7. G. GUALDI e M. NICOLI. — **Aspetti igienici particolari dell'insolazione di edifici di un aggregato edilizio urbano in rapporto all'orientamento delle vie.**

Riassunto. — E' oggetto di questo studio un esame dei problemi connessi con il soleggiamento vincolato al fine di stabilire i rapporti tra altezza dei fabbricati e larghezza stradale per vari orientamenti delle vie. Dopo avere esaminato le norme date a questo riguardo da vari igienisti, viene condotta una indagine, applicata a una strada di Roma (la Via Archimede nel quartiere Parioli), che per il suo sviluppo curvilineo presenta elementi edilizi affacciantisi su tratti di strada variamente orientati.

Dagli elementi raccolti da questa indagine si trae la conclusione che i rapporti esistenti tra altezza dei fabbricati e larghezza stradale, individuati in base al criterio di assicurare un soleggiamento efficace per ciascuna zona della facciata, non sono costanti, ma variano in funzione dell'orientamento della via.

Esaminando 5 sezioni caratteristiche individuate per i valori dell'azimut stradale di 0°, 45° S.E., 90°, 45° S.O., e 31°, vengono indicati in altrettanti grafici gli angoli sotto i quali i raggi del sole sfioranti il limite superiore dei fabbricati frontistanti, intersecano il suolo alle diverse distanze teoriche.

Viene infine introdotto il concetto di « *Distanza unitaria efficace* » intesa come rapporto minimo tra la larghezza stradale e l'altezza dei fabbricati per il quale sia raggiunto il soleggiamento esteso fino alla base del fabbricato frontistante con la condizione aggiuntiva che i raggi solari raggiungano la facciata con angolo di incidenza (rispetto alla normale alla parete) non superiore a 30°.

Si conclude che il valore minimo della distanza unitaria efficace si raggiunge per un orientamento della normale all'asse stradale che si aggira all'intorno di 30°, misurati a partire dal Sud.

Summary. — Problems connected with the insolation of streets are examined to establish the necessary relationship of road width to building height for various orientations of the streets. Data given by various authorities are first reviewed, followed by an investigation of a particular street in Rome (via Archimede in the Parioli district) whose curved shape leads to buildings facing on to stretches of the street which are orientated in different directions.

It was found that the ratio of building height to road width, required

to ensure effective isolation of the entire building face, varied with the orientation of the street.

Five road sections were examined with azimuths of 0°, 45° S.E., 90°, 45° S.W. and 31°. Graphs present the angles with which the sun's rays, passing over the opposite buildings, intersect the soil at various theoretical distances.

The concept of ' effective unit size ' is introduced, which indicates the minimum ratio of road width to building height, such that the fronting building is entirely insolated to its base and that the sun's rays meet the face of this building at an angle of not more than 30° to the normal of the wall.

It is concluded that the minumum value of the effective unit size is obtained with streets orientated at around 30° from the south.

---

1 - Generalità sul soleggiamento degli edifici.

Nella progettazione e nella costruzione dei raggruppamenti edilizi estrema importanza assume ai fini particolarmente igienici il problema del soleggiamento; non basta infatti avere studiato con molta cura le caratteristiche dell'area edilizia per accertare che esse siano igienicamente rispondenti, se non si dispongono poi gli edifici in posizione favorevole rispetto al corso apparente del sole e se non si considerano attentamente le possibilità di ostacoli per la sufficiente irradiazione delle facciate.

Nella sistemazione degli agglomerati edilizi le esigenze igieniche sono tali da influenzare direttamente le soluzioni urbanistiche: i princìpi fondamentali in ogni caso possono riassumersi nella necessità indispensabile di fornire all'edificio aria, luce e soleggiamento.

Si capisce quindi come negli agglomerati cittadini, di solito molto intensi nelle zone centrali e in quelle dove la speculazione economica è molto attiva, il problema presenti lati molto difficili a risolversi in senso assoluto, ed in maniera uniforme per tutti i casi. Ci siamo proposti pertanto di esaminare alcuni aspetti caratteristici della insolazione e considerare obbiettivamente le varie possibilità di soluzioni teoriche e pratiche di alcuni complessi problemi. Prima però di approfondire maggiormente l'analisi si crede utile premettere alcuni cenni sulla radiazione solare e sui metodi di studio del soleggiamento che più di tutti possono aiutare nella ricerca.

2 - La radiazione solare.

L'aspirazione ad usufruire per quanto possibile dei benefici effetti dell'irradiazione solare data indubbiamente dalla preistoria ed è continuata durante tutte le epoche; secondo i diversi luoghi del mondo si sviluppano anche i problemi di difesa dal suo eccessivo calore.

Sin dai tempi più antichi, quindi, i popoli e per essi i loro architetti si sono preoccupati del buon soleggiamento degli edifici e delle strade, cioè del loro orientamento. Tralasciando i popoli di civiltà precedenti, possiamo citare i Romani che hanno curato oltremodo tutta la disposizione dei *castros*, nonchè delle strade e delle case di abitazione. Vitruvio e Columella hanno studiato le varie questioni nei loro scritti e posto anche delle regole pratiche.

Purtroppo nel medioevo e nelle epoche susseguenti fu quasi interamente trascurata l'importanza della radiazione solare con i risultati molto evidenti nei quartieri antichi o nei quartieri vecchi delle nostre città; solo nei tempi moderni si può dire che il problema sia stato di nuovo considerato.

La radiazione solare presenta effetti termici, ottici, fisiologici e psicologici ed esplica particolare azione sui microrganismi in genere.

Gli effetti termici esercitano forte influenza sugli scambi termici del corpo umano, riscaldando i tessuti delle regioni esposte e provocando sensazioni di calore gradevoli o fastidiose secondo i casi.

Ma gli effetti più importanti vanno ascritti alla regione ultravioletta dello spettro, almeno per quella limitata porzione che, non essendo trattenuta nelle zone alte della atmosfera dallo strato di ozono, arriva alla superficie della terra: sono gli effetti corrispondenti al cosiddetto *potere inattivante* sui batteri, se non vero e proprio potere battericida.

Altri effetti importanti sono l'azione del colpo di sole sull'organismo umano, la formazione della vitamina D, lo effetto pigmentogeno, ecc., nonchè tutti gli effetti terapeutici generali ben noti.

3 - Metodi per lo studio del soleggiamento degli edifici.

Già dalla fine del secolo scorso numerosi igienisti e tecnici avevano gettato il seme che poi negli ultimi cinquanta e più anni si è sviluppato per quanto riguarda lo studio della quantità di calore ricevuta dalle facciate degli edifici da parte del sole, dell'orientamento dell'edificio in rapporto a questa maggiore o minore o eccessiva quantità di calore, della distanza alla quale dovrebbe trovarsi una facciata da un'altra parallela

di nota altezza perchè essa sia convenientemente raggiunta dai raggi del sole alla base, ecc. E numerosi in verità sono stati gli specialisti che hanno studiato con rigore scientifico i vari lati del complesso problema. Si citano i nomi di Knauff, Vogt, Trelat, Spataro e in tempi più recenti di Rey, Cimmino R. e Cimmino A., Vinaccia, Marboutin, Puppo e Tizzano, oltre ad altri specialisti che hanno particolarmente studiato metodi grafico-analitici, fra cui più importanti A. e V. Olhgyay e F. Tonne.

In particolar modo G. Vinaccia [1] ha stabilito tre obbiettivi da raggiungere nei riguardi del soleggiamento degli edifici, con riferimento alle regioni temperate dell'emisfero boreale:

a) Massima utilizzazione del calore solare nella stagione invernale, massima riduzione degli effetti calorifici nella stagione estiva.

b) Dare a tutt'e quattro le facciate di un isolato quadriretto nella stagione invernale un po' di sole, dividendolo per quanto è possibile equamente fra di loro.

c) Tener presente nell'opera di perequamento invernale che le facciate rivolte a ponente si riscaldano più intensamente di quelle a levante in quanto beneficiano della più alta temperatura ambientale. Di conseguenza occorrono più ore di sole alle seconde che non alle prime.

Per quanto riguarda l'analisi sistematica della insolazione degli edifici conviene seguire le linee direttive tracciate da Vinaccia, il quale ha anche proposto gli accorgimenti per semplificare i calcoli. Questi ovviamente vengono condotti dapprima per una *insolazione libera*, cioè che non ha ostacoli di fronte, in contrapposto con la *insolazione vincolata*. cioè soggetta ad ostacoli frontistanti, che verrà ricavata dall'esame particolare delle condizioni locali nel raggruppamento edilizio o urbanistico.

L'analisi in questione verte su tre elementi fondamentali che concorrono insieme a dettare i criteri riassuntivi finali sulle esposizioni preferibili: durata dell'insolazione, effetti termici della radiazione, penetrazione dei raggi solari all'interno degli ambienti.

L'indagine su questi elementi, secondo i consigli di Vinaccia, deve avere un campo più esteso degli studi precedentemente condotti. Anzitutto è bene che lo studio venga riferito non solo ai quattro punti cardinali o agli altri quattro intermedi, ma ad altre possibili orientazioni, che potrebbero in linea semplificativa avere angolazioni di 10^0 in 10^0. Mentre poi tutte le altre indagini si riferiscono quasi sempre ai giorni solstiziali e equinoziali, una ricerca più completa dovrà considerare le condizioni relative a ciascun mese, ad ogni giorno caratteristico dei quali sarebbero corrispondenti diversi valori della declinazione solare.

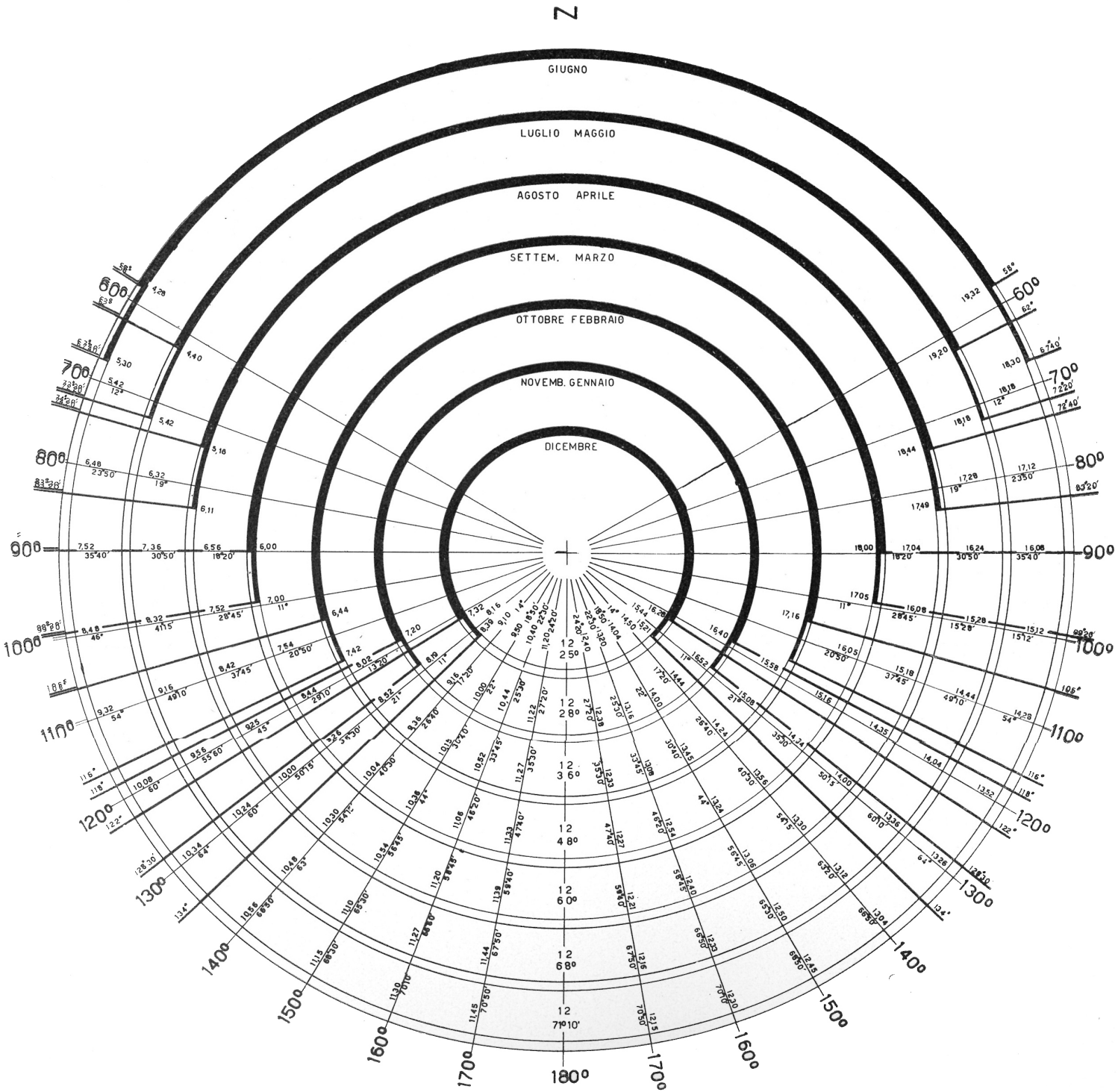


Fig. 1. - Tavola di orientazione del Tizzano costruita per la latitudine $\varphi = 42^{0}$ (ora ed altezza solare espresse in funzione dell'azimut solare per i valori della declinazione $\delta = +23^{0}, +20^{0}, +12^{0}, 0^{0}, -12^{0}, -20^{0}, -23^{0}$).

La tabella seguente dà appunto i valori della declinazione solare per i giorni prescelti:

$\delta = +\ 23°27'$	22 giugno
$\delta = +\ 20°10'$	22 maggio e 23 luglio
$\delta = +\ 11°30'$	21 aprile e 23 agosto
$\delta = 0°$	21 marzo e 23 settembre
$\delta = -\ 11°30'$	20 febbraio e 23 ottobre
$\delta = -\ 20°$	21 gennaio e 22 novembre
$\delta = -\ 23°27'$	22 dicembre

Nel seguito saranno svolti in parallelo ai metodi analitici sistemi grafici per la soluzione di problemi inerenti alla insolazione degli edifici; questi ultimi metodi presentano il duplice vantaggio di dare soluzioni più immediate, nonchè di fornire i dati richiesti con continuità per qualsiasi orientamento della facciata senza richiedere le interpolazioni che sono inevitabili quando si ricorra a dati tabulari.

Sulle basi precedentemente descritte si possono ben impostare tutte le richieste sistematiche sull'insolazione dei fabbricati ad esposizione libera, sia per quanto riguarda la durata della insolazione su una facciata comunque esposta, sia per la previsione teorica dell'effetto termico della radiazione solare sulla stessa facciata.

Per la ricerca propostaci interessa particolarmente la determinazione della posizione dei raggi del sole rispetto ad una facciata di dato orientamento nel corso della giornata, problema che si presenta appunto nello studio di un raggruppamento edilizio sviluppantesi lungo le strade di una città. Un perfezionato strumento per una indagine riguardante la soluzione di problemi inerenti le caratteristiche di incidenza e la durata del soleggiamento su una determinata facciata, è costituito dal diagramma elaborato dal Prof. T. Tizzano, denominato « Tavola di orientazione », (Fig. 1) che permette di risolvere i problemi in questione una volta fissata la latitudine del luogo ([2]).

Il diagramma Tizzano, denominato anche « Tavola di orientazione », è stato costruito per la latitudine di Roma ($\varphi = 42°$); su di esso sono segnate le radiali orizzontali di 10° in 10°, avendo posto eguale a 180° l'azimut di mezzogiorno (calcolato da 0° a 180° verso Est o verso Ovest a partire da Nord); una serie di 7 cerchi concentrici rappresentano i mesi corrispondenti a diversi valori tipici della declinazione a partire dal cerchio esterno:

$$\delta = +\ 23°,\ +\ 20°,\ +\ 12°,\ 0°,\ -\ 12°,\ -\ 20°,\ -\ 23°$$

Sul diagramma sono riportati le ore solari relative ai vari azimut da 60° a 180°, gli azimut e le ore del sorgere e del tramontare del sole, per le predette declinazioni. Il diagramma originale da cui è tratto quello semplificativo riportato in fig. 2 comprende anche le altezze solari relative ai vari azimut e gli azimut e le ore corrispondenti ad una altezza

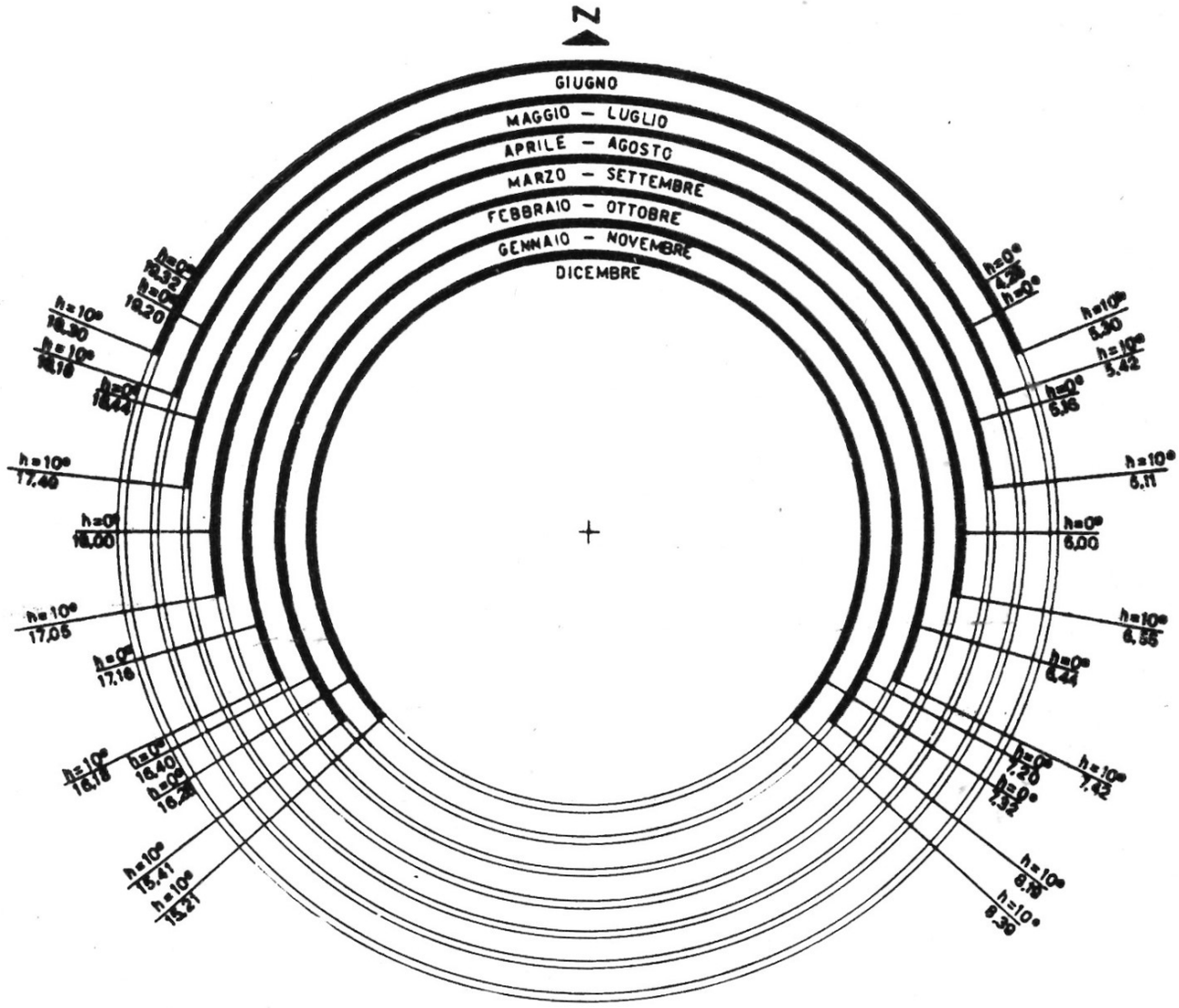


Fig. 2. - Diagramma semplificato per la latitudine $\varphi = 42^0$ con le ore corrispondenti ad una altezza solare di 10°, per gli stessi valori della declinazione indicata nella fig. 1).

solare di 10°, che in un certo senso risulta più pratica dato che non conviene tenere conto dei raggi la cui altezza è inferiore ai 10°.

Le cifre relative ai calcoli preparatori per la latitudine di Roma ($\varphi = 42^0$) sono contenute in apposite tabelle della pubblicazione: « Sul soleggiamento delle abitazioni » di Tizzano ([2]).

Il predetto diagramma di soleggiamento permette di risolvere due serie di problemi:

— determinare le durate di insolazione di una facciata di data orientazione alle diverse epoche dell'anno.

— determinare quali sono le orientazioni che si possono dare ad una facciata per consentire una certa durata del soleggiamento libero teorico.

Nel procedimento sviluppato nella seguente trattazione viene applicato il primo metodo che consente di determinare la durata dell'insolazione di una facciata di cui è prefissato l'orientamento.

L'orientamento della facciata da esaminare è determinato da una semiretta normale alla traccia della facciata sul piano del diagramma e formante un certo angolo azimutale con il Sud, il quale viene scelto, per facilitare le operazioni, coincidente con uno degli azimut segnati. Mettendo a posto sulla tavola la traccia segnata su un lucido in modo che assuma rispetto al Sud del diagramma la voluta orientazione, dalle intersezioni di essa traccia con i vari cerchi si ricavano le ore in cui il sole entra in radenza con la facciata se è sorto prima o esce in radenza se tramonta dopo (cerchio bianco), oppure le ore del sorgere e del tramontare del sole (cerchio nero), ossia le ore dei primi o ultimi raggi sulla data facciata. In tal modo per ogni declinazione (mese o coppia di mesi) si possono calcolare le ore del primo e dell'ultimo raggio, sia in radenza che nel momento del sorgere e del tramontare, e quindi la durata del soleggiamento giornaliero.

Per gli scopi della nostra ricerca il diagramma servirà a ricavare ogni valore dell'azimut solare che possa interessare la facciata di un edificio di dato orientamento e contemporaneamente l'altezza solare, e quindi in definitiva le coordinate sferiche terrestri del sole, nonchè le ore corrispondenti.

La « Tavola di orientazione » fornisce i dati riguardanti i problemi sopra esposti; resta però ancora da determinare quali siano gli effetti termici dell'insolazione al variare dell'orientamento della parete.

Per uno studio degli effetti termici prodotti dalla radiazione solare si può fare riferimento alla cosiddetta *costante solare* cioè a quella grandezza che misura la quantità di calore che colpisce una superficie unitaria disposta ottagonalmente ai raggi del sole al limite dell'atmosfera terrestre.

Per effetto della variazione periodica della distanza del sole dalla terra, questa grandezza subisce delle variazioni, comunque nei limiti che interessano il presente studio, questa si può ritenere costante, essa è basata sulla distanza media della terra dal sole di ~ 199.950.000 Km ed ha un valore pari ad 1,9 cal/mq × minuto'.

Questa radiazione attraversando l'atmosfera è in parte assorbita ed in parte riflessa indietro particolarmente per effetto delle nuvole.

Prima che l'energia raggiante raggiunga la terra è ridotta per effetto

essenzialmente dell'assorbimento da parte di alcuni costituenti atmosferici tra i quali CO_2 e vapore acqueo e, negli strati superiori, dall'ozono.

Quindi l'energia trasmessa varierà in accordo con la distanza che i raggi del sole debbono percorrere attraverso l'atmosfera.

A mezzogiorno quando il sole è più prossimo alla verticale e la distanza è minore, il quantitativo di energia ricevuto sarà massimo.

Al mattino ed al pomeriggio, quando maggiore è la distanza, l'energia ricevuta sarà minima.

Nella tabella 1 le intensità dell'energia solare diretta ricevute perpendicolarmente sono indicate in riferimento alle varie altezze solari ([3]). Questi valori sono riferiti ad una giornata limpida ed al livello del mare.

L'energia solare raggiunge una determinata superficie oltre che sotto forma di radiazioni diretta anche come radiazione solare diffusa. La radiazione diffusa è la somma della radiazione assorbita dall'atmosfera e di quella riflessa dalla terra e da altri oggetti; essa è meno importante quale sorgente di calore che la radiazione diretta. La radiazione diffusa si sviluppa vicino a superfici altamente emissive o riflessive quali ad esempio: la sabbia, zone pavimentate chiare, ecc., dando come risultato un flusso di calore sul fabbricato.

Quindi, la radiazione totale I_{tot} può essere definita come la somma della radiazione diretta I_D e della radiazione diffusa I_d, indicando con:

— I_{tot} = radiazione totale incidente in cal/mq × ora;

— I_D = radiazione diretta = K x I_{Dn}, dove I_{Dn} rappresenta la radiazione solare diretta su una superficie normale ai raggi del sole espressa in cal/mq ora, e K = coseno dell'angolo di incidenza.

Poichè l'angolo di incidenza è un angolo spaziale è difficile definirlo in molti casi; quando la superficie irradiata è verticale si sostituisce a K una funzione dell'altezza solare h e dell'angolo γ formato dalla proiezione orizzontale dei raggi del sole con la proiezione sullo stesso piano della normale alla parete (Fig. 3), quindi:

$$K = \cos \vartheta = \cos h \times \cos \gamma.$$

Per superfici orizzontali « il cos » K coincide con il seno dell'altezza solare, perché cos ϑ = cos (90 — h) = sen. h.

— I_d = radiazione solare diffusa. Come sopra detto questa è essenzialmente una conseguenza dell'assorbimento fatto dall'atmosfera. Una piccola parte è composta dalle riflessioni della terra e di altri oggetti. La

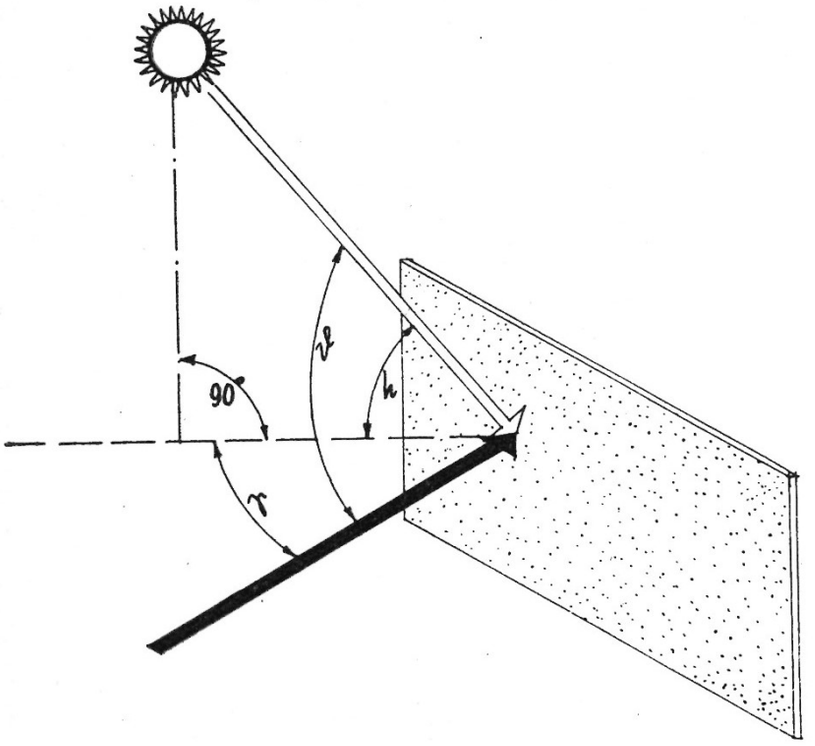


Fig. 3. - Rappresentazione grafica dell'angolo di incidenza ϑ, dell'altezza solare h, dell'angolo azimutale γ, per un raggio incidente su una parete verticale.

radiazione diffusa non ha irraggiamento con onde direzionali anche se per intensità varia con i diversi orientamenti diffondendosi in tutte le direzioni.

L'importanza della radiazione diffusa rispetto alla diretta varia in funzione della nuvolosità.

Nelle giornate nuvolose il rapporto tra la radiazione diffusa e quella

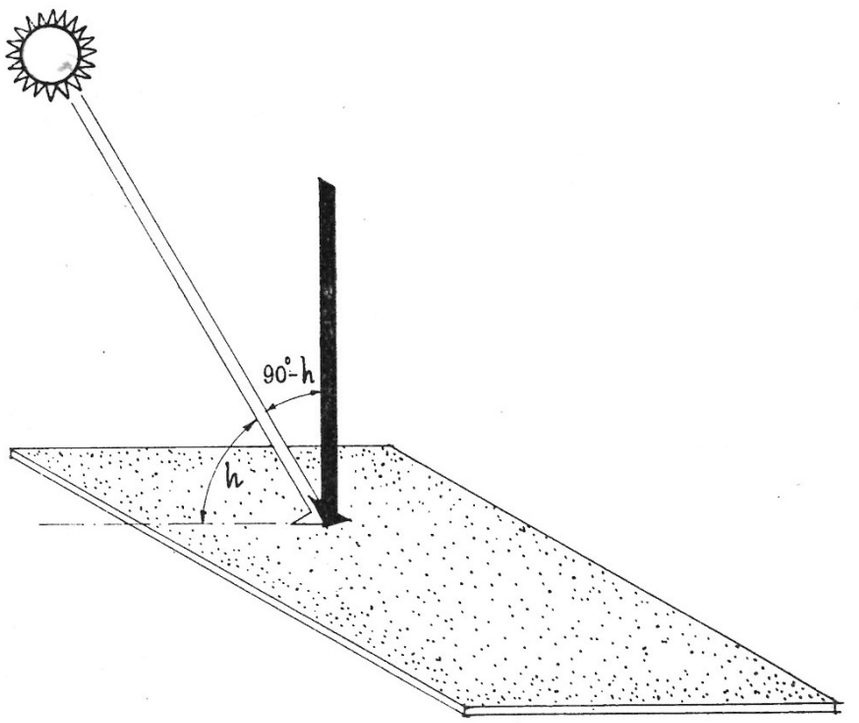


Fig. 4. - Rappresentazione grafica degli angoli di incidenza per un raggio solare incidente su una parete orizzontale.

totale può raggiungere il valore unitario mentre nelle giornate limpide tale rapporto può scendere a 0,15 (15% di radiazione diffusa rispetto alla totale).

In genere il quantitativo totale di calore ricevuto in una giornata nuvolosa (durante la quale si ha esclusivamente la radiazione diffusa) è molto minore del quantitativo totale di calore ricevuto in una giornata limpida (durante la quale è preponderante la radiazione diretta nei confronti della diffusa).

Quanto detto non è egualmente valido per tutte le stagioni; infatti è solo durante l'estate che le giornate limpide sono pure le più calde per l'accresciuta energia solare ricevuta; al contrario nell'inverno una giornata limpida è spesso caratterizzata da una temperatura media inferiore a quella di una giornata nuvolosa perchè in queste condizioni all'accresciuto irraggiamento fa riscontro una facilitata emissione di calore dagli edifici e dalla terra al cielo attraverso una atmosfera priva di nuvole.

I metodi di calcolo degli effetti termici della radiazione solare sono essenzialmente due: quello *tabulativo* o *statistico* e quello *grafico*.

Nel seguito dello studio si farà ricorso ad ambedue i sistemi di calcolo, facendo riferimento a dati standard della ASHVE ([3]) (20 mm di vapore acqueo condensabile, 300 particelle di polvere per cm^3, 2,8 mm Hg come pressione parziale dell'ozono).

Le tabelle 1, 2, 3, indicano i valori della radiazione diretta normale e diffusa nonchè i valori di K, cioè del coseno dell'angolo di incidenza, calcolato in funzione dell'altezza solare, e dell'angolo di incidenza dei raggi del sole sia per una parete orizzontale che per pareti verticali variamente orientate ([3]).

Come già accennato per calcolare l'energia solare è infatti necessario conoscere prima le quantità di calore ricevute ad incidenza normale, in funzione dell'altezza solare e successivamente conoscere l'angolo d'incidenza sulla superficie in questione allo scopo di ridurre la radiazione diretta normale alla funzione del suo coseno.

Come si è detto in precedenza possono svilupparsi oltre ai sistemi tabulativi, metodi grafici per la determinazione del soleggiamento teorico.

Nelle applicazioni pratiche che saranno sviluppate in seguito per alcune esposizioni caratteristiche si è ricorsi ai sistemi tabulativi.

Allo scopo di non dilungarsi ulteriormente in questioni di carattere generale, si rimanda la descrizione relativa alla costruzione ed all'impiego dei metodi grafici, in un capitolo successivo, trattando invece qui di seguito i problemi connessi con il soleggiamento vincolato.

TABELLA 1. - Valori della radiazione diretta normale espressa in funzione dell'altezza solare e valori della radiazione diffusa su pareti verticali variamente orientate e su una parete orizzontale espressi in funzione dell'altezza solare.

Altezza Solare h	Radiazione normale diretta cal/mq. h	Radiazione diffusa su parete verticale				Radiazione diffusa su parete orizzont.
		Mattino				
		N	E	S	O	
5°	181	16,2	29,8	10,8	10,8	19
10°	335	29,8	54,2	21,6	19	38
15°	450	38	73,5	29,8	27,1	52,8
20°	535	40,7	87	35,2	32,5	62,5
25°	592	43,5	95	40,7	35,2	70,5
30°	640	46,2	97,5	46,2	40,7	76
35°	673	46,2	97,5	52,8	43,5	81,5
40°	700	48,7	97,5	57	46	84
45°	720	51,5	95	62,5	48,7	87
50°	740	51,5	95	68	51,5	89,5
60°	768	57	76	73,2	57	92
70°	782	59,8	62,5	78,5	62,5	95
80°	790	—	—	—	—	—
90°	800	—	—	—	—	—
		N	O	S	E	
		Pomeriggio				

TABELLA 2. - Valori dell'angolo azimutale γ calcolato per pareti verticali variamente orientate, espresso in funzione dell'altezza solare. I valori dell'ora e dell'azimut solare sono quelli corrispondenti al solstizio invernale ($\delta = -23^{\circ}$).

ORA Mattino / Pomer.	Altezza solare h	Azimut solare A	Angolo formato dalla proiezione orizzontale del sole con la normale alla parete							
			N	NE	E	SE	S	SO	SSO d = 31°	SSE d = 31°
7.32 / 16.23	0°	122°	—	77°	32°	13°	58°	—	88°	27°
8 / 16	2°30′	125°	—	80°	35°	10°	55°	—	86°	24°
9 / 15	12°50′	138°10′	—	—	48°10′	3°50′	41°50′	86°50′	72°50′	10°50′
10 / 14	19°20′	150°50′	—	—	60°50′	15°50′	29°10′	74°10′	60°10′	1°50′
11 / 13	23°30′	165°	—	—	75°	30°	15°	60°	40°	16°
12 / 12	25°	180°	—	—	90°	45°	0°	45°	31°	31°
Mattino / Pomer.	h	A	N	NO	O	SO	S	SE	SSE $\alpha = 31^{\circ}$	SSO $\alpha = 31^{\circ}$

TABELLA 3. - Valori del coseno dell'angolo azimutale γ e dell'angolo di incidenza ($k = \cos \vartheta = \cos \gamma \times \cos h$, per pareti verticali, e del seno di h ($k = \text{sen } h$ per pareti orizzontali), calcolati per varie ore del solstizio invernale.

ORA	cos. h	sen. h	cos. γ/K								K.
			N	NE	E	SE	S	SO	SSO 31°	SSE 31°	Orizzont.
7.32 / 16,28	1	0	—	0.225 / 0 225	0 848 / 0,848	0,974 / 0 974	0,530 / 0 530	—	0.017 / 0 017	0 891 / 0 891	0
8 / 16	0,999	0,044	—	0,174 / 0,174	0,819 /	0.985 / 0,984	0.574 / 0 573	—	0.070 / 0 070	0 914 / 0 913	0.044
9 / 15	0,975	0,222	—	—	0.654 / 0 638	0.998 / 0 973	0.745 / 0 726	0,055 / 0 054	0.295 / 0 288	0 982 / 0,957	0 222
10 / 14	0,944	0,331	—	—	0.487 / 0 460	0,962 / 0,908	0 873 / 0 824	0 273 / 0 258	0.497 / 0 469	0 999 / 0 943	0 331
11 / 13	0,917	0,399	—	—	0.259 / 0 236	0.866 / 0 794	0 966 / 0,886	0 500 / 0 456	0,695 / 0 637	0.961 / 0,881	0 399
12 / 12	0,906	0,423	—	—	0 /	0.707 / 0 641	1 / 1	0.707 / 0 641	0,857 / 0,776	0.857 / 0 776	0.423
Mattino / Pomer.	cos. h	sen. h	N	NO	O	SO	S	SE	SSE 31°	SSO 31°	Orizzont.

4 - Soleggiamento vincolato.

Una volta studiate le caratteristiche della facciata nei rispetti dell'insolazione libera, nel caso reale dell'esame in un particolare aggregato edilizio o della sua preventiva impostazione urbanistica, si dovrà tener conto della presenza di edifici frontistanti o laterali che vincolano il soleggiamento della facciata. Pertanto si dovrà ricercare l'insolazione vincolata tenendo conto del fatto che la durata e l'estensione della insolazione variano con la distanza e l'altezza dei fabbricati frontistanti, supposti indefiniti in un primo tempo.

Moltissimi studi urbanistici sono stati sviluppati su questo argomento, per valutare la proporzionalità tra l'altezza degli edifici e la larghezza delle vie in funzione di un certo programma di insolazione.

Da quanto precede deriva pertanto come l'insolazione vincolata dei fabbricati si innesti fondamentalmente sul problema dell'orientamento delle vie e della loro larghezza in funzione dell'insolazione (a parte le soluzioni urbanistiche della disposizione a schiera di corpi di fabbrica, indipendentemente dalla direzione delle strade).

Nel caso più generale che i fabbricati siano disposti con le loro fronti parallelamente all'asse stradale, l'orientamento delle strade viene strettamente connesso con quello dei fabbricati. Da questo punto di vista le vie, come è noto, possono distinguersi in vie *meridiane*, ossia tracciate parallelamente al meridiano del luogo, in vie *equatoriali*, ossia tracciate secondo i paralleli, e in vie *oblique*, cioè con direzioni intermedie.

Ciò che urbanisticamente e igienicamente è sommamente interessante è la determinazione della distanza degli edifici frontistanti (che può coincidere o no con la larghezza stradale) in base al criterio fondamentale che le abitazioni (anche situate al piano più basso) abbiano a godere della maggiore quota possibile della radiazione solare nel periodo di maggior carenza, ossia nel periodo solstiziale invernale.

Naturalmente questa esigenza profondamente sentita da ogni essere umano risulta in contrasto con le necessità economiche connesse con lo sviluppo dell'aggregato edilizio urbano, anche in dipendenza dell'influsso della speculazione privata.

5 - Richieste degli igienisti per la distanza degli edifici.

L'Igiene ha sempre richiesto che fossero rispettati certi limiti nello stabilire l'altezza degli edifici in relazione alla larghezza delle vie.

Nei riguardi dell'entità di questi limiti sarebbe indubbiamente de-

siderabile che il sole avesse la possibilità di esercitare la sua benefica azione su tutti gli edifici per un congruo periodo della giornata, nei giorni di maggior carenza, cioè nella stagione invernale.

Negli aggregati urbani, specialmente in quelli centrali e con aree ad alto costo, questa condizione si avrebbe con il tracciamento di vie ampie e riducendo di molto l'altezza degli edifici; a ciò si oppongono interessi e criteri di natura economica che hanno la loro importanza.

Gli stessi igienisti riconoscono che non è possibile sempre ottenere il massimo. Ottolenghi riconosce che « bisognerà tuttavia trovare un temperamento tra l'ideale igienico del soleggiamento completo e la necessità economica di non andare incontro ad opere troppo onerose, che almeno paralizzerebbero altre attività municipali non meno importanti » (riferendosi alle spese per costruzione e manutenzione delle strade, per fognature, allacciamenti idrici, ecc.).

Da qui la ricerca continua per cercare di contemperare le esigenze dell'igiene e dell'economia. Non v'è dubbio che per le scuole, gli ospedali, ecc. debbono pienamente essere rispettati i bisogni essenziali. La questione principale si pone per le vie, che sono di interesse municipale ed i raggruppamenti edilizi per case di abitazione, che sono oggetto della speculazione privata. Già sin dall'ultimo periodo dello scorso secolo due igienisti, il Vogt (4) ed il Knauff (5), avevano gettato le basi della ricerca della soluzione compatibile per questo problema, enunciando due regole fondamentali.

La regola di Vogt richiede che al solstizio d'inverno i prospetti rivolti ad Est o ad Ovest godano almeno due ore di sole. Quella di Knauff richiede che i prospetti rivolti a Sud alla stessa epoca abbiano a ricevere il sole fino al davanzale della finestra più bassa.

Va notato però che ambedue questi AA. trascurano gli effetti termici delle radiazioni limitandosi soltanto a criteri troppo generici come ad esempio, la durata dell'insolazione, senza tenere conto del contributo termico dei raggi del sole e della penetrazione di questi all'interno degli edifici.

Secondo i calcoli riportati da Ottolenghi per altezza delle case di 25 metri alla latitudine di Roma (circa 42° N), si avrebbero le seguenti larghezze:

Vogt:	vie meridiane	m 34,80
	vie equatoriali	m 63,00
Knauff:	vie equatoriali	m 54,00

Come si vede, le larghezze richieste dalle condizioni di insolazione predette contrastano con le necessità dei raggruppamenti edilizi urbani; esse infatti risultano superiori al doppio dell'altezza degli edifici per le vie equatoriali.

Le vie equatoriali, secondo le predette regole, presentano i lati più sfavorevoli per l'insolazione degli edifici anche nei prospetti rivolti a Sud, pur tenendo evidentemente conto dell'altezza del sole a mezzogiorno che è la massima nella giornata. Questa altezza risulta tuttavia diversa a seconda della latitudine; pertanto si può già derivare una conseguenza fondamentale e cioè che le regole del distanziamento degli edifici devono essere diverse da luogo a luogo in funzione della latitudine.

Non si può, come si fa in qualche caso, applicare i dati del regolamento edilizio di una città del nord dell'Italia ad un paese del Sud. In particolare per la regola di Knauff si riscontra, secondo Ottolenghi, che la larghezza delle vie in Sicilia può essere i 4/5 di quella di Roma, mentre nell'Italia Settentrionale dovrebbe essere i 5/4.

Sempre nei riguardi della regola di Knauff, chiamando « *distanza unitaria* » il rapporto tra la larghezza stradale (o distanza tra gli edifici) e l'altezza dei prospetti, per vie equatoriali si avrebbe un valore di questa variabile tra 1,8 e 2,7. Per le vie intermedie o oblique il medesimo rapporto scenderebbe ad 1,28 e 1,92.

Per le vie meridiane, non incluse nella regola del Knauff, si avrebbe, secondo Vogt, un rapporto di 1,39, ma le condizioni di due ore di sole sono più gravose.

Riassumendo, per una data latitudine, le condizioni riguardanti la distanza degli edifici per date altezze di fabbricati e viceversa, in base al calcolo della durata di insolazione minima, si presentano meno impegnative andando dalle vie equatoriali alle vie meridiane.

Un contemperamento delle esigenze si potrebbe avere con l'orientamento delle vie, proposta dal Rey ([6]), secondo la direzione eliotermica e con l'esigenza di un periodo di insolazione alla base della facciata da una a due ore di sole. Alla latitudine di Parigi questo criterio porta ad un rapporto (distanza unitaria) pari a 1,5. Anche questo valore purtroppo, è ritenuto dagli amministratori e privati alquanto elevato per agglomerati edilizi urbani.

Si deve quindi riconoscere che il problema è di difficile soluzione; ne fanno fede anche i compromessi che si sono via via proposti. Ad esempio, si è cercato di transigere sulle condizioni, se non ottimali, ma anche compatibili della insolazione e si è rivolta l'attenzione sui criteri di una illuminazione naturale minima. A questo riguardo Trélat ([7]) ha elaborato alcuni studi tendenti a determinare l'angolo di inclinazione di

una retta congiungente la linea di gronda degli edifici di un lato della strada con la base degli edifici opposti fissandone un valore massimo, con la qual cosa si veniva a stabilire un rapporto costante tra altezza degli edifici e larghezza stradale. Trélat aveva fissato, come è noto, un valore non superiore a 30°, ciò che portava ad un valore, grosso modo, L = 1,75 H, larghezza stradale considerata eccessiva; sicchè man mano si sono assegnati angoli più tolleranti di 31°, 33°41' ed infine di 45°, cioè con la larghezza stradale eguale all'altezza degli edifici. E le stesse norme ufficiali italiane del 1896 ammettono un angolo massimo di 45°. Corrispondentemente, tuttavia, a quanto detto precedentemente, in considerazione delle più favorevoli condizioni in cui si trovano le strade meridiane, viene consentito che per queste la altezza degli edifici possa essere i 5/4 della larghezza stradale.

E' infatti della più grande importanza il criterio dell'assunzione di valori limiti diversi per le vie differentemente orientate. A questo proposito si citano come fondamentali le richieste di Heilighental, le quali, pur assegnando dei limiti forse troppo elevati nei riguardi delle necessità economiche, hanno il pregio di precisare valori diversi per le tre categorie di vie precedentemente accennate:

Per strade meridiane	L	= $1\frac{1}{2}$ H
Per strade diagonali	L	= 2 H
Per strade equatoriali	L	= $2\frac{1}{2}$ H

Come si nota, per le strade equatoriali si richiedono valori superiori a quelli derivanti dalla regola di Knauff e raggiungenti invece i valori dati da Vogt.

6 - Linee direttive della indagine.

Le precedenti considerazioni sulla necessità di soleggiamento anche nei piani più bassi degli edifici prospicienti le vie cittadine e sui valori limiti richiesti per i rapporti tra distanza degli edifici ed altezza degli stessi, nonchè sulla possibilità di variazione di questi in rapporto alle diverse orientazioni delle vie, hanno indotto ad eseguire delle ricerche sia teoriche che pratiche su quei punti basilari che finora sono rimasti non completamente definiti nel campo delle richieste delle esigenze *ottimali compatibili* per i rapporti tra distanza degli edifici ed altezza degli stessi e nella compilazione dei regolamenti edilizi.

Cade a proposito citare il caso, tra gli altri, dell'attuale Regolamen-

to edilizio di Roma, nel quale sono fissati i valori, oltre che invariabili con l'orientamento delle vie, di gran lunga differenti da quelli richiesti dalle esigenze igieniche. Giova ricordare infatti che i valori suddetti sono: H/L = 3/2 per la zona centrale, H/L = 5/4 per la zona periferica.

E' sembrato conveniente appoggiarsi ad una situazione reale di un dato raggruppamento edilizio che non avesse le remore di un centro storico cittadino, e neanche le condizioni di agglomeramento di popolazione di quartieri economici e popolari, e il cui sviluppo fondamentale seguisse in linea generale l'andamento di una strada cittadina con diversi e molteplici orientamenti dei vari tratti. La scelta è caduta sul complesso delle unità edilizie che si snodano lungo la Via Archimede a Roma, nel quartieri Parioli, con andamento alquanto sinuoso.

Questi tratti di strada, delimitati lateralmente da edifici di adeguata altezza (attorno ai 25 metri), si possono considerare ai fini dei calcoli di insolazione come strade a sè stanti con edifici da ambo i lati e di lunghezza indefinita. Questo per mettersi nelle condizioni più sfavorevoli per la determinazione dei valori teorici, salvo poi in un secondo tempo valutare l'effetto prodotto dalla scissione dei fabbricati indefiniti negli effettivi blocchi costruttivi separati, quali sono in realtà.

Si è avuto cura di scegliere i suddetti tratti di strada in modo da interessare un numero adeguato di orientazioni, tra le quali fossero comprese le due fondamentali, cioè la meridiana e la equatoriale. Come si vede nell'allegata planimetria della zona, sono stati scelti cinque tratti, individuati dalle sezioni trasversali alla strada, con le indicazioni 1, 2, 3, 4, 5.

Ogni tratto di strada viene designato dalla orientazione della propria normale, e precisamente dall'angolo che questa normale forma con la direzione del meridiano dalla parte Nord. Per ogni sezione si avrà pertanto un valore definito di questo angolo che sarà eguale a 90^0 per il tratto con direzione meridiana.

La prima tappa dell'indagine è quella relativa alla determinazione delle distanze teoriche degli edifici prospecienti ogni tratto di strada nel periodo più sfavorevole dal punto di vista della insolazione, cioè nel solstizio invernale (22 dicembre). In altre parole è da ricavare quale sarebbe dovuta essere la distanza tra detti edifici per ottemperare alla condizione di completo soleggiamento della facciata esposta alla direzione dei raggi solari nella giornata, intendendo per esso che i raggi solari arrivino ad una data ora fino alla base degli edifici.

Per questa indagine si è adottato il metodo grafico-analitico che permette di ricavare delle semplici formule per il calcolo della distanza L tra due edifici (maggiore o coincidente con la larghezza stradale) in rapporto

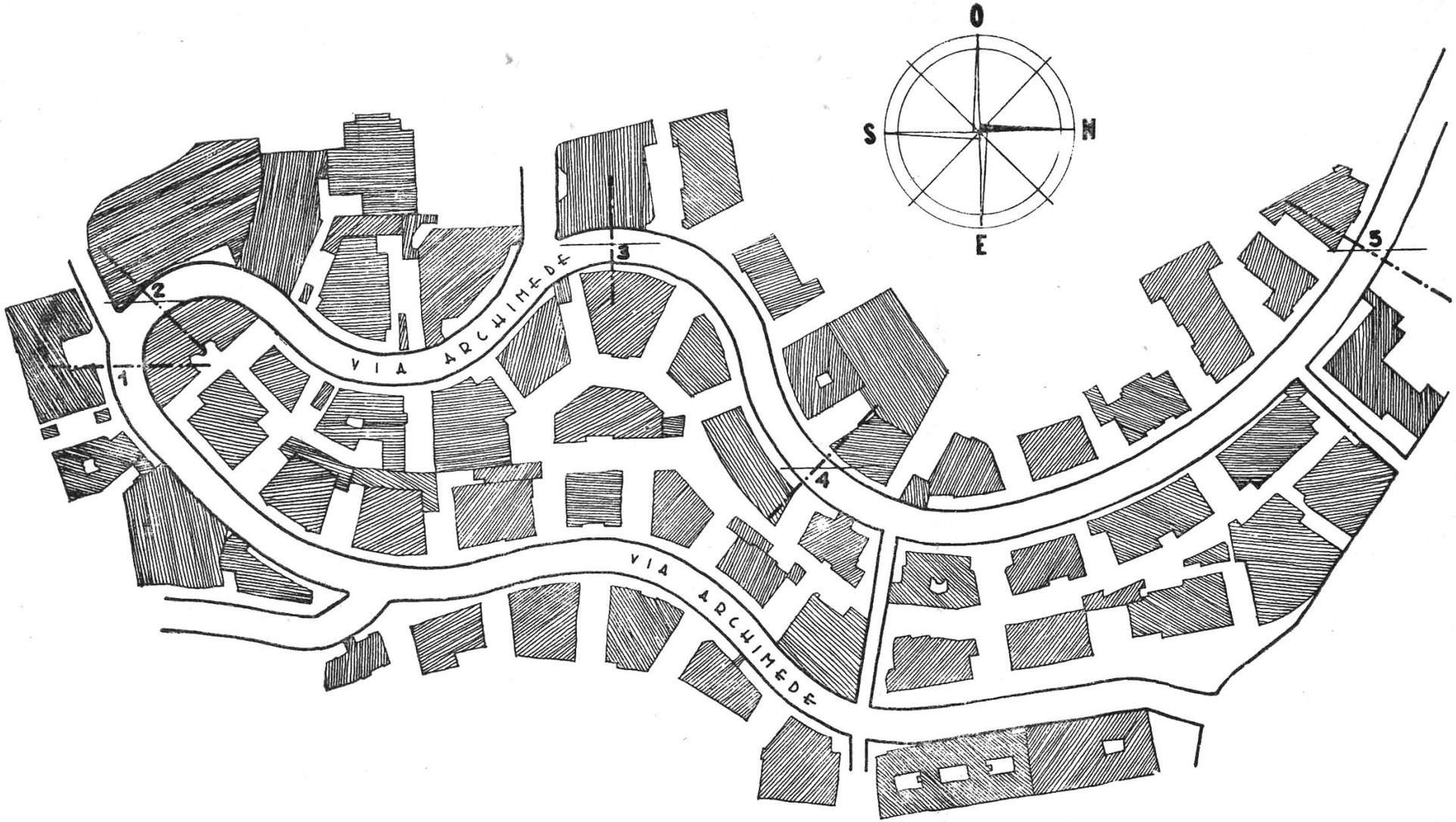


Fig. 5. - Planimetria generale della zona compresa lungo lo sviluppo di via Archimede in Roma.

alla loro altezza H, in funzione dell'orientamento della via e della posizione del sole nella giornata.

Si è chiamato α l'azimut della normale all'asse stradale; si denomina ora con X l'altezza dell'edificio da soleggiare completamente, con A ed h le coordinate sferiche terrestri del sole (azimut e altezza solari). Dalla fig. 6 si ricavano le seguenti relazioni:

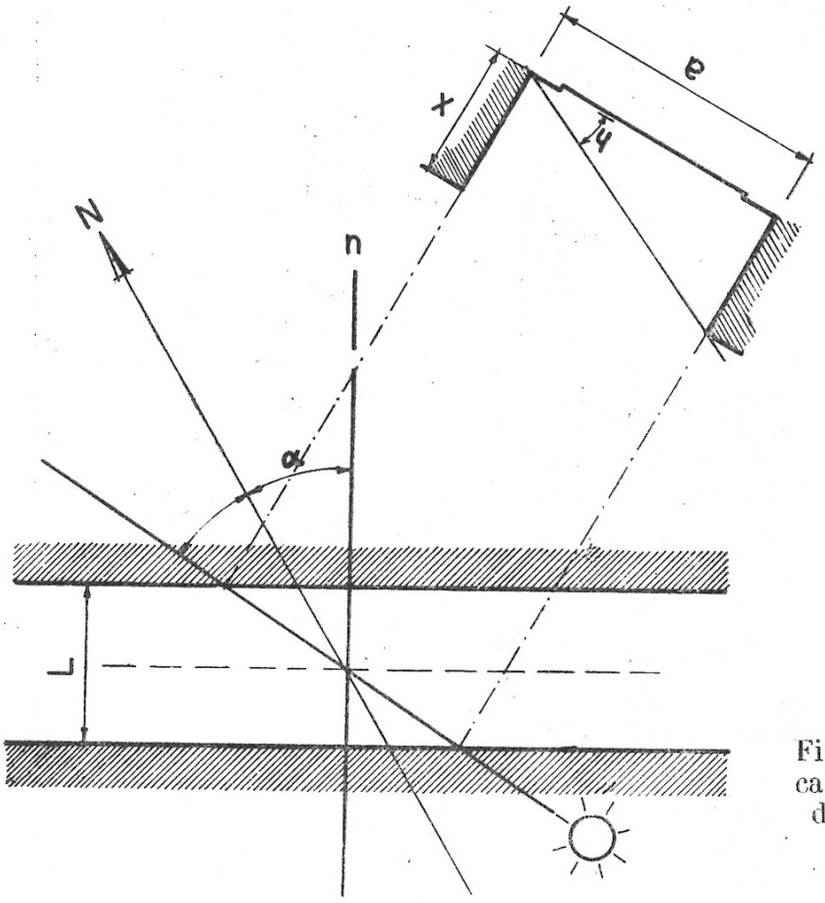


Fig. 6. - Rappresentazione grafica per le relazioni tra l'altezza degli edifici e la loro distanza.

$$
\begin{aligned}
l &= a \cos(\alpha + A) \\
x &= a \operatorname{tang} h \\
a &= X \operatorname{cotg} h \\
L &= X \cos(\alpha + A) \operatorname{cotg} h \qquad (1)
\end{aligned}
$$

La formula (1) è la formula generale che lega l'altezza dei fabbricati alla loro distanza. In essa sono noti α e X, essendo stati ricavati dalle sezioni stradali che sono state eseguite e riportate nelle tavole allegate; gli altri elementi sono stati desunti in parte dalle tabelle annesse alla tavola di orientamento di A. Tizzano, precedentemente descritta, ed in parte da calcolazioni apposite. Sono stati agevolmente ricavati i valori necessari per angoli di 10^0 in 10^0 rispetto alla direzione del meridiano

partendo da Sud e comprendendo tutto l'arco solare del solstizio invernale alla latitudine di 42° N. Sono state altresì segnate le ore corrispondenti ai vari azimut solari. I procedimenti ed i risultati relativi sono qui appresso indicati e riassunti in due tabelle (4 e 5).

Per determinare gli angoli orari t e le corrispondenti altezze solari h, al variare dell'angolo azimutale A, si è fatto uso delle equazioni risolventi generali:

1) $a \operatorname{sen} t + b \cos t + c = 0$

in cui: $\begin{cases} a = \operatorname{cotg} A / \cos \varphi \\ b = \operatorname{tag} \varphi \\ c = \operatorname{tag} \delta \end{cases}$

2) $\operatorname{sen} \delta = \operatorname{sen} h \operatorname{sen} \varphi + \cos h \cos A \cos \varphi$

3) $\cos h \operatorname{sen} A = \cos \delta \operatorname{sen} t$

La 1) risolta rispetto a t dà:

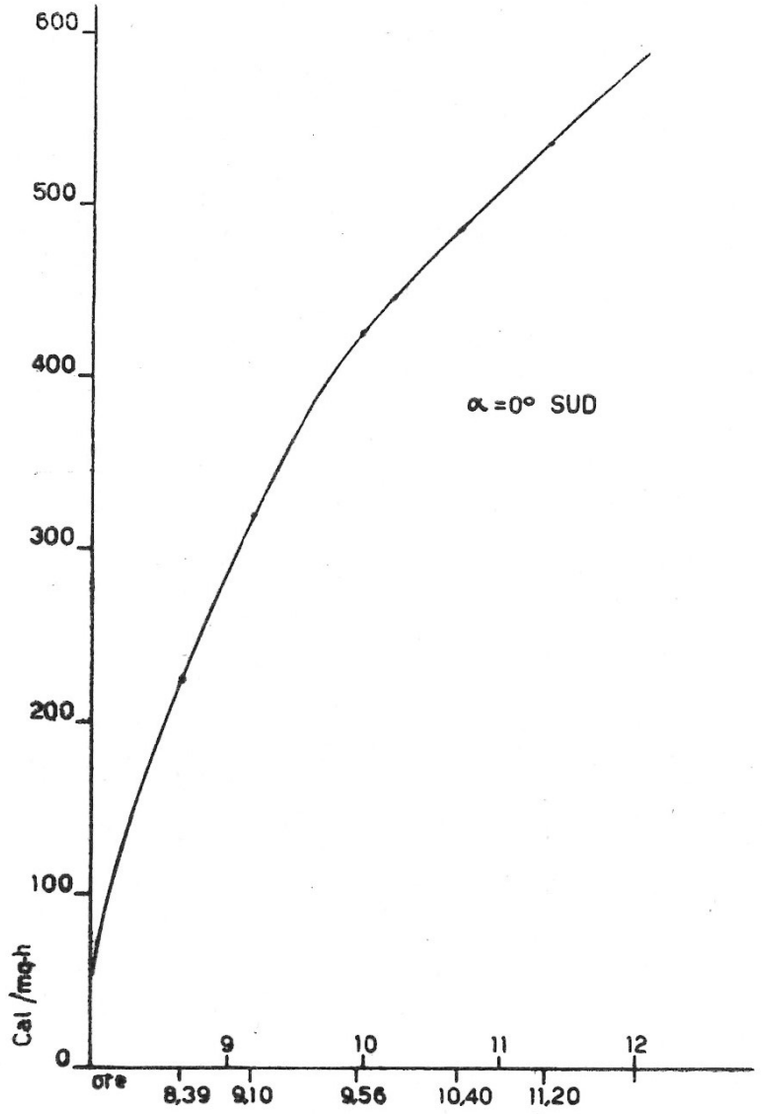
$$\cos t = \frac{bc \pm a \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}{a^2 + b^2}$$

la 2) e la 3) ove si ponga h = 0 danno i valori dell'azimut A e dell'angolo orario t, al sorgere ed al tramontare del sole.

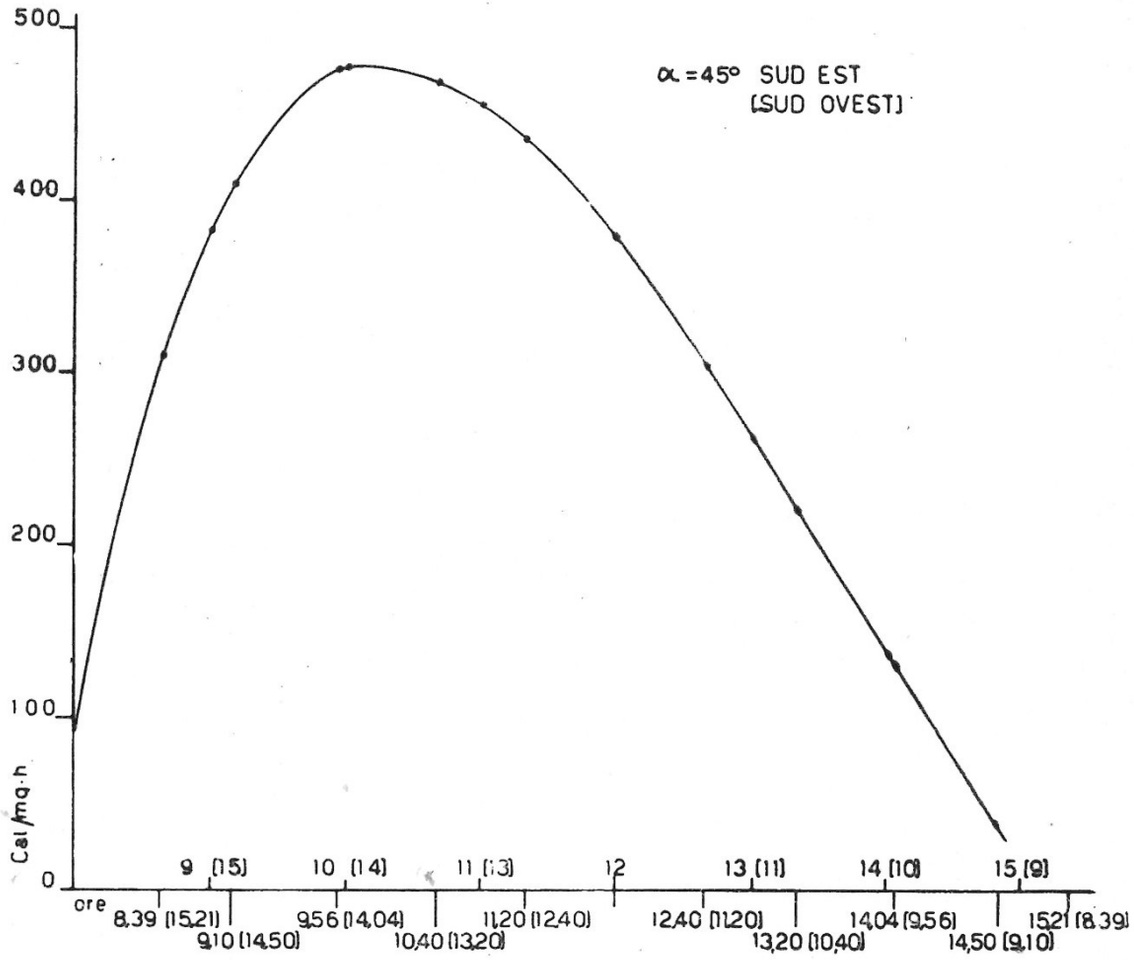
Inoltre sono stati calcolati i valori di A e di t relativi ad un'altezza solare h = 10°, valore minimo corrispondente ad una sufficiente efficacia dei raggi solari in confronto a quelli con h di poco superiore allo zero.

TABELLA 4

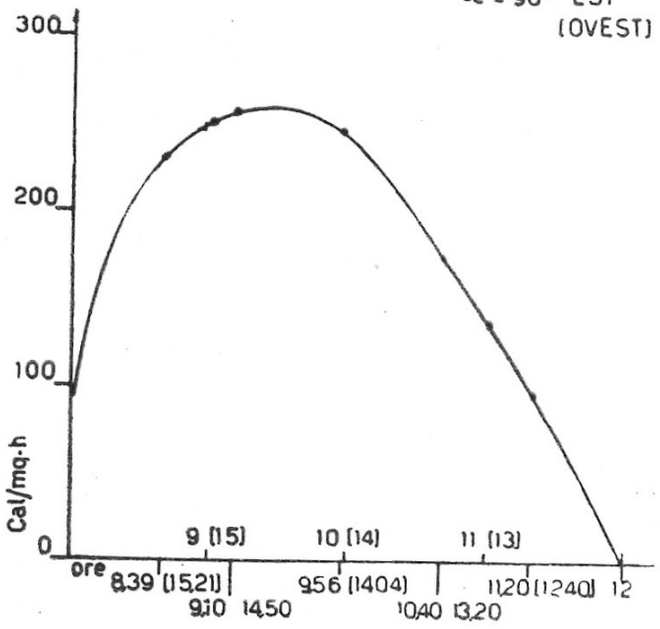
$\varphi = 42°$ $\delta = -23°$	AZIMUT A { da SUD 0° → 180° verso Est 0° → 180° verso Ovest }										
	50°	40°	30°	20°	10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°
Ore	8,16	9,10	9,56	10,40	11,20	12	12,40	13,20	14,04	14,50	15,21
Altezze sol. h		14°	18°50′	22°20′	24°20′	25°	24°20	22°30	18°50′	14°	


600
500
400
300
200
100
0
Cal /mq·h
α = 0° SUD
ore
9
10
11
12
8,39
9,10
9,56
10,40
11,20

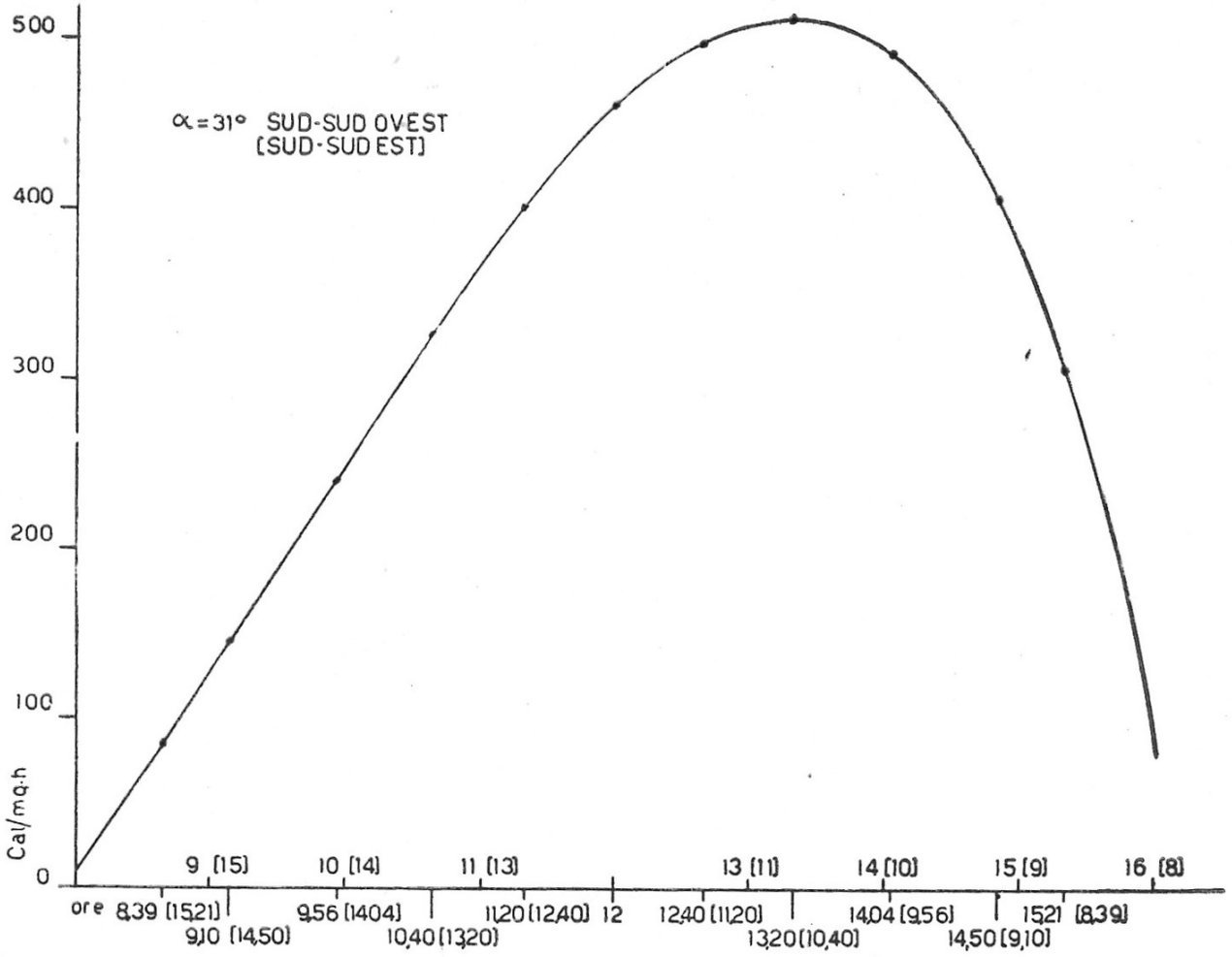
TAV. 1


500
400
300
200
100
0
Cal /mq·h
α = 45° SUD EST
(SUD OVEST)
ore
9 (15)
10 (14)
11 (13)
12
13 (11)
14 (10)
15 (9)
8,39 (15,21)
9,10 (14,50)
9,56 (14,04)
10,40 (13,20)
11,20 (12,40)
12,40 (11,20)
13,20 (10,40)
14,04 (9,56)
14,50 (9,10)
15,21 (8,39)

TAV. 2



Tav. 3



Tav. 4

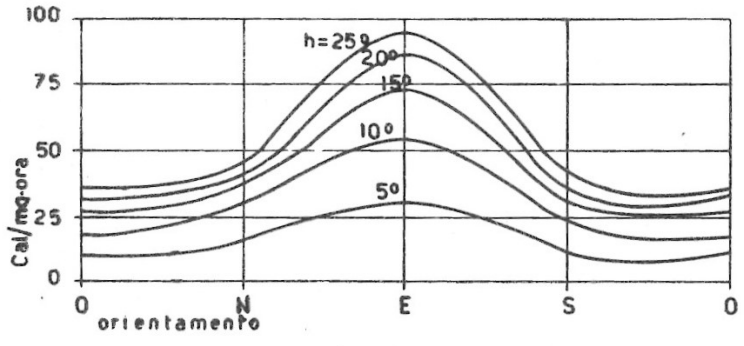
Tav. 1, 2, 3, 4. - Grafici della radiazione diretta incidente su elementi di facciata variamente orientali (valori calcolati per il solstizio di inverno).

TABELLA 5

SORGERE h = 0°		TRAMONTARE h = 0°		h = 10°		h = 10°	
AZIMUT	ORA	AZIMUT	ORA	AZIMUT	ORA	AZIMUT	ORA
58°	7,32	-58°	16,28	45°50′	8,39	-45°50′	15,21

In ognuna delle tavole allegate da 6 a 10 sono rappresentate la planimetria del tratto prescelto, nonchè le inclinazioni dei raggi solari sfioranti il limite superiore dell'edificio frontistante e intersecanti il suolo alle diverse distanze teoriche, e sono stati tabulati i dati ed i risultati relativi ad ogni sezione, ottenuti per mezzo della citata formula (1).

Inoltre sono stati calcolati i valori della radiazione solare al variare

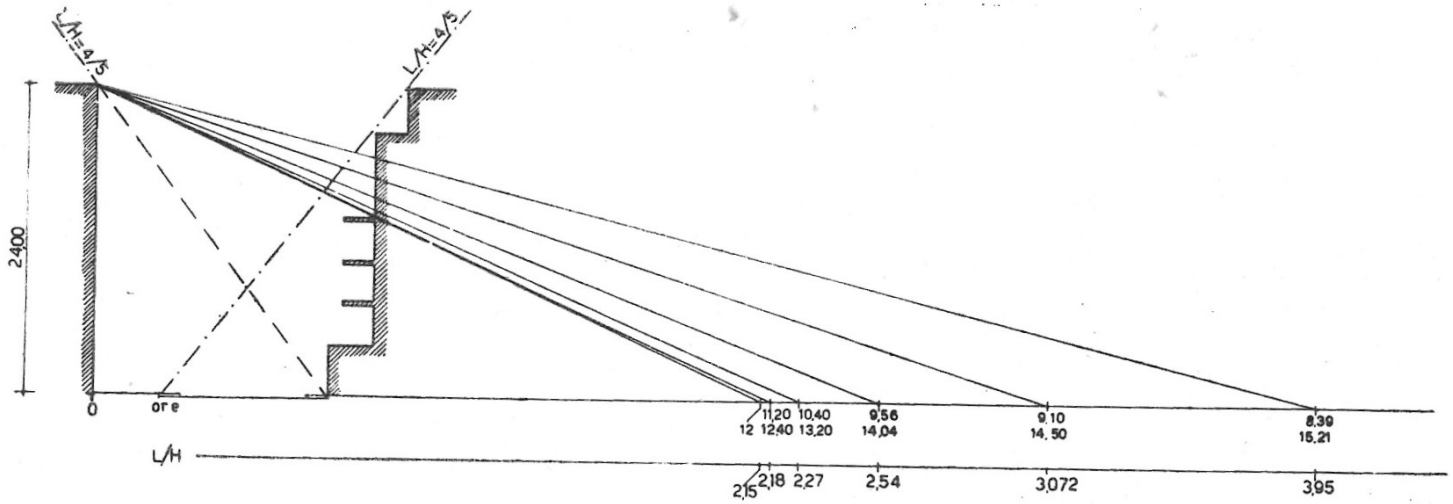


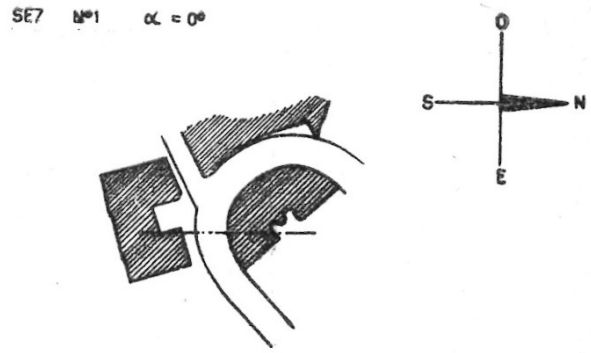
Tav. 5. - Rappresentazione grafica della variazione della radiazione solare diffusa espressa in funzione dell'orientamento della facciata, al variare dell'angolo h.

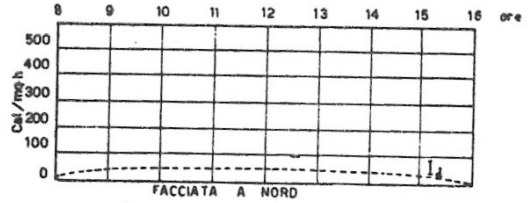
dell'angolo Azimutale e dell'altezza solare: questi valori sono raggruppati nelle ultime tre righe delle tabelle suddividendo i dati relativi alla radiazione diretta, diffusa e totale nei valori corrispondenti ai 2 orientamenti individuati dal piano della sezione.

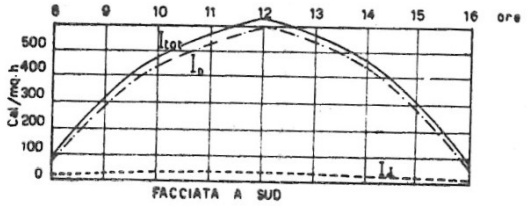
Allo scopo di ottenere detti valori si è ricorso ai grafici dati ed ai grafici delle Tav. 1 ÷ 5, di cui le 1, 2, 3, 4, indicano le variazioni della radiazione diretta per i vari orientamenti in funzione del tempo, mentre la Tav. 5 dà la rappresentazione grafica della variazione della radiazione diffusa espressa come funzione dell'orientamento della facciata al variare dell'altezza solare.

Infine in ciascuna delle Tav. 6 ÷ 10 sono stati annessi i 2 grafici relativi all'andamento degli effetti termici sulle due pareti durante il periodo di insolazione, essi indicano in modo sintetico il variare dei valori dell'energia raggiante calorifica, che colpisce la parete nel corso della giornata.



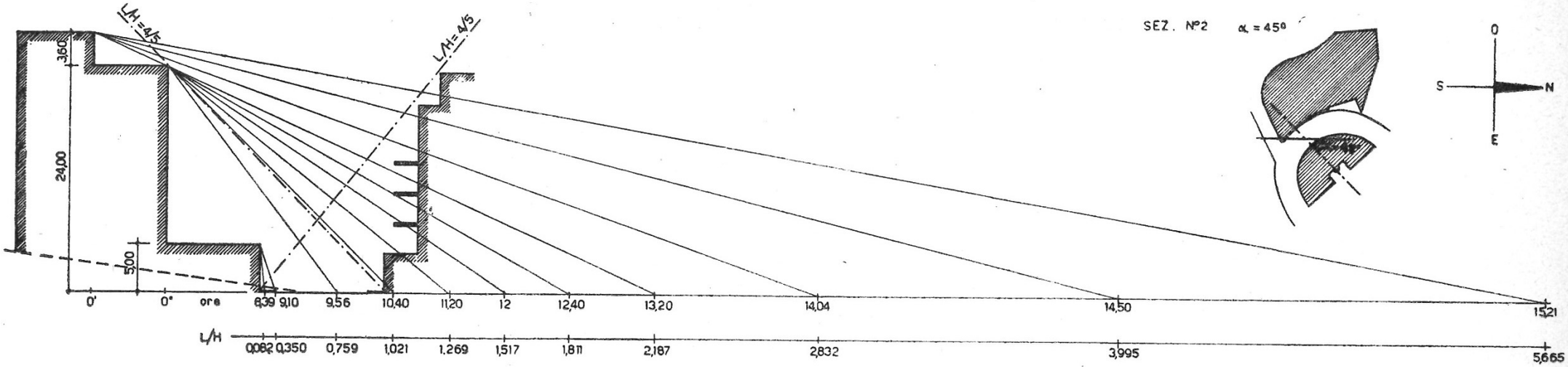


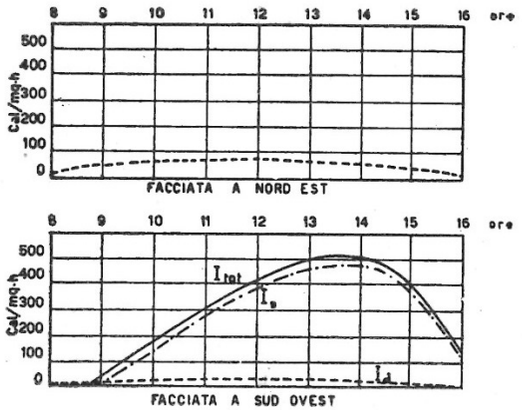




AZIMUT °A.		45°50'	40°	30°	20°	10°	0°	10°	20°	30°	40°	45°50'
ALTEZZA °h.		10°	14°	18°50'	22°30'	24°20'	25°	24°20'	22°30'	18°50'	14°	10°
Cotg h		5,671	4,011	2,932	2,414	2,211	2,145	2,211	2,414	2,932	4,011	5,671
cos (A + α)		0,696	0,766	0,866	0,939	0,984	1	0,984	0,939	0,866	0,766	0,696
L	facc.N	95	74	61	54	52	51,5	52	54	61	74	95
	facc S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ORA CORRISP		8,39	9,10	9,56	10,40	11,20	12	12,40	13,20	14,04	14,50	15,21
I_D	facc N	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	facc S	224	320	424	487	538	592	538	487	424	320	224
I_d	facc.N	30	36	40	42	43	43,5	43	42	40	36	30
	facc. S	22	28	34	38	39	41	39	38	34	28	22
I_{tot}	facc N	30	36	40	42	43	43,5	43	42	40	36	30
	facc.S	246	348	458	525	577	633	577	525	458	348	246

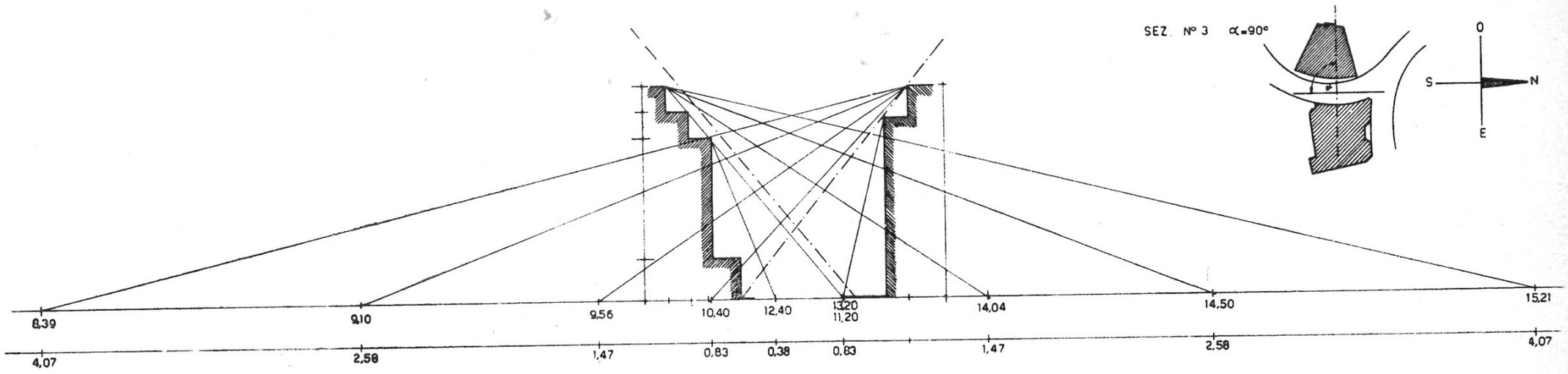
Tav. 6. - Caratteristiche del soleggiamento vincolato sul tratto di strada corrispondente alla sezione 1.

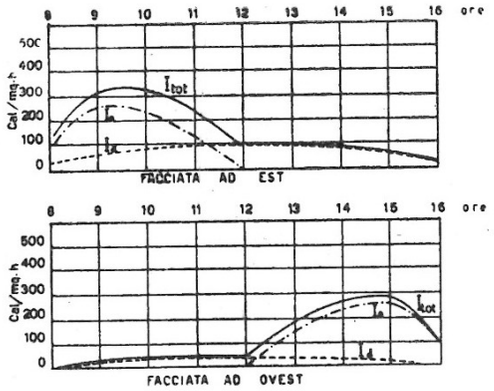




AZIMUT °A		45°50'	40°	30°	20°	10°	0°	10°	20°	30°	40°	45°50'
ALTEZZA °h		10°	14°	18°50'	22°30'	24°20'	25°	24°20'	22°30'	18°50'	14°	10°
Cotg h		5,671	4,011	2,932	2,414	2,211	2,145	2,211	2,414	2,932	4,011	5,671
cos (A + α)		0,0145	0,0872	0,259	0,423	0,574	0,707	0,819	0,906	0,966	0,996	0,999
L	facc. N.E	0,41	1,75	18,28	24,50	30,46	36,41	43,46	52,49	78,16	110,26	156,35
	facc. S.O	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ORA CORRISP.		8,39	9,10	9,56	10,40	11,20	12	12,40	13,20	14,04	14,50	15,21
I_D	facc. N.E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	facc. S.O	—	39	128	220	306	380	436	470	475	406	306
I_d	facc. N.E	46	49	64	71	74	75	74	71	64	49	46
	facc. S.O	18	24	30	32	33	33	33	32	30	24	18
I_{tot}	facc. N.E	46	49	64	71	74	75	74	71	54	49	46
	facc. S.O	18	62	158	252	339	413	469	507	505	430	324

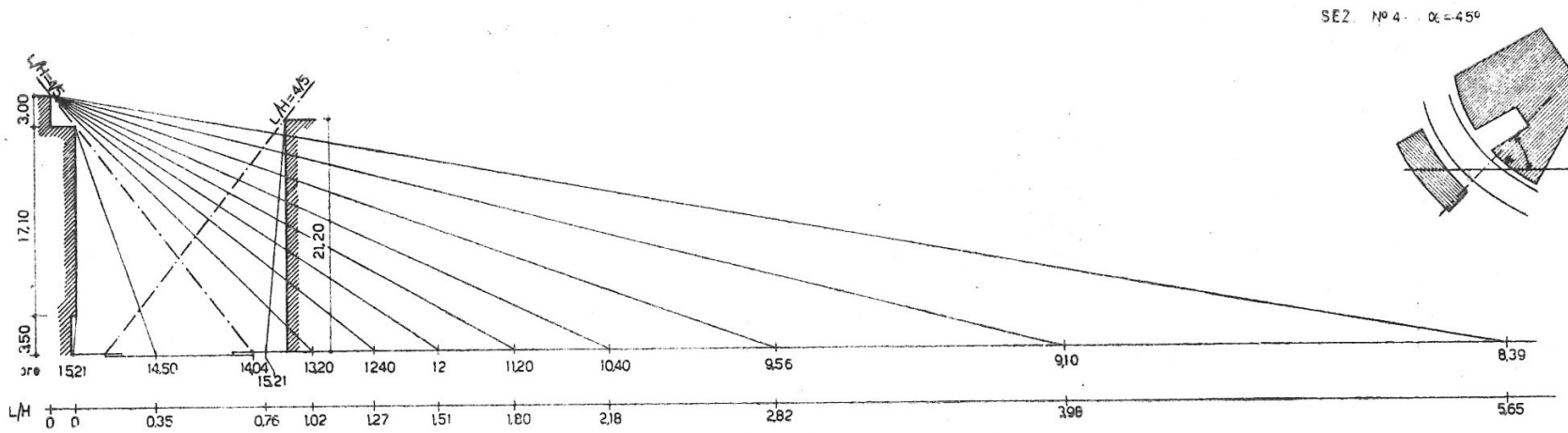
Tav. 7. - Caratteristiche del soleggiamento vincolato sul tratto di strada corrispondente alla sezione 2.

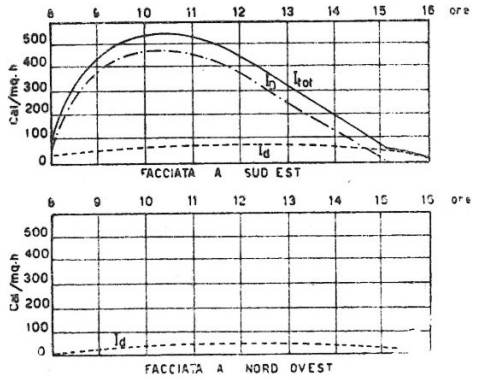




AZIMUT "A"		45°50'	40°	30°	20°	10°	0°	10°	20°	30°	40°	45°50'
ALTEZZA "h"		10°	14°	18°50'	22°30'	24°20'	25°	24°20'	22°30'	18°50'	14°	10°
Cotg h		5,671	4,011	2,932	2,414	2,211	2,145	2,211	2,414	2,932	4,011	5,671
cos (A + α)		0,717	0,643	0,500	0,342	0,174	0	0,174	0,342	0,500	0,643	0,717
L	facc. E	97,68	61,92	35,28	19,82	6,91	0	—	—	—	—	—
	facc O	—	—	—	—	—	0	8,06	19,82	35,28	61,92	97,68
ORA CORRISP		8.39	9.10	9.56	10.40	11.20	12	12.40	13.20	14.04	14.50	15,21
I_D	facc.E	230	256	245	174	95	0	—	—	—	—	—
	facc.O	—	—	—	—	—	0	95	174	245	256	230
I_d	facc. E	54	70	84	91	94	95	94	91	84	70	54
	facc. O	19	26	31	34	35	35	35	34	31	26	19
I_{tot}	facc. E	284	326	329	265	189	95	94	91	84	70	54
	facc.O	19	26	31	34	35	35	130	208	276	282	249

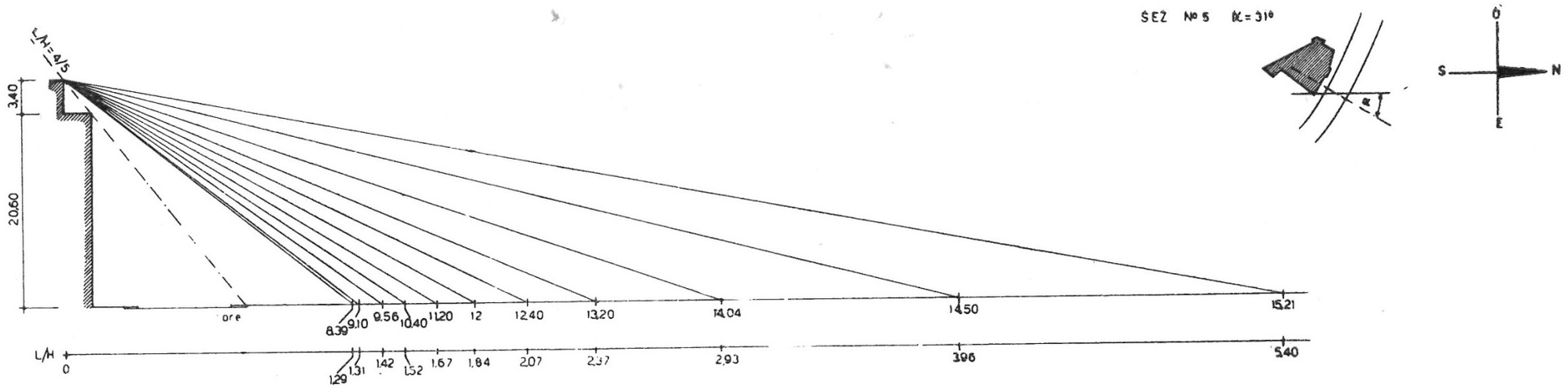
Tav. 8. - Caratteristiche del soleggiamento vincolato sul tratto di strada corrispondente alla sezione 3.

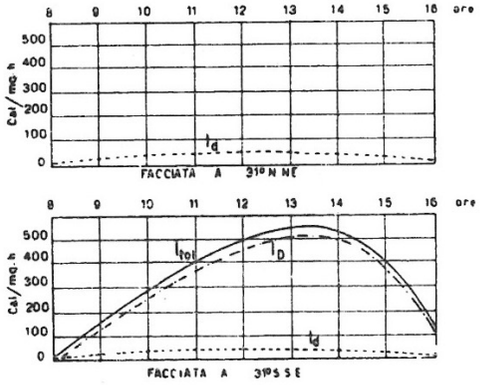




AZIMUT "A_n"		45°50'	40°	30°	20°	10°	0°	10°	20°	30°	40°	45°50'
ALTEZZA "h_n"		10°	14°	18°50'	22°30'	24°20'	25°	24°20'	22°30'	18°50'	14°	10°
Cotg h		5,671	4,011	2,932	2,414	2,211	2,145	2,211	2,414	2,932	4,011	5,671
cos (A + α)		0,999	0,996	0,966	0,906	0,819	0,707	0,574	0,423	0,259	0,087	0,015
L	facc. N.O.	133,37	93,84	66,56	51,50	42,57	35,75	29,87	23,99	17,88	7,21	0,28
	facc. S.E.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,97
ORA CORRISP.		8,39	9,10	9,56	10,40	11,20	12	12,40	13,20	14,04	14,50	15,21
I_D	facc. N.O.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5
	facc. S.E.	306	406	475	470	436	380	306	320	128	38	
I_d	facc. N.O.	22	27	31	36	37	38	37	36	31	27	22
	facc. S.E.	45	56	68	70	75	76	75	70	68	56	45
I_{tot}	facc. N.O.	22	27	31	36	37	38	37	36	31	27	27
	facc. S.E.	351	462	543	540	511	456	381	290	196	94	45

Tav. 9. - Caratteristiche del soleggiamento vincolato sul tratto di strada corrispondente alla sezione 4.





AZIMUT °A		45°50'	40°	30°	20°	10°	0°	10°	20°	30°	40°	45°50'
ALTEZZA °h		10°	14°	18°50'	22°30'	24°20'	25°	24°20'	22°30'	18°50'	14°	10°
Cotg h		5,671	4,011	2,932	2,414	2,211	2,145	2,211	2,414	2,932	4,011	5,671
cos (A + α)		0,226	0,326	0,485	0,629	0,755	0,857	0,934	0,982	0,999	0,988	0,967
L	facciata 31° NNE	31,03	31,39	34,13	36,43	40,06	44,11	49,56	56,90	70,30	95,11	131,62
	facciata 31° SSO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ORA CORRISP		8,39	9,10	9,56	10,40	11,20	12	12,40	13,20	14,04	14,50	15,21
I_D	facciata 31° N NE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	facciata 31° SSO	85	145	240	325	400	459	496	510	490	405	305
I_d	facciata 31° NNE	41	49	55	58	66	68	66	58	55	49	41
	facciata 31° SSE	20	25	30	33	34	35	34	33	30	25	20
I_{tot}	facciata 31° NNE	41	49	55	58	66	66	66	58	55	49	41
	facciata 31° SSE	106	170	270	359	434	494	530	543	520	430	325

Tav. 10. - Caratteristiche del soleggiamento vincolato sul tratto di strada corrispondente alla sezione 5.

7 - Risultati delle calcolazioni.

Dall'esame delle tavole, dove risultano riassunti tutti i risultati finali delle calcolazioni, possiamo ricavare le seguenti osservazioni:

1) Nel tratto di strada con direzione equatoriale (sez. N. 1), con $\alpha = 0$, la situazione in atto è molto distante dalle richieste degli igienisti, confermate dai risultati della tabella. Infatti per un'altezza dell'edificio di m. 24, considerando l'insolazione che arrivi alla base del fabbricato frontista e concedendo la massima altezza del sole nella giornata, si dovrebbe avere una distanza di m 51,50, corrispondente press'a poco a quella richiesta dal Knauff, mentre alla stessa ora si avrebbe una irradiazione totale di 633,1 cal/mqxh, con una distanza unitaria (rapporto L/H) eguale a 2,15. Tutto ciò nelle condizioni più favorevoli di altezza del sole a mezzogiorno.

2) Nei tratti di strada con direzione intermedia (sezioni N. 5, 2, 3) occorre uno studio particolare per definire la distanza ottimale da molti punti di vista, in quanto è vero che, dato il valore non nullo di α, questo angolo può modificare in senso contrastante l'aumento dell'altezza solare che dovrebbe risultare favorevole da solo ad una diminuzione della distanza tra i fabbricati. Nello stesso tempo occorre considerare se una prescelta direzione dei raggi sia la più conveniente, anche a distanza ottimale, a causa della eccessiva o meno inclinazione rispetto alla facciata e del conseguente effetto termico che deriva da tale inclinazione.

Seguendo gli autori più accreditati si può considerare come efficace quella direzione dei raggi che formi con la normale alla facciata un angolo spaziale di incidenza compreso entro i 30°, in quanto l'irradiazione molto angolata rispetto alla facciata risulta di scarso ausilio nei riguardi dell'apporto di calore sulle murature degli ambienti ed insufficientemente penetrante sulle aperture.

Per la sezione N. 5, con un valore di $\alpha = 31°$, può riscontrarsi agevolmente il contrastante effetto dell'aumento dell'altezza solare e della contemporanea diminuzione dell'azimut a partire dall'ora del sorgere del sole. A causa dell'orientamento obliquo della via, le distanze teoriche vanno continuamente crescendo; ma la distanza da scegliere non sarà la minima bensì quella corrispondente ad una direzione dei raggi che compresa entro l'angolo di 30° dia luogo al valore minimo della distanza unitaria, e cioè nel caso in esame, sia quella formante un angolo azimutale di 0°54' rispetto alla normale alla facciata con un corrispon-

TABELLA 6. - Valori della radiazione diretta calcolati per superfici variamente orientate ed espresse in funzione dell'ora al solstizio invernale

ORA	Altezza solare h	Radiazione normale diretta	Radiazione diretta								
			N	NE	E	SE	S	SO	SSO 31°	SSE 31°	Orizzont.
7.32 / 16.28	0°	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8 / 16	2°30′	90	—	15,6	73,7	87,8	51,7	—	6	82	3.9
9 / 15	12°50′	392.5	—	—	250	382	285	21,2	113	376	87
10 / 14	19°20′	523	—	—	242	476	434	136	245	493	174
11 / 13	23°30′	575	—	—	136	456	510	262	366	507	230
12 / 12	25	592	—	—	—	380	592	380	459	459	200
Mattino / Pomer.	h	I_{Dn} cal/m²h	N	NO	O	SO	S	SE	SSE	SSO	Orizzont.

dente valore della radiazione totale di 520 cal/mqxh. A questo valore corrisponde una distanza teorica di m 44,60. La distanza unitaria pertanto sarà $\frac{44,60}{24} = 1,86$.

Passando alla sezione N. 2, con $\alpha = 45^0$ Sud.Ovest, si rilevano gli stessi elementi della sezione precedente. La distanza teorica da prendere in considerazione, in quanto relativa ad un raggio che raggiunga la base dell'edificio con incidenza compresa entro i 30° e con il valore minimo della distanza unitaria, risulta in questo caso corrispondente ad una direzione dei raggi con angolo azimutale pari a 22°,40'. A questo corrisponde una distanza teorica di m 59,32. La distanza unitaria sarà pertanto:

$$\frac{59,32}{27,60} = 2,15$$

Per la sezione N. 4 con $\alpha = 45^0$ Sud-Est, a causa del verso contrario dell'angolo α si nota invece l'andamento discendente dei valori delle distanze teoriche dall'ora del sorgere del sole fino ad un minimo, relativo all'influenza dell'orientamento della via, oltre il quale prevale la diminuzione dell'altezza solare. La distanza teorica da prendere in considerazione risulta corrispondente ad una direzione dei raggi con angoli azimutali pari a 15°. A questo corrisponde una distanza teorica di m 47. La distanza unitaria sarà pertanto:

$$\frac{47}{23,60} = 1,99$$

3) Nel tratto di strada con direzione meridiana (sezione 3°), cioè con $\alpha = 90^0$ si ha l'influenza contemporanea e nello stesso senso dell'aumento dell'altezza solare h e nella diminuzione dell'azimut solare, contato da Sud, a cominciare dal sorgere del sole; tale influenza si riflette pertanto favorevolmente nel determinare l'abbassamento della distanza teorica fino ad un valore teorico zero in corrispondenza al mezzogiorno, cioè con i raggi radenti rispetto alla facciata. Seguendo però il criterio della ricerca del soleggiamento efficace dovrà scegliersi una distanza unitaria corrispondente alla direzione dei raggi che con angolo di incidenza compreso entro 30° rispetto alla normale, diano la minima distanza unitaria; si dovrebbe avere perciò un azimut solare di 45°50', con un angolo di incidenza minimo di 44°10', mentre il sole ha un'altezza h = 10° ed un apporto termico pari a circa 284 cal/mqxh. Per-

tanto devesi prendere in considerazione il fatto che nessun raggio incidente considerato è esterno al cono di incidenza con semiapertura di 30°.

Accontentandoci per altro del valore più vicino alle condizioni richieste, in corrispondenza al raggio di altezza solare 10° si avrebbe una distanza teorica di m 97,68, corrispondente ad una incidenza di (90° — 45°50') = 44°10'. In questa intesa il valore della distanza unitaria sarebbe pari a:

$$\frac{97,68}{24} = 4,07$$

con un apporto termico di 284 cal/mqxora.

8 - Calcolo dell'energia solare con sistemi grafici. — (Quadrante di radiazione).

Alcuni sistemi grafici per la determinazione dell'energia solare incidente su una determinata superficie presentano notevoli vantaggi nei confronti dei metodi tabulativi, di cui si è precedentemente fatto uso per la soluzione dei problemi di insolazione trattati all'inizio dello studio.

Alla base dei metodi grafici è il presupposto che la grandezza della

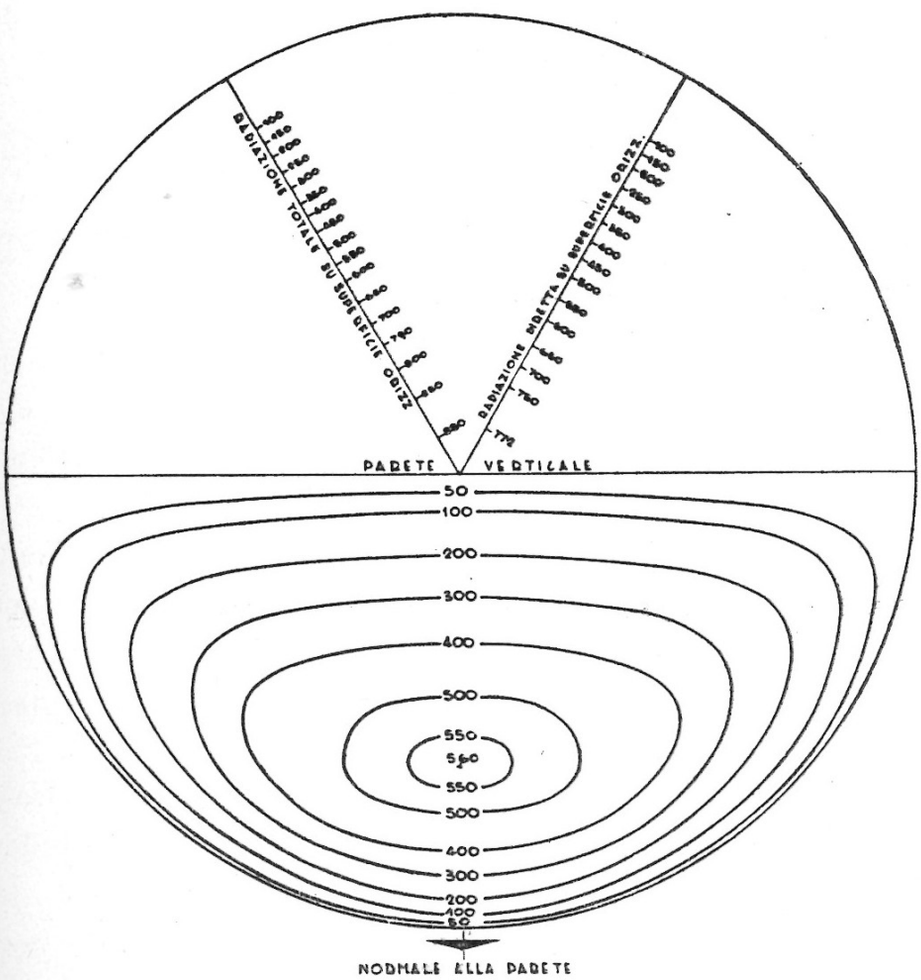


Fig. 7. - Quadrante di radiazione per la misura della radiazione solare diretta su una superficie verticale e della radiazione solare diretta e totale su una superficie orizzontale (costruito secondo il metodo di proiezione equidistante).

radiazione diretta e diffusa è una funzione dell'altezza solare e dell'angolo di incidenza dei raggi del sole.

Su questo principio A. e V. Olgyay ([8]) hanno sviluppato un sistema grafico prendendo lo spunto da precedenti studi in proposito sviluppati da Fredrich Tonne ([9]).

Le linee di equintensità della radiazione possono essere individuate su una emisfera rappresentativa, come intersezioni dei raggi corrispondenti a valori di eguale intensità di irraggiamento su una determinata

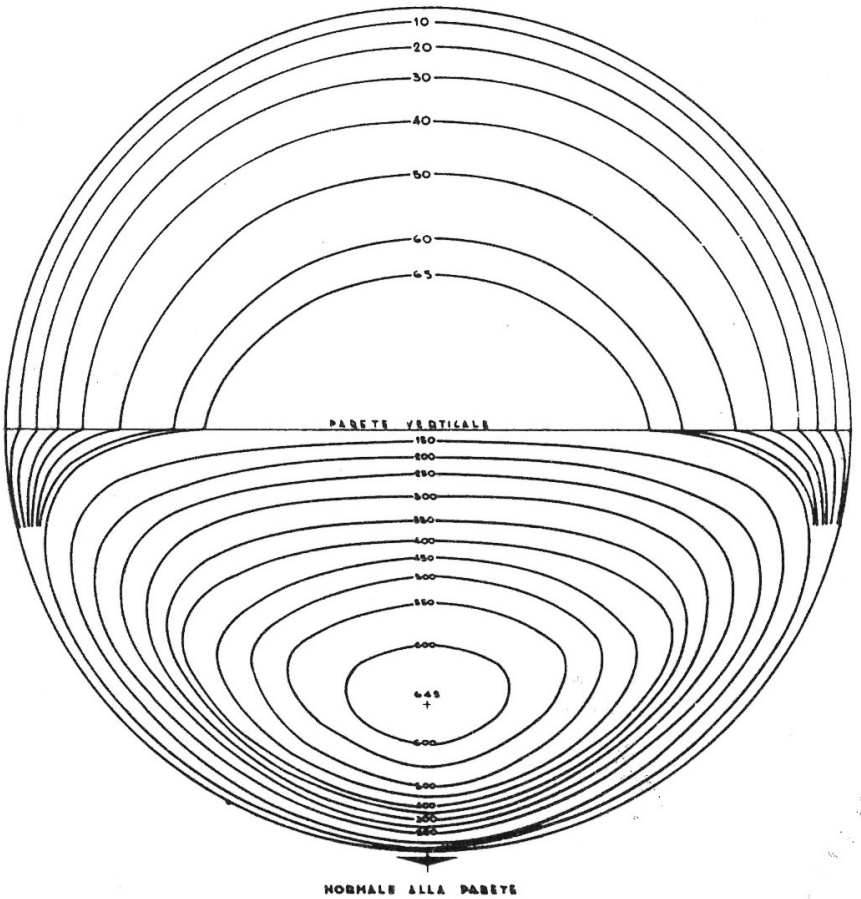


Fig. 8. - Quadrante per la misura della radiazione solare totale su una superficie verticale.

superficie e la sfera stessa. La proiezione sul piano orizzontale di tali linee spaziali di equintensità dà una rappresentazione grafica planare dell'irraggiamento solare.

Praticamente questo diagramma rappresentativo chiamato « *Quadrante di radiazione* » può essere tracciato indicando prima separatamente i valori della radiazione diretta e di quella diffusa su differenti quadranti e quindi sommando questi diagrammi può ottenersi il quadrante della radiazione totale.

Va notato che i valori energetici indicati nei « *quadranti di radiazione* » sono rappresentativi della radiazione per una giornata limpida in assenza di nuvolosità.

Dal momento che nella igiene edilizia i problemi di radiazione su

superfici orizzontali e verticali sono di essenziale interesse ,le carte sono state sviluppate per queste 2 posizioni, comunque il metodo può essere adottato anche per piani obliqui.

I « *quadranti di radiazione* » essendo costruiti in base alle leggi di dipendenza fra radiazione normale diretta e angolo di incidenza sono validi per qualsiasi latitudine e qualunque orientamento della parete.

9 - Uso pratico del quadrante di radiazione.

Per applicazioni pratiche i diagrammi della intensità della radiazione possono essere trascritti su carta trasparente, infatti sovrapponendoli ad un diagramma del percorso del sole (Fig. 9) si possono leggere di-

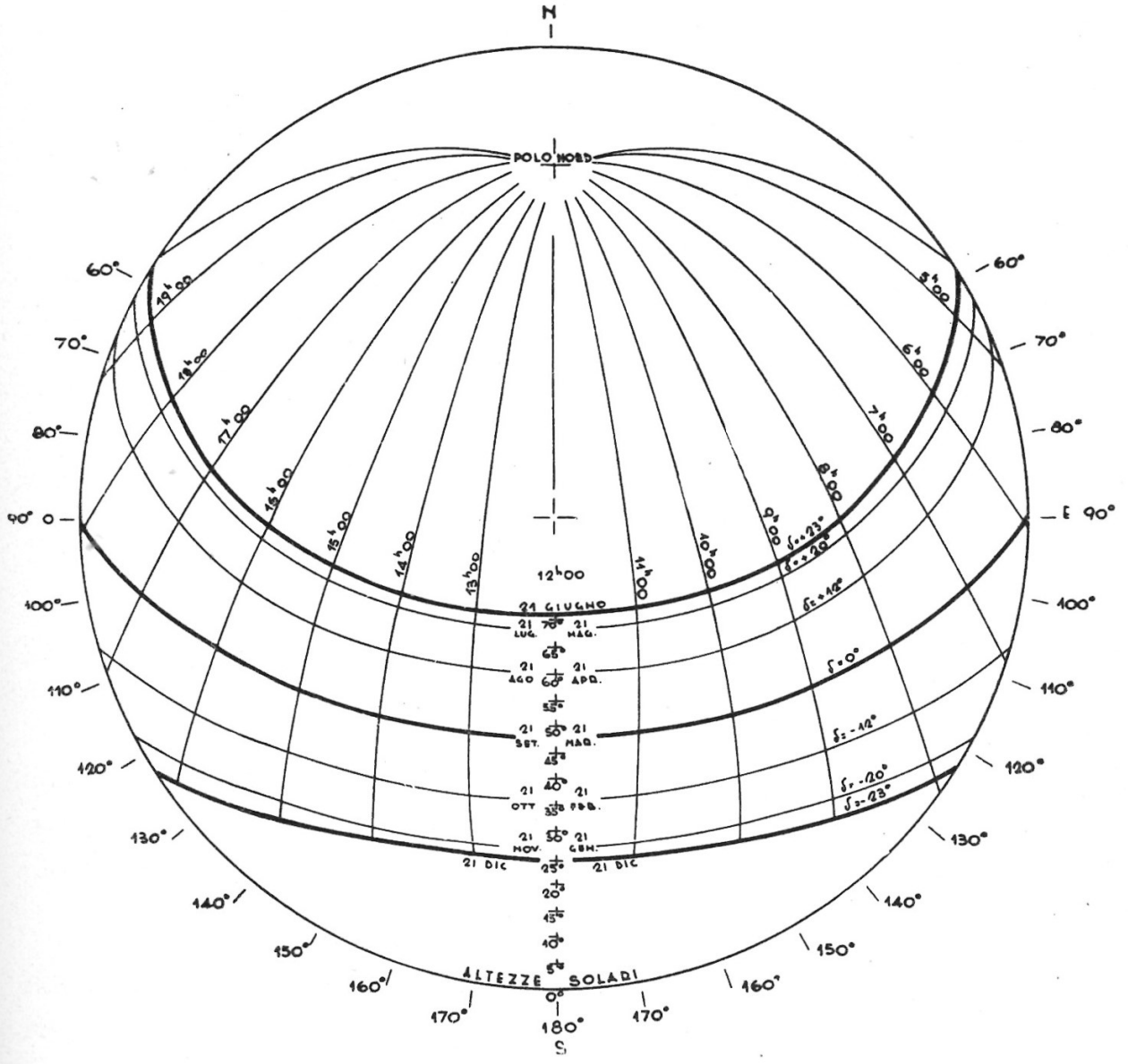


Fig. 9. - Carta solare per la latitudine $\varphi = 42°$, costruita secondo il metodo di proiezione equidistante.

rettamente i valori totali dell'energia ricevuta in qualsiasi ora e stagione dell'anno per un determinato orientamento della facciata.

Bisogna notare a questo proposito che per la omogeneità di confronto fra carta solare e quadrante di radiazione, ambedue i diagrammi debbono essere sviluppati secondo lo stesso metodo di proiezione, in particolare nel presente studio si è ricorsi al metodo di proiezione equidistante per i vantaggi che questo presenta nei confronti del sistema ortografico, specialmente al riguardo della costante facilità di lettura per qualsiasi valore dell'altezza solare.

Le norme di uso del quadrante di radiazione associato con la carta solare ([10]), possono essere schematicamente così enumerate:

1) Scegliere il diagramma del percorso del sole che per latitudine è più vicino al luogo dato;

2) Sovrapporre la carta trasparente con i diagrammi della intensità di radiazione al diagramma del percorso del sole;

3) Girare la carta trasparente per orientarla opportunamente (i relativi angoli marcati sul perimetro più esterno del diagramma del percorso del sole e la freccia indicativa della normale alla superficie, sulla carta trasparente, dovranno usarsi per questo scopo);

4) Localizzare ogni desiderato giorno ed ora dell'anno sul diagramma del percorso del sole e leggere sulla carta trasparente le intensità di radiazione che raggiungono la superficie in esame.

CONCLUSIONI

Dall'insieme delle considerazioni teoriche e dall'esame dei risultati sperimentali con le calcolazioni relative, poggiati per altro su schematizzazioni dei problemi molto complessi che si incontrano su questo campo, possono in linea di massima trarsi le seguenti conclusioni:

1) In base agli ammessi presupposti di lunghezza indefinita dei fabbricati prospicenti la stessa via, le distanze reali tra i fabbricati della via in esame sono tali che i valori delle distanze unitarie risultano veramente troppo bassi, ed inferiori anche a quel valore 1 : 1 che era

stato ammesso come compromesso adeguato alle necessità dell'economia e dell'igiene.

2) I valori invariabili stabiliti dai regolamenti edilizi, e nel caso in esame dal Regolamento edilizio di Roma (Rapporto tra altezza degli edifici e distanza eguale a 5/4 nella zona periferica ed a 3/2 nella zona centrale), non tengono conto della diversa orientazione delle vie, che influenza invece in modo determinante i valori ottimali di detto rapporto. Pertanto, seguendo anche Vinaccia, possiamo affermare che « se le altezze degli edifici devono essere non solo funzione della loro distanza ma anche del loro orientamento, i regolamenti edilizi dovrebbero stabilire di 10° in 10° di azimut i rapporti relativi ».

3) La già indicata condizione favorevole delle strade con direzione meridiana nei rispetti principalmente delle strade equatoriali, basata indubbiamente sul computo delle ore di sole assicurate alle facciate degli edifici prospicenti come si deduce dalla regola di Vogt, alla luce degli elementi ottenuti in questa ricerca non sembra rimanere tale ove si consideri l'esigenza della *compatibile* incidenza dei raggi solari sulla facciata per avere un apporto di calore sensibile. Infatti, come in precedenza è stato accennato, per la legge del coseno l'irradiazione con eccessiva incidenza rispetto alla facciata non è efficace come quella contenuta in un certo spazio nell'intorno della normale alla facciata stessa.

Quindi non è sufficiente che i raggi solari raggiungano per un certo tempo le varie zone della facciata di un edificio, ma è necessario altresì che questi incidano sulla parete con sufficiente capacità di penetrazione all'interno, fornendo al tempo stesso il massimo apporto termico per compensare, almeno in parte, le perdite di calore degli ambienti verso l'esterno.

Per assicurare che si verifichino tali condizioni, gli igienisti sostengono che è sufficiente che i raggi solari colpiscano la parete con angolo di incidenza non superiore a 30°.

Su tale criterio è basata la denominazione di « *distanza unitaria efficace* » che indica appunto il rapporto L/H, tra larghezza stradale e altezza dell'edificio, per il quale sono verificate le suesposte condizioni di soleggiamento.

Nella tabella di seguito riportata sono indicati i valori *minimi* della « *distanza unitaria efficace* » calcolati per i differenti orientamenti delle

strade, relativi alle 5 sezioni che sono state prese in considerazione nella indagine esemplificativa condotta in questo studio.

Sezione	α	Distanza unitaria efficace (minima)	Radiazione totale (cal/m²h)
1	0°	2,15	633,5
2	45° (S.O.)	1,99	488
3	90°	—	—
4	45° (S.E.)	1,99	526
5	31° (S.-S.O.)	1,86	498

4) Considerando tutti i valori della distanza unitaria ricavati per cinque sezioni, si può agevolmente riscontrare, passando dal tratto con direzione equatoriale a quelli con direzioni oblique fino ad arrivare a quello con direzione meridiana, il verificarsi di un valore minimo della « *distanza unitaria efficace* » in corrispondenza dell'azimut stradale (calcolato sulla normale) $\alpha = 31°$.

Esiste pertanto un orientamento economico, relativamente alle condizioni di soleggiamento efficace delle varie facciate, tra le varie orientazioni possibili delle vie da quella equatoriale a quella meridiana. Per determinare il valore di questa orientazione occorrerebbe senza dubbio un maggior numero di sezioni, eventualmente con orientazioni di 10° in 10°. Tuttavia, e limitatamente a quanto può ricavarsi dai dati a disposizione, sembra potersi accettare un valore minimo della distanza unitaria, suscettibile di lievi variazioni ad un esame più approfondito, in corrispondenza di un angolo $\alpha = 30°$. Detto valore potrà aggirarsi all'intorno di 1,8.

5) Giova osservare che la schematizzazione adottata può indurre a temperare nel senso favorevole all'economia i risultati ritenuti necessari per le condizioni di soleggiamento delle facciate. Alquanto influisce, ad esempio, il fatto che i fabbricati lungo la strada abbiano dimensioni limitate a causa della esistenza delle vie trasversali, che lasciano adito all'entrata del sole. Tuttavia resta il fatto che le ulteriori considerazioni di questo tipo non inficiano i criteri generali precedentemente descritti

e non possano quindi giustificare l'estremo slittamento attuale verso i valori di rapporti tra larghezza stradale ed altezza degli edifici non compatibili non solo con le esigenze igieniche fondamentali, ma anche con le ultime richieste degli igienisti risultanti da un ragionevole e conscio compromesso.

Roma — Istituto Superiore di Sanità - Laboratori di Ingegneria.

Roma — Università degli Studi - Istituto di Igiene.

BIBLIOGRAFIA

(1) Vinaccia G. - « L'Ingegnere », N. 10 (1947).
(2) Tizzano A. - « L'Ingegnere », N. 5-6 (1949).
(3) American Society of Heating and Ventilating Engineers - « Heating, Ventilating, Air Conditioning Guide » Vol. 29, p. 267 (1951).
(4) Vogt A. - Z. Biologie, Vol. 15-16 (1879).
(5) Knauff - « Ueber das neue Akademische Krankenhaus in Heidelberg » München (1879).
(6) Rey A., Pidoux J., Barde C. - « La science des plans de villes » Ed. Dunod, Parigi (1928).
(7) Trelat E. - « VI Congresso Internazionale di Igiene », Vienna 1887, Fasc. 11 I.
(8) Algyay V. e A. - « Solar Control and Shading Devices » Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1927.
(9) Tonne F. - « Besonnung und Tagellicht », Gesundheits Ingenieur, Gennaio 1951
(10) Hand J. F. - « Charts to Obtain Solar Altitudes and Azimuths », Heating and Ventilating, ottobre, 1948.