrecare disturbo al transito dei carichi mobili e alle velocità di progetto della strada.

8.6 Verifiche delle azioni sismiche

Le verifiche nei riguardi delle azioni sismiche vanno svolte secondo i criteri ed i metodi esposti nel relativo § 3.2. del DM 14/01/08

8.7 Verifiche in fase di costruzione

Le verifiche di sicurezza verranno svolte anche per le singole fasi di costruzione dell'opera, tenendo conto dell'evoluzione dello schema statico e dell'influenza degli effetti differiti nel tempo.

Verranno verificate anche le eventuali centine e le altre attrezzature provvisorie previste per la realizzazione dell'opera.

8.8 Verifiche in fase di costruzione

Le verifiche di sicurezza verranno svolte anche per le singole fasi di costruzione dell'opera, tenendo conto dell'evoluzione dello schema statico e dell'influenza degli effetti differiti nel tempo.

Verranno verificate anche le eventuali centine e le altre attrezzature provvisorie previste per la realizzazione dell'opera.



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		21 di 41

9 PONTE IN LEGNO

9.1 Generalità

La presente relazione riguarda il progetto strutturale esecutivo per un ponte in legno nell'ambito della realizzazione di una pista ciclopedonale nella città di Cassano d'Adda.

Lungo il tracciato ciclopedonale si deve realizzare un ponte in legno, che permetta lo scavalcamento di un canale; la luce da scavalcare è di circa 6,5 metri,

Il ponte da realizzare sarà di 3a categoria: "ponti per il transito dei soli carichi associati allo schema 5 (passerelle pedonali)", avrà una larghezza di 3,00 m e dovrà resistere ad un carico, relativo alla folla compatta di 5 KN/m².

Sul manufatto sarà applicato un contrassegno permanente, chiaramente visibile, indicante la categoria e l'anno di costruzione del ponte e l'accesso di carichi differenti da quelli di progetto sarà materialmente impedito.

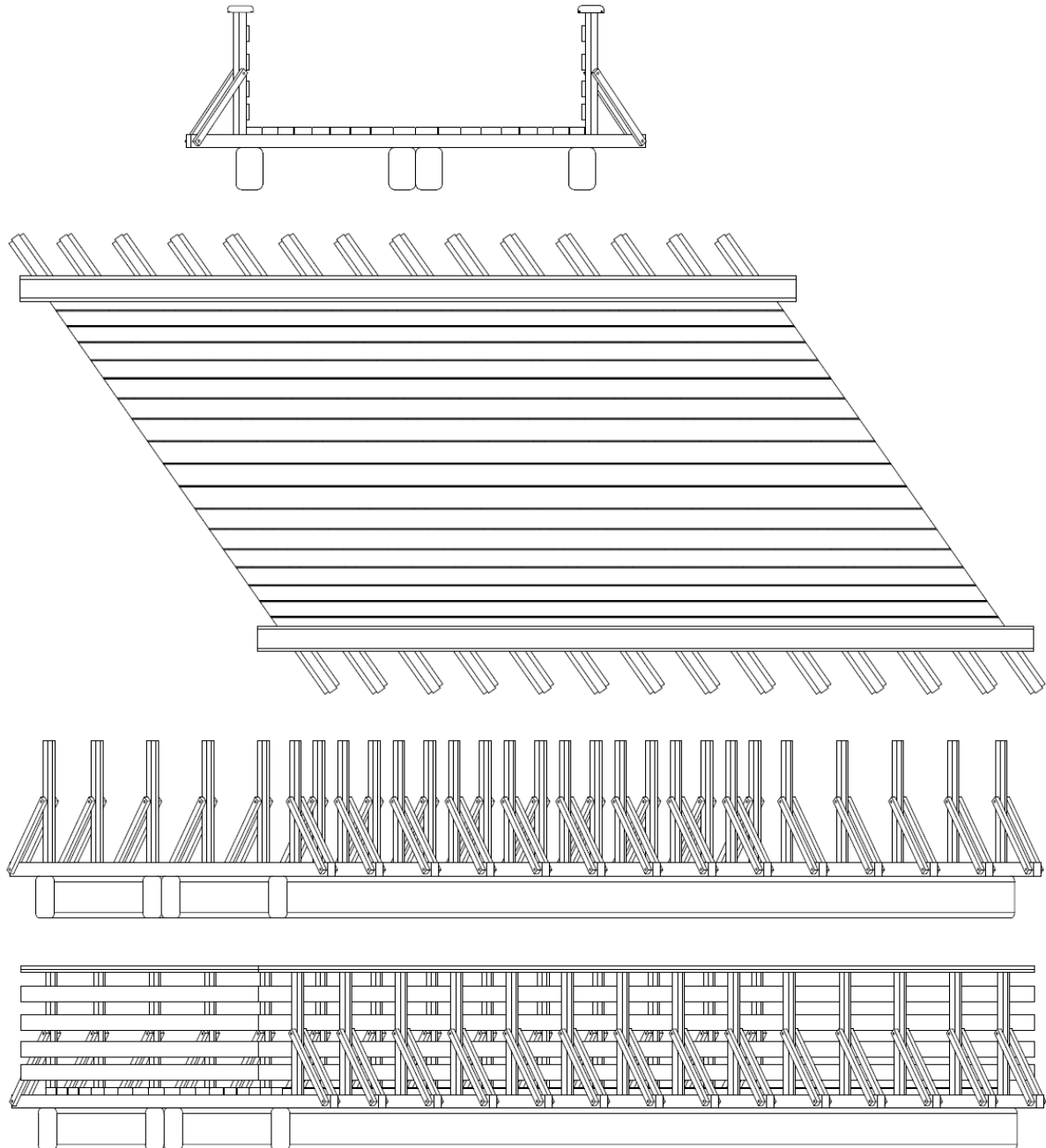
L'intera struttura si appoggia completamente su uno scatolare ad U in calcestruzzo armato, di dimensioni 6,60 x 4,50 metri, con un'inclinazione di 55 gradi, costruito in opera appositamente per l'alloggiamento del ponte.

La struttura sarà calcolata e dimensionata con il metodo delle tensioni ammissibili, integrata con la verifica sismica agli stati limite, secondo la nuova normativa dell'Eurocodice 5.

Gli spessori minimi delle diverse parti costituenti l'impalcato in legno terranno conto dell'influenza dei fattori ambientali sulla durabilità dell'opera e rispetteranno le prescrizioni delle norme relative ai singoli elementi strutturali.

Il ponte si compone di quattro travi di lunghezza di 6,70 m e sezione 24 x 38 cm, in legno massiccio di Larice, lavorato in Uso Savigliano, piallato e scortecciato.

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		22 di 41



La lavorazione “Savigliano” si ottiene da travi precedentemente lavorate ad Uso Trieste sulle quali, dopo aver effettuato il tracciamento della sezione di testa con opportune mascherine, viene tagliata ogni faccia parallelamente, eliminando totalmente o parzialmente la conicità. La parte esterna del tronco sarà costituita prevalentemente da alborno, ottenendo una squadratura pressoché a quattro fili sulla prima metà e ancora smussata sulla seconda metà. E' possibile uniformare la sezione in tutta la lunghezza con un'operazione aggiuntiva di asciatura riformando un leggero smusso della parte a spigolo vivo.



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		23 di 41

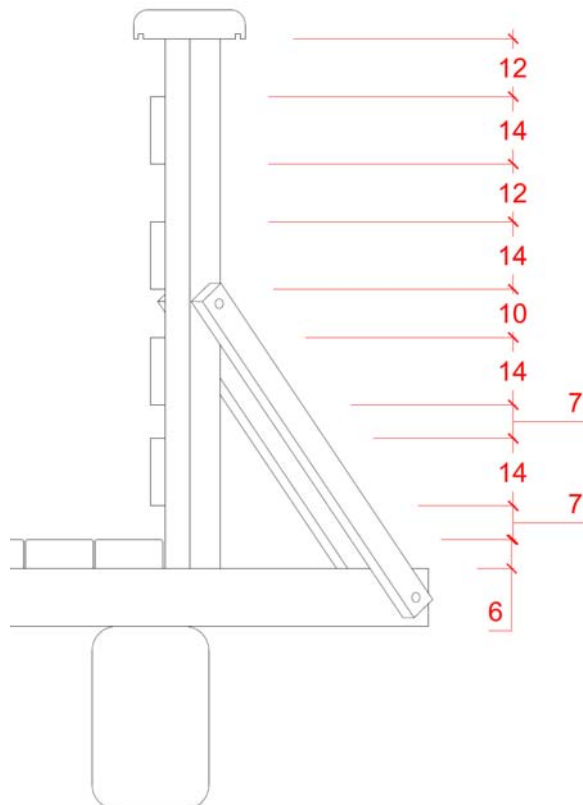
Longitudinalmente all'alveo della roggia si fisseranno, sulle travi portanti, i travetti di ripartizione di lunghezza 5,00 m e sezione 8 x 12 cm. posti ad interasse 50 cm. uno dall'altro.

Sui travetti verrà posato, nel senso longitudinale al ponte, il tavolato di calpestio in legno, sempre di larice, di spessore 6 cm, piallato nella parte a vista di larghezze varie da cm 14 a cm 20 e lunghezze idonee; nella faccia a vista (estradosso) sarà ricavata una bombatura per facilitare lo scolo delle acque.

Le tavole saranno separate tra di loro almeno 3 mm e saranno fissate con viti a legno, a scomparsa, molto robuste.

Il parapetto, dovrà resistere ad una spinta orizzontale di 130 Kg/ml calcolata sul corrimano, sarà realizzato con piantoni esagonali ricavati da un travetto di sezione 8 x 14 cm e fissati sui travetti di ripartizione mediante degli angolari in acciaio e due puntoni in legno di sezione 4 x 6 posti ad un interasse di 50 cm.

Sui fianchi vanno posizionate 4 tavole di sezione 14 x 3 cm. Così come indicato nel disegno allegato alla presente relazione.



Il ponte sarà costituito da travoni in legno di Larice massiccio, stagionato, avente umidità interna non superiore al 20%. I travi portanti saranno collegati tra di loro e alla struttura in c.a. con staffe, bulldog, bulloni e chiodi di sezioni adeguate: ferramenta del tipo S235 J2 (ovvero Fe360 D).

Tutto il legname impiegato sarà trattato col metodo ad immersione in prodotti impregnanti colorati, colore a scelta della D.L., idonei allo scopo. Andrà utilizzato un prodotto ecologico, protettivo del legno, approvato dalla C.E.E..



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		24 di 41

Il materiale dovrà essere fornito ricavandolo da tronchi che hanno subito un processo di stagionatura naturale media di 3 anni.

La struttura potrà essere montata in opera o prefabbricata in stabilimento.

Sarà possibile lavorare il ponte con due moduli in lunghezza assemblabili poi in cantiere.

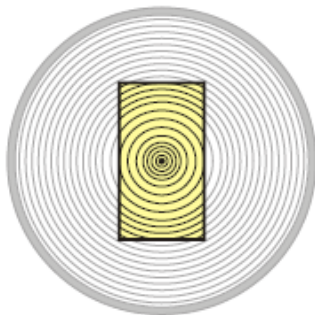
Non resta altro che scegliere la tipologia di legno da utilizzare, e per far ciò si è deciso di prendere in considerazione tutta una serie di prodotti considerati idonei alla nostra realizzazione, vederne le caratteristiche tecniche, e decidere in seguito la scelta finale, anche tenendo in considerazione che la cosa principale è avere un legno capace di resistere alle intemperie stagionali e soprattutto di facile manutenzione.

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		25 di 41

10 PRODOTTI DI LEGNO PER LA COSTRUZIONE – SCELTA DEL TIPO DI LEGNO DA USARE

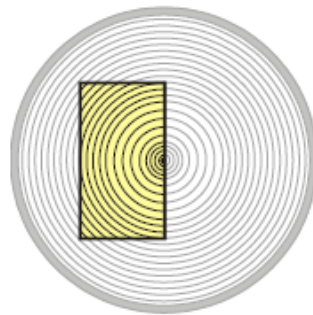
10.1 Introduzione

La materia prima di tutti i prodotti di legno e a base legno è il cosiddetto legno tondo. A partire da esso, attraverso segazione ed essiccazione si ottengono i “segati”, che, a loro volta, possono essere sottoposti ad una ulteriore lavorazione della superficie in base alle esigenze dell’uso previsto. I possibili tipi di taglio, rappresentati nella seguente figura, influenzano la qualità del materiale e il suo comportamento in caso di ritiro e rigonfiamento.



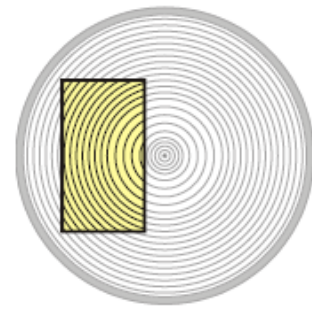
Taglio con cuore

Instabilità dimensionale (deformazioni e svergolamento) e rischio di fessurazione molto alti



Taglio cuore spaccato

Instabilità dimensionale (deformazioni e svergolamento) e rischio di fessurazione alti



Taglio fuori cuore

Instabilità dimensionale (deformazioni e svergolamento) e rischio di fessurazione limitati

Figura 1: Possibili tipi di taglio

I segati possono essere classificati secondo la resistenza ed essere usati con funzione strutturale per elementi di tipo lineare di legno massiccio. Gli evidenti limiti nelle dimensioni e nelle caratteristiche fisico-meccaniche, derivanti dal fatto che i segati provengano da un unico tronco di legno, vengono superati grazie al processo di incollaggio, attraverso il quale è possibile realizzare prodotti di tipo lineare (legno massiccio da costruzione, travi DUO/TRIO e legno lamellare incollato).

I segati vengono giuntati in direzione longitudinale mediante il giunto a pettine, realizzando così un prodotto di maggiore lunghezza. Tramite incollatura della superficie possono esser uniti più elementi in direzione trasversale, ottenendo



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		26 di 41

sezioni di dimensioni più grandi; tramite incollatura di più strati vengono prodotti gli elementi piani di legno massiccio e il compensato di tavole.

Mediante processi di lavorazione e produzione industriali, si possono realizzare prodotti a base legno con caratteristiche meccaniche definite e con minore dispersione rispetto al legno massiccio.

Di essi fanno parte prodotti piani o a forma di trave ricavati da piallacci, trucioli e fibre di legno.

Gli elementi costruttivi di legno di forma lineare, ad esempio travi o aste, sono da sempre utilizzati nel settore edile. Un'evoluzione significativa si è avuta negli ultimi anni in seguito allo sviluppo di elementi costruttivi a base legno di forma piana, che è stato possibile mettere sul mercato grazie all'evolversi della possibilità di lavorazione e della tecnologia di incollaggio.

10.2 Prodotti di tipo lineare

Come si può immaginare, il "primo" (in relazione al processo di lavorazione) prodotto di tipo lineare è il legno tondo. Sotto questo nome si intendono legnami di Conifere o Latifoglie per i quali oltre allo scortecciamento ed all'eliminazione del cambio non sono ammesse altre trasformazioni della sezione e della superficie del legno (eventualmente rettificazione del tronco per ottenere un diametro costante). A causa del permanere della struttura naturale (non danneggiata), soprattutto delle fibre esterne, il tondo, in confronto ai segati, presenta migliori caratteristiche di resistenza e rigidità. Le esigenze e le proprietà del prodotto legno tondo per impiego strutturale sono contenute nelle norme ON EN 14544:2002 e DIN 4074-2. Oltre alle caratteristiche di resistenza, il legno tondo deve rispondere anche ad altre esigenze. Esse riguardano, soprattutto per ragioni costruttive, il mantenimento entro certi valori limite della conicità (riduzione della sezione di legno tondo in direzione assiale), della crescita a spirale dell'albero e dell'ovalità (rapporto tra diametro massimo e minimo in una sezione). I tondi vengono impiegati in edilizia prevalentemente per impalcature e ponteggi.

10.3 Legno massiccio

La definizione legno massiccio strutturale indica i segati destinati a strutture portanti, ricavati dal legno tondo tramite taglio parallelo all'asse del tronco ed eventuale piallatura, senza superfici incollate e senza giunti a pettine.

In Europa centrale le specie legnose impiegate sono soprattutto le Conifere locali come l'abete rosso, l'abete bianco, il pino, il larice e la douglasia. Per usi particolari viene usato anche il legno delle Latifoglie indigene, soprattutto quercia, faggio, frassino, castagno e robinia.



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		27 di 41

I segati si distinguono in listelli, tavole (o lamelle), tavoloni e legname squadrato a seconda delle dimensioni e del rapporto tra altezza e spessore della sezione (in base alla Bozza ON DIN 4074 - 1:2004).

Le lunghezze commerciali sono comunemente di 4 m per listelli, tavole e tavoloni. In casi particolari si trovano sul mercato anche assortimenti che vanno da 3 m a 6 m.

Di regola, il legname squadrato viene fornito, in base alle richieste del cliente, ad incrementi di lunghezza di 0,5 m. La lunghezza massima dipende tuttavia dal taglio e dal trasporto e non supera, di norma, i 14 m.

Le dimensioni delle sezioni variano ad incrementi di 20 mm e, a causa del diametro del tronco,

sono limitate a circa 260 mm (in casi eccezionali 320 mm).

Per quanto riguarda le caratteristiche della superficie, il legno massiccio viene impiegato principalmente allo stato grezzo. Come elemento base per il legno lamellare, per le costruzioni a vista e gli elementi profilati (p. es. i rivestimenti), si procede di regola alla piallatura.

Il dimensionamento degli elementi di legno massiccio deve avvenire in base alla normativa tecnica vigente in materia (per esempio: Bozza finale prEN 1995-1-1:2003; ON B 4100-2:2003; DIN 1052:2004). I valori caratteristici per il calcolo sono definiti, in base alle classi di resistenza, nella UNI EN 338:1997 (ON EN 338:2003) e nella DIN 1052:2004 (o nella ON B 4100-2:2003).

Il legname squadrato viene utilizzato in quasi tutti i settori delle costruzioni (edilizia e ponti). In edilizia si usa legname squadrato per le travi correnti sulle fondazioni, per i pilastri e le travi portanti, per travi semplici o assemblate, e ancora per arcarecci, puntoni, travetti e gli ulteriori elementi di una struttura portante.

I tavoloni vengono utilizzati per le superfici di carico (tavolati per impalcature, balconate, solai).

Le tavole sono utilizzate universalmente. A seconda della lavorazione della superficie (grezza, piallata, fresata), esse possono essere impiegate sia come materia prima per una successiva lavorazione, sia come casseri o ancora come rivestimenti piallati o fresati. Tavole e tavoloni (lamelle) sono, inoltre, i prodotti base per la realizzazione del legno lamellare incollato. Sollecitati a flessione secondo l'asse forte della sezione, trovano impiego anche nelle travi composte inchiodate. I listelli vengono utilizzati soprattutto come elementi di completamento e sottostruttura di pavimenti, come rivestimenti di coperture e facciate.

Dei prodotti di legno massiccio fanno parte anche le travi Uso Trieste e Fiume. La travatura Uso Trieste deriva dal legno di abete rosso scortecciato, con squadratura continua sulle quattro facce.

Questo tipo di squadratura con smusso su tutta la lunghezza, seguendo la conicità del legno, intacca solo superficialmente le fibre determinando una più elevata resistenza meccanica.

La travatura Uso Trieste è adatta a lavori di carpenteria ed è utilizzata per la costruzione di tetti e coperture. Le sezioni vanno da 9 x 9 cm fino a 30 x 30 cm e le lunghezze da 3 m a 10 m.



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		28 di 41

La travatura Uso Fiume viene realizzata in tronchi di legno d'abete rosso. Piallata/asciata sui 4 lati a sezione parallela, mantiene i caratteristici bordi smussati per tutta la lunghezza. La maggior parte delle fibre legnose rimane intatta, conferendole ottime caratteristiche meccaniche e di elasticità. La travatura Uso Fiume viene utilizzata in lavori di restauro e laddove siano richiesti risultati estetici particolari. Le sezioni vanno da 12 x 12 cm fino a 24 x 24 cm e le lunghezze da 4 m a 8 m.

10.4 Prodotti di legno massiccio

Uno dei prodotti di legno massiccio è il legno massiccio da costruzione (KVH). Con tale denominazione si indica il legname squadrato essiccato artificialmente, piallato e classificato secondo la resistenza, ottenuto da taglio cuore spaccato o fuori cuore. Rispetto al legname squadrato convenzionale, esso deve soddisfare criteri di classificazione più restrittivi.

Mediante il giunto a pettine è possibile ottenere elementi di maggior lunghezza.

Il giunto a pettine è un giunto longitudinale tra due elementi di legno massiccio, sulle cui testate sono stati intagliati, mediante fresatura, denti aventi stesso profilo e stesso passo, che si incastrano fra di loro senza gioco e che sono uniti tramite incollaggio. L'orientamento dei denti può essere parallelo alla larghezza o all'altezza della sezione. Per i giunti a pettine eseguiti sul legno massiccio da costruzione (KVH) vale tanto la UNI EN 385:2003 (ON EN 385:2002) quanto la DIN 68140-1:1998.

Per quanto riguarda la qualità del prodotto, è previsto un controllo eseguito dal produttore stesso e/o un controllo ad opera di un istituto esterno. Ne risulta un materiale di legno massiccio omogeneo e dalle ridotte deformazioni e fessurazioni.

In relazione al suo futuro impiego, il legno massiccio da costruzione (KVH) viene offerto sul mercato nella "qualità a vista" e "industriale".

Oltre al legno massiccio da costruzione (KVH) è attualmente disponibile anche un altro prodotto, ugualmente dal marchio registrato: il legno massiccio (MH). Anch'esso soddisfa una serie di criteri di qualità più restrittivi rispetto alle indicazioni stabilite nella ON DIN 4074-1:1996 e può essere collocato in una categoria che si trova tra il prodotto "legno massiccio" e il prodotto "legno massiccio da costruzione (KVH)".

Il legno massiccio da costruzione (KVH) e il legno massiccio (MH) vengono prodotti normalmente da legno di abete rosso; è possibile tuttavia utilizzare anche altre Conifere come il pino, l'abete bianco e il larice.

Contrariamente a quanto accade per il legno massiccio e il legno massiccio (MH), che sono disponibili in tutte le dimensioni realizzabili in base al diametro del legno tondo di partenza e che vengono forniti sulla base delle liste di ordinazione, il legno massiccio da costruzione (KVH) viene offerto in dimensioni standard, le cosiddette "dimensioni preferenziali".

Il legno massiccio da costruzione (KVH) e il legno massiccio (MH-Plus) sono di regola prodotti piallati e smussati. Secondo le esigenze, il legno massiccio da costruzione (KVH) viene offerto in due tipi di qualità della superficie, che si



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		29 di 41

differenziano in base all'aspetto (colorazioni, ecc.): il legno massiccio da costruzione per applicazioni a vista (KVH-Si) e il legno massiccio da costruzione per applicazioni non a vista (KVH-NSi). Il legno massiccio (MH-Fix) è offerto con piallatura grezza e smussato mentre il legno massiccio (MH-Natur) è offerto allo stato grezzo.

Il dimensionamento di elementi strutturali di legno massiccio da costruzione (KVH) e di legno massiccio (MH) deve avvenire, come per il legno massiccio, secondo le norme vigenti in materia (Bozza finale prEN 1995-1-1:2003; ON B 4100-2:2003; DIN 1052:2004), rispettando la classe di resistenza prescelta. Nel caso del legno massiccio da costruzione (KVH) la riduzione della sezione causata dal giunto a pettine non deve essere presa in considerazione.

Il legno massiccio da costruzione (KVH) può essere utilizzato per tutti gli elementi strutturali. In particolare, questo materiale è adatto, nella costruzione di edifici di legno, per pareti, solai e strutture di copertura. I prodotti legno massiccio da costruzione per applicazioni a vista (KVH-Si) e legno massiccio (MH-Plus), grazie all'elevata qualità della superficie, risultano particolarmente idonei laddove il legno resti a vista anche a costruzione ultimata (travi, puntoni, arcarecci).

11 SPECIE LEGNOSE PER USO STRUTTURALE

11.1 Abete rosso, *Picea abies* Karst.

Caratteri macroscopici della struttura

“**Durame chiaro**”: albarno e durame da biancastri (giallognoli) a giallo paglierino-rossastri; con l'esposizione alla luce cambiamento in giallastro bruno scuro.

Anelli annuali ben distinti; legno tardivo giallo-rossastro, legno primaverile biancastro; transizione prevalentemente graduale tra zona primaverile e zona tardiva; tenero, canali resiniferi poco numerosi (caratteristica essenziale che lo differenzia dall'abete bianco!)

Le zone tardive formano venature e la struttura è rigata

Durabilità e lavorazione:

- durame poco resistente agli attacchi fungini
- albarno difficilmente impregnabile, durame da difficilmente a molto difficilmente impregnabile
- buona essiccazione
- buon incollaggio
- abbastanza resistente agli acidi deboli ed agli alcali

Impiego:

Impieghi principali:

- edilizia (come legno da costruzione, strutture di copertura, costruzioni di legno incollato, ecc.) e come materiale per costruzioni ausiliarie (casseri e ponteggi)
- finiture di interni ed esterni (mobili, pannellature, porte, finestre, scale, profilati, ecc.)
- in grandi quantità come legno per la produzione industriale di cellulosa, pasta di legno e pannelli a base legno
- il legno di abeti delle zone di montagna, con anelli di crescita molto sottili è impiegato per la produzione di strumenti musicali.



PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		31 di 41

11.2 Abete bianco, *Abies alba Mill.*

Caratteri macroscopici della struttura:

“**Durame chiaro**”: alburno e durame di colore uguale biancastro-giallognolo (come nell’abete rosso, ma spesso con un luccichio da grigio a grigiiovioletto)

Anelli annuali ben distinti; legno tardivo giallo-roseo opaco; transizione graduale tra zona primaverile e zona tardiva; senza canali resiniferi e senza sacche di resina (caratteristica essenziale che lo differenzia dall’abete rosso!).

Venature linguiformi e struttura rigata.

Talvolta durame scuro e “umido” (umidità fino a 160%) con debole odore acidulo.

Durabilità e lavorazione:

- durame poco resistente agli attacchi fungini
- alburno moderatamente impregnabile, durame da moderatamente a difficilmente impregnabile
- buona essiccazione (a causa del durame umido l'essiccazione insieme all'abete rosso può essere problematica, e/o richiedere una essiccazione successiva)
- buon incollaggio
- abbastanza resistente agli acidi ed agli alcali

Impiego:

Generalmente impiegato come l’abete rosso (spesso nessuna differenza tra abete bianco e rosso nell’utilizzo; in alcuni casi sono disponibili solo assortimenti misti); preferibile laddove non è gradita la presenza di resina dell’abete rosso;

- legno da costruzione per finiture di interni e per costruzioni
- strumenti musicali (casse armoniche, canne d'organi)
- contenitori di sostanze chimiche
- industria della carta e della cellulosa





Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		32 di 41

11.3 Pino silvestre, *Pinus sylvestris* L.

Caratteri macroscopici della struttura:

Durame differenziato obbligatoriamente: durame bruno-rossastro distinto nettamente dall'alburno giallo chiaro.

Anelli annuali ben distinti; transizione da graduale fino a piuttosto brusca tra zona primaverile e zona tardiva; canali resiniferi nettamente riconoscibili (più grandi che nell'abete rosso e nel larice).

Venature decorative; i canali resiniferi appaiono come linee sottili da gialle a brune e fortemente rigato

Durabilità e lavorazione:

- durame da moderatamente a poco resistente agli attacchi fungini
- alburno ben impregnabile, durame da difficilmente a molto difficilmente impregnabile
- buona essiccazione
- buon incollaggio (in caso di non eccessiva presenza di resina)

Impiego:

- legno da costruzione per finiture di interni ed esterni, nell'industria mineraria, nelle costruzioni navali e di carrozze
- legno di piallacci, legno compensato
- mobili e ristrutturazione di interni (con tocco "rustico")
- piloni e traversine
- Industria dei prodotti a base legno (soprattutto pannelli truciolari)





Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		33 di 41

11.4 Larice (europeo), *Larix decidua Mill.*

Caratteri macroscopici della struttura:

Durame differenziato obbligatoriamente: di regola durame rossastro-bruno intenso, diventa molto scuro; albarno abbastanza sottile, da giallastro a bianco-rossastro.

Anelli annuali ben distinti; transizione piuttosto netta tra zona primaverile e zona tardiva; nonostante l'elevata presenza di resina i canali resiniferi sono non particolarmente numerosi, molto piccoli e si trovano primariamente nella zona tardiva.

Rilevanti venature decorative e struttura ad evidenti rigature

Durabilità e lavorazione:

- durame da moderatamente a poco resistente agli attacchi fungini
- albarno moderatamente impregnabile, durame molto difficilmente impregnabile
- buona essiccazione (in caso di legno più resinoso eventualmente più difficile)
- buon incollaggio

Impiego:

- legno da costruzione per finiture di interni ed esterni o a contatto con il terreno; industria mineraria, imbarcazioni, costruzioni idrauliche e di **ponti** (p. es. pali infissi), sili e torri di raffreddamento
- finestre e porte
- scandole
- piloni, traversine e **ponti**
- mobili, rivestimenti interni ed esterni
- botti, tini e contenitori particolari per soluzioni chimiche





Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		34 di 41

11.5 Douglasia strutturale, *Pseudotsuga menziesii* Franco

Caratteri macroscopici:

Durame differenziato obbligatoriamente: durame giallastro-bruno erossastro-bruno tendente ad inscurirsi se esposto alla luce (molto simile al legno di larice!); alborno chiaro, giallastro e sottile
Anelli annuali ben distinti da sottili a molto ampi; transizione tra zona primaverile e zona tardiva distinta o non distinta; canali resiniferi distinti
Venature decorative e fortemente rigato

Durabilità e lavorazione:

- durame da moderatamente a poco resistente agli attacchi fungini
- alborno da moderatamente a difficilmente impregnabile, durame molto difficilmente impregnabile
- facile da essiccare (evitare la fuoriuscita di resina!)
- buon incollaggio
- abbastanza resistente agli acidi deboli ed agli alcali

Impiego:

- legno da costruzione per finiture di interni ed esterni (balconi, portoni, finestre)
- costruzioni idrauliche, di ponti, navali, di carrozze, di imbarcazioni e di aeroplani
- piallacci sfogliati per legno compensato
- botti, serbatoi, sili



PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		35 di 41

11.6 Faggio, *Fagus sylvatica* L.

Caratteri macroscopici della struttura:

Durame chiaro: durame ed alburno normalmente ugualmente da biancorossastri a bruno-rossastri;

Eventualmente durame differenziato facoltativamente (in età avanzata) (“falso durame”): durame bruno-rosso, per lo più non chiaramente distinto o irregolarmente a stella.

Aiffuso-poroso; anelli annuali ben distinti per zone povere di pori (legno tardivo più scuro); vasi riconoscibili solo con una lente d'ingrandimento; grandi raggi midollari ben distinti e chiaramente visibili ad occhio nudo.

Grandi raggi midollari chiaramente visibili ad occhio nudo come trattini caratteristici, sottili, di colore bruno.

Durabilità e lavorazione:

- durame non resistente agli attacchi fungini
- alburno e durame chiaro ben impregnabili, eventuale falso durame molto difficilmente impregnabile
- essiccazione possibile senza problemi, richiede comunque particolare attenzione
- buon incollaggio

Impiego:

Specie legnosa locale dalle più molteplici possibilità di applicazione

- piallacci sfogliati per legno compensato e stratificato, piallacci tranciati per mobili
- mobili e finiture per interni (anche quale legno piegato)
- costruzione di aeroplani e di macchine, attrezzi, piccoli apparecchi e giocattoli di legno;
- traversine ferroviarie (a causa della modesta stabilità dimensionale non per gli scambi!), costruzioni idrauliche
- prodotti a base legno (soprattutto legno compensato e stratificato, ma anche pannelli truciolari e di fibre), cellulosa e carta
- carbone





Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		36 di 41

11.7 Quercia; propriamente: Farnia, *Quercus robur L.* e Rovere, *Quercus petraea Liebl*

Caratteri macroscopici della struttura: (Farnia e Rovere non distinguibili con sicurezza a livello macroscopico e microscopico)

Durame differenziato obbligatoriamente: durame bruno-rossastro fresco, bruno chiaro asciutto in seguito tendente ad inscurirsi; albarno sottile e bianco-giallastro Poroso-zonato, perciò anelli annuali distinti; vasi della zona primaverile e grandi raggi midollari chiaramente visibili ad occhio nudo.

Struttura a venature; evidenti venature da pori e grandi raggi vistosi, rigature molto evidenti

Durabilità e lavorazione:

- durame resistente agli attacchi fungini
- albarno ben impregnabile, durame molto difficilmente impregnabile
- moderatamente buona essiccazione; tende a fessurarsi, ad imbarcarsi ed a cambiare colore necessaria essiccazione lenta ed a bassa temperatura
- incollaggio per usi strutturali problematico
- reazione degli acidi tanninici con il ferro in caso di contatto con il legno di quercia “fresco” di metalli a base ferro (→ macchioline blu scuro)!

Impiego:

- mobili e finiture per interni, soprattutto come piallacci tranciati
- legno per costruzioni edili, sottostrutture e costruzioni idrauliche (p. es. fondazioni su pali di legno di quercia), traversine (scambi!)
- costruzioni navali, di macchine e di aeroplani
- botti





Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		37 di 41

11.8 Frassino, *Fraxinus excelsior L.*

Caratteri macroscopici della struttura:

Durame chiaro o legno intermedio:

alburno e durame, di regola, non sono distinti alburno giallo chiaro, durame dello stesso colore, esposto alla luce tende leggermente ad inscurirsi;

eventuale durame differenziato facoltativamente (in età più adulta)

(“**durame bruno**”): alburno da chiaro a bruno scuro, talvolta anche di color oliva (“frassino-oliva”)

Poroso-zonato, perciò anelli annuali distinti; i vasi nella zona primaverile e la parenchima longitudinale visibili ad occhio nudo, i vasi nella zona tardiva ed i raggi midollari visibili solo con una lente d'ingrandimento

Venature; evidenti venature da pori nella zona primaverile; rigato evidenti rigature nella zona primaverile raggi midollari riconoscibili anche senza una lente d'ingrandimento

Durabilità e lavorazione

- durame non resistente agli attacchi fungini
- alburno e durame chiaro moderatamente impregnabili, durame facoltativo molto difficilmente impregnabile
- buona essiccazione
- buon incollaggio

Impiego:

- mobili e finiture per interni (anche elementi di forma curva)
- attrezzature sportive (un tempo per produzione di sci), manici di utensili, scale di legno
- tempo fa: costruzione di apparecchi, macchine, veicoli, vagoni, barche ed aeroplani





Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		38 di 41

11.9 Robinia, *Robinia pseudoacacia L.*

Caratteri macroscopici della struttura:

Durame differenziato obbligatoriamente: durame da giallo-verde a giallobruno e oro-bruno scuro tendente ad inscurirsi; albarno sottile da giallo a bianco-verdastro. Grazie alla porosità zonata, anelli annuali distinti e vasi nella zona primaverile visibili ad occhio nudo; raggi midollari e vasi nella zona tardiva riconoscibili solo con una lente d'ingrandimento.

Venature; evidenti venature da pori e anelli annuali decisamente delimitati; evidente formazione di striature, canali porosi evidenti raggi midollari visibili

Durabilità e lavorazione:

- durame da resistente a molto resistente agli attacchi fungini
- albarno ben impregnabile, durame molto difficilmente impregnabile
- essiccazione moderatamente buona, lenta e condotta con cautela, altrimenti tende a fessurarsi ed imbarcarsi
- lavorabilità difficile ma soddisfacente
- incollaggio moderatamente buono
- impiego nell'industria mineraria

Impiego:

- industria mineraria, costruzioni idrauliche e nel suolo, mulini, macchine agricole, veicoli, costruzioni navali e ferroviarie
- mobili da giardino, palizzate, rivestimenti esterni, giochi e mobili da giardino, pali e piloni
- botti e botticelle





Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		39 di 41

11.10 Castagno, *Castanea sativa* Mill.

Caratteri macroscopici della struttura:

Durame differenziato obbligatoriamente: durame da bruno pallido a bruno scuro; albarno stretto e da quasi bianco a bianco giallastro.

Grazie alla porosità zonata, anelli annuali distinti e vasi nella zona primaverile visibili ad occhio nudo; raggi midollari e vasi nella zona tardiva riconoscibili solo con una lente d'ingrandimento;

Evidenti venature da pori e struttura rigata

Durabilità e lavorazione:

- durame resistente agli attacchi fungini
- albarno moderatamente impregnabile, durame molto difficilmente impregnabile
- essiccazione difficile e lenta; tendenza marcata al collasso cellulare, leggera tendenza ad imbarcarsi
- incollaggio da soddisfacente a buono
- in presenza di elevata umidità del legno possibile corrosione dei metalli e azzuramenti del legno

Impiego:

- legno da costruzione per finiture interne ed esterne, costruzioni idrauliche e navali
- legno da arredamento per mobili rustici e rivestimenti (spesso come piallaccio tranciato), parquet
- in Francia come doghe per le botti





Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		40 di 41

12 CARATTERISTICHE FISICHE DEL LEGNO

12.1 Considerazioni generali

Il legno è un materiale poroso-capillare. A seconda della massa volumica del legno, la percentuale dei pori è mediamente pari a 50-60%. Il legno ha quindi una grande superficie interna. Questo sistema costituito prevalentemente da cavità, come tutti i materiali porosi, assorbe vapore acqueo dall'aria circostante e può imbevversarsi, per capillarità, di acqua o di altri liquidi (ad es. soluzioni di sostanze protettive del legno, adesivi).

L'umidità del legno (detta anche tenore di umidità o contenuto di umidità) ne influenza praticamente tutte le caratteristiche fisiche, meccaniche e tecnologiche. La stabilità dimensionale assume un ruolo rilevante e può essere garantita se, in fase di lavorazione, il legno possiede un umidità che manterrà anche nel successivo impiego. I parassitari del legno, animali e vegetali, necessitano, per la sopravvivenza di un determinato contenuto minimo di umidità; è quindi possibile ottenere una buona protezione del legno semplicemente mantenendo sufficientemente bassa la sua umidità.

12.2 Grandezze caratteristiche dell'umidità del legno

Il contenuto in acqua percentuale del legno (o umidità percentuale del legno) u è il rapporto tra la massa dell'acqua contenuta nel campione di legno di cui si vuole determinare l'umidità

Secondo questa definizione l'umidità del legno u può superare il 100%! Per esempio, l'umidità

nell'alburno di legni di Conifere è $u \approx 120 \div 150\%$ o anche più.

12.3 Determinazione dell'umidità del legno

Per determinare l'umidità del legno, esistono, a seconda del tipo di applicazione, un gran numero di metodi diversi; fondamentalmente si può distinguere tra:

- metodi diretti, secondo i quali il quantitativo di acqua contenuto nel campione di legno viene completamente evacuato e misurato;
- metodi indiretti, che sfruttano come grandezza misurabile una proprietà del legno dipendente dalla sua umidità.

Nella pratica si incontrano soprattutto il metodo dell'essiccazione ed i procedimenti elettrici di misurazione dell'umidità del legno (facilmente applicabili).



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 001		41 di 41

Il **metodo dell'essiccazione** è un procedimento di misura molto esatto, impiegato soprattutto per analisi scientifiche ma anche come termine di paragone per la calibratura degli igrometri e dei procedimenti di misura dell'umidità del legno.

12.4 Scelta finale sul tipo di legno da utilizzare

In base alla collocazione geografica dell'opera da realizzare si è pensato che la tipologia più opportuna di legno da utilizzare sia il Larice, in quanto è il più raccomandato per la costruzione di opere che debbano sopportare le intemperie delle stagioni invernali, grazie alle proprie caratteristiche di durabilità e resistenza.

13 RELAZIONE DI CALCOLO

La relazione di calcolo e i relativi tabulati sono allegati e parte integrante e complementare della presente relazione tecnica.