

F O R N O S O L A R E P E R C U C I N A R E

1 - Perché costruire un forno solare

Le fonti di energia alternativa, a parte qualche eccezione, non sono ancora competitive rispetto alle fonti tradizionali. Ad esempio in certe regioni dell'India, dove è prezioso anche qualche chilo di legna, è apparso un tipo di fornello solare a riflessione, semplice e relativamente economico, ma non ha ancora avuto una grande diffusione sebbene sia già in uso da più di dieci anni.

Qual'è dunque il motivo che mi induce a suggerirvi la costruzione di un forno solare per cucinare? Non è certo un vantaggio economico. Pensate che il costo del materiale per costruire questo forno si aggira sulle 350.000 lire. Se con questi denari comperate del liquigas come combustibile, potrete cucinare tanti cibi quanti ne cucinereste in venti anni con l'energia solare. Non si può neanche dire di voler fare qualcosa di nuovo perché è quasi un secolo che hanno inventato il forno solare per cucinare, ovviamente meno sofisticato di quello che vi presento in queste pagine. Si può invece dire che, cucinando con l'energia solare, non si inquina e non si produce né fumo e nemmeno cenere; inoltre si può cucinare anche in quei parchi dove, per motivi di sicurezza, è proibito accendere fuochi e fornelli. Ma a causa del limitato uso di questo tipo di forno, i vantaggi accennati non sono determinanti per giustificare la costruzione.

In ultima analisi il motivo determinante può essere questo: "provare una particolare gioia nel cuocere i nostri cibi con l'energia solare". Il Sole che, con la sua luce e il suo calore, fa germogliare e crescere i frutti della terra, può essere chiamato in causa anche per completare l'opera, cioè la cottura. Alcuni entusiasti affermano che i cibi cotti col Sole sono più gustosi. In merito, ho notato che una cottura solare accentua il sapore di quei vegetali che crescono sotto terra, mentre lascia quasi inalterato il sapore di quelli che crescono alla luce del Sole.

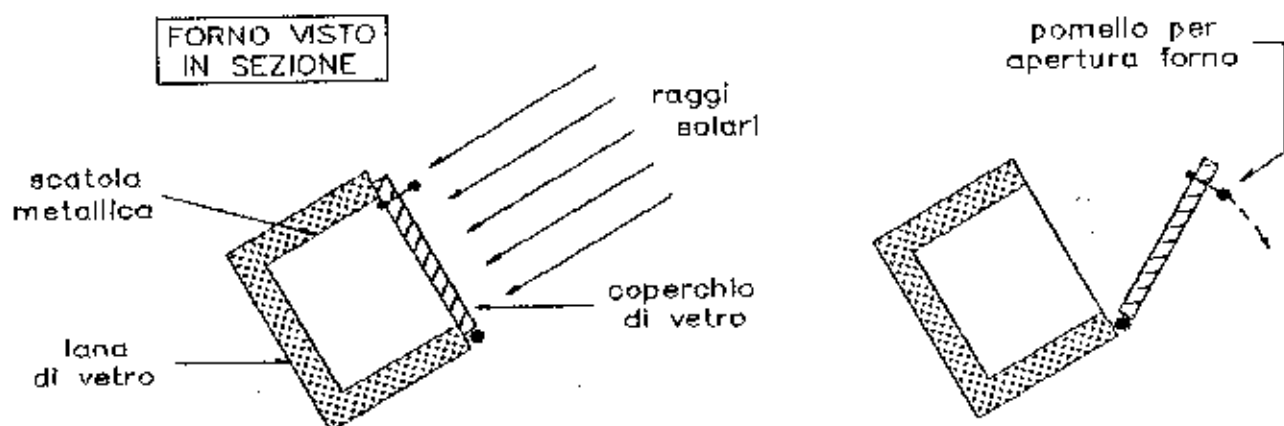
C'è un'altra ipotesi, un po' nascosta, quasi filosofica, a favore di questa mia proposta. Spero di riuscire a descriverla in poche righe: un filosofo austriaco, circa settant'anni or sono, consigliava di passeggiare al mattino nel bosco non per ossigenare i polmoni o rinforzare i muscoli, ma per uscire momentaneamente da uno schema umano che, per quanto lodevole, contiene ancora tanti difetti. Perciò passeggiare nel bosco significa entrare nella natura che finora si è dimostrata più saggia degli uomini. Egli consigliava inoltre di osservare le posizioni del Sole e della Luna, di notare come si spostino di ora in ora e di giorno in giorno ed intuire la loro posizione in caso di cielo coperto. Questo significa sperimentare, sia pure in forma labile, un ciclo cosmico saggio tanto quanto la natura.

Perciò penso che "chiamare in causa il Sole, osservare il suo percorso nel cielo, spostare ogni tanto il forno per centrarlo con la nuova posizione dei raggi solari, percepire il profumo del pane che sta cuocendo" abbia oggi un effetto terapeutico.

Se, oltre a questo, immaginiamo come dei bambini possano meravigliarsi e gioire di fronte a un'esperienza simile, possiamo dire che la costruzione e soprattutto l'uso di un forno solare per cucinare è più che un semplice hobby: "è un momento pedagogico".

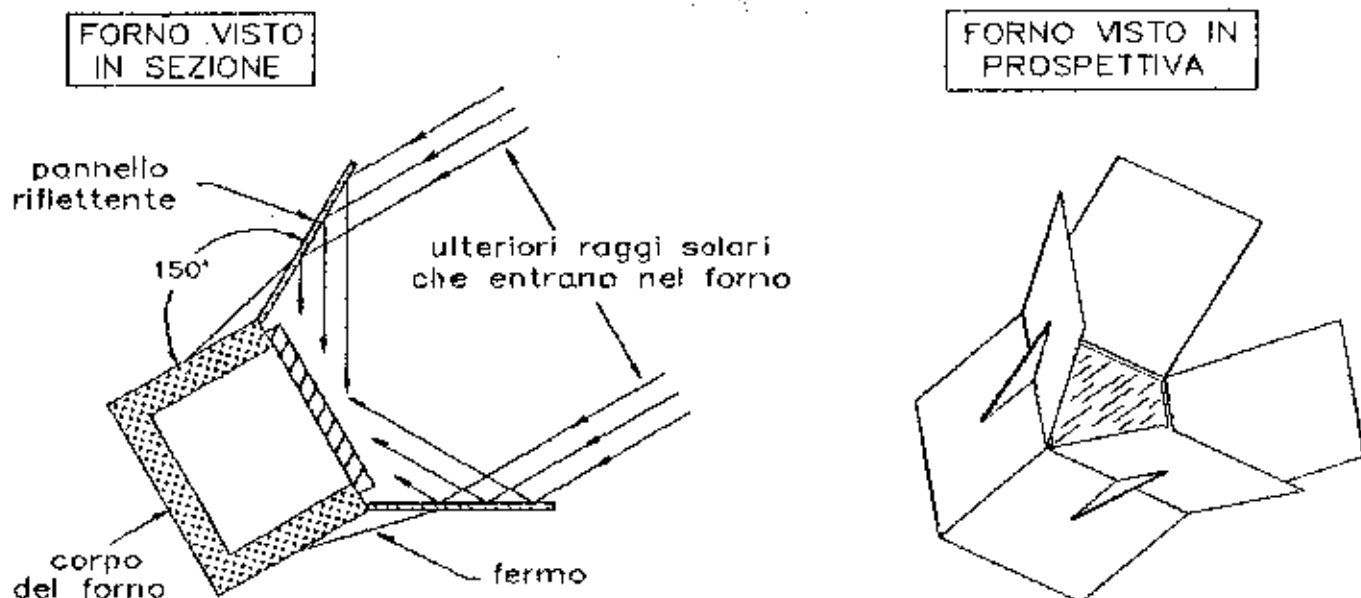
2 - PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Immaginatevi una scatola metallica a forma di cubo con le pareti interne verniciate di nero e le pareti esterne isolate termicamente con lana di vetro. Inoltre immaginatevi di chiudere questa scatola con un coperchio di vetro trasparente. Ecco questo è un "forno solare". Infatti, se lo esponete al sole splendente (non velato da foschia) per mezz'ora, potrete avere all'interno una temperatura di circa 90 gradi centigradi.



Come avete già capito, si sfrutta l'effetto serra: i raggi solari passano attraverso il vetro, cedendo il loro calore alla lamiera verniciata di nero e questa a sua volta scalda l'aria all'interno del forno. Purtroppo con 90 gradi si può solo scaldare i cibi, per cuocerli al forno occorre una temperatura più elevata (almeno 150 gradi per la carne e 180 gradi per il pane).

Se ora mettiamo intorno ai quattro bordi superiori della scatola, dei pannelli di cartone ricoperti da un sottile strato di alluminio lucido, riusciamo a far entrare nel forno altri raggi di sole. Così facendo, si può ottenere all'interno del forno circa 180 gradi, semprechè il cielo sia limpido e il sole alto sull'orizzonte.



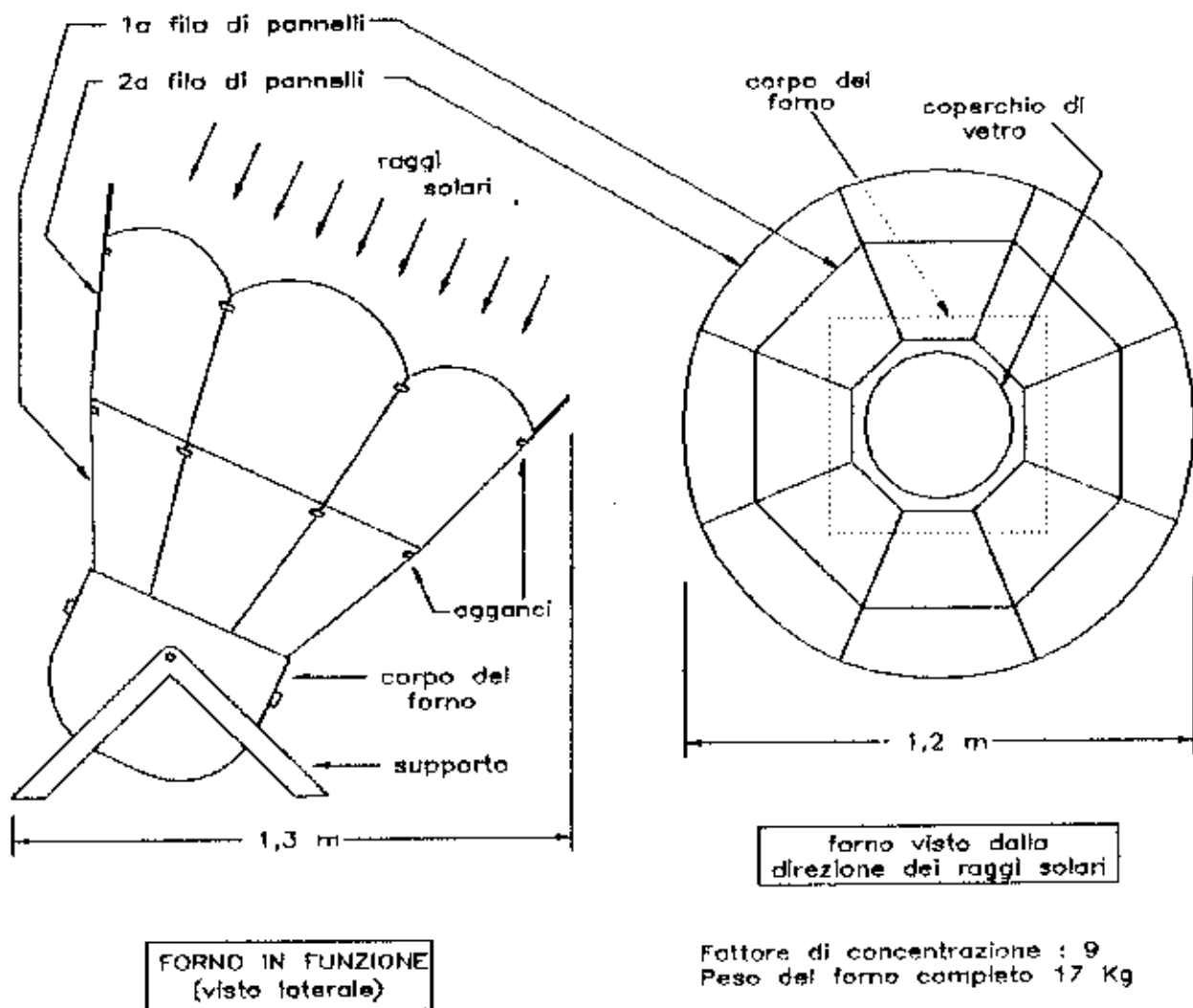
Abbiamo così ottenuto i 180 gradi necessari per cuocere anche il pane; ma rammentatevi che giornate senza foschia e senza neanche una nuvola sono rare. Al nord poi giornate limpide quasi non esistono d'inverno. Inoltre in piena estate possono capitare giornate afose con temperatura ambiente molto alta (30-34 gradi centigradi) ma con sole velato da foschia, ombre sfumate e cielo bianco anzichè azzurro. Ebbene, con quest'ultime condizioni un forno così fatto raggiungerà a mala pena una temperatura interna di 120 gradi. Perciò per avere

una buona resa con un forno solare, è necessario avere un cielo limpido e non una temperatura ambiente elevata.

3 - TIPO DI FORNO PROPOSTO

Da quanto esposto nel capitolo precedente, si comprende che la costruzione di un forno solare per cucinare è giustificata solo se lo si può utilizzare con una certa frequenza, ovvero anche quando c'è un po' di foschia o qualche nuvola passeggera. Per questo motivo è necessario costruire un tipo di forno più efficiente e di conseguenza più costoso di quello descritto a pag. 3.

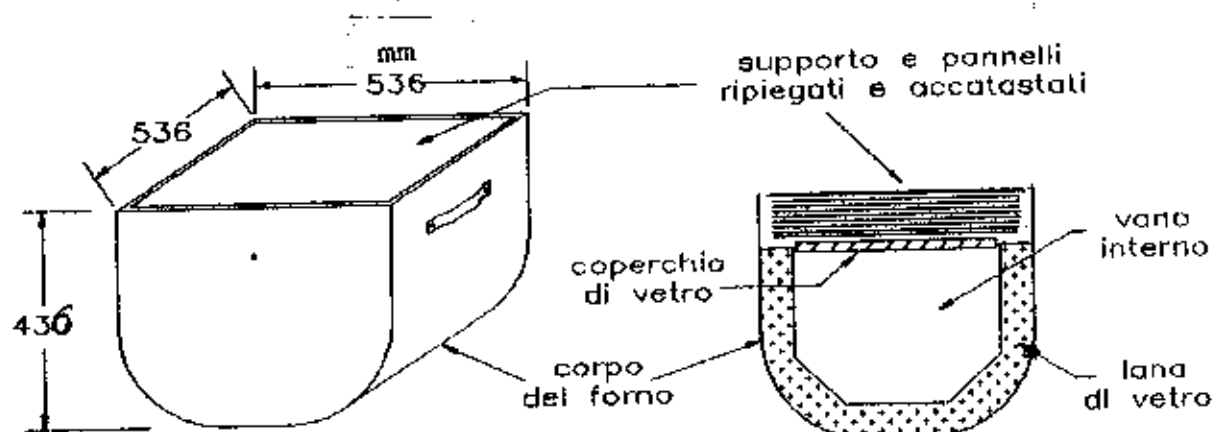
L'alta efficienza del forno che vi propongo è dovuta principalmente all'aggiunta di una seconda fila di pannelli riflettenti e ad un doppio vetro come coperchio. Per migliorare ulteriormente l'efficienza, il vetro del coperchio è circolare, mentre i pannelli riflettenti hanno una geometria ottagonale. Ecco l'aspetto del forno:



È possibile costruire un forno più grande (ingombro massimo 1,6 m), nel caso si desideri averlo fisso su un terrazzo o in giardino; in tal caso è necessario un supporto diverso da quello qui descritto ed inoltre occorre una protezione per la pioggia. È anche possibile costruirne uno più piccolo per poterlo usare su un balconcino o addirittura in casa davanti ad una finestra aperta, ovviamente rivolta a sud.

Nel progetto si è tenuto conto anche di facilitare il trasporto del forno (per usarlo per es. in campeggio). Per questo motivo il supporto e i pannelli riflettenti vengono ripiegati e accatastati nel corpo stesso del forno, come si

vede nelle figure seguenti:



Un obbista provetto può costruire questo forno in circa 40 ore, più il tempo per l'acquisto del materiale, per leggere attentamente questo manuale, per preparare attrezzi e tavolo e per le pulizie. Se invece fate costruire questo forno da un artigiano, la spesa sarebbe tale da rendere impopolare questa mia proposta. Perciò queste righe sono indirizzate principalmente a quelle persone che possono costruirselo in casa. Per chi non fosse portato a lavori manuali molto impegnativi e volesse comunque costruire un forno solare, consiglio il libro "Cucinare col sole" di Halacy Ed. Mazzotta. Vi si potranno trovare dettagli costruttivi di un forno simile a quello accennato a pag. 3. In questo caso occorreranno poche ore di lavoro e pochi soldi ma ci si dovrà accontentare di cucinare solo quando il cielo è limpido e il sole alto.

Quando analizzerete i disegni costruttivi NON SPAVENTATEVI !! Essi sono dettagliati per facilitare i principianti; inoltre le quote riportate su alcuni disegni fanno apparire il pezzo da costruire più complicato di quello che realmente è. Le quote con a fianco un asterisco devono essere particolarmente precise (+-3/10 di tolleranza).

4 - ATTREZZATURA E MATERIALE OCCORRENTE

- morsa piccola (lunghezza ganasce minimo 35 mm)
- trapanino a mano o elettrico con punte da 1 a 8
- forbice o cesoia per lamiera
- bulino e punta per tracciare, punteruolo
- lima media piatta per ferro e lima ad ago, raspa per legno
- cassetta per segare cornici e relativa sega
- carta vetrata da 40 e da 100 e relativo tampone
- seghetto del ferro e seghetto traforo
- 4 morsetti da falegname apertura minimo 50 mm
- graffietto da falegname (non indispensabile)
- pennelli per vernice e colla
- coltello con lama retrattile, cacciaviti e martello
- riga lunga, squadra e compasso grande

Le metrature più avanti riportate, inerenti alle quantità, sono già comprese dello scarto. Comunque, prima di acquistare il materiale occorrente, leggete attentamente le istruzioni di costruzione. Così potrete scegliere, per le varie parti da acquistare, le dimensioni più opportune per avere un minimo di scarto. Inoltre, durante l'acquisto, potrete farvi già tagliare parte del materiale (per esempio il compensato e la lamiera) nella giusta misura.

Se non trovate i fogli di alluminio da 0,3 mm di spessore (con la parte lucida protetta da un foglio di plastica), potrete usare quelli per alimenti. In tal caso risparmierete circa 50.000 lire, ma avrete un pannello riflettente che

si rovinerà presto. Inoltre sarà più difficile l'incollaggio (da farsi con colla vinilica) di questo foglio di alluminio sottilissimo.

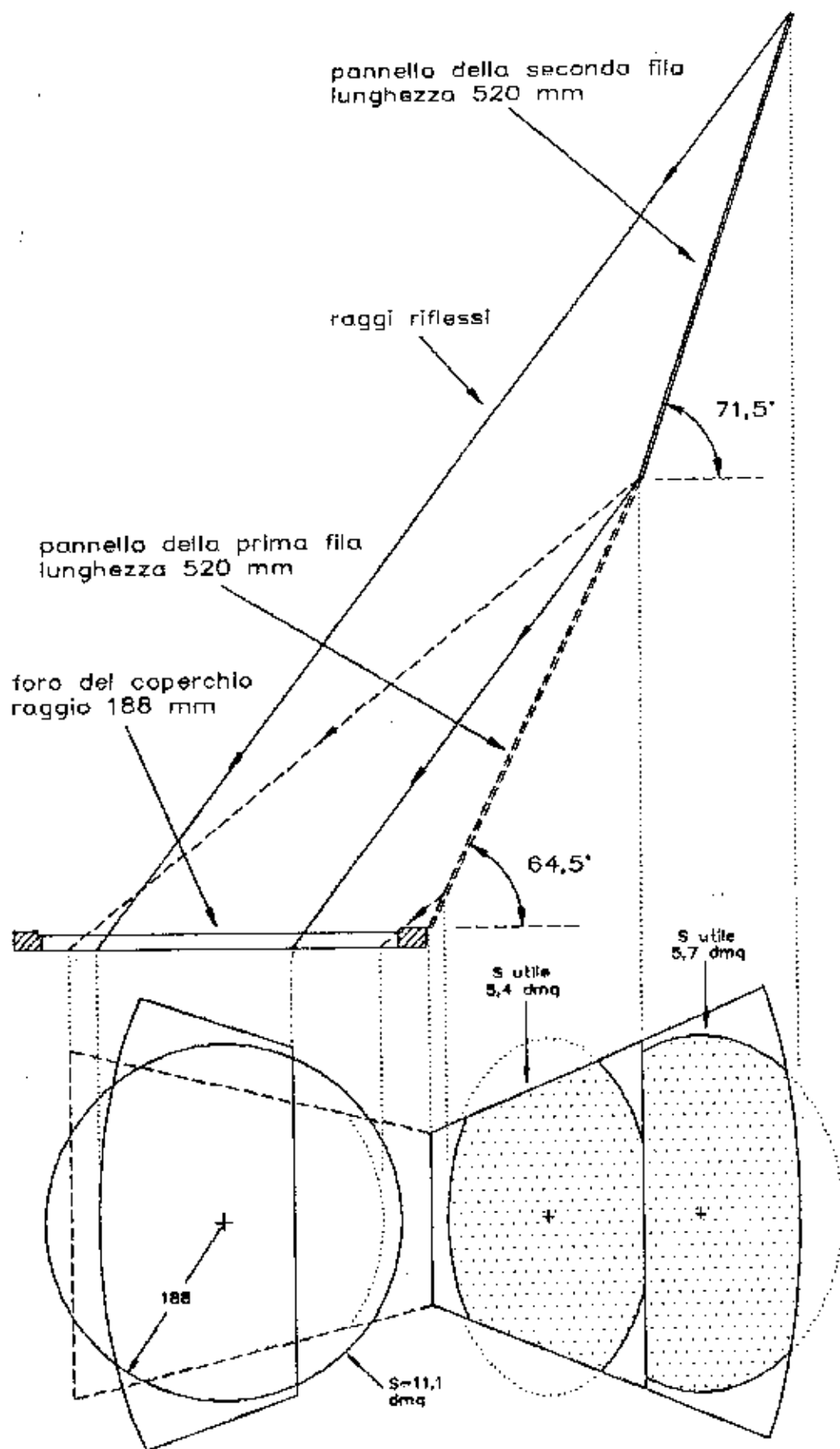
Per le parti metalliche si può usare lamiera nera trattata galvanicamente (usata per le grondaie), in questo caso si risparmierà la verniciatura.

I pannelli di fibra di roccia sono quelli usati per soffitti antiacustici.

LEGNO	compensato pioppo 4 mm	5,7 mq
	" " 5 mm	0,3 mq
	listello abete 10x10 mm	2,7 m
	" " 15x30 mm	2 m
	" " 15x45 mm.	3,6 m
METALLO	" " 20x20 mm.	2,4 m
	truciolare 20 mm	0,1 mq
	alluminio fogli spessore 0,3 mm	4 mq
	" fogli sottili per alimenti	1,5 mq
	" angolare 10x10 mm	1,5 m
	" tubo ϕ est 15 mm	0,5 m
	ferro zincato fogli spessore 0,6 mm	0,7 mq
	" filo zincato ϕ 2,2 mm	2,5 m
	" filo acciaio armonico ϕ 0,8 mm	1 m
	" tubetto ϕ 10 mm est. ϕ 8 mm int.	5 cm
CERNIERE RONDELLE VITI	cerniera ottone 20x25 mm	2
	" ottone fresato 30x30 mm	2
	" ferro 30x30 mm perno a sfilare	8
	bussola di congiunzione 6MA	6
	chiodini 1x20 mm	30
	occhiolo a legno ϕ 10 mm	4
	rondele ferro 3,2x8x0,8 mm	18
	" " 8,4x18x2 mm	10
	vite 3MAX6 mm testa tonda e dado	48
	" 3MAX12 mm testa tonda e dado	4
	" 5MAX20 inox e dado	2
	" 5MAX36 mm quadro sottotesta	4
	" 6MAX50 mm testa esagonale e dado a galletto	4
	" autofil. 2,9x6,4 testa svas. tagli. +	4
	" " 2,9x6,4 testa cilin. tagli. -	16
	" " 2,9x9,5 testa svas. tagli. +	10
	" " 2,9x9,5 testa cilin. tagli. +	14
" " 2,9x16 testa cilin. tagli. +	32	
" " 2,9x40 testa svas. tagli. +	7	
" " 3,5x19 testa cilin. tagli. + e rond.	4	
COLLE VERNICI	colla epossidica	20 gr
	colla per laminati	0,2 Kg
	colla vinilica per legno	0,2 Kg
	nastro scotch biadesivo <i>per maquettes</i>	18 m
	sigillante per alte temp. atossico (min 300°C)	0,1 Kg
	turapori trasparente	1 Kg
	vernice acrilica nero opaco atossica (min. 400°C)	0,1 Kg
vernice trasparente	1 Kg	
VARIE	bottone a pressione ϕ 16 mm	9
	carta da forno	0,1 mq
	catenella metallica	0,5 m
	cinghia per tapparelle	0,8 m
	feltro spessore 2-3 mm	2 dmq
	fibra di roccia pannello spessore 15 mm	0,5 mq
	filo nylon ϕ 2 mm	4 m
	" " ϕ 3 mm	2 m
	lana vetro materassino alto 30 mm	3 mq
	nastro cotone robusto alto 25 mm	4 m
tela leggera di cotone	2,5 mq	
termometro per forno (bimetallo)	1	
vetro da finestra spessore 2 mm	0,3 mq	

5 - QUALCHE CALCOLO

Questo capitolo contiene alcune considerazioni tecniche che ci aiutano a stabilire il percorso dei raggi solari e di conseguenza il rendimento globale del forno. La figura seguente mostra l'inclinazione dei due tipi di pannelli riflettenti rispetto ai raggi solari e dove questi vengono riflessi:



Sappiamo che l'intensità della radiazione solare che raggiunge gli strati superiori dell'atmosfera terrestre è di 1357 W/m². Perciò se un captatore delle dimensioni di 1 m² di superficie potesse trasformare tutta l'energia solare che lo colpisce in energia elettrica, diventerebbe un generatore elettrico della potenza di 1357 W.

L'atmosfera terrestre attenua questa radiazione solare a tal punto che al livello del mare e col sole a 45° rispetto all'orizzonte, la radiazione diretta scende a 850 W/m², semprechè il cielo sia limpido.

Esiste anche una radiazione riflessa dal vapore acqueo, ma questa non può essere utilizzata da captatori a concentrazione. Facendo una media fra le poche giornate di sole con cielo limpido e le tante giornate di sole con foschia, possiamo assumere che mediamente una giornata di sole può contare su una radiazione solare di 600 W/m². Questo dato medio è valido per il nostro paese dalle ore 10 alle 15 e solo nella stagione primavera-estate; in autunno-inverno sono rare le giornate adatte a questo tipo di forno tranne che al sud.

A grandi linee il rendimento ottico è dato dalla seguente formula:

$$n = \frac{\text{radiazione solare assorbita all'interno del forno (in W)}}{\text{radiazione solare che colpisce il forno e i pannelli (in W)}}$$

In pratica, il calcolo del rendimento è un po' complicato e necessita una elaborazione geometrica perchè, per ragioni costruttive, la sagoma dei pannelli riflettenti non è geometricamente simile al foro circolare attraverso il quale i raggi solari entrano nel forno.

Nel disegno alla pagina precedente, si possono vedere (a sinistra in basso) le sagome dei due pannelli riflesse sul foro circolare, mentre nella parte destra sono rappresentate le proiezioni degli stessi pannelli. Se ora riportiamo il foro circolare (opportunamente trasformato in ellisse) sulle due proiezioni, scopriamo quant'è la superficie solare utile captata dai due pannelli. Di conseguenza la superficie utile totale è:

$$S_{\text{ut.}} = (5,4 + 5,7) \cdot 8 = 88,8 \text{ dm}^2; S_{\text{ut.tot.}} = 88,8 + 11,1 = 99,9 \text{ dm}^2$$

L'inclinazione dei pannelli è quella ottimale, infatti variandola in più o in meno, l'area utile diminuisce sempre. Ora si può stabilire il rapporto di concentrazione che è $99,9 / 11,1 = 9$.

Osservando la pianta del forno a pag. 4, notiamo che essa ha un ingombro circolare con raggio di 0,6 m e una superficie totale rivolta al sole di 1,13 m², perciò riceve una radiazione di $600 \cdot 1,13 = 678 \text{ W}$. Ma solo $600 \cdot 0,999 = 599 \text{ W}$ sono diretti verso il foro circolare. Qui si vede subito la prima perdita di $678 - 599 = 79 \text{ W}$.

La seconda perdita (dovuta alla riflessione dell'alluminio) corrisponde al 20% della radiazione utile riflessa dai pannelli; perciò avremo: radiazione utile = $600 \cdot 0,888 = 533 \text{ W}$; 20% di 533 = 106 W.

La terza perdita avviene quando i raggi attraversano i due vetri del coperchio e corrisponde al 30% della radiazione diretta verso il foro circolare; perciò avremo: $533 - 106 + 600 \cdot 0,111 = 493 \text{ W}$; 30% di 493 = 148 W.

Infine la quarta perdita è dovuta all'assorbimento non totale dei raggi solari da parte delle pareti interne nere e corrisponde al 10% di quanto ha attraversato i vetri, ovvero: $493 - 148 = 345$; 10% di 345 = 35 W.

Riassumendo 678 W arrivano dal sole (in una giornata media) ma di questi ne utilizziamo solo $678 - 79 - 106 - 148 - 35 = 310 \text{ W}$. Possiamo ora asserire che il sole produce nel nostro forno, tanto calore quanto ne produrrebbe una resistenza elettrica da 310 W posta all'interno del forno stesso. Il rendimento ottico globale è dunque:

$$n = 310 / 678 = 0,45 = 45\%$$

Ora possiamo calcolare la temperatura interna del forno (in una giornata media) che è dipendente dalla bontà dell'isolamento delle pareti interne e del coperchio. La formula è un po' complessa perciò diciamo brevemente che la lana di vetro posta attorno alle pareti interne e il doppio vetro del coperchio oppongono una certa resistenza termica al passaggio del calore. Per il nostro forno questa R termica assume un valore medio di 0,5. Serve anche sapere la superficie totale interna S (pareti più coperchio) che è 0,58 m². Ed ecco la formula:

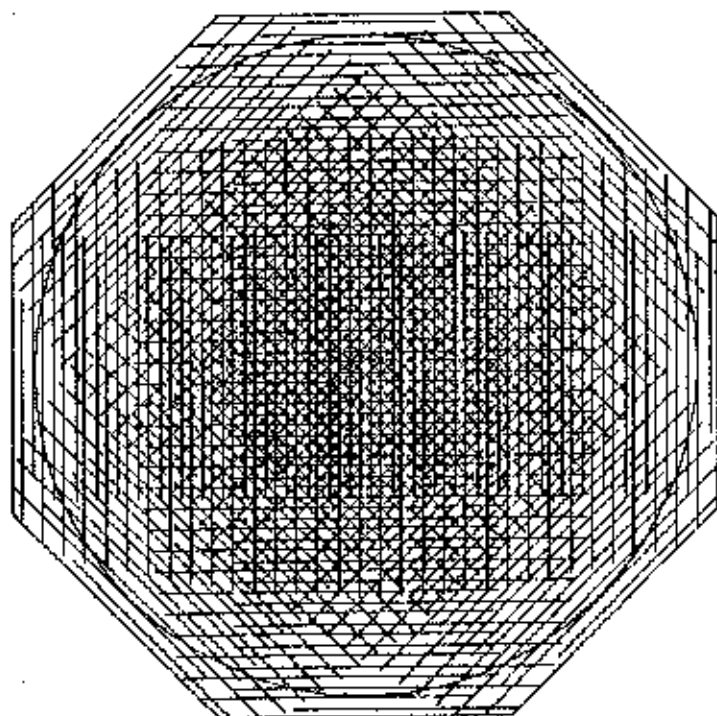
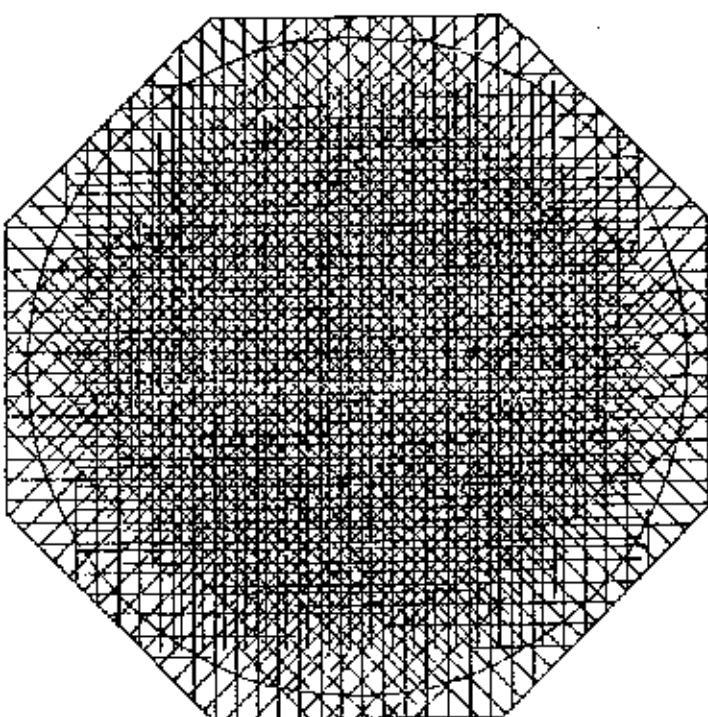
$$T \text{ int.} = \frac{W \cdot R}{S \cdot 1,16} + t \text{ amb.} = \frac{310 \cdot 0,5}{0,58 \cdot 1,16} + 20 = 250 \text{ } ^\circ\text{C}$$

In condizioni ottimali si raggiunge la temperatura massima di 347 gradi centigradi (realmente misurata con termocoppia dopo 35 minuti di funzionamento). Queste temperature si ottengono solo se il forno è chiuso ermeticamente. Purtroppo è necessario praticare un foro per permettere al vapore acqueo, prodotto dai cibi in cottura, di uscire dal forno. Il vapore acqueo uscendo sottrae al forno molto calore, di conseguenza la R termica globale del forno stesso scende a 0,38-0,39 e la temperatura interna media arriverà solo a 200°C anziché a 250°C; anche la temperatura massima raggiungerà solo 268°C anziché 347°C.

Avrete notato che parte dei raggi solari riflessi cadono sul bordo del coperchio. Qui viene da chiedersi perché non fare un foro ottagonale e far entrare più energia. La risposta è nella seguente figura dove si può notare che la concentrazione dei raggi solari non è uniforme:

concentrazione dovuta alla prima fila di pannelli

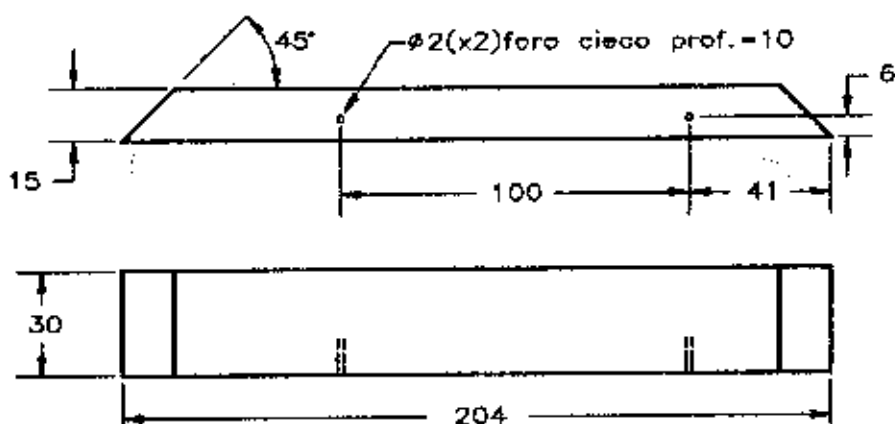
concentrazione dovuta alla seconda fila di pannelli



Per quanto sopra se aumentiamo del 5% la superficie del foro facciamo entrare nel forno solo il 3% in più di energia, mentre le perdite attraverso il foro aumentano del 5% (perdite per convezione e reirradiazione che corrispondono al 55% delle perdite termiche). Perciò il diametro del foro è un compromesso fra energia che entra, perdite termiche ed una ragionevole robustezza del coperchio di vetro.

6 - COSTRUZIONE "TELAIO OTTAGONALE" (4 ore)

8 pezzi "A" - materiale: listello abete 15 x 30 mm

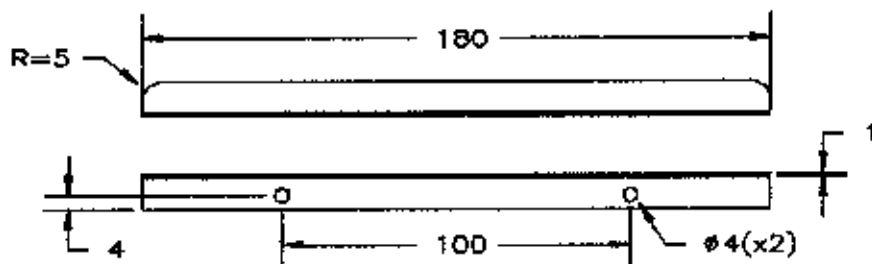


8 pezzi "B" - materiale: listello abete 10 x 10 mm
- lunghezza: 180 mm

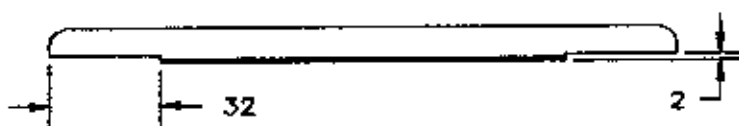
Rilavorare un solo pezzo "B" come da disegno seguente:



8 pezzi "C" - materiale: angolare alluminio 10 x 10 mm

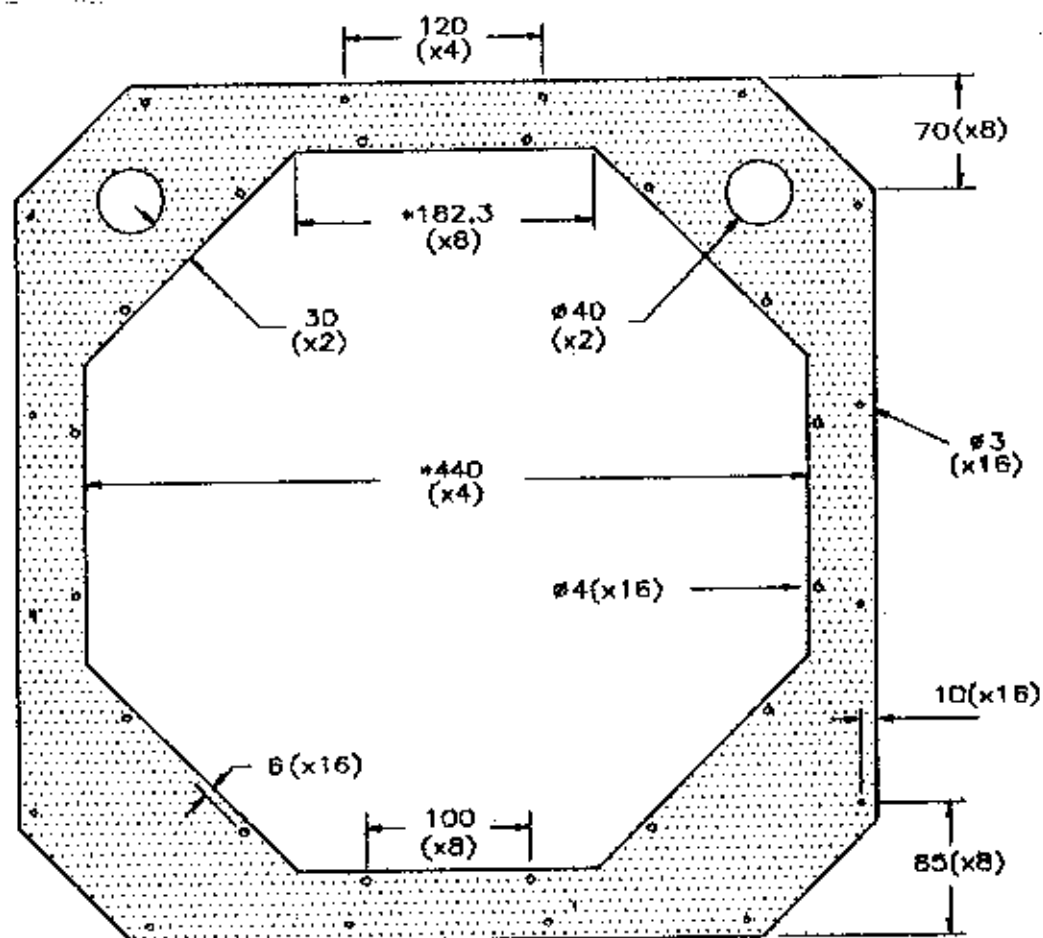


Rilavorare un solo pezzo "C" come da disegno seguente:

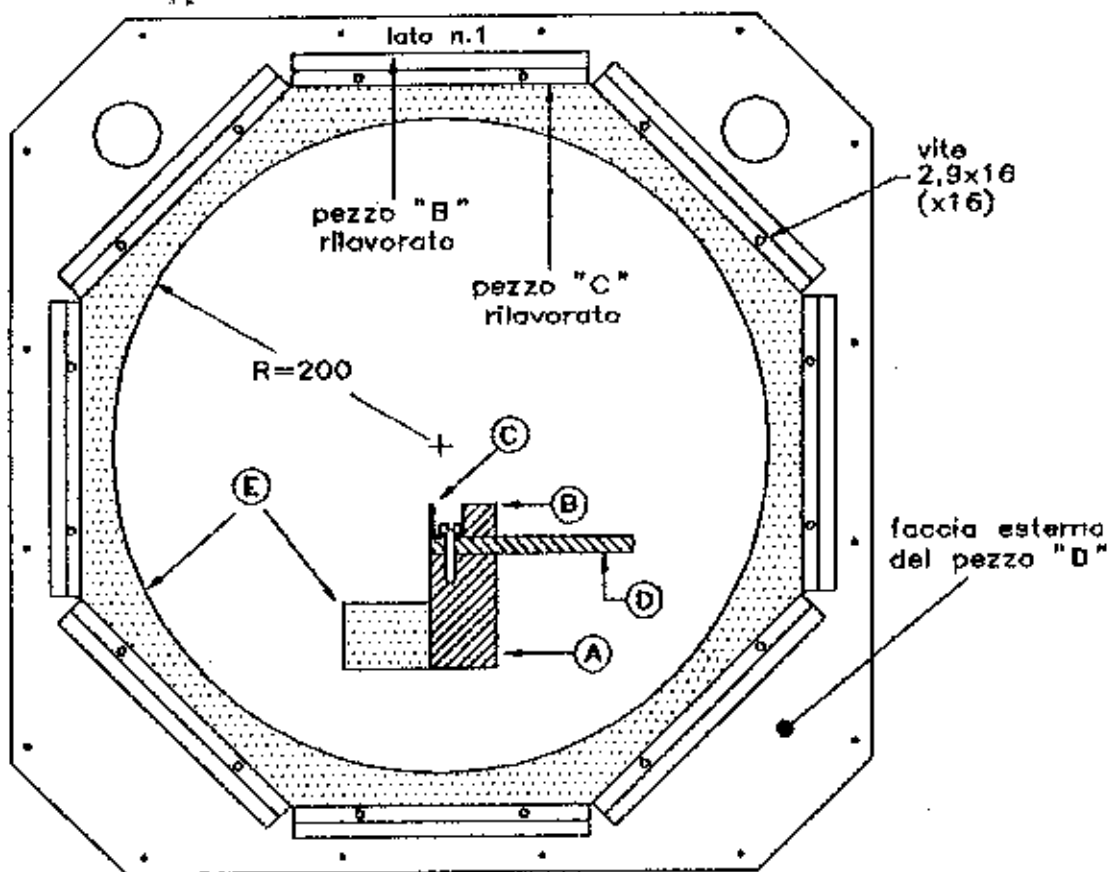
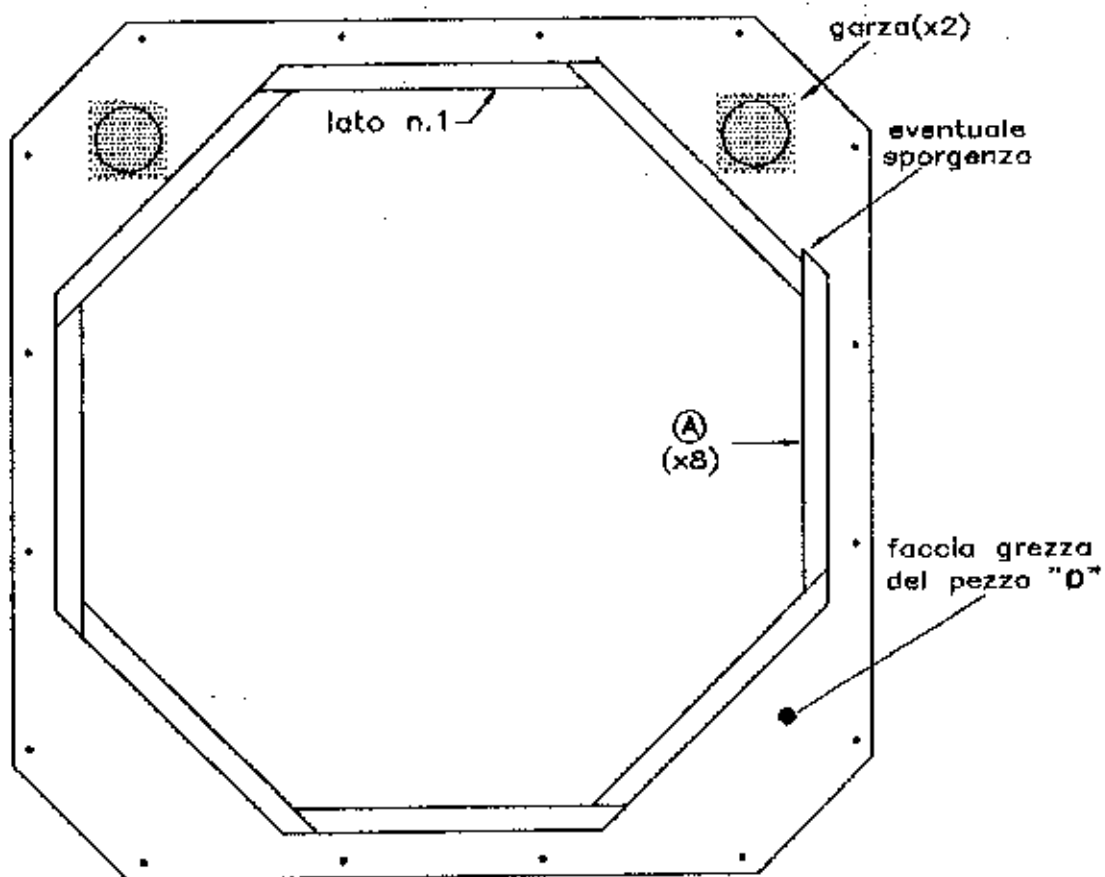


1 pezzo "D" - materiale : compensato pioppo da 5 mm
- dimensioni: 524 x 524 mm

Iniziare tracciando al centro del pezzo "D" un quadrato con lato di *440 mm e un cerchio con raggio di *238,2 mm; ora tracciare un ottagono con i lati di *182,3 mm, per far ciò sfruttare i punti di intersezione del cerchio col quadrato. Tracciare, sempre sul pezzo "D", anche i particolari mostrati nel disegno seguente. La parte ottagonale che dovrà essere asportata dal pezzo "D" servirà per costruire più avanti il "coperchio ottagonale", perciò tracciare ora anche il perimetro del coperchio come mostra il disegno a pag. 31; contrassegnare il lato n° 1 sia del pezzo "D" che del "coperchio ottagonale". Finita la tracciatura, praticare i fori e tagliare gli spigoli, questi ultimi verranno utilizzati più avanti. Infine col seghetto da traforo praticare il foro ottagonale. Riferirsi al seguente disegno:

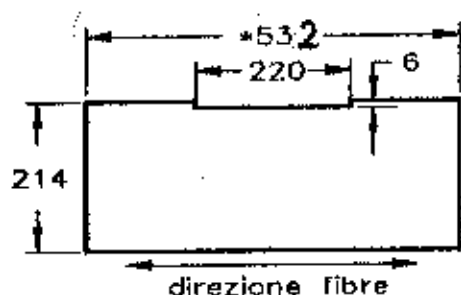


Per ottenere il "telaio ottagonale" incollare, con colla vinilica, i pezzi "A" (lato con fori) sulla faccia grezza del pezzo "D" come da disegni alla pagina seguente. Contemporaneamente posizionare i pezzi "C" sull'altra faccia del pezzo "D" e avvitarli con viti 2,9 x 16 a testa cilindrica. Il pezzo "C" rilavorato deve capitare sul lato n° 1 del foro ottagonale. Controllare l'allineamento dei pezzi con i lati del foro ottagonale e poi stringere le viti. Infine incollare i pezzi "B" sul pezzo "D"; il pezzo "B" rilavorato deve capitare affiancato al pezzo "C" rilavorato. Chiudere i due fori da 40 mm di diametro incollando un pezzo di garza o tela sottile sulla parte interna. Il pezzo "E" verrà costruito più avanti.

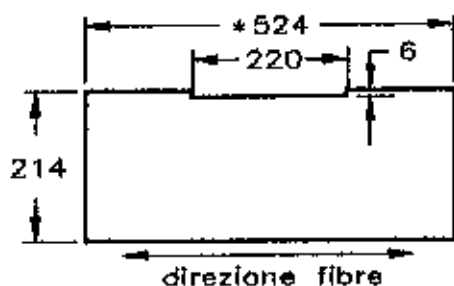


7 - COSTRUZIONE "CORPO DEL FORNO" (4 ore)

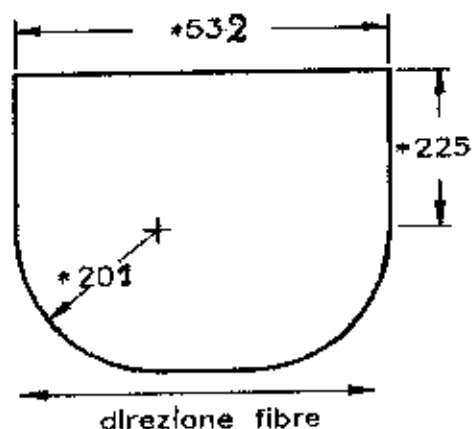
- 4 pezzi "F" - materiale: listello abete 10 x 10 mm
 - lunghezza: 214 mm
- 2 pezzi "G" - materiale: listello abete 10 x 10 mm
 - lunghezza: 130 mm
- 4 pezzi "H" - materiale: listello abete 20 x 20 mm
 - lunghezza: 480 mm
- 2 pezzi "I" - materiale: compensato pioppo 4 mm



- 2 pezzi "J" - materiale: compensato pioppo 4 mm



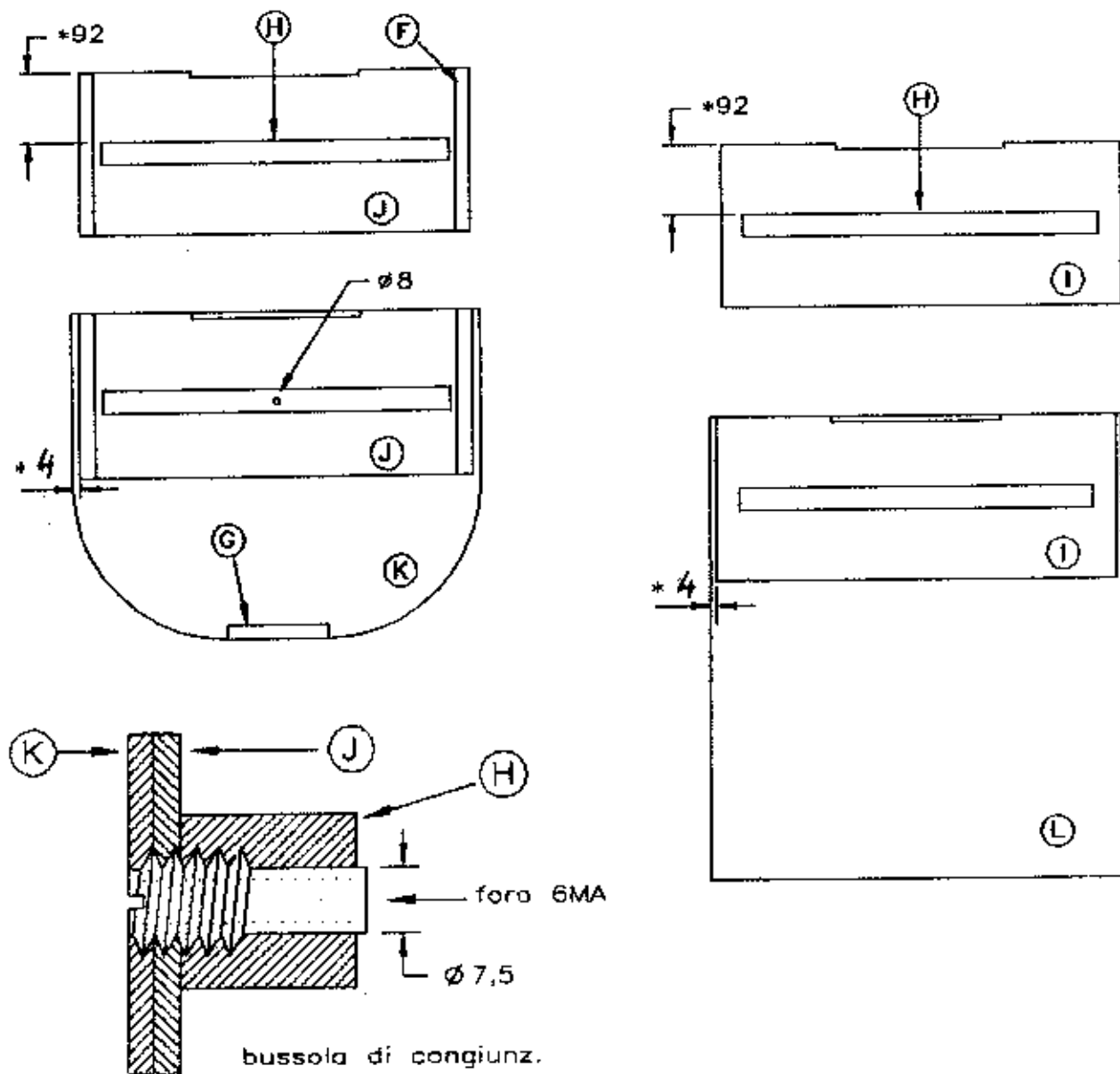
- 2 pezzi "K" - materiale: compensato pioppo 4 mm



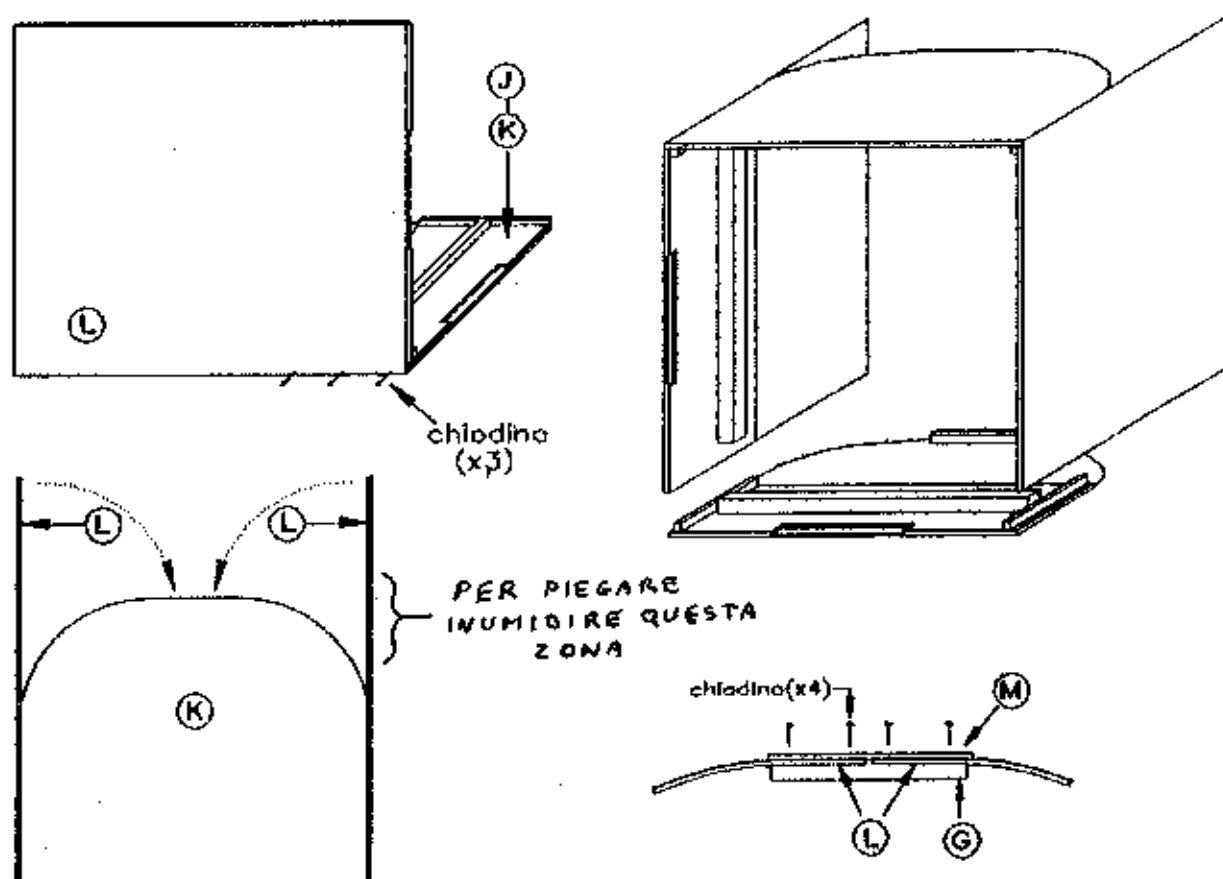
- 2 pezzi "L" - materiale: compensato pioppo 4 mm
 - dimensioni: 538 x 607 (fibre parallele al lato corto)

- 1 pezzo "M" - materiale: compensato pioppo 4 mm
 - dimensioni: 538 x 132 mm

Facendo riferimento ai prossimi disegni incollare 4 pezzi "F" e 2 pezzi "H" sui 2 pezzi "J" e i rimanenti 2 pezzi "H" sui 2 pezzi "I". Quando la colla ha fatto presa unire, sempre con colla vinilica, i 2 pezzi "I" con i 2 pezzi "L" ed ancora i 2 pezzi "J" con i 2 pezzi "K"; incollare anche i 2 pezzi "G" sui pezzi "K". Usare dei pesi (bottiglie piene d'acqua) per garantire una buona adesione fra le parti. Quando la colla ha fatto presa praticare un foro da 8 mm di diametro al centro dei 2 pezzi "H" incollati sui pezzi "J" (i fori devono essere passanti) e poi inserirvi due "bussole di congiunzione".



Ora, riferendoci ai disegni della pagina seguente, possiamo assemblare il corpo del forno. Appoggiamo uno dei due pezzi "K" in piano e incolliamo ai suoi lati i due pezzi "L"; per tenere insieme i tre pezzi, in attesa dell'essiccamento, possiamo usare dei chiodini oppure dei morsetti. Ora appoggiamo in piano il secondo pezzo "K" e, ribaltando i tre pezzi precedentemente incollati, facciamo combinare i due lati dei pezzi "L" con i lati del pezzo "K". Incollare e fissare con chiodini o con morsetti. Solo a colla essicata si può piegare la parte libera dei due pezzi "L". Inumidire con colla le parti interessate, piegare e fissare con chiodini all'altezza dei due pezzi "G". Infine si incollerà il rinforzo "M", quest'ultimo pezzo deve essere pressato contro i pezzi "L" con dei pesi nella zona centrale e con dei chiodini agli estremi.



Lungo i quattro bordi del "corpo del forno" praticare 8 fori da 3 mm di diametro (due per ogni lato come da disegno seguente). Fissare con viti e rondelle un pezzo di cinghia per tapparelle lunga 360 mm sui due lati composti dal pezzo "L"; per rinforzare i punti di attacco ripiegare su se stessi gli estremi della cinghia per circa 10 mm; usare viti autofilettanti 3,5x19.

