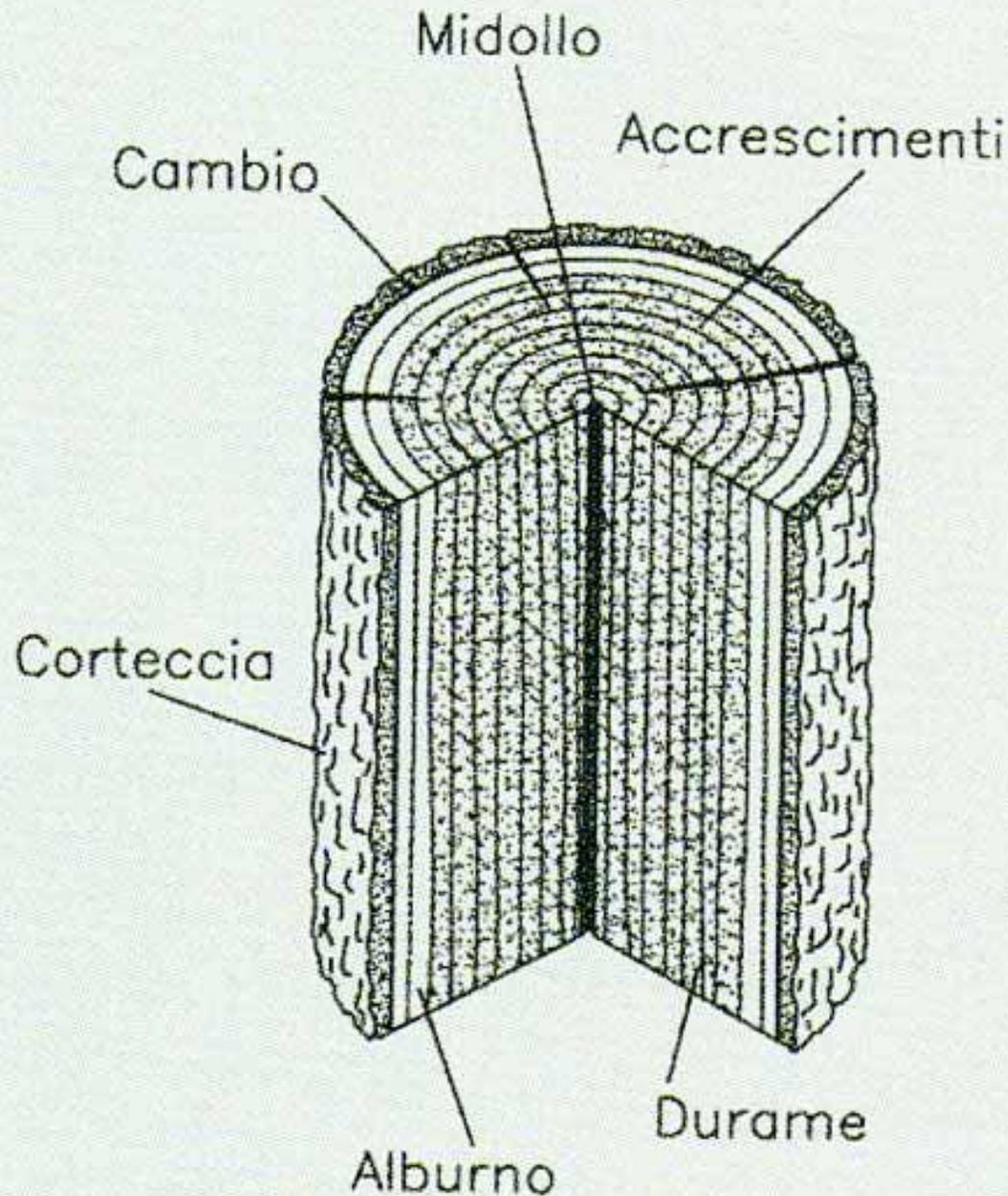


INCONTRO di Sabato 24 Giugno 2006 - CARRARA- CORSO BASE BIOARCHITETTURA

IL LEGNO LE ESSENZE ED IL LORO IMPIEGO IN ARCHITETTURA

- Arch. Andrea Cecconi - Progettazione ecologica
- Via Aggiunti 63 52037 Sansepolcro
- Cell. 335-1235666 E-mail: ac_bioarc@tin.it

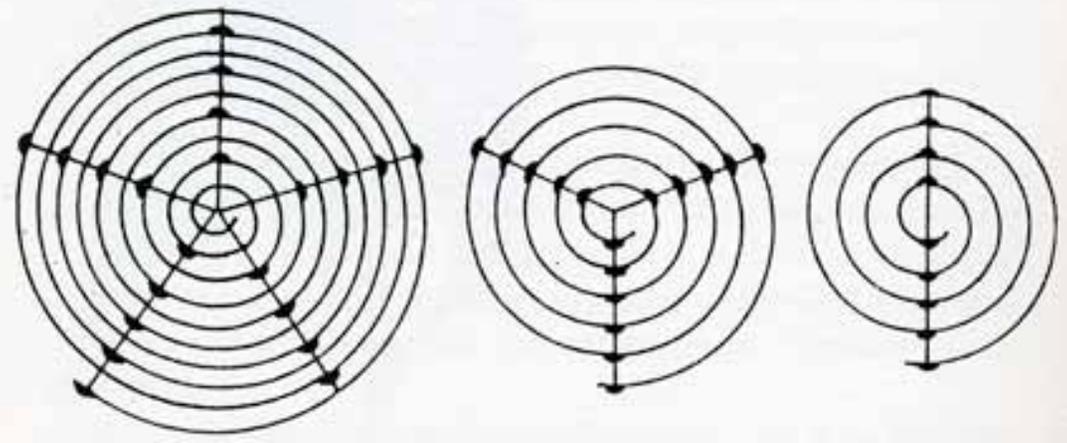
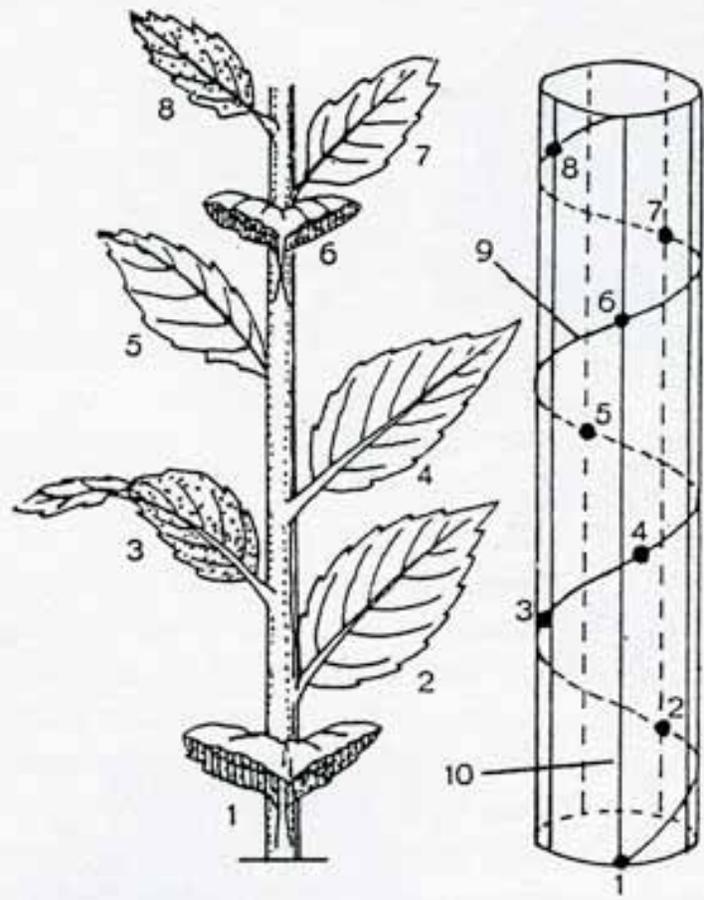


Vernice ad olio	Percentuale
bianca	75-85
gialla	61-85
verde chiaro	48-75
verde scuro	11-25
azzurro	36-61
grigio	17-63
Mattone rosso	5-25
Calcestruzzo	5-50
Marmo	45-65
Rovere	40
Betulla-acero	60
Tendaggi chiari	30-40

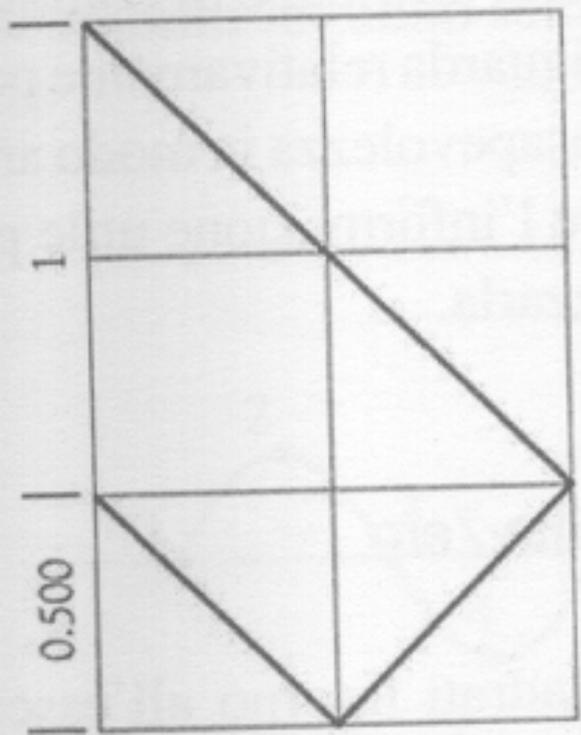
Fig. 35 – Effetto di riflessione dei diversi materiali e vernici. Valori comparativi in %. (Fonte Schneider, 1981).

Colori di tappezzerie	Percentuali
Bronzo d'alluminio	63
Marrone	23
Blu	9
Bianco	67-80
Beige	56-72
Giallo	44-59
Rosso chiaro	32-55
Rosso scuro	12-27

Fig. 36 – Effetto di riflessione di tappezzerie di colori diversi in %. (Fonte: Schneider, 1981).

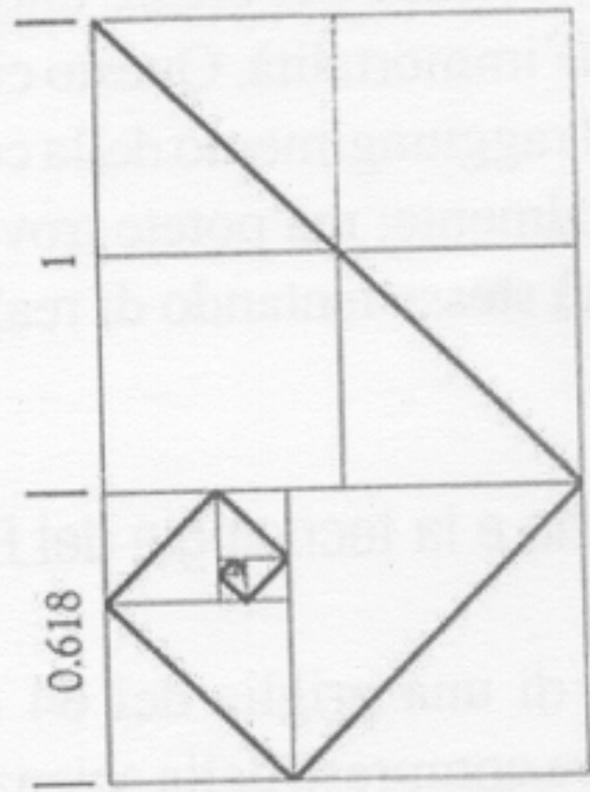


Fibonacci



Vita/Natura

Sezione Aurea



Ideale/Dio

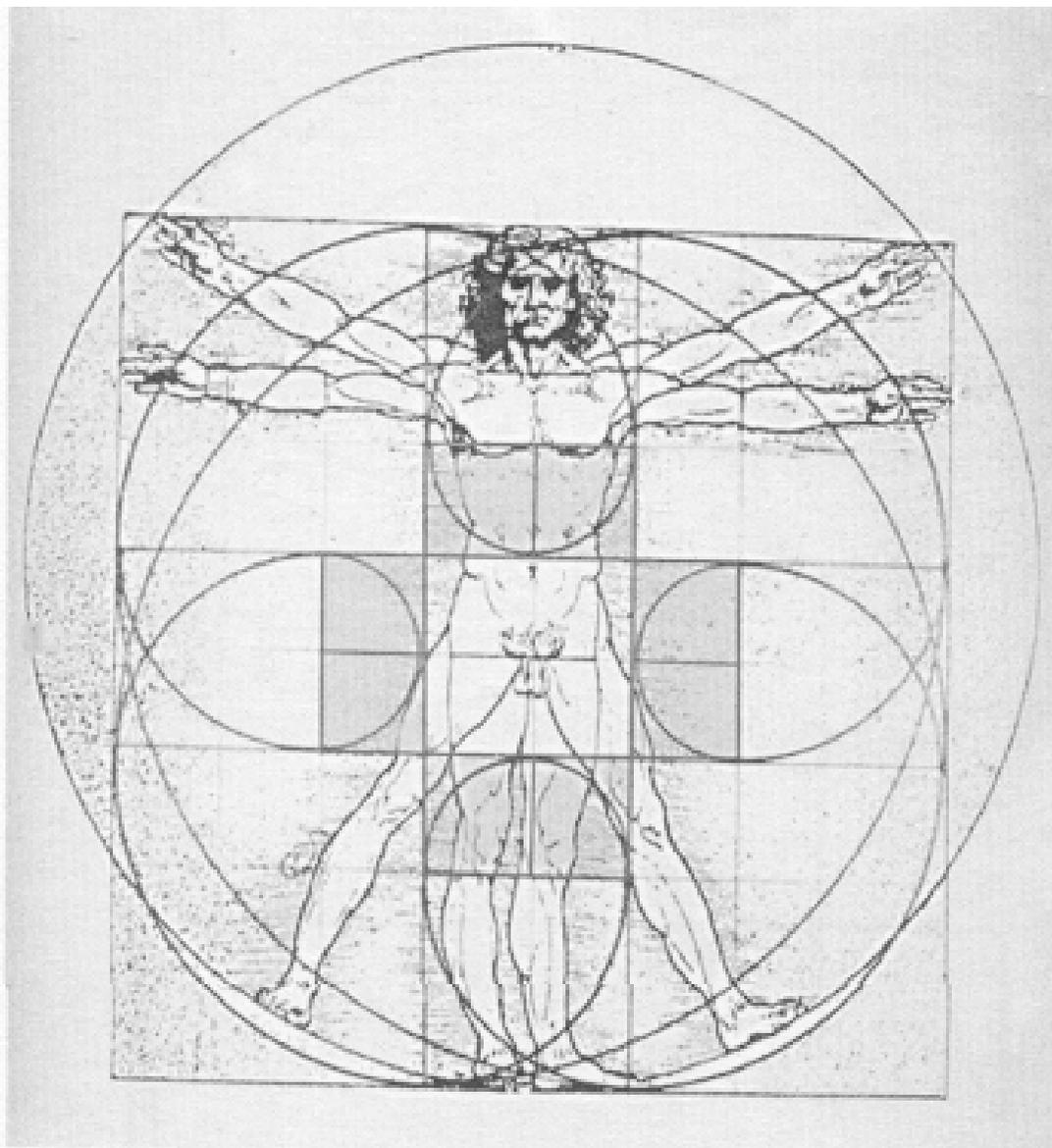


Fig.7-42. Delle spirali e gli otto quadrati originali

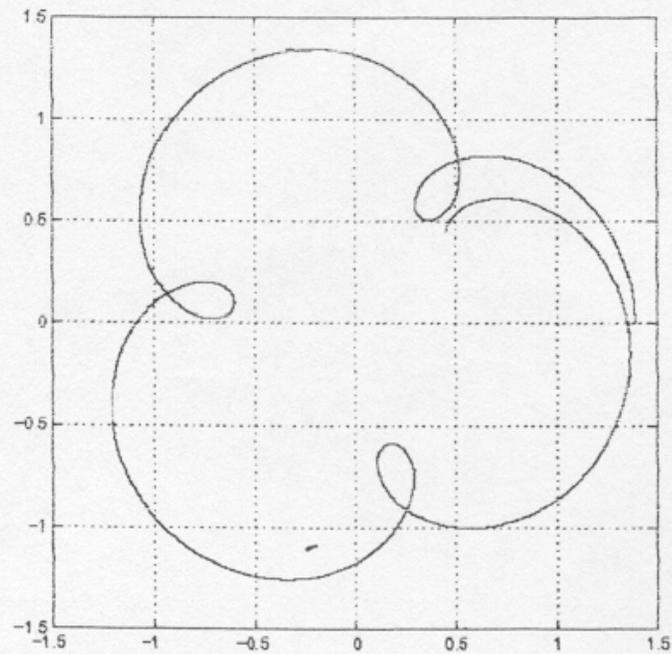
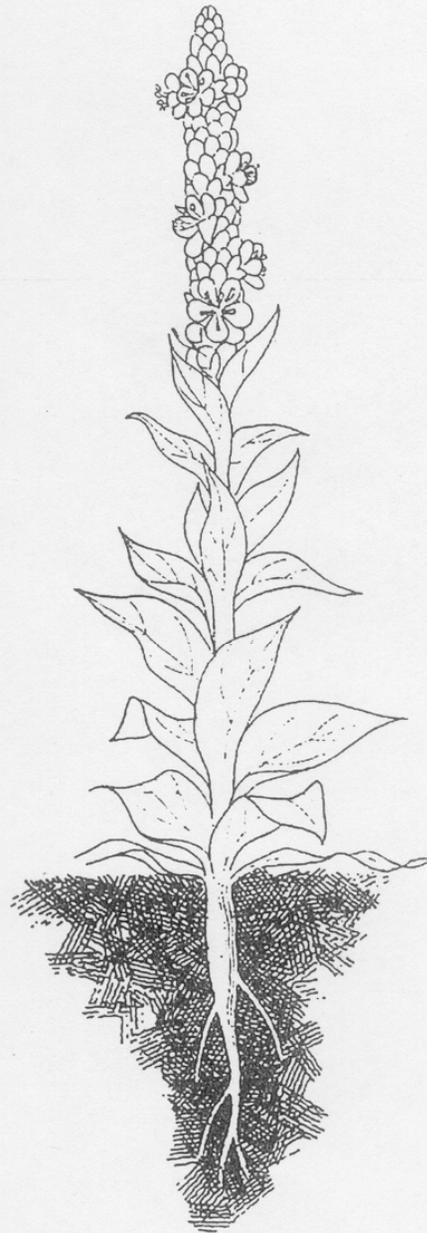
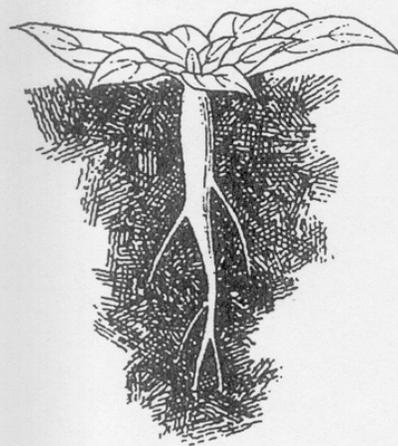
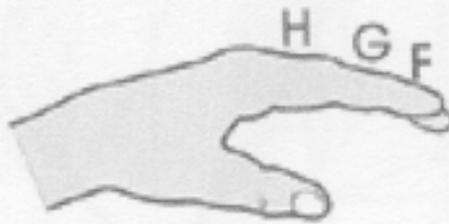
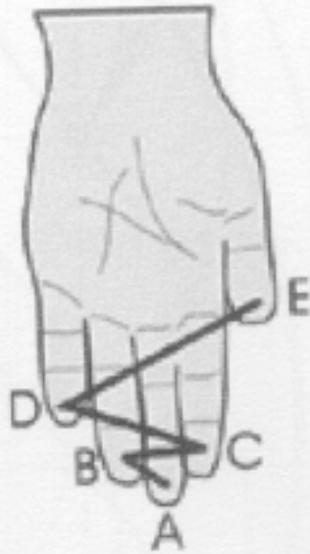


Figura 9: Traiettoria del pianeta Mercurio ottenuta utilizzando un modello semplificato costituito da un solo deferente e un epiciclo.

Una pianta (*Verbascum*) nel primo e nel secondo anno. Durante il primo anno il germoglio è represso, si sviluppa in una rosetta e in una robusta radice. In opposizione a questo sviluppo orientato verso il basso, nel secondo anno si forma un getto florale molto slanciato verso l'alto.





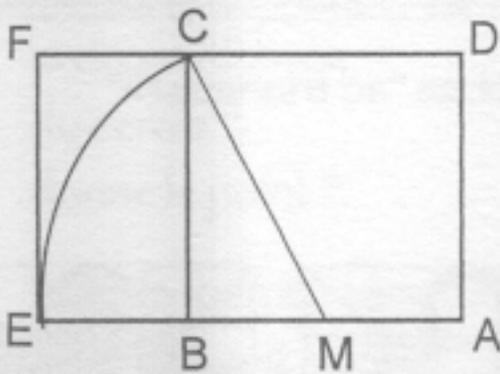
$$\frac{BC}{AB} = \frac{AB + BC}{BC} = \Phi$$

$$\frac{DC}{BC} = \frac{BC + DC}{DC} = \Phi$$

$$\frac{DE}{DC} = \frac{DC + DE}{DE} = \Phi$$

$$\frac{GH}{FG} = \frac{FG + GH}{GH} = \Phi$$

Fig.7-32. Rapporto Phi nel corpo umano.



Construction du rectangle d'or

M situé au milieu de AB

MC diagonale rabattue en ME

ADFE est un rectangle d'or :

$$ME / MA = AE / AD = \Phi = 1,618\dots$$



Le Parthénon
et le rectangle d'or

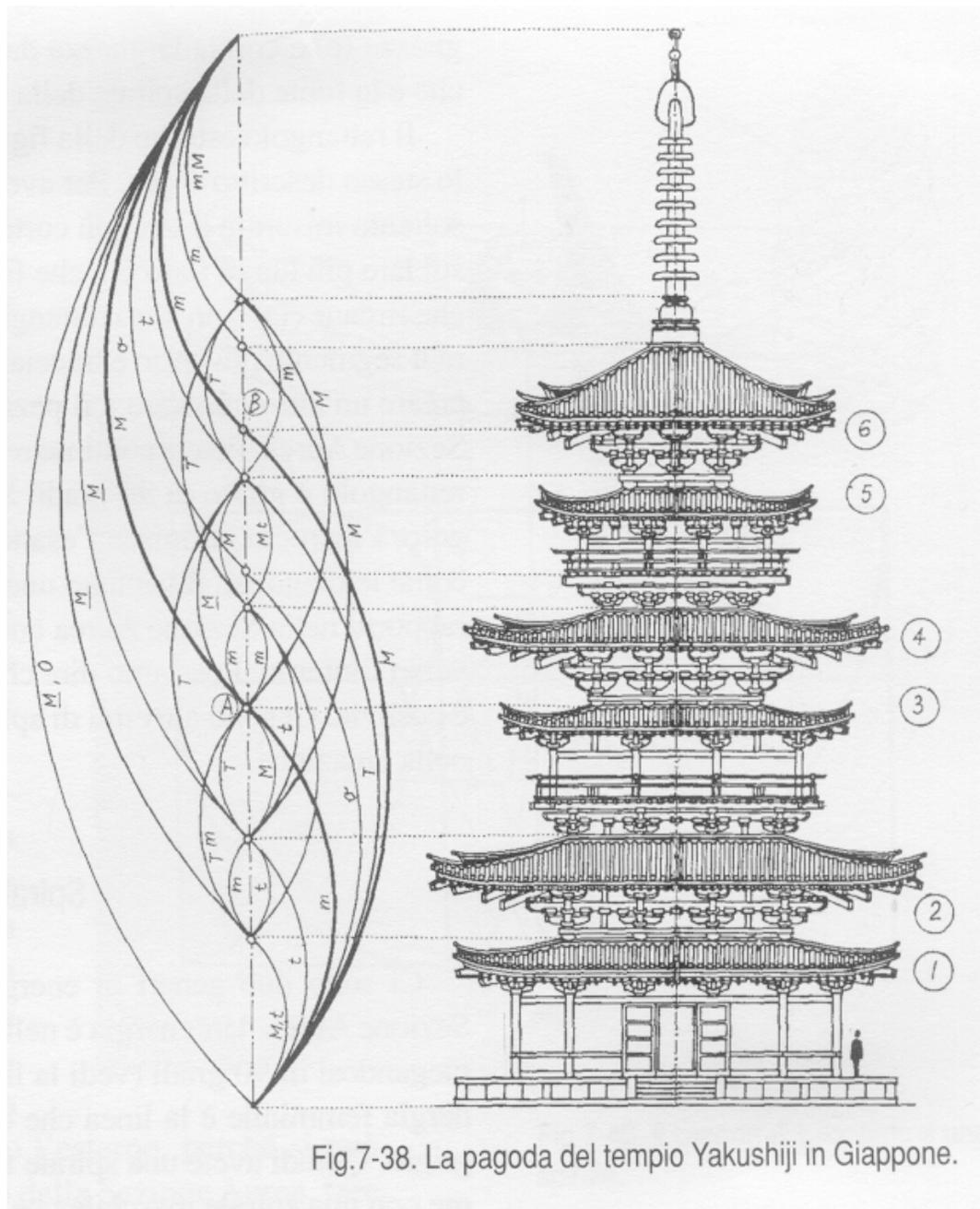
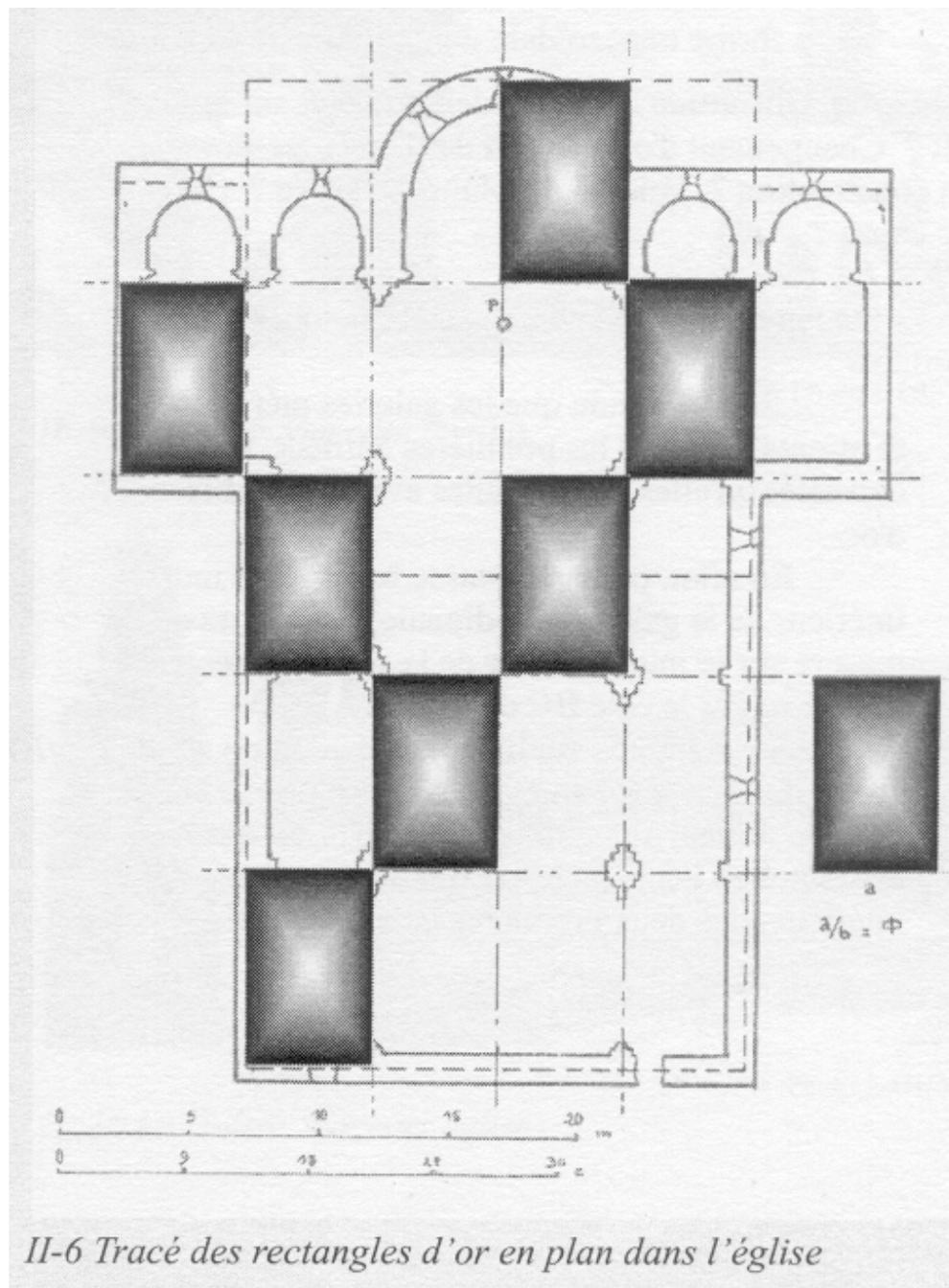
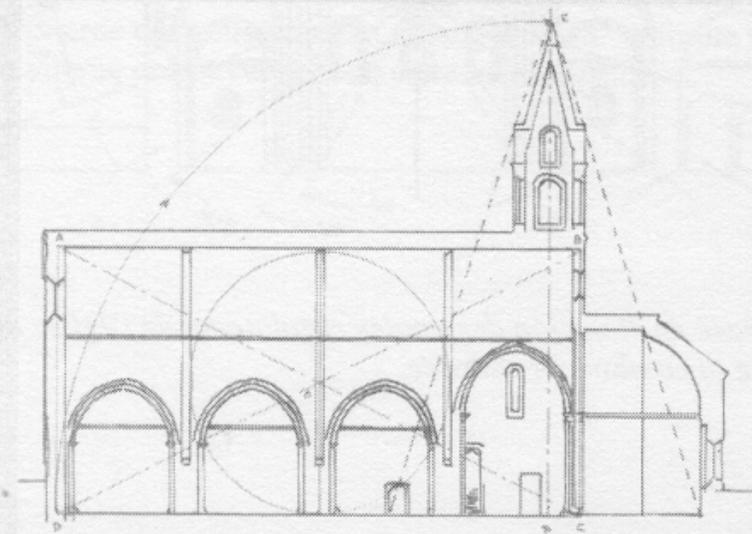


Fig.7-38. La pagoda del tempio Yakushiji in Giappone.

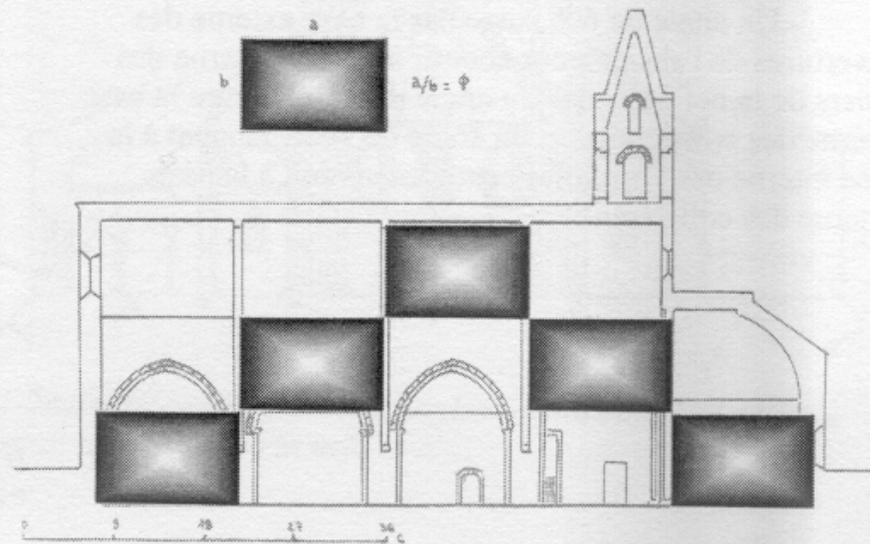


II-6 Tracé des rectangles d'or en plan dans l'église

La descente au sol de l'angle de 36° de cette même flèche délimite la profondeur du sanctuaire et la porte d'accès au cloître.



II-31 Tracé du double carré en élévation et projection du plan à la verticale, de l'église abbatiale



II-32 Tracé des rectangles d'or en élévation dans l'église

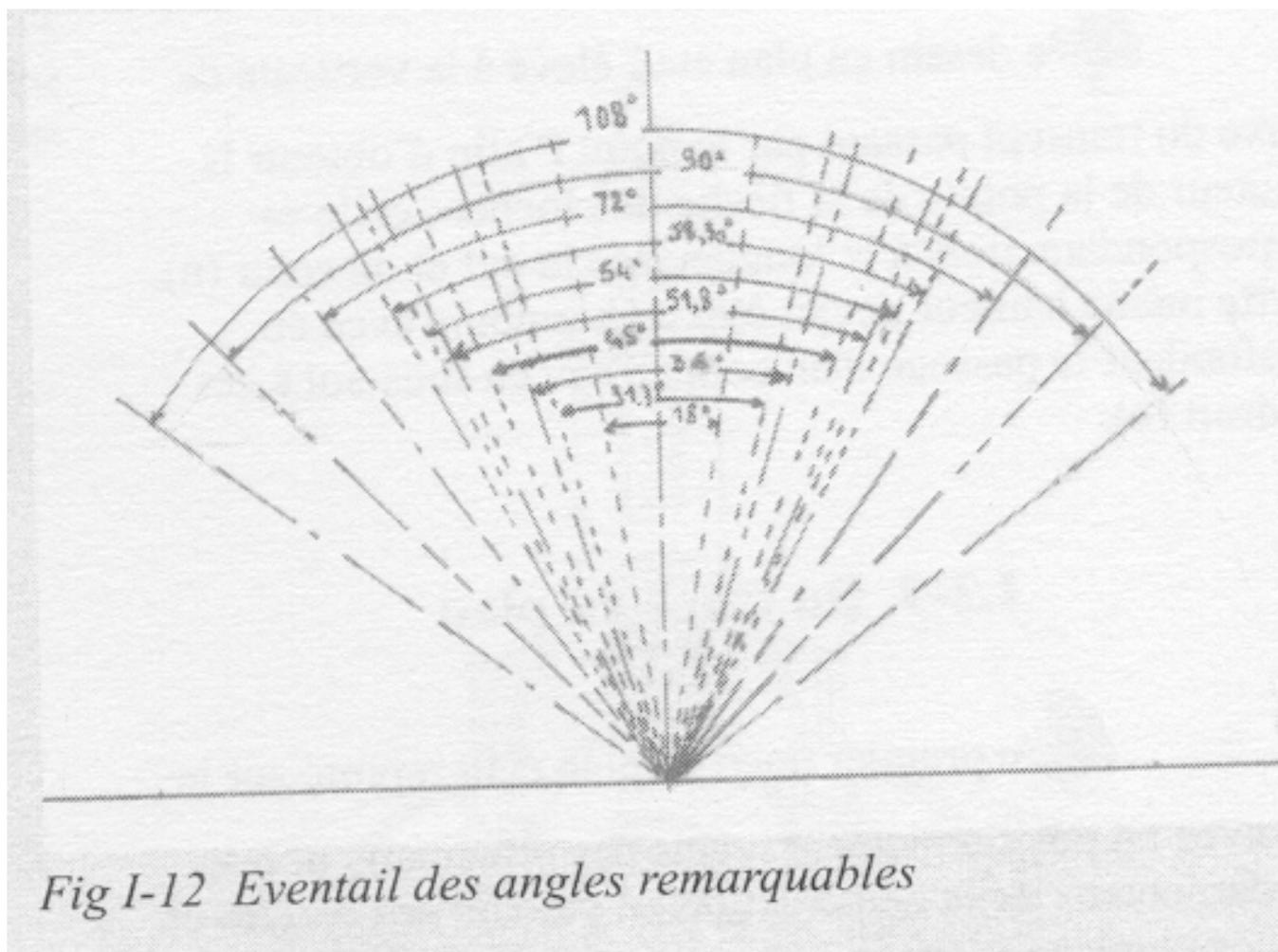
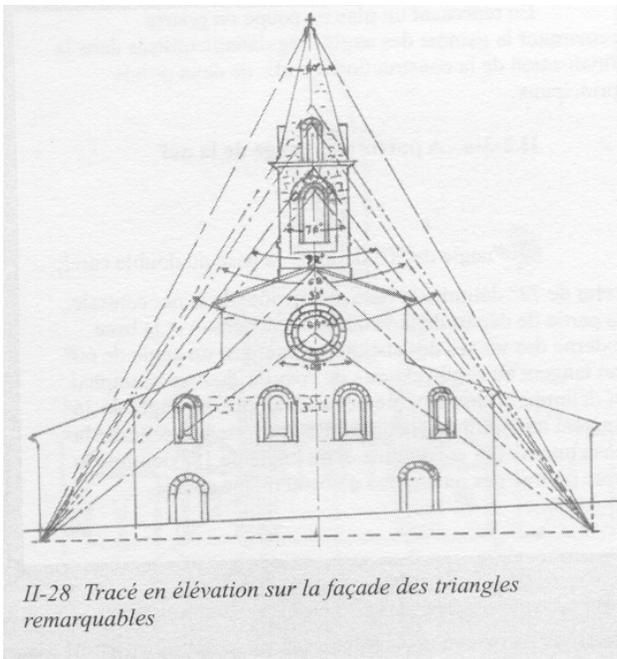
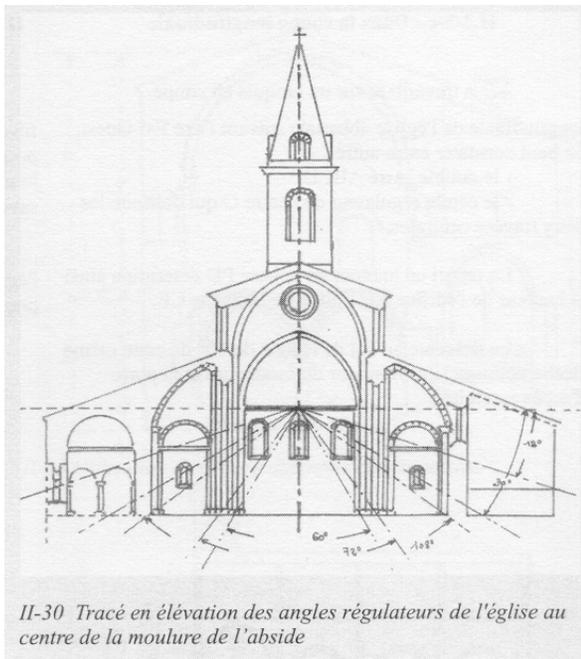


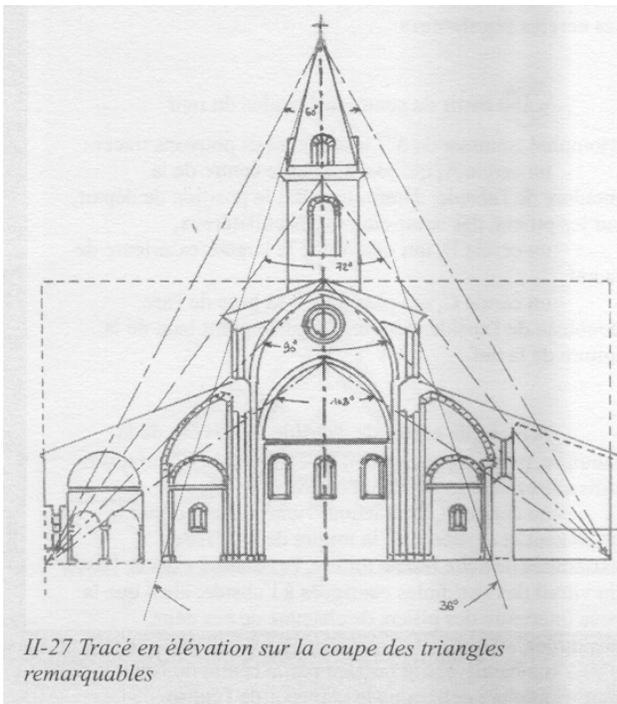
Fig I-12 Eventail des angles remarquables



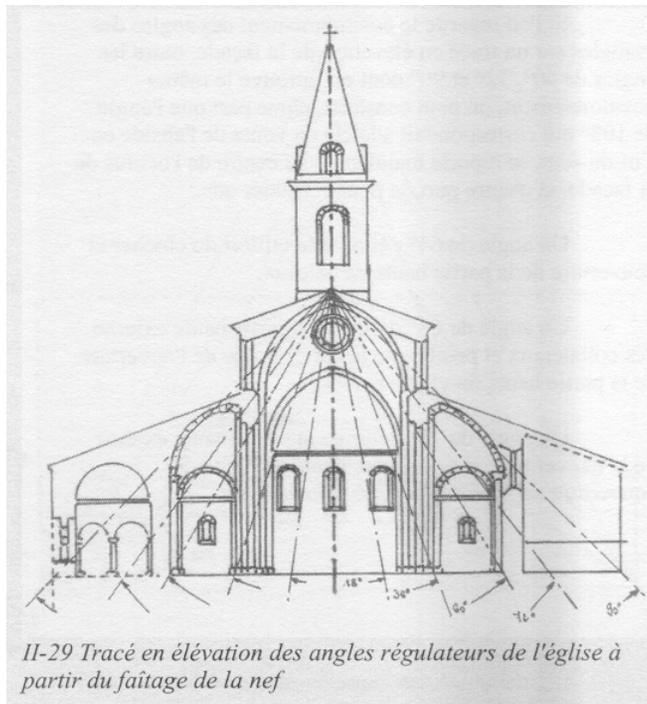
II-28 Tracé en élévation sur la façade des triangles remarquables



II-30 Tracé en élévation des angles régulateurs de l'église au centre de la moulure de l'abside



II-27 Tracé en élévation sur la coupe des triangles remarquables



II-29 Tracé en élévation des angles régulateurs de l'église à partir du faîtage de la nef

On peut constater aussi que toutes les mesures de l'arcade correspondent à des mesures « humaines ».

Pouce = Po
Paume = Pa
Empan = E
Pied = Pi
Coudée = C

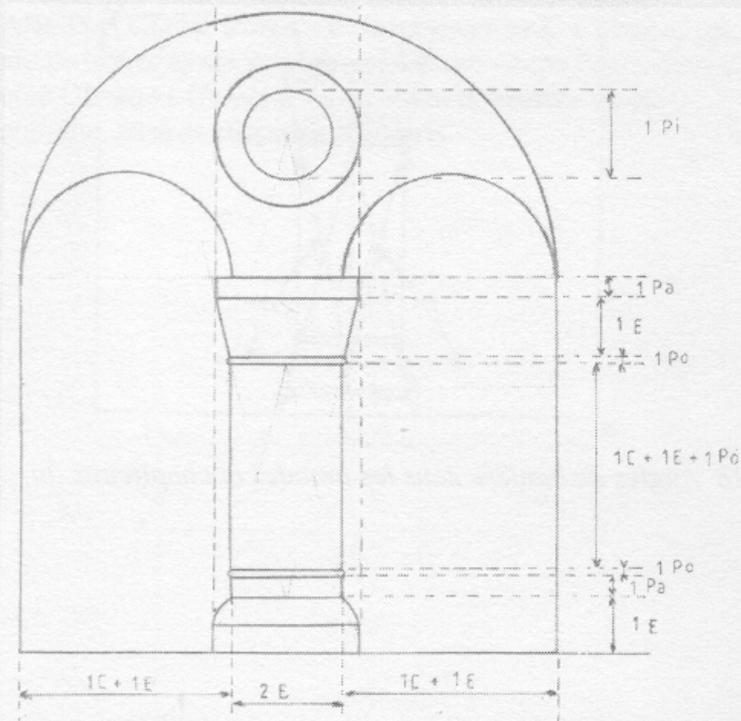


Fig I-19 Mesures « humaines » dans les arcades et chapiteaux du cloître.

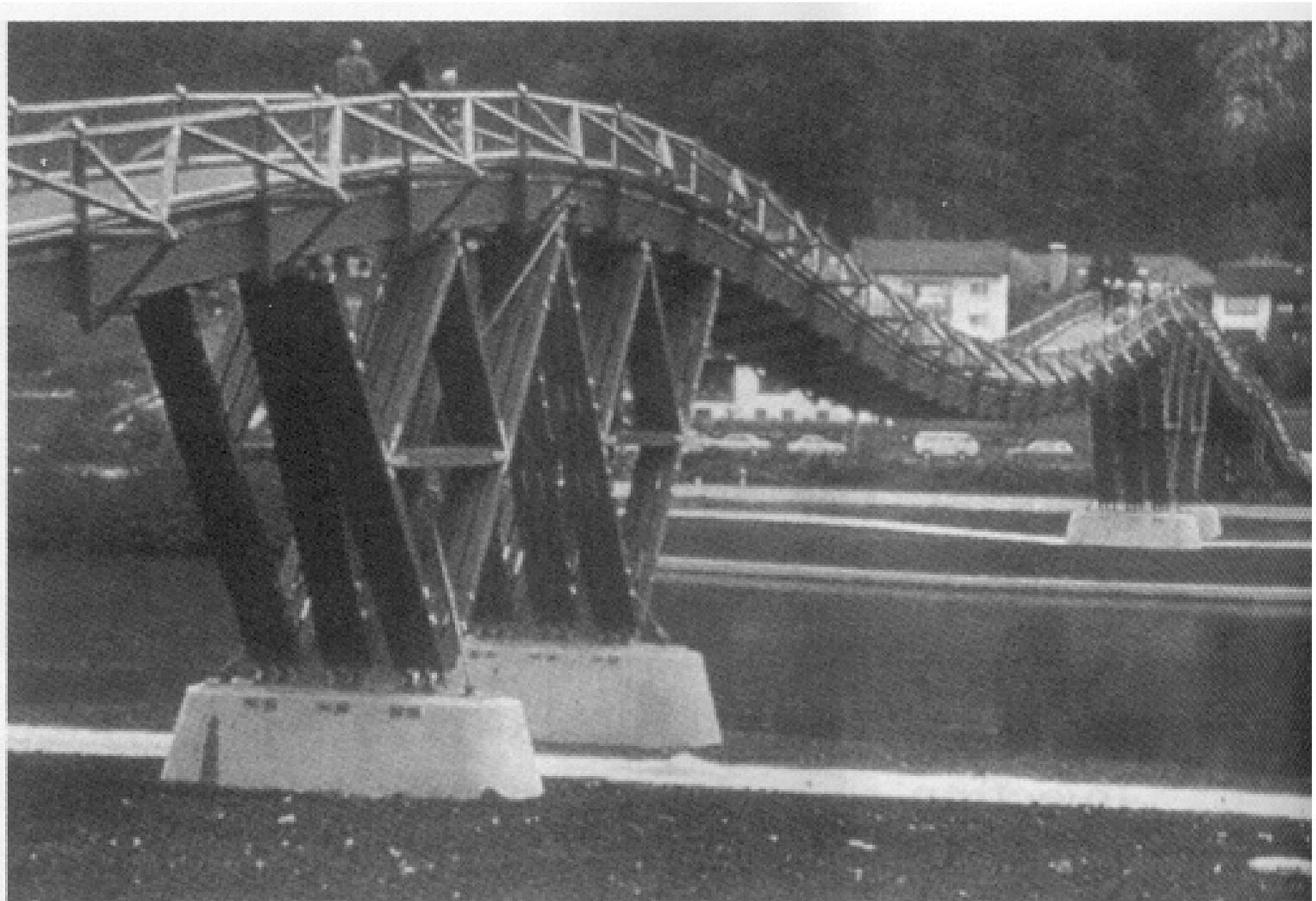


Fig I-20 Une arcade du cloître

© Photo J. GUYOU







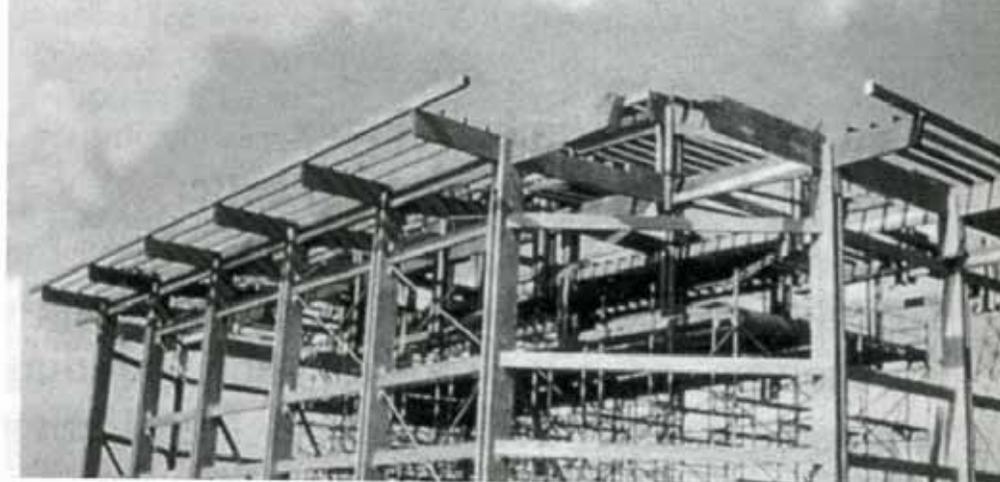


Figura 3 *Tetto a struttura lignea di un'arena per il pattinaggio su ghiaccio*



Figura 4 *Tetto a struttura di legno di una piscina riscaldata.*

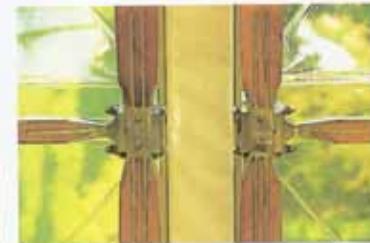
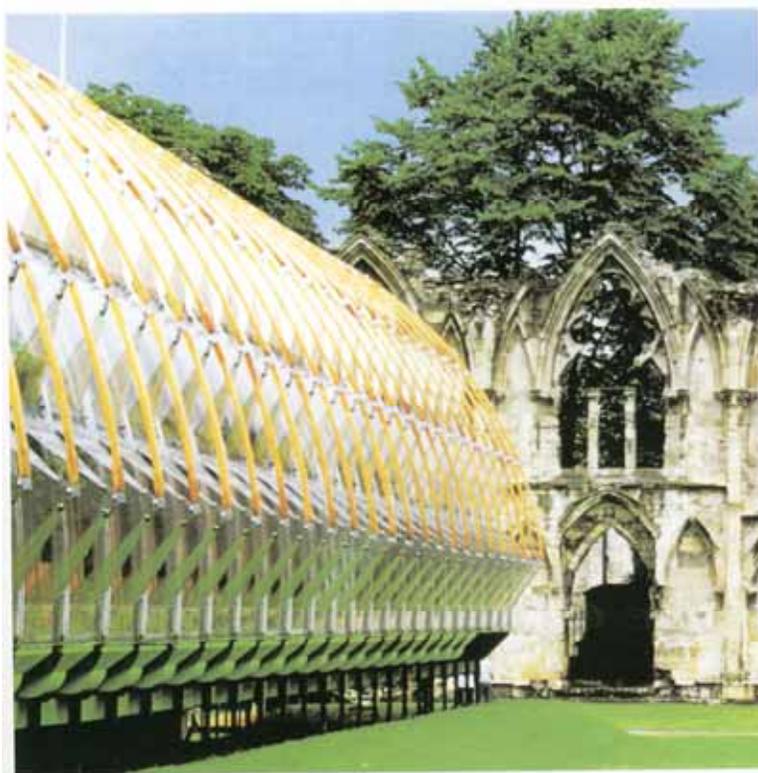
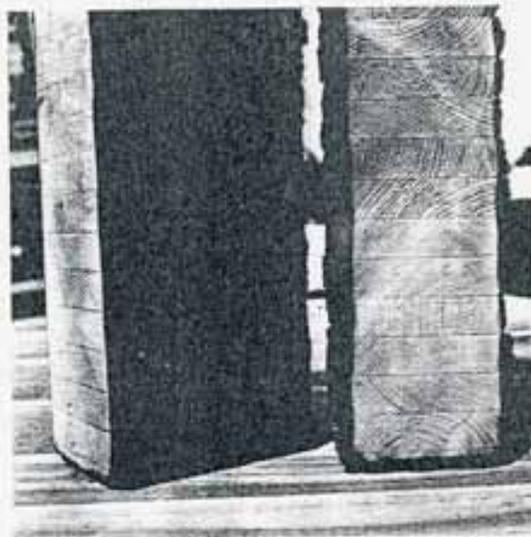


Tavola 17

- 1, 3, 4, 5 Padiglione smontabile per mostri itineranti
(architetto Renzo Piano), 1984
- 2, 6 Facoltà di architettura di Lione, Francia
(architetti Françoise-Hélène Jourda,
Gilles Perraudin e soci), 1987

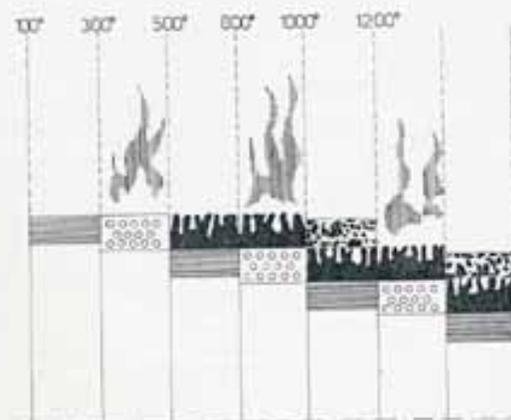
1
2
3
4
5
6





sezioni di travi lamellari
dopo le prove di resistenza al fuoco

conduttività λ
legno 0,13
carbone di legno 0,03 Kcal / mq h ° C



 RISCALDAMENTO  CARBONIZZAZIONE
 EVAPORAZIONE  INCENERIMENTO

avanzamento del calore
interno in una struttura in legno
nelle varie fasi ed il comportamento
del materiale alle diverse temperature

Dimensioni minime per le classi di resistenza al fuoco
F. 30 e F. 60

Esposizione alla fiamma	Classe di resistenza al fuoco	b min. (cm)	h min. (cm)
su 4 lati	F. 30	10	18
	F. 60	20	30
su 3 lati	F. 30	10	18
	F. 60	16	20

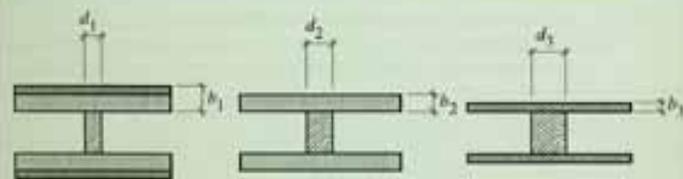


Figura 4 Sezione dei montanti crescente al diminuire dello spessore dei pannelli (Kordina, Meyer-Ottens, 1994).

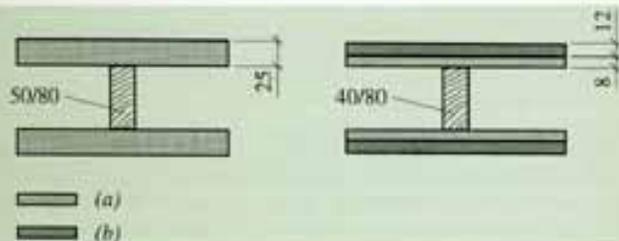


Figura 5 Esempi di pareti portanti R30. (a) Pannello a base di legno, (b) pannello di gesso.

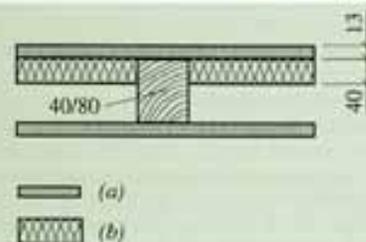


Figura 6 Esempi di parete compartimentante REI30. (a) Pannello a base di legno, (b) strato isolante.

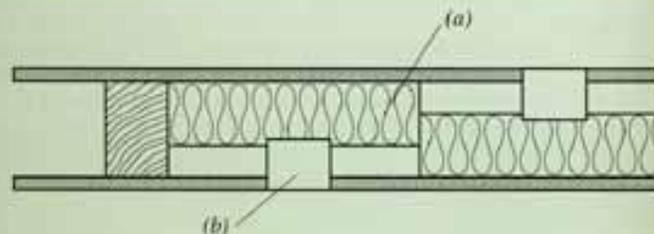


Figura 7 Prese di corrente protette da uno strato isolante. (a) Strato isolante, (b) presa di corrente.

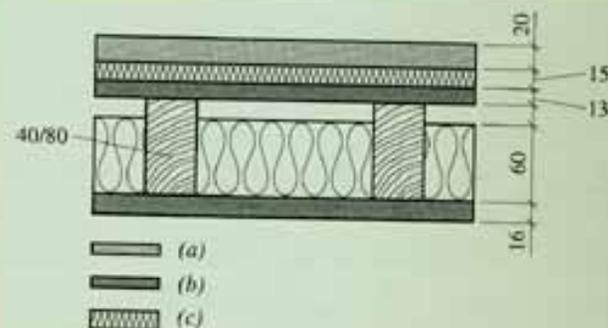


Figura 8 Esempio di solaio REI30. (a) Pavimento, (b) pannelli, (c) strato isolante. EC5- Parte 1-2: Figura C4

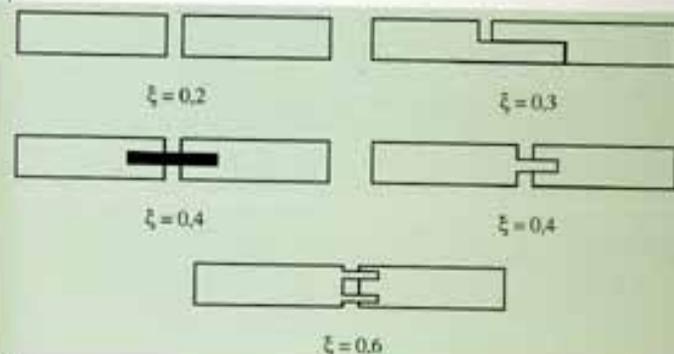


Figura 9 Coefficiente di riduzione che considera il tempo di resistenza per solai esposti al fuoco da sotto. EC5- Parte 1-2: Figura C4

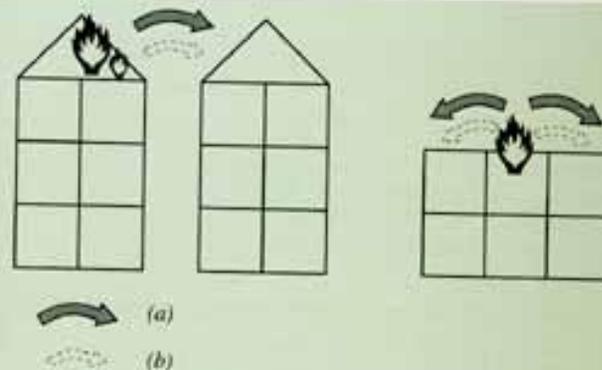
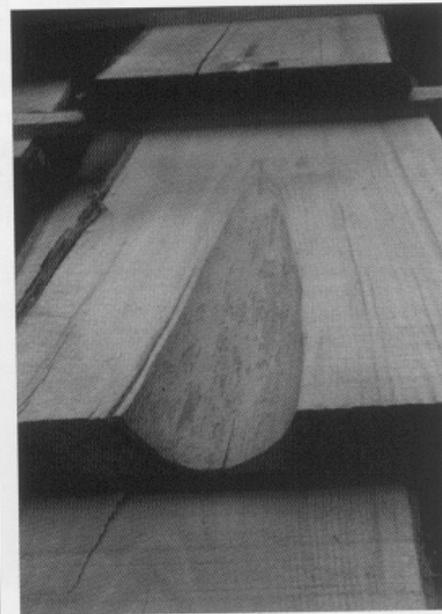


Figura 10 Possibili azioni del fuoco sulle coperture. (a) Diffusione del fuoco attraverso le scintille, (b) radiazioni del calore. EC5- Parte 1-2: Figura C4

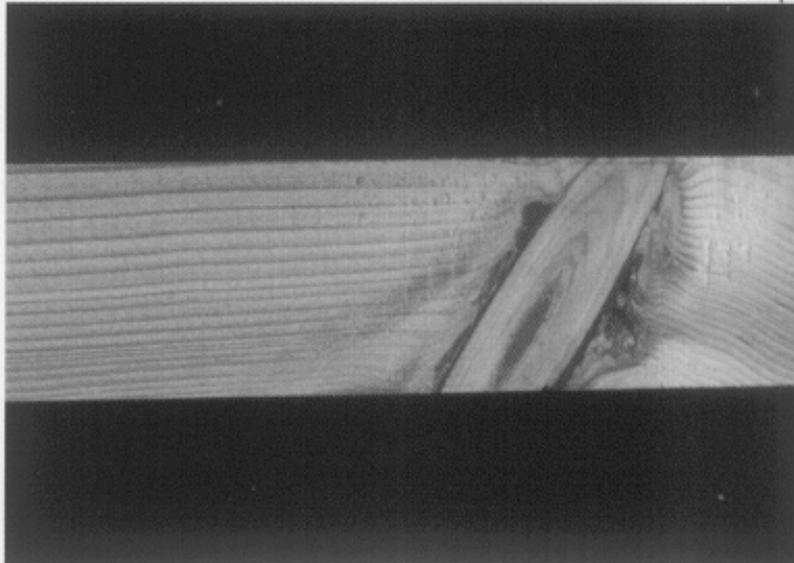
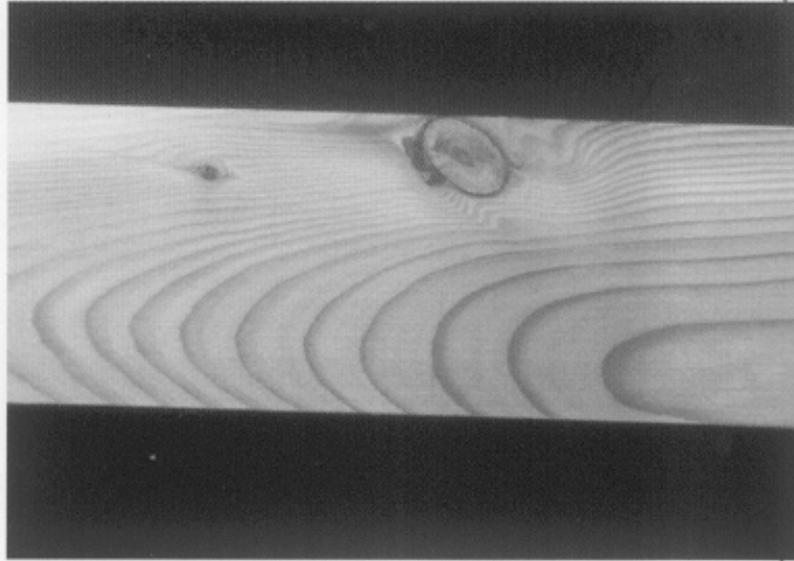


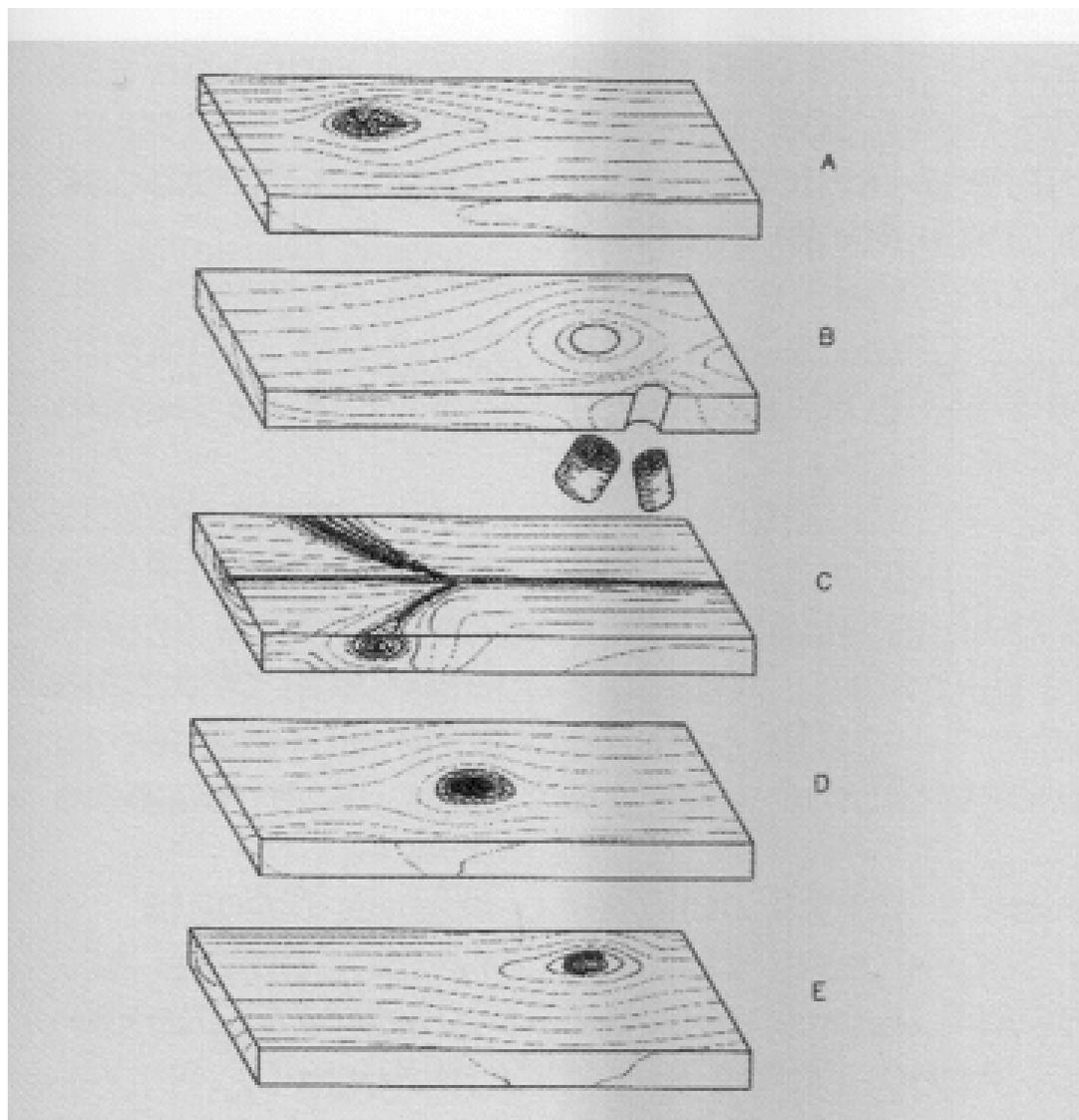
2.45 Esempi di elementi portanti degradati dopo pochi anni dalla messa in opera: a) Riparazione del piede di montanti a diretto contatto con la strada; b) Attacchi di funghi della carie all'interno di elementi formati da pacchi di tavole inchiodate esposti alle intemperie



2.29 Vari esempi di cipollature: a) Cipollature concentriche; b) Cipollatura completa, centrata e di limitato diametro; c) Cipollature multiple ravvicinate; d) Traccia rimanente sulla faccia di un segato dopo il distacco di un settore in cui era presente una cipollatura

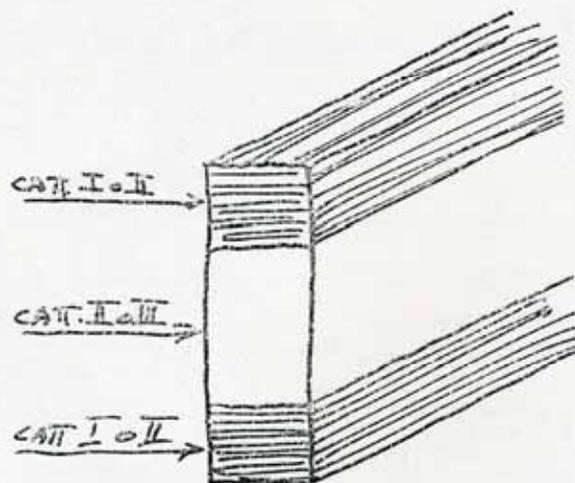
2.26 *Nodi cadenti: a) Sezione quasi trasversale, la distorsione della venatura è indice in questo caso di una deviazione locale, assai pronunciata, della fibratura del legno; b) Sezione quasi longitudinale*





27 Esempi di nodi di vario tipo. a) Nodo sano; b) Nodi identici; c) Nodi "a baffo"; d) Nodo marcio; e) Nodo con inclusione di corteccia

Secondo la qualità i legni vengono classificati in Europa in 3 categorie. Gli elementi lamellari incollati si considerano assimilati dal punto di vista delle qualità tecnologiche ai legni della categoria usata per loro fabbricazione.



TRAVE composta con due classi di legno diverse

TENSIONI AMMISSIBILI NELLE STRUTTURE LAMELLARI INCOLLATE REALIZZATE CON LEGNO DI CONIFERA

sollecitazione	tensioni ammissibili (kg/ cmq)			
	normativa francese (Regles C.B. 75)		normativa tedesca (DIN 1052)	
	C I	C II	C I	C II
flessione σ	156	120	140	110
trazione assiale σ	167	96	105	85
compressione assiale σ	144	113	110	85
compressione trasversale	27	22	20	20
taglio longitudinale τ	12	12	9	9
taglio trasversale τ	-	-	12	12

5.1.4 REGOLE DI CLASSIFICAZIONE - TABELLE RIASSUNTIVE

		PIOPPO E CONIFERE									LATIFOGLIE					
		C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Proprietà di resistenza in MPa																
Flessione	$f_{m,k}$	14	16	18	22	24	27	30	35	40	30	35	40	50	60	70
Trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k}$	8	10	11	13	14	16	18	21	24	18	21	24	30	36	42
Trazione perpendicolare alla fibratura	$f_{t,90,k}$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9
Compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k}$	16	17	18	20	21	22	23	25	26	23	25	26	29	32	34
Compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,k}$	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,6	5,7	6,0	6,3	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Taglio	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
Proprietà di rigidezza in Gpa																
Modulo di elast. medio parall. alla fibratura	$E_{0,mean}$	7	8	9	10	11	12	12	13	14	10	10	11	14	17	20
Modulo di elast. parall. alla fibratura (5%)	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,7	7,4	8,0	8,0	8,7	9,4	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Modulo di elasticità medio perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,40	0,43	0,47	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
Modulo di taglio medio	G_{mean}	0,44	0,50	0,56	0,63	0,69	0,75	0,75	0,81	0,88	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25
Massa volumica in kg/m³																
Massa volumica (5%)	ρ_k	290	310	320	340	350	370	380	400	420	530	560	590	650	700	900
Massa volumica media	ρ_{mean}	350	370	380	410	420	450	460	480	500	640	670	700	780	840	1.080

CRITERI PER LA CLASSIFICAZIONE	CATEGORIE		
	S7	S10	S13
Smussi sono misurati obliquamente (dimensione effettiva)	Tutti e 4 i lati della trave devono essere stati almeno toccati dall'utensile tagliente per tutta la loro lunghezza.	Rapporto fra la dimensione dello smusso e il lato maggiore della sezione 1/3; inoltre, in ogni sezione, almeno 1/3 della lunghezza di ciascun lato non deve essere interessato da smussi	Rapporto fra la dimensione dello smusso e il lato maggiore della sezione 1/8; inoltre, in ogni sezione, almeno 2/3 della lunghezza di ciascun lato non deve essere interessato da smussi
Node: si considera il rapporto A fra il diametro minimo d del nodo più grande e la dimensione del lato su cui tale diametro viene misurato	A \geq 3/5	A \geq 2/5 e comunque $d <$ 70 mm	A \geq 1/5 e comunque $d <$ 50 mm
Ampiezza media degli anelli: - in generale - nella Douglasia	- -	fino a 6 mm fino a 8 mm	fino a 4 mm fino a 6 mm
Inclinazione della fibratura	fino a 200 mm/m (\leq 1:5)	fino a 120 mm/m (\leq 1:8,3)	fino a 70 mm/m (\leq 1:14,3)
Fessurazioni: - da ritiro - da fulmine, gelo, cipollatura	ammesse non ammesse	ammesse non ammesse	ammesse non ammesse
Colorazioni anomale: - azzurramento - striature marroni (resistenti al chiodo) - carie bruna e bianca	ammesso fino a 3/5 della superficie o della sezione non ammesse	ammesso fino a 2/5 della superficie o della sezione non ammesse	ammesso fino a 1/5 della superficie o della sezione non ammesse
Legno di compressione	ammesso fino a 3/5 della superficie o della sezione	ammesso fino a 2/5 della superficie o della sezione	ammesso fino a 1/5 della superficie o della sezione
Attacchi di insetti	ammessi fuori di insetti che attaccano il legno fresco, fino a un diametro di 2 mm		
Vischio	non ammesso		
Deformazioni longitudinali	fino a 15 mm/2m	fino a 8 mm/2m	fino a 5 mm/2m

5.1.4 REGOLE DI CLASSIFICAZIONE - TABELLE RIASSUNTIVE

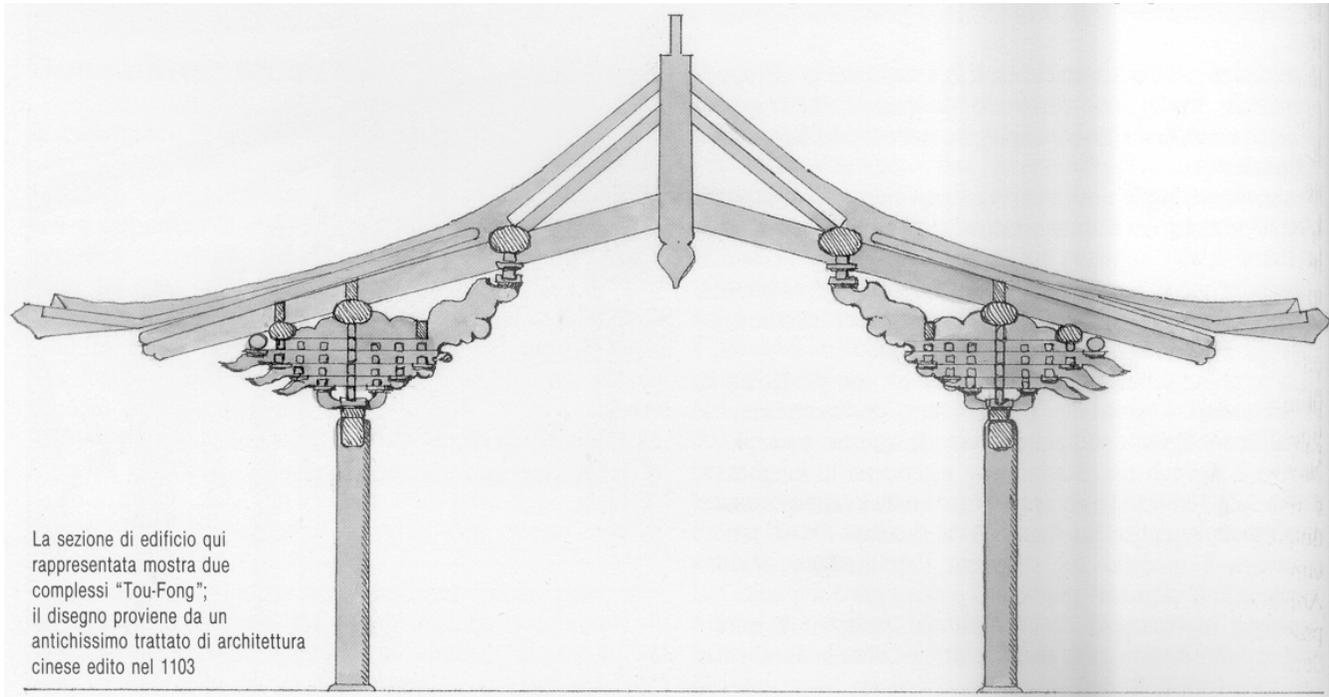
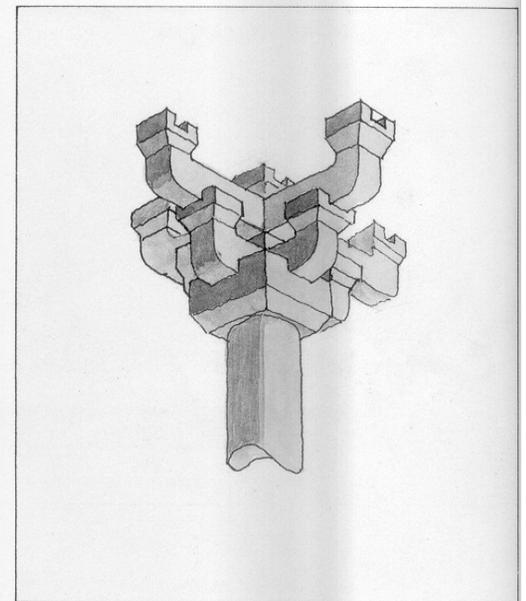
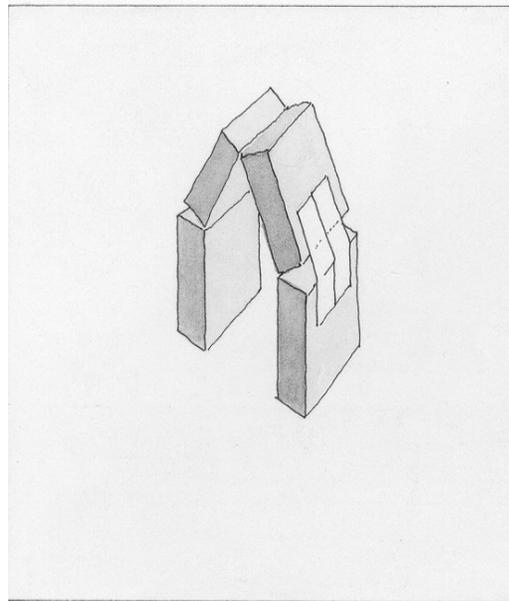
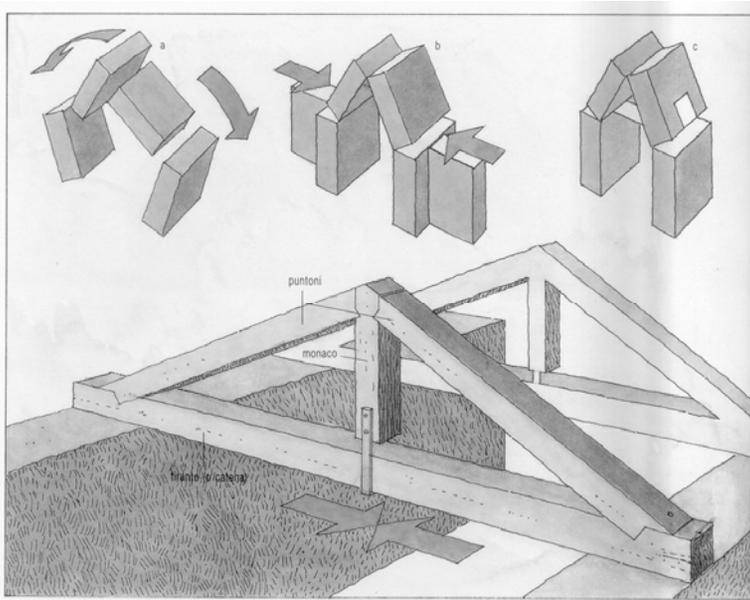
		PIOPPO E CONIFERE									LATIFOGIE						
		C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40	D30	D35	D40	D50	D60	D70	
Proprietà di resistenza in MPa																	
Flessione	$f_{m,k}$	14	16	18	22	24	27	30	35	40	30	35	40	50	60	70	
Trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k}$	8	10	11	13	14	16	18	21	24	18	21	24	30	36	42	
Trazione perpendicolare alla fibratura	$f_{t,90,k}$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9	
Compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k}$	16	17	18	20	21	22	23	25	26	23	25	26	29	32	34	
Compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,k}$	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,6	5,7	6,0	6,3	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5	
Taglio	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0	
Proprietà di rigidezza in Gpa																	
Modulo di elast. medio parall. alla fibratura	$E_{0,mean}$	7	8	9	10	11	12	12	13	14	10	10	11	14	17	20	
Modulo di elast. parall. alla fibratura (5%)	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,7	7,4	8,0	8,0	8,7	9,4	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8	
Modulo di elasticità medio perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,40	0,43	0,47	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33	
Modulo di taglio medio	G_{mean}	0,44	0,50	0,56	0,63	0,69	0,75	0,75	0,81	0,88	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25	
Massa volumica in kg/m³																	
Massa volumica (5%)	ρ_k	290	310	320	340	350	370	380	400	420	530	560	590	650	700	900	
Massa volumica media	ρ_{mean}	350	370	380	410	420	450	460	480	500	640	670	700	780	840	1.080	

CRITERI PER LA CLASSIFICAZIONE	CATEGORIE		
	S7	S10	S13
Smussi sono misurati obliquamente (dimensione effettiva)	Tutti e 4 i lati della trave devono essere stati almeno toccati dall'utensile tagliente per tutta la loro lunghezza.	Rapporto fra la dimensione dello smusso e il lato maggiore della sezione: 1/3; inoltre, in ogni sezione, almeno 1/3 della lunghezza di ciascun lato non deve essere interessato da smussi	Rapporto fra la dimensione dello smusso e il lato maggiore della sezione: 1/8; inoltre, in ogni sezione, almeno 2/3 della lunghezza di ciascun lato non deve essere interessato da smussi
Node: si considera il rapporto A fra il diametro minimo d del nodo più grande e la dimensione del lato su cui tale diametro viene misurato	A \leq 3/5	A \leq 2/5 e comunque $d <$ 70 mm	A \leq 1/5 e comunque $d <$ 50 mm
Ampiezza media degli anelli: - in generale - nella Douglasia	- -	fino a 6 mm fino a 8 mm	fino a 4 mm fino a 6 mm
Inclinazione della fibratura	fino a 200 mm/m (\leq 1:5)	fino a 120 mm/m (\leq 1:8,3)	fino a 70 mm/m (\leq 1:14,3)
Fessurazioni: - da ritiro - da fulmine, gelo, cipollatura	ammesse non ammesse	ammesse non ammesse	ammesse non ammesse
Colorazioni anomale: - azzurramento - striature marroni (resistenti al chiodo) - carie bruna e bianca	ammesso fino a 3/5 della superficie o della sezione non ammesse	ammesso fino a 2/5 della superficie o della sezione non ammesse	ammesso fino a 1/5 della superficie o della sezione non ammesse
Legno di compressione	ammesso fino a 3/5 della superficie o della sezione	ammesso fino a 2/5 della superficie o della sezione	ammesso fino a 1/5 della superficie o della sezione
Attacchi di insetti	ammessi fori di insetti che attaccano il legno fresco, fino a un diametro di 2 mm		
Vischio	non ammesso		
Deformazioni longitudinali	fino a 15 mm/2m	fino a 8 mm/2m	fino a 5 mm/2m

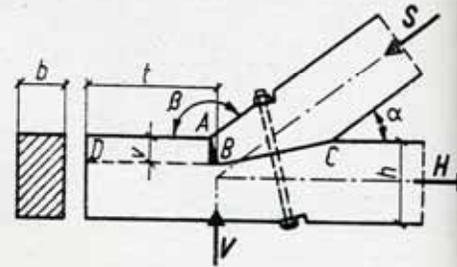
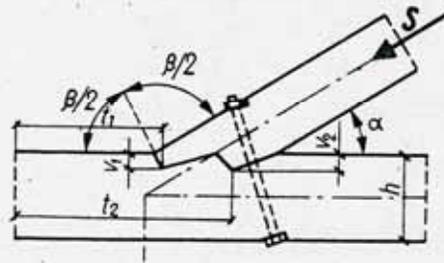
CARATTERISTICA	REQUISITI E LIMITI AMMISSIBILI PER LA CATEGORIA C&S (CATEGORIA UNICA)
REQUISITI DIMENSIONALI E DI UMIDITÀ	
Scostamenti ammissibili	<ul style="list-style-type: none"> sulla lunghezza nominale: +10 cm, -0 cm sulle dimensioni della sezione nominale: +1 cm, -0 cm
Umidità	Perché il legname possa definirsi "STAGIONATO": <ul style="list-style-type: none"> umidità media $\leq (20 \pm 1)\%$ umidità massima $\leq (24 \pm 1)\%$ gradiente trasversale massimo $< (8 \pm 1)\%$
LIMITAZIONI PER LE CARATTERISTICHE CHE RIDUCONO LA RESISTENZA	
Nodi (in generale)	<ul style="list-style-type: none"> i nodi aventi diametro ≤ 5 mm possono essere trascurati i nodi marci (nodi neri) ammissibili solo se l'alone di legno degradato circostante ha larghezza < 10 mm; in questo caso il diametro del nodo comprende la zona alterata circostante
Nodi isolati	<ul style="list-style-type: none"> di diametro minimo $\leq 1/2$ del lato su cui compare di diametro minimo ≤ 70 mm di diametro massimo ≤ 150 mm
Gruppi di nodi	<ul style="list-style-type: none"> di diametro minimo di ciascun nodo del gruppo $\leq 1/3$ del lato di diametro minimo di ciascun nodo del gruppo ≤ 70 mm lato minore del rettangolo circoscritto $\leq 1/2$ del lato lato minore del rettangolo circoscritto ≤ 70 mm lato maggiore del rettangolo circoscritto ≤ 150 mm separazione fra gruppi adiacenti ≥ 4 volte il lato maggiore del minore dei rettangoli circoscritti
Inclinazione della fibratura	$\leq 1:6$
Massa volumica al 20% di umidità	$\rho \geq 420$ kg/m ³
Spessore anelli di accrescimento	Nessuna limitazione
Cipollatura	<ul style="list-style-type: none"> non sono ammesse cipollature affioranti è ammessa una singola cipollatura inclusa, reale o probabile, su una sola testata, purché soddisfacente a tutti i seguenti requisiti: <ul style="list-style-type: none"> di diametro massimo $\leq 1/3$ del lato minore della sezione eccentricità $\leq 1/2$ del diametro minimo della cipollatura
Fessurazioni longitudinali da ritiro (in generale)	Limiti validi per legno equilibrato a umidità $\leq 20\%$; per umidità $> 20\%$ i limiti di ammissibilità vanno ridotti del 50%
Fessurazioni passanti	<ul style="list-style-type: none"> solo sulle testate lunghezza ≤ 2 volte la larghezza del lato su cui si aprono
Fessurazioni non passanti	senza limitazioni

CARATTERISTICA	REQUISITI E LIMITI AMMISSIBILI PER LA CATEGORIA C&S (CATEGORIA UNICA)
LIMITAZIONI PER LE CARATTERISTICHE GEOMETRICHE	
Smusso (in generale)	Smussi di lunghezza $< 1/4$ della lunghezza del pezzo non vengono considerati
Smusso singolo	Nella sezione trasversale peggiore, $\leq 1/4$ del lato
Smusso doppio	Somma degli smussi $\leq 1/3$ del lato (superando i limiti precedenti la sezione sarà obbligatoriamente assimilata al cerchio)
Arcuatura (valore indicativo)	Su 2 m di lunghezza $f \leq 10$ mm
Falcatura (valore indicativo)	Su 2 m di lunghezza $f \leq 10$ mm
Svergolamento (valore indicativo)	Su 2 m di lunghezza $f \leq 15$ mm
Rastremazione (valore indicativo)	Su 2 m di lunghezza $ b_2 - b_1 \leq 10$ mm e $ h_2 - h_1 \leq 10$ mm
LIMITAZIONI PER LE CARATTERISTICHE BIOLOGICHE	
Degradamento da insetti	<ul style="list-style-type: none"> non è consentita alcuna infestazione attiva non è ammessa la presenza di fori prodotti da insetti, aventi diametro minimo ≤ 1 mm o comunque identificati come prodotti da Lictidi non è ammessa la presenza di fori prodotti da insetti, aventi diametro minimo > 3 mm o comunque identificati come prodotti da Cerambicidi su 1 m di lunghezza, sono ammessi fino a 10 fori prodotti da insetti, aventi diametro minimo compreso fra 1,5 mm e 2,5 mm
Degradamento da funghi	Non è ammissibile la presenza di degradamento da funghi della carie del legno, salvo il caso in cui tale degradamento sia limitato a una zona di ampiezza massima di 10 mm circostante un nodo nero
LIMITAZIONI PER ALTRE CARATTERISTICHE	
Midollo	<ul style="list-style-type: none"> non è ammesso il midollo affiorante sulle testate, distanza minima dal contorno della sezione ≥ 25 mm
Legno di reazione	Nessuna limitazione
Danni meccanici	Devono essere scartati tutti i pezzi che presentino danni meccanici i cui effetti possano pregiudicare la resistenza

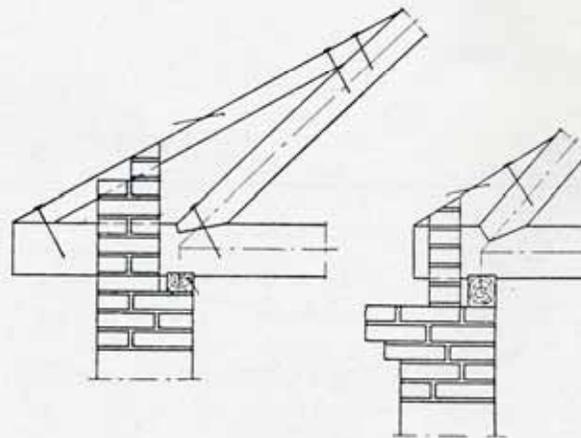
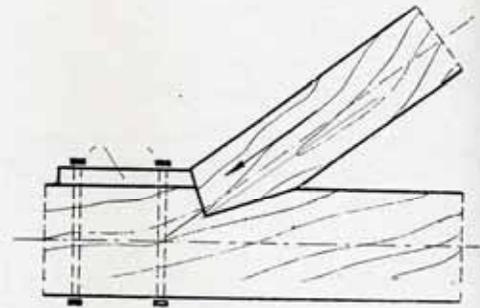
Tabella 5-4 Regole di classificazione IATF per il Castagno strutturale



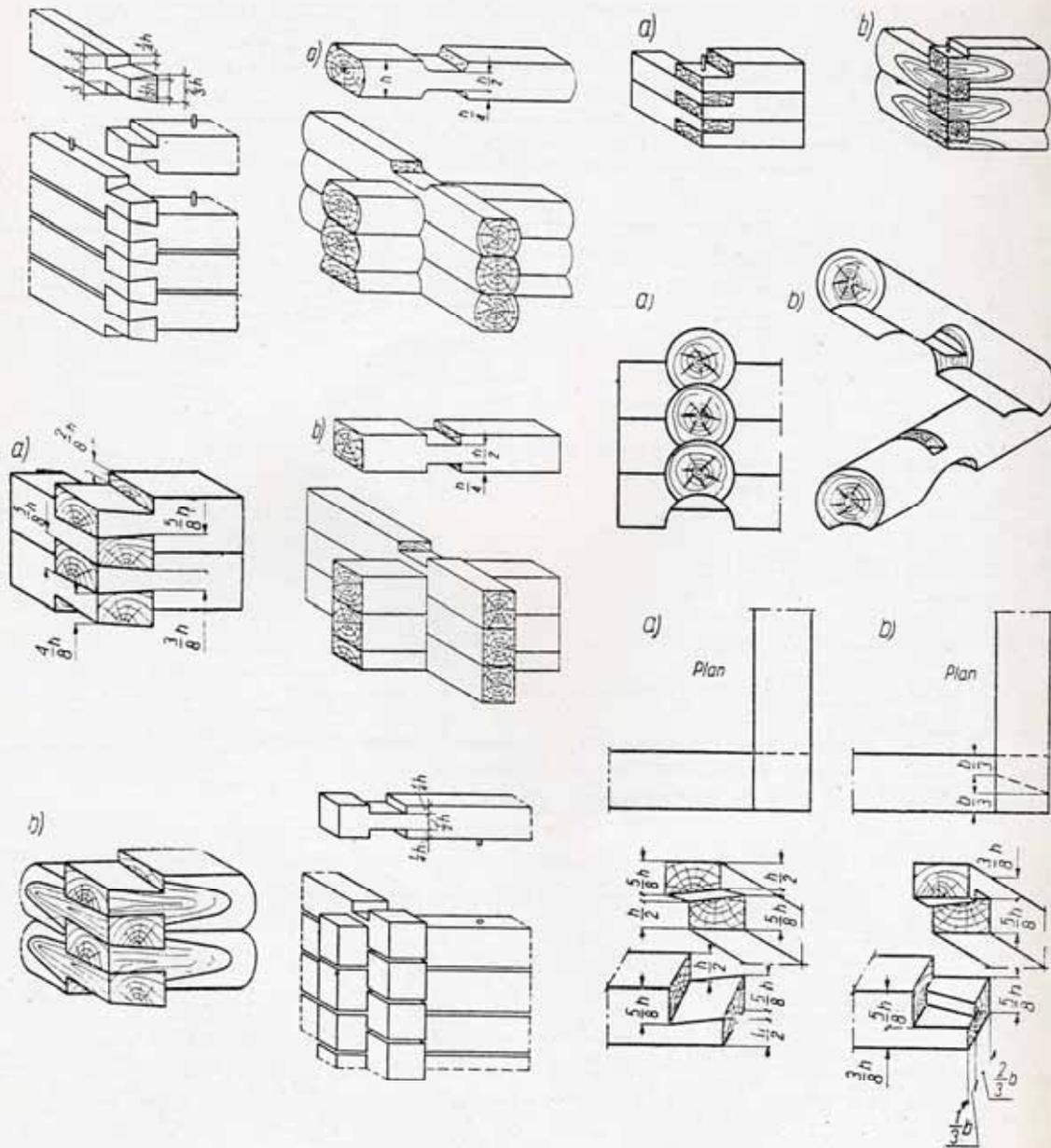
La sezione di edificio qui rappresentata mostra due complessi "Tou-Fong"; il disegno proviene da un antichissimo trattato di architettura cinese edito nel 1103



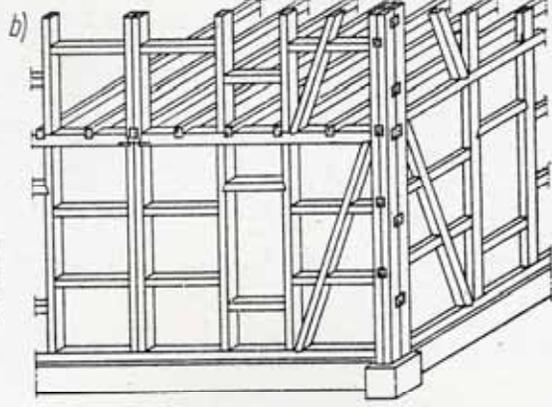
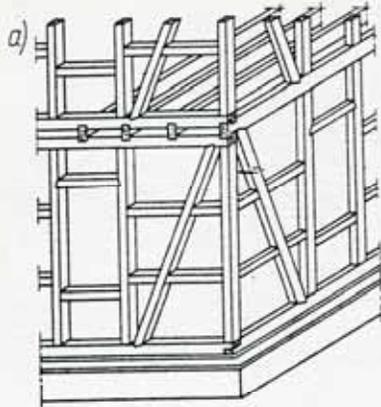
schema di collegamento
di una trave orizzontale
ed una trave inclinata



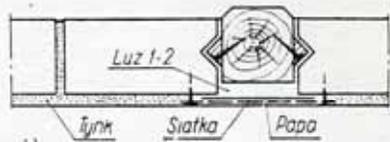
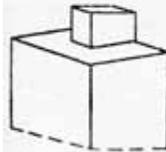
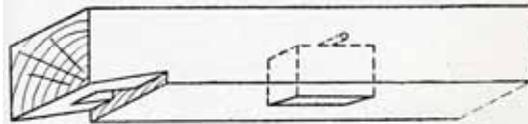
schemi raccordo muratura - copertura



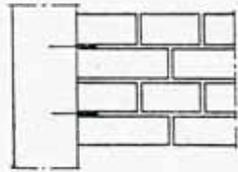
esempi di legatura angoli delle pareti in legno massello



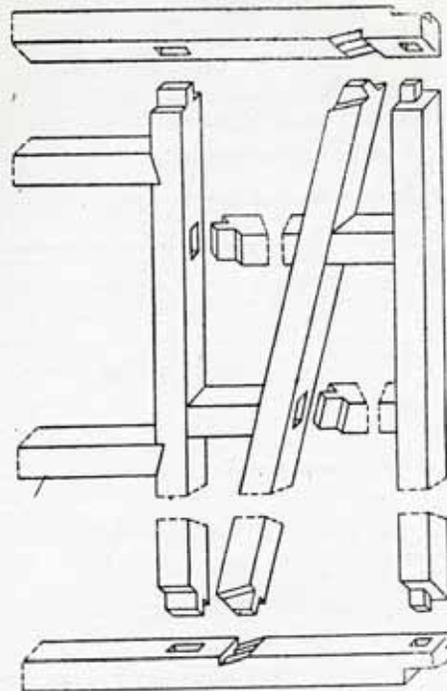
struttura casa in legno "ossatura"



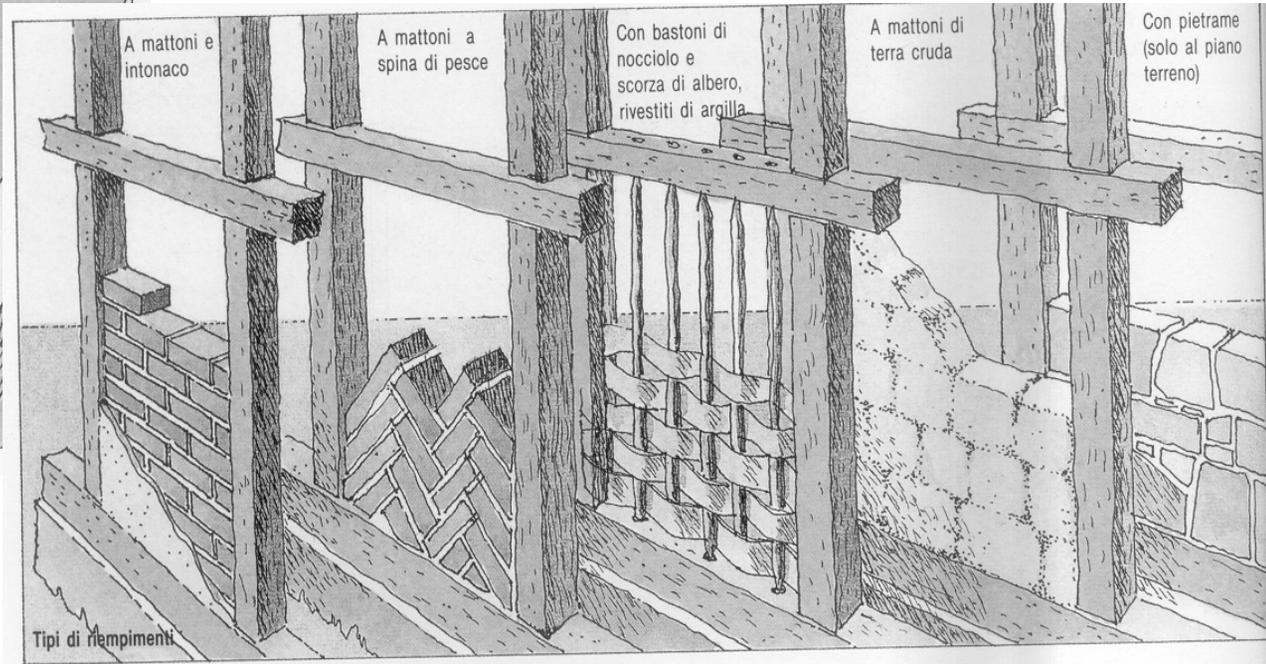
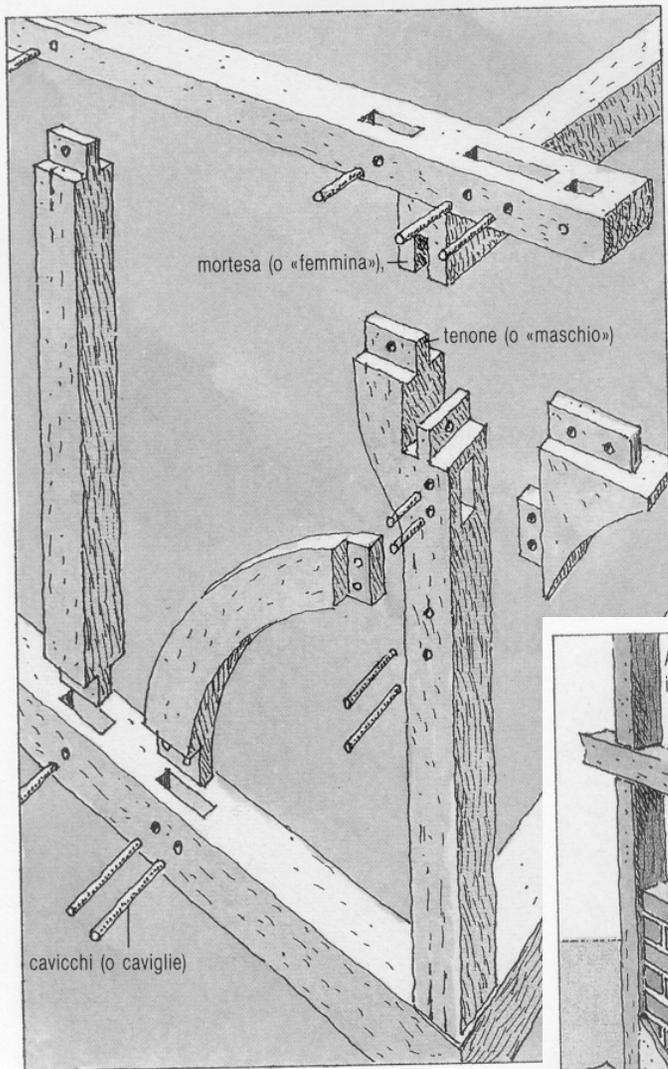
b)

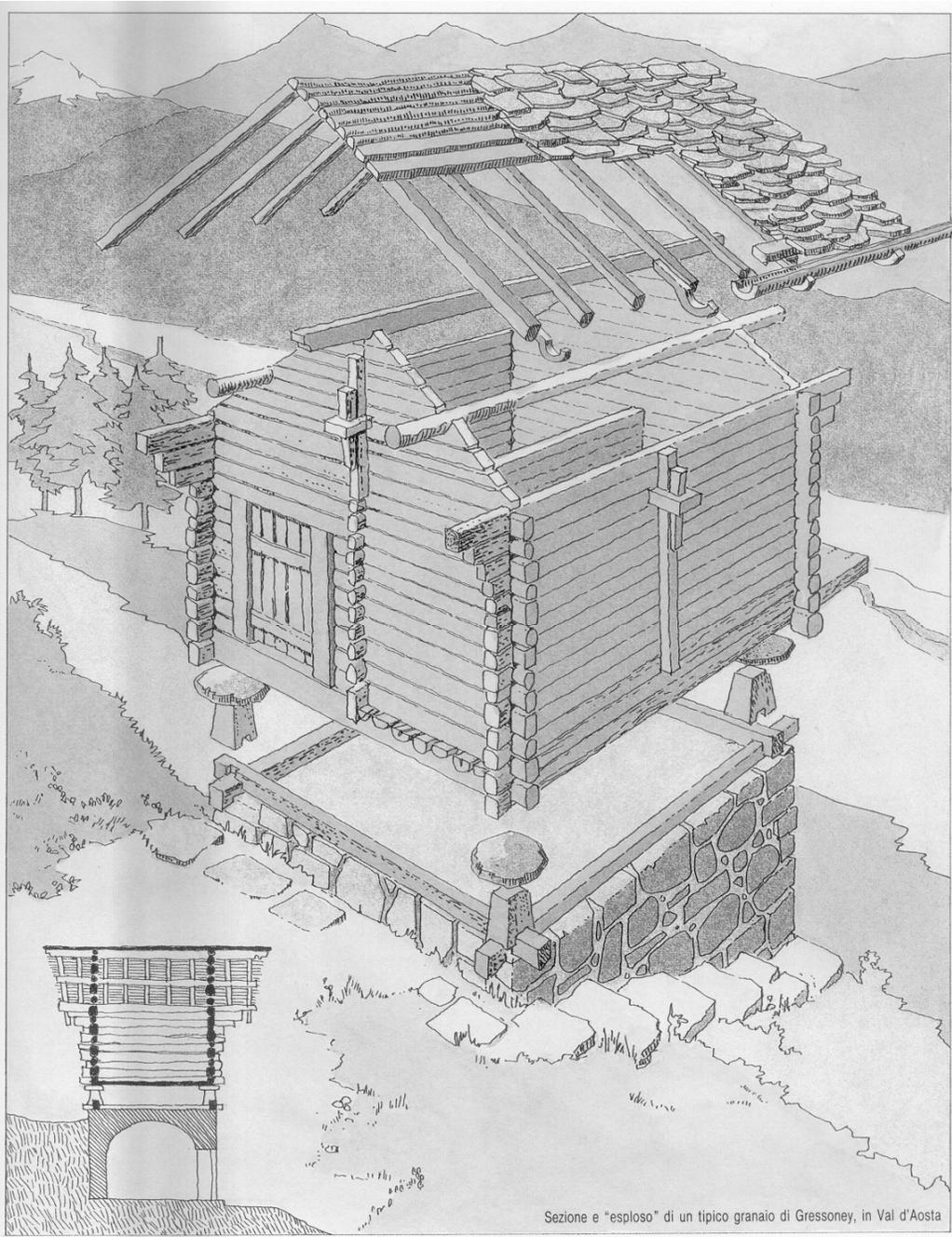


collegamento pilastro in legno con muro di mattoni
tramite chiodi o listelli in legno per ossatura

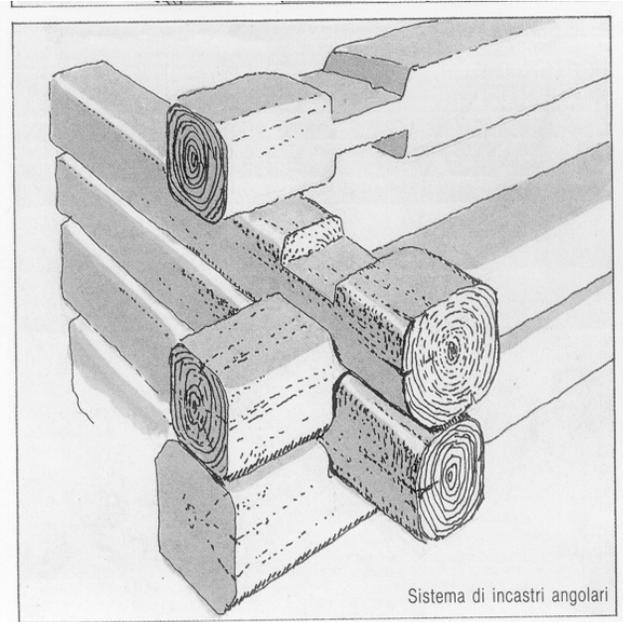


particolari collegamenti fra elementi in legno della "ossatura"

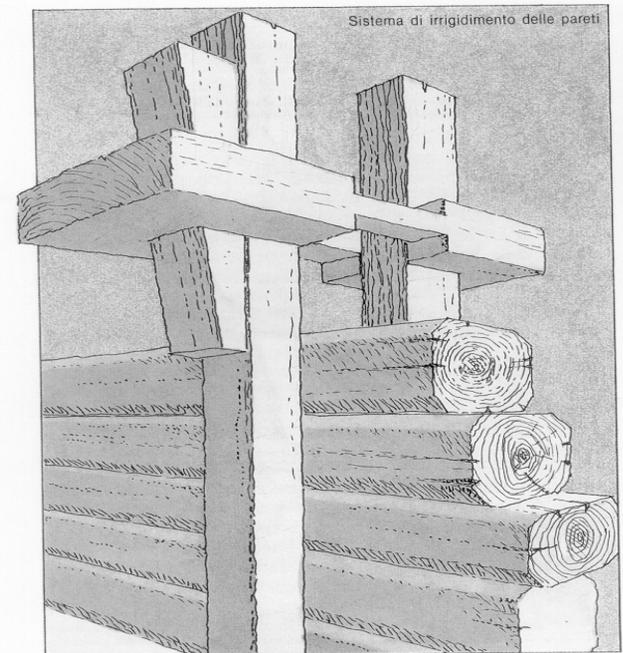




Sezione e "esploso" di un tipico granaio di Gressoney, in Val d'Aosta



Sistema di incastri angolari



Sistema di irrigidimento delle pareti

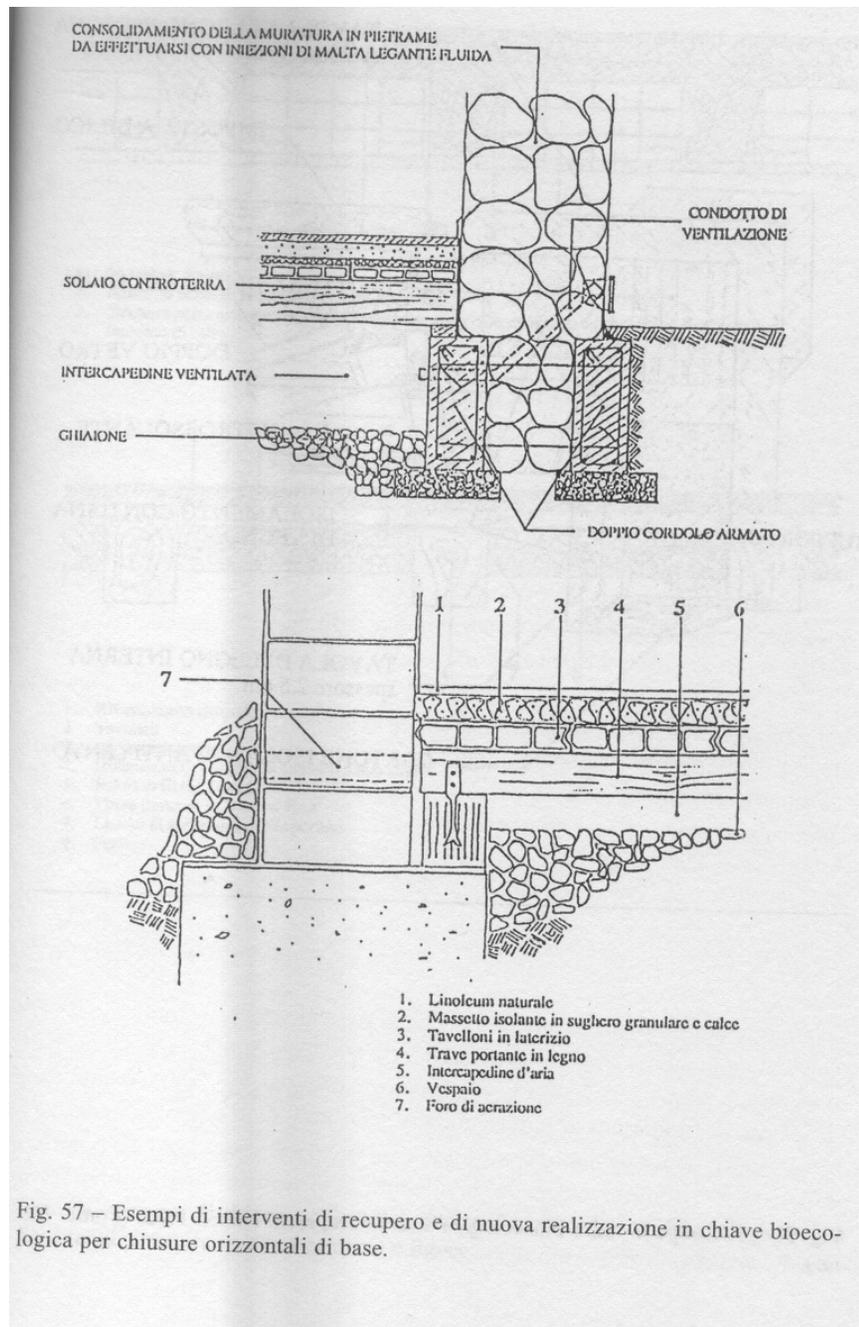


Fig. 57 – Esempi di interventi di recupero e di nuova realizzazione in chiave bioecologica per chiusure orizzontali di base.

NATURA DELL'ISOLANTE	DENSITA' (Kg/cm ²)	CONDUTTIVITA' TERMICA (W/mK)	COMPATIBILITA' BIOLOGICA
Cloruro di polivinile	30	0,035	NO
Polistirolo espanso	10 30	0,028 0,035	NO
Poliuretano espanso	30 60	0,016 0,023	NO
Resina ureica	7 20	0,027 0,035	NO
Argilla espansa in granuli	300 600	0,070 0,100	SI
Lana di roccia	30 200	0,028 0,039	NO
Lana di vetro	0,75 6	0,030 0,039	NO
Mica espansa in granuli	60 80	0,038 0,070	SI
Fibra di cellulosa	30 38	0,037	SI
Fibra di cocco		0,04	SI
Lana di legno	300 400	0,06	SI
Sughero in granuli	50	0,046	SI

Fig. 65 – Confronto fra le principali caratteristiche di alcuni materiali isolanti analizzati.

3 mm	peso 500-550 kg/mc
3-8 mm	peso 450-500 kg/mc
8-15 mm	peso 400-450 kg/mc
15-20 mm	peso 380-400 kg/mc

Fig. 66 – Granolometrie e pesi delle argille espanse.

polvere, elementi questi che favorirebbero l'insorgere di muffe. Il sughero in pannelli non deve essere legato con colle sintetiche che oltre alla loro pericolosità (cessione di formaldeide) riducono fortemente le qualità principali del materiale ma dalle capacità autocollanti della suberina, la parte resinosa del materiale, che sottoposta a calore si scioglie legando naturalmente i granuli a raffreddamento avvenuto. I pannelli di sughero tostato o espanso hanno ottime capacità coibenti, non impiegano colle sintetiche ma l'alta temperatura a cui la materia prima viene sottoposta brucia la suberina e il tannino liberando benzopirene prodotto naturale ma tossico e dall'odore sgradevole. Anche nel caso del sughero sono quindi fondamentali le certificazioni e il controllo di qualità sul prodotto. In sintesi il sughero è un ottimo materiale coibente per la bioedilizia solo se proviene da pura polpa di corteccia di sughera priva di ogni elemento estraneo, ventilata ed eventualmente aggregata in pannelli per effetto combinato di solo calore e compressione. In questo caso le sue caratteristiche sono l'ottimo potere coibente termico e acustico, la grande traspirabilità, l'impermeabilità, l'inattaccabilità da insetti e roditori.

i pannelli di legno mineralizzato

con le fibre di legno (in genere di pioppo, pianta a rapido accrescimento) vengono realizzati pannelli con ottime qualità bioedili. Il processo produttivo si basa sull'utilizzo di ossisolfato di magnesio (magnesite caustica e solfato di magnesio) sostanza che impregna, lega e mineralizza le fibre del legno. L'impasto di fibre di legno e ossisolfato di magnesio viene sottoposto ad alta temperatura e compressione e quindi formato in pannelli. In questo modo il legno perde le parti organiche deperibili e si mineralizza assumendo oltre alle sue già note proprietà di coibentazione termica e acustica, di traspirabilità, di igroscopicità e di inattaccabilità da insetti e roditori, un'ottima resistenza al fuoco.

i pannelli di fibre di legno

dagli scarti delle segherie (riciclaggio di cortecce e rami di conifere non trattate chimicamente) proviene la fibra di legno, materia prima per la produzione di pannelli coibenti. Le fibre di legno vengono aggregate senza compressione per effetto del potere collante della lignina resina naturale presente nella fibra stessa. Il prodotto ottenuto oltre alle caratteristiche già più volte citate è completamente biodegradabile e riciclabile e si presta ottimamente a diversi impieghi nella coibentazione termica e acustica di pavimenti, pareti e coperture.

fibra di cellulosa riciclata

Altro materiale con buone capacità di coibentazione termoacustica e con l'ottimo pregio della provenienza da riciclaggio è la fibra di cellulosa ottenuta mediante una speciale tecnica di trasformazione della carta dei quotidiani che, grazie all'utilizzo di componenti minerali naturali (in genere sali di boro), la rende non infiammabile, inattaccabile dalle muffe, dai roditori e dagli insetti. Il materiale viene insufflato nelle intercapedini di pareti e coperture.

fibra di cocco, di iuta, di cotone, di lino

ancora poco diffusi ma indubbiamente interessanti per le loro caratteristiche ecologiche (materie prime rinnovabili, riciclabilità ecc.) e per le loro doti di coibentazione sono i materiali derivati da altre fibre vegetali come il cocco, la juta, il cotone, il lino. Naturalmente questi materiali devono essere accompagnati da adeguate garanzie e certificazioni riguardo alla loro provenienza da coltivazioni in cui non si sia fatto uso di prodotti chimici.

materiali coibenti animali

lana di pecora

Grazie alla sua particolare microstruttura la lana di pecora si propone come ottima e naturale alternativa alle fibre minerali per l'isolamento termico ed acustico. Oltre alle doti di coibenza e traspirabilità la lana ha grandi doti di igroscopicità, è cioè in grado di assorbire acqua fino al 33% del suo peso senza apparire umida e di cedere lentamente l'acqua assorbita svolgendo quindi in modo ottimale il compito di equilibrare l'umidità relativa dell'aria. La lana è una materia prima rinnovabile e riciclabile con un bassissimo bilancio energetico (energia immessa in fase produttiva).

Materiali coibenti minerali

Alcune materie prime minerali hanno caratteristiche fisico tecniche interessanti per un loro uso in bioedilizia, ovviamente se non addittivate con prodotti sintetici di derivazione petrolchimica:

calcio silicato

l'idrosilicato di calcio è un materiale poroso, prodotto in autoclave partendo da sabbie silicee, calce idraulica e una piccola percentuale di fibre di cellulosa con funzione di rinforzo. Con questo materiale si realizzano pannelli leggeri, molto resistenti a compressione, di grande precisione dimensionale e di facile lavorabilità, ininfiammabili e molto resistenti al fuoco, privi di radioattività e di emissione di polveri o altri agenti irritanti, traspiranti e riciclabili (per la produzione di cls) *vermiculite, perlite*

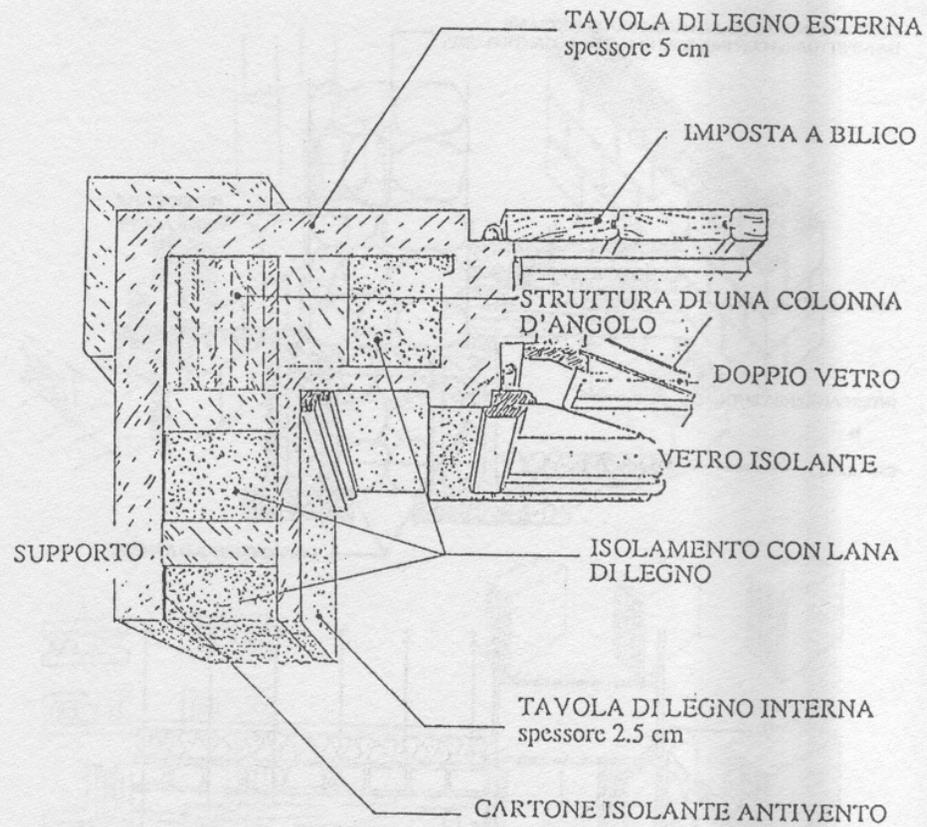
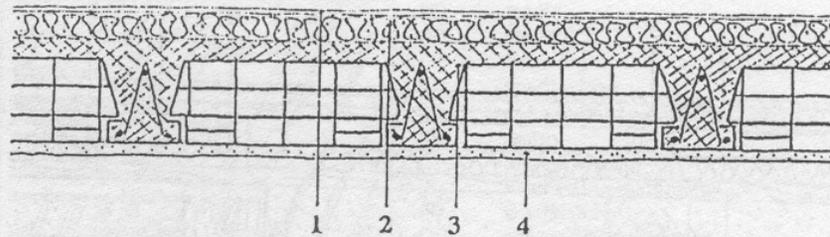
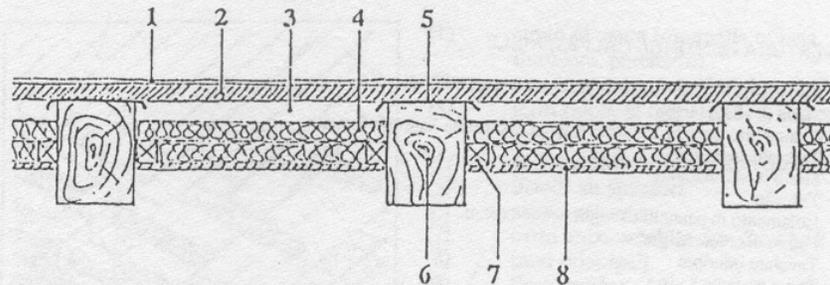


Fig. 58 – Prototipo di muro bioecologico antirumore, arch. Hubert Fritz. (Fonte: *Natur*).

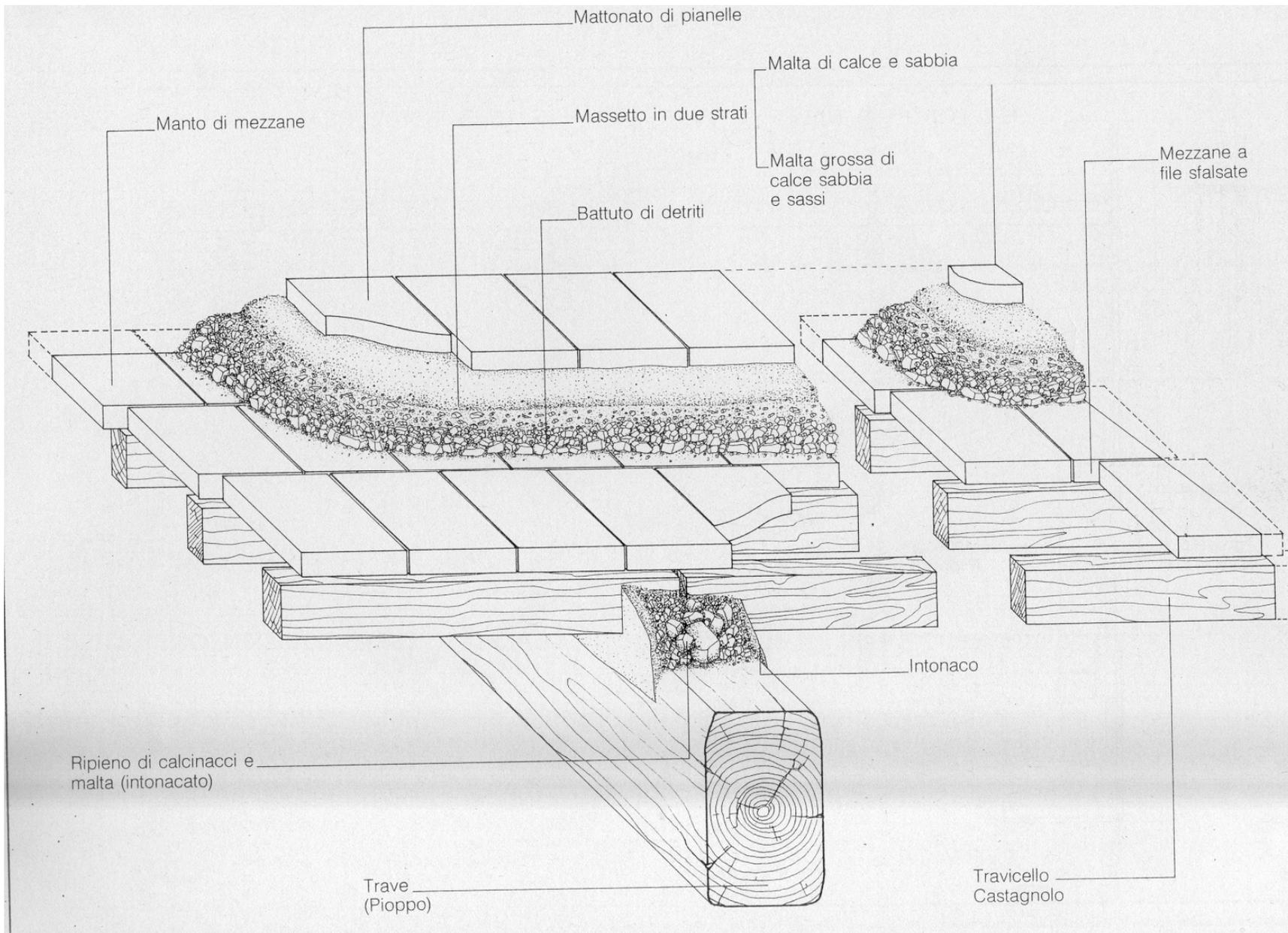


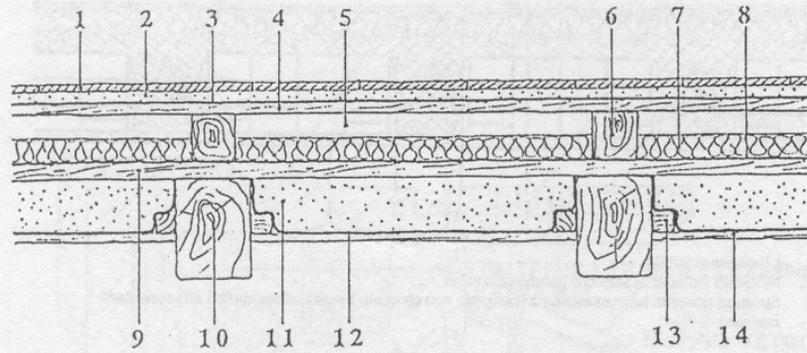
1. Linoleum naturale
2. Massetto isolante in sughero granulare e calce
3. Struttura portante laterocementizia realizzata con cemento bianco ed acciaio ad alta resistenza
4. Intonaco di calce



1. Rivestimento naturale
2. Tavolato
3. Intercapedine d'aria
4. Isolamento in pannelli di sughero a due strati
5. Feltro in fibre di cocco
6. Trave portante in legno a vista
7. Listelli di ancoraggio delle perline
8. Perline

Fig. 59 – Esempi di chiusure orizzontali intermedie con soluzioni bioecologicamente accettabili; strutture in latero-cemento e lignee.





COPERTURA CONTINUA CALPESTABILE

1. Pavimentazione in cotto trattato con prodotti naturali
2. Malta di allettamento
3. Guaina biologica in cellulosa trattata con resine naturali, 3 strati
4. Tavolato superiore
5. Strato di ventilazione
6. Travetto
7. Isolamento in pannelli di sughero compresso
8. Foglio di cellulosa grezza
9. Tavolato inferiore
10. Trave portante a vista
11. Sabbia calcarea
12. Foglio di cellulosa grezza
13. Listello
14. Controsoffitto ligneo a vista

Fig. 60 – Esempio di chiusura orizzontale di copertura calpestabile.

STRUTTURE IN LEGNO

Calcoli statici - verifica - dimensionamento di:

- COLONNA (pilastro)
- TRAVE

1/ Dati basilari:

- Umidità del legno = 15÷18%
- Sollecitazioni (compressione, trazione, flessione) [σ_b]
- Modulo elastico [E]

Tabella 01

Tipo di legno	σ_b kg/cm ²	E kg/cm ²
morbido	110	100.000
duro	130	125.000
lamellare	140	110.000

2/ Sollecitazioni ammissibili

$$\sigma_{amm} = \sigma_b \cdot m$$

Per verificare le sollecitazioni massimali di ogni struttura portante dobbiamo calcolare il coefficiente di correzione [**m**]

$$m = m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 \cdot m_4$$

m₁ dipende dalla qualità del legno e del tempo di utilizzazione perenne o temporaneo

Tabella 02

Tipo di strutture	legno di 1° categoria	legno di 2° cat. con nodi
fisse m₁	1,0	0,8
provvisorie m₁	1,2	1,0

m_2 dipende dall'ubicazione della struttura rispetto all'umidità (al riparo, all'aperto, dentro l'acqua)

Tabella 03

	m_2
Riparato dall'umidità =	1,0
all'aperto =	0,85
sott'acqua =	0,75

m_3 dipende dal tipo di legno)

Tabella 04

	m_3
morbido abete/pino =	0,8 ÷ 0,9
Duro Rovere/castagno	0,9 ÷ 1,0

m_4 dipende dall'umidità del legno (sotto carico d'esercizio)

Per componenti strutturali del legno che durante l'esercizio (carico massimo) hanno un'umidità superiore al 15÷18% massimo fino al 30% si consiglia di calcolare il coefficiente di correzione m_4 come da formula:

$$m_4 = \frac{\sigma_{18\%}}{[1 + \alpha (n\% - 18\%)] \cdot 100} \geq 0,75$$

dove il coefficiente $\alpha = 0,04$ per legno morbido

dove il coefficiente $\alpha = 0,03$ per legno duro