

61. Salvatore TOMASELLI. — **Alcuni aspetti dell'illuminazione naturale delle sale di degenza ospedaliere.** (*)

Riassunto. — Si mette innanzi tutto in evidenza l'importanza fondamentale che nell'illuminazione naturale delle sale di degenza ospedaliere viene ad assumere il requisito del potere inattivatore della virulenza dei germi da aerodiffusione, al di sopra di quelli normalmente richiesti (sufficienza dell'illuminazione, razionale rapporto di luci e di ombre, buona uniformità, assenza di abbagliamento, ecc.).

Tenuto conto dei risultati di molte ricerche sperimentali su tale azione della luce del giorno, solare e diffusa, le quali hanno stabilito che è anche battericida il cielo completamente coperto da nuvole e che questa azione dipende da un'adeguata intensità di illuminazione, si è orientato il presente studio nel senso della predeterminazione dell'intensità di illuminazione diretta, quale suscettibile di precise calcolazioni, nel punto situato più sfavorevolmente in un locale di degenza sotto l'aspetto insieme della insufficienza dell'illuminazione e della presenza di germi da aerodiffusione emessi dal malato; ad es., per la tipica sala di degenza a sei letti ordinariamente adottata in Italia, si è considerato il punto sito sul limite del letto più interno a m. 0,50 dalla parete trasversale presso la testata del letto stesso.

Per detta sala sono state compilate delle tabelle le quali danno direttamente i valori del coefficiente globale « A », per il quale moltiplicare il valore della brillantezza minima della semisfera celeste coperta da nuvole (circa 0,096 stilb), in funzione dei vari elementi geometrici caratterizzanti l'ambiente e l'apertura finestrata (distanza d del punto dal piano della finestra, altezza h intercettata dai raggi visuali sul piano della finestra, altezza H della finestra, larghezza l , ecc.); vengono inoltre presentati dei diagrammi illustranti l'andamento di tale coefficiente in rapporto al variare di alcuni significativi fattori, tenuti costanti gli altri, e si danno i risultati di alcune verifiche sperimentali.

Résumé. — On met, avant tout, en évidence l'importance fondamentale que prend, dans l'éclairage naturel des salles-dortoirs des hôpitaux, la condition caractérisée par le pouvoir inactivant de la virulence des germes d'aérodiffusion par rapport à celles ordinairement requises (éclairage suffisant, rapport rationnel entre la lumière et l'ombre, bonne uniformité, pas d'éblouissements, ecc.).

(*) Comunicazione presentata al convegno di ingegneria sanitaria - Palermo, 26-28 marzo 1953

On a tenu compte des résultats de nombreuses recherches expérimentales sur cette action de la lumière du jour, solaire et diffusée, par lesquels on a pu établir que le ciel complètement couvert de nuages est, lui-aussi, bactéricide et que cette action dépend d'une convenable intensité d'éclairage. On a donc orienté cette étude dans le sens de la prédétermination de l'intensité lumineuse directe, susceptible de calculs précis, dans l'endroit le plus mal situé d'un dortoir, sous l'aspect tout ensemble de l'insuffisance d'éclairage et de la présence de germes aérodiffusibles émis par le malade: par exemple, pour le dortoir typique à six lits généralement adopté en Italie, on a considéré le point situé sur la limite du lit le plus intérieur à 0,50 m. du mur transversal voisin de la tête du lit lui-même.

Pour les dites salles on a compilé des tables qui donnent directement les valeurs du coefficient global « A » par lequel il faut multiplier la valeur de la luminosité minima de la sémi-sphère céleste couverte de nuages (env. 0,096 stilb) en fonction des différents éléments géométriques caractérisant la salle et l'ouverture des fenêtres (distance d du niveau de la fenêtre, hauteur h interceptée par les rayons visuels au niveau de la fenêtre, hauteur H de la fenêtre, largeur l , etc.); on présente en outre des diagrammes qui illustrent l'allure de ce coefficient par rapport aux variations de certains facteurs significatifs, en tenant les autres constants, et on donne les résultats de quelques expériences de vérification.

Summary. — The author emphasizes, before anything else, that it is a matter of fundamental importance that the natural lighting in hospital wards have the capacity of inactivating the virulence of airborne germs, over and above the normal requirements (sufficient illumination, reasonable proportion of light and shade, uniformity, absence of glare etc.).

Bearing in mind the results of numerous researches and experiments on this action of daylight, sunlight and diffused light, which have established that the sky completely covered with clouds is also a bacteriacide and that this action depends on an adequate intensity of illumination, the present study is slanted towards the pre-determination of the intensity of direct illumination which can be calculated exactly at the point most unfavourably situated in the ward under the combined aspects of insufficient lighting and airborne germs emitted by the patients; for example, for the typical six bed ward usually adopted in Italy, it is considered the point situated at the limit of the innermost bed at 0.05 m. from the transverse wall behind the head of the bed itself.

For such rooms tables have been compiled which give the value of

the overall coefficient « A » by which to multiply the value of minimum brilliance of the celestial demi-sphere covered with clouds (about 0.096 stilb) in function of the different geometric elements characterizing the room and the window openings (distance d from the level of the window, height h , interception of the visible rays at window level, height H of the window, width l , etc.); in addition some graphs are given showing the trend of this coefficient in relation to variation in some significant factors, the others remaining constant and finally some results of experimental trials are reported.

Zusammenfassung. — Es wird vor allem die grundlegende Wichtigkeit hervorgehoben, die der Forderung der Fähigkeit, die Virulenz von in der Luft verteilten Keimen zu inaktivieren, in der natürlichen Beleuchtung der Krankensäle zukommt, einer Forderung die über das normale Mass an Anforderungen hinausgeht, die sonst gestellt werden (Ausreichende Beleuchtung, rationelles Verhältnis zwischen Licht und Schatten, gute Gleichmässigkeit und nicht blendendes Licht, u.s.w.).

Auf Grund der Ergebnisse vieler experimenteller Untersuchungen über diese Wirkung des Tageslichts, direkten Sonnen- wie auch diffusen Lichts, die festgestellt haben, dass es auch bei völlig bedecktem Himmel noch bakterizid ist, und dass diese Wirkung von einer adaequaten Intensität der Beleuchtung abhängt, ist die vorliegende Arbeit im Sinne der Praedetermination der Intensität der direkten Beleuchtung eingestellt, soweit sie genauen Berechnungen zugänglich ist. Die Berechnungen gelten für die am ungünstigsten gelegene Stelle in einem Krankensaal, unter dem Gesichtspunkt sowohl ungenügender Beleuchtung, wie des Vorhandenseins in der Luft verbreiteter Keime, die vom Krankenbett ausgehen. Für den typischen Krankensaal zu 6 Betten, wie er in Italien allgemein üblich ist, wurde z.B. der an der Grenze des am weitesten innen gelegenen Bettes befindliche Punkt gewählt, 0,50 m von der Querwand, am Kopfende des Bettes.

Für einen solchen Saal wurden Tabellen ausgearbeitet, die direkt die Werte des globalen Koeffizienten A angeben, mit dem der Wert des Mindestlichts des von Wolken bedeckten Himmelsgewölbes zu multiplizieren ist. (circa 0,096 stilb), in Funktion der verschiedenen geometrischen Elemente, die für den Raum und Fensterlichtung charakteristisch sind (Entfernung d von der Fensterebene, Höhe h die von der Sehstrahlung auf der Fensterebene aufgefangen wird, Höhe H des Fensters, Breite l u.s.w.). Ferner werden Diagramme gebracht, die den Verlauf dieses Koeffizienten in Beziehung zu Veränderungen einiger wesentlicher

Faktoren erläutern, wobei die andern Faktoren unverändert gehalten werden. Schliesslich folgen die Ergebnisse einiger experimenteller Verbesserungen.

1 - GENERALITÀ.

Nello studio preliminare del progetto di un istituto di cura uno degli elementi fondamentali è l'orientamento delle facciate relative alle sale di degenza, la cui scelta tende ad assicurare loro, in linea generale, la maggiore utilizzazione del calore e della luce del sole in inverno ed una adeguata protezione dall'eccessivo soleggiamento e dal forte abbagliamento in estate, nei nostri climi temperati.

Corrispondentemente una grande attenzione è rivolta alla razionale sistemazione delle aperture in dette facciate, al fine di far penetrare in inverno il più a lungo ed il più profondamente possibile i diretti raggi solari in ciascun ambiente di degenza, mentre per l'estate la previsione dell'orientamento, avente anch'essa le sue esigenze per quanto subordinata in genere alle necessità invernali, viene integrata dalla adozione di dispositivi, quali griglie, persiane, avvolgibili, frangisole, ecc., per temperare gli eccessi sia della diretta insolazione, sia della illuminazione.

Come è noto, l'esposizione che maggiormente soddisfa alle condizioni precedentemente accennate è quella a Sud; da essa infatti derivano alle facciate, in confronto con le altre esposizioni, « una maggiore regolarità di insolazione, un aumento di intensità nella stagione fredda ed una diminuzione nella stagione calda ed in complesso un aumento totale annuale dell'insolazione » (1). Inoltre, tenute presenti le caratteristiche di corpo di fabbrica doppio a sviluppo longitudinale del blocco delle degenze ordinariamente usato nelle costruzioni ospedaliere e d'altronde prescritto dalle norme tecnico-sanitarie attualmente in vigore (2), si può affermare che non si verifica la consueta controindicazione per simile esposizione, giustificata dal fatto che i locali esposti a Nord non godono del sole per sei mesi all'anno, in quanto proprio dalla parte a Nord conviene che siano situati buona parte dei servizi inerenti al funzionamento delle sezioni di degenza.

Se l'esposizione a Sud è preferibile nel caso generale, tuttavia si deve tenere conto che alcune volte essa non può essere realizzata a causa di specifiche condizioni locali; pertanto le norme italiane consentono per

(1) VINACCIA: « Il corso del sole in urbanistica ed edilizia » - Hoepli 1939, p. 245.

(2) Istruzioni per le costruzioni ospedaliere. Decreto 20 luglio 1939.

l'esposizione delle sale di degenza un intero settore che va dal Sud al Sud-Est; sono permesse altresì alcune eccezioni valevoli per le necessità di riparo dai venti dominanti nella località o per degenze speciali (ad es. gastroenterici). L'esposizione a Sud-Est presenta la possibilità di una migliore perequazione dell'insolazione su tutte le facciate dell'edificio, senza che si perdano in misura notevole i vantaggi della esposizione a Sud; essa si fa inoltre preferire all'esposizione a Sud-Ovest a causa della più elevata temperatura ambientale di questa in estate.

Nella progettazione di un edificio di carattere ospedaliero si considera sufficiente, di solito, fornire i dati relativi alle varie durate di insolazione medie mensili, (alcune volte tali dati sono limitati ai periodi equinoziali e solstiziali), relative alle facciate principali dei corpi di ospedalizzazione; se queste facciate, inoltre, hanno davanti un edificio o corpo di fabbrica di controspetto, vengono aggiunti ordinariamente i valori delle altezze solari in determinati periodi o giorni dell'anno ed in ore fissate, accompagnati talvolta da rappresentazioni grafiche indicanti la penetrazione dei raggi solari nell'interno della camera di degenza nelle condizioni meno favorevoli.

Viene naturale di ritenere che, quando si sia orientato il fronte delle degenze nel miglior modo compatibile con la situazione di fatto determinata dalla configurazione del suolo e dai venti dominanti, e siano state accuratamente disposte le aperture sulla facciata in modo da assicurare le opportune ore di sole, si siano ottenute le migliori condizioni di calore e di luce per gli ambienti di degenza.

In effetti la radiazione diretta dei raggi solari, di cui è ben conosciuta l'influenza sull'organismo umano sia dal punto di vista fisiologico che psicologico, assicura non solo la quantità di calore indispensabile all'ambiente, ma anche il contributo luminoso necessario ad una chiara visione e ad un conforto dello spirito. Negli ambienti ospedalieri acquista vieppiù un valore fondamentale il forte potere microbicide, che da numerose esperienze viene riconosciuto alla diretta insolazione.

E' indubbio che la maggior parte di questi effetti della insolazione debbano essere conservati, per quanto possibile, specialmente negli ambienti destinati alla degenza degli ammalati, quando per necessità di dislocazione dei corpi di fabbrica ospedalieri o per le varie mutazioni stagionali non si disponga in determinati periodi più o meno lunghi che della luce diffusa della volta celeste, sia o no coperta da nuvole. In ogni caso non dovrebbe venir meno quell'azione disinfettante, veramente indispensabile, atta a prevenire e ad attenuare la possibilità della trasmis-

sione della malattia tra il degente e quelli che lo attorniano (altri degenti, personale, visitatori) mediante i germi patogeni espulsi per via aerea e pullulanti nell'aria ambiente in lenta sedimentazione verso il pavimento. Tale forma di trasmissione dei germi, che si verifica in ambienti confinati, viene definita abbastanza efficacemente dagli autori: « *Cross-Infection* » (1).

Da quanto precedentemente esposto deriva che i criteri comunemente adottati e fondati sul computo delle ore teoriche di sole o sulla inclinazione dei raggi solari rispetto ai prospetti degli edifici, seppure possono dare un affidamento anche nei riguardi della quantità di luce naturale diffusa penetrante nell'ambiente attraverso i dispositivi tecnici predisposti per l'utilizzazione dei raggi solari diretti, non sono ragionevolmente da prendersi a base di un giudizio obiettivo riguardante le effettive condizioni di illuminazione di un determinato punto nell'ambiente confinato scelto nella posizione più sfavorevole, e considerato nella più svantaggiosa ipotesi sullo stato del cielo.

E' necessario pertanto indirizzarsi verso criteri che prendano in esame gli specifici caratteri della luce diffusa proveniente dalla volta celeste ed i suoi effetti in un dato ambiente.

Le citate « Istruzioni per le costruzioni ospedaliere » non sono molto tassative al riguardo, limitandosi a prescrivere al paragr. 6: « I fronti dei fabbricati nei quali si aprono le finestre delle sale di degenza devono essere a tale distanza da edifici di controspetto, che dal punto di massima profondità deve essere visibile un adeguato settore della volta celeste ».

Questo concetto della quantità di volta celeste visibile da un determinato punto dell'ambiente è forse il principale di una lunga serie di precetti sia scientifici che empirici, risultanti da numerosissimi studi ed esperienze condotti dai vari autori, italiani e stranieri. Si osserva però che la maggior parte degli studi speciali è stata rivolta alla determinazione delle migliori condizioni di illuminazione nelle aule scolastiche, nei laboratori ed officine degli edifici industriali, ed in seguito negli uffici e nelle case di abitazione. Appare ovvio che i risultati di queste ricerche possono servire per ambienti simili; però, per quanto riguarda gli ospedali ed in particolar modo le sale di degenza, diverse se non maggiori possono considerarsi le esigenze della illuminazione naturale rispetto agli altri tipi di ambienti.

(1) ROSENFELD I.: « Hospitals. Integrated Design », 1947, pag. 242.

I requisiti generici di una adatta illuminazione sono così riassunti dal BONICELLI ⁽¹⁾:

a) Sufficiente intensità di illuminazione, sia generale che localizzata nei punti di utilizzazione (scrittoio, banco di scuola, lavagna, tavolo da disegno, tavolo operatorio, ecc.).

b) Uniformità relativa nella distribuzione della illuminazione, ossia riduzione ad un determinato valore del rapporto tra i valori minimo e massimo della illuminazione dei vari punti dell'ambiente.

c) Mancanza dei fenomeni di abbagliamento prodotti da superfici lucenti.

d) Giusta misura nel gioco di luci ed ombre per la chiara percezione dei rilievi: non troppo accentuate sì da creare contrasti violenti, nè troppo attenuate da luce molto diffusa e da riflessione multipla sì da vedere appiattite le forme.

Nei riguardi delle sale di degenza ospedaliera ROSENFELD (op. cit.) afferma che la luce naturale negli ospedali ha una grande importanza per tre ragioni fondamentali: *appropriata visione, effetto psicologico, difesa contro la « Cross-Infection »*. Infatti un normale grado di illuminazione in ogni punto è necessario, specie per l'esame obiettivo dell'ammalato da parte del medico e per lo svolgimento delle varie cure da parte del personale di assistenza. Inoltre il paziente costretto a letto per molti giorni, settimane ed in alcuni casi per dei mesi, gradirà sempre avere attorno a sè un'atmosfera luminosa, ed amerà dirigere lo sguardo verso una adeguata zona di cielo, ritraendone un benefico effetto psicologico. Il compito assegnato alla luce nella difesa contro la « Cross-Infection » è per altro importantissimo in relazione alle caratteristiche degli ambienti in questione; dato l'interesse che presenta il suo esame, ci si occuperà particolarmente di esso in seguito.

Alle precedenti considerazioni devesi aggiungere ancora che, mentre per tutti gli ambienti, sia di studio che di lavoro, sono sempre consentiti alle persone dei grandi o piccoli spostamenti di posizione per raggiungere differenti condizioni di illuminazione, nelle sale di degenza gli ammalati sono costretti talvolta a stare immobili nei letti o quanto meno ad effettuare movimenti limitati; tale considerazione basterebbe da sola ad indicare quale estrema attenzione debba essere rivolta a predetermi-

⁽¹⁾ BONICELLI: « La luce naturale in architettura » - Editrice Libreria Italiana, Torino, pag. 12.

nare razionalmente la « situazione fotometrica » degli ambienti di degenza.

E' agevole riconoscere, pertanto, che le esigenze in materia di illuminazione naturale per simili ambienti sono forse più impegnative che per qualsiasi altro locale; d'altra parte il problema della illuminazione naturale consta di molti e diversi fattori, di cui alcuni, come si è detto, sono stati già vagliati e studiati. Sarà quindi opportuno limitare la ricerca ad uno dei lati che maggiormente interessa per la sua rispondenza alle caratteristiche dell'ambiente in questione, rientrando per lo più gli altri lati nel campo dei criteri già affermati o dibattuti.

Questo lato maggiormente significativo dal punto di vista dell'igiene dell'ambiente riservato alla degenza viene riferito alle possibilità germicide della luce naturale; per assicurare l'espletamento di tale compito occorre far sì che le condizioni di minima illuminazione che garantiscono la uccisione o la diminuzione della virulenza di una data quantità di germi agenti della trasmissione siano mantenute in qualsiasi tempo ed in qualsiasi caso, non ammettendosi in genere che i benefici della luce naturale possano risultare insufficienti, o addirittura venire a mancare per un periodo di tempo più o meno lungo, a causa di una trascuratezza nel predisporre l'illuminamento all'interno delle camere dei malati.

Volendo meglio inquadrare i termini del problema proposto, si può ricordare che i criteri relativi all'illuminazione naturale possono schematicamente distinguersi nel seguente modo:

Illuminazione naturale	{	illuminazione diretta del sole (sunlight).	{	cielo sgombro (clear day)
		illuminazione diretta del cielo (skylight)		cielo nuvoloso coperto (cloudy o overcast day)
				cielo oscuro (grey sky)

L'ambiente di degenza potrà quindi essere illuminato o per mezzo dei raggi diretti del sole, oppure dalla luce diffusa nella calotta celeste priva di nubi e quindi azzurra, od anche parzialmente o totalmente ricoperta da nuvole. Viene inoltre contemplato il caso che queste nuvole siano bianche o grigie.

Si tratterà di determinare in un primo tempo quali siano gli effetti delle diverse specie di luce sopraindicate sopra i germi diffusi nell'aria confinata della sala di degenza, per stabilire in linea di orientamento quali siano le condizioni di cielo più sfavorevoli alla loro vita e corrispondentemente i valori delle intensità di illuminazione al di sopra dei quali il loro sviluppo non sia possibile, o, se non altro, venga ostacolato.

2 - CONSIDERAZIONI SUGLI EFFETTI DELLA LUCE NATURALE SUI GERMI DELL'ARIA CONFINATA.

Fino ad un'epoca relativamente recente non v'era ancora la convinzione assoluta che i germi espirati da un malato potessero disseminarsi attraverso l'aria della corsia ad una certa distanza e che essi potessero permanere nell'aria stessa o nelle polveri delle suppellettili senza perdere la loro virulenza, che li rendeva capaci di trasmettere la malattia ad altre persone. Solamente alcuni igienisti (si citano il TRILLAT, il dr. LEE, ecc.) esprimevano la certezza, anche a seguito di esperimenti, che le infezioni potessero trasmettersi anche attraverso l'aria confinata. Ben presto ulteriori studi furono indirizzati su questo argomento; negli Stati Uniti si è formata, in seguito agli sforzi del Prof. WELLS, una vera scuola di aerobiologi, che hanno approfondito la questione ed eseguito numerose esperienze. Da tutti questi studi si è concluso che l'aria confinata è un veicolo per il contagio delle infezioni e che le polveri e le goccioline di vapore hanno un importante ruolo nella diffusione.

Una volta constatata ed affermata la possibilità di un tale contagio, risultava naturale che si disponessero provvedimenti per impedire la propagazione dei germi. Ma, a parte tutti i dispositivi di profilassi, di disinfezione, di pulizia che ordinariamente vengono usati e che indirettamente agiscono sulla condizione igienica dell'aria, ha cominciato a rendersi evidente il fatto che solamente con un sufficiente apporto di luce naturale si può rompere la catena delle eventuali trasmissioni dei germi agendo direttamente sull'aria e sulle superfici all'intorno dell'ammalato, a meno che non si voglia ricorrere a procedimenti di sterilizzazione dell'aria in un circuito di condizionamento.

Anche sulla influenza sfavorevole della luce sullo sviluppo dei germi si avevano delle limitazioni. Era infatti generalmente stimato che fosse efficace in tal senso solamente la luce naturale di diretta insolazione o provvista di raggi ultravioletti, e non passata attraverso i vetri ordinari. Queste opinioni però non tardarono a modificarsi, in quanto da varie esperienze eseguite si poté constatare ben presto come anche la luce diffusa passata attraverso il vetro della finestra ed il vetro di una capsula Petri uccidesse i germi streptococchi e pneumococchi. Venne altresì confermato che la luce diffusa a cielo azzurro aveva i migliori effetti per lux di illuminazione, mentre la luce a cielo grigio aveva i minimi effetti.

Questi risultati generali degli aerobiologi statunitensi sono ribaditi da numerosi rapporti inglesi sull'argomento ⁽¹⁾, basati sulle ricerche sul-

⁽¹⁾ « Some Observations on Hospital Dust, with Special Reference to Light as a Hygienic Safeguard ». Lawrence P. Garrod - M. D., F.R.C.P., British Medical Journal - Feb. 19, 1944.

l'efficacia della luce naturale condotte nelle corsie di alcuni ospedali in cui erano state otturate delle finestre per mezzo di muratura, a protezione dalle offese belliche aeree; essi riferiscono in sintesi che, mentre lo streptococco emolitico era rinvenuto in grande quantità nella polvere delle zone in ombra, lo stesso risultava invece assente nelle zone illuminate da finestre anche a vetrate chiuse. Tenuto conto che gli esperimenti si erano anche compiuti con cielo coperto, una delle conclusioni più importanti era che la luce proveniente da cielo grigio, anche se filtrata attraverso due spessori di vetro ordinario, è ancora germicida.

Per una conoscenza più approfondita di questi effetti occorrono però anche degli elementi quantitativi riguardanti il fenomeno; a questo riguardo si può usufruire di interessanti relazioni su procedimenti di misurazione dell'azione della luce sui germi, adottati da alcuni igienisti ed aerobiologi statunitensi ed i cui resoconti sono stati pubblicati nel *Journal of Bacteriology* ⁽¹⁾.

Il metodo generale seguito dagli autori (tra i quali L. BUCHBINDER e E. B. PHELPS) è fondato sulla seguente tecnica: In una camera sperimentale viene spruzzata una coltura di batteri in brodo; un certo numero di nuclei di condensazione contenenti batteri vitali tende a depositarsi con una data velocità di sedimentazione, raccogliendosi infine su apposite capsule Petri opportunamente disposte sul pavimento. I germi spruzzati nell'aria si depongono secondo una legge che dipende da proprietà fisiche, incidentalmente resa più complicata da un certo grado di mortalità dei batteri; negli esperimenti preliminari è risultato che la deposizione procedeva ogni ora in misura del 20% delle particelle cariche di germi atte a sedimentare. In sostanza in questa camera vengono con una certa approssimazione a riprodursi le condizioni che si verificano in un ambiente di degenza circa la diffusione dei germi emessi dall'ammalato.

Ciò che interessa inoltre e su cui vertono le successive indagini è il determinare la misura di sopravvivenza di quella quota di germi che si deposita sul pavimento della camera e precisamente sulle serie di piastre Petri senza il vetro di copertura ed il cui fondo viene ricoperto da carta da filtro sterile. Ogni serie è composta di solito da un certo numero di capsule (8-12) collegate fra loro per mezzo di una cordicella, il cui estremo fa capo ad un passaggio sulla parete attraverso il quale esse vengono estratte.

Le misure della sopravvivenza vengono effettuate togliendo primieramente le serie di piastre dalla camera sperimentale a tempi variabili

⁽¹⁾ L. Buchbinder ed altri. « Studies on microorganisms in simulated room ». - *Journal of Bacteriology*: II, 42, 345 (1941); III, 42, 353 (1941); VII, 43, 545 (1942).

dalla operazione di spruzzamento, secondo il tipo di esperimento, e separandone alcune che vengono considerate di controllo, nel senso che vengono riempite completamente con agar ed incubate a 37° per alcuni giorni, dopo i quali si contano le colonie. Le altre serie, per contro, sono sottoposte alle varie esposizioni alla luce ed in seguito vengono trattate come le serie di controllo. A seconda dei casi la tecnica descritta subisce qualche variazione, specialmente nei riguardi dei tempi di prelevamento e di esposizione, del numero delle capsule per serie, ecc. e viene influenzata dagli eventi di probabilità derivanti dalla ineguale distribuzione dei batteri su tutte le capsule.

Si riassumono qui di seguito i più significativi risultati della prima serie di esperimenti, relativa alla determinazione della sopravvivenza al buio:

a) La sopravvivenza al buio durante 13 giorni di un ceppo di streptococco beta emolitico 090 (Gruppo B), depositato dall'aria in una camera sperimentale, presenta un tasso quasi geometrico. Ciò può constatarsi dall'esame della tabella 1; in questa il tasso di sopravvivenza usato per i valori « calcolati » è dell'88% in un giorno.

TABELLA 1.

Sopravvivenza al buio durante 13 giorni di un ceppo di streptococco beta emolitico 090

Giorni dopo insemenza-	Numero di capsule	Numero di organismi per capsula	
		Riscontrati	Calcolati
0	12	961	1071
1	12	945	945
2	12	735	830
3	12	725	730
4	12	814	643
5	12	588	566
6	12	518	498
7	12	429	437
8	12	334	384
9	12	193	338
10	12	382	298
11	12	272	262
12	12	212	230
13	6	284	203

b) In base ai precedenti risultati viene definito il « tempo di sopravvivenza media » (median survival time: m.s.t.), come il tempo richiesto per l'inattivazione o l'uccisione della metà dei germi depositatisi inizialmente sulle capsule. Nell'esperimento precedente la sopravvivenza media era di giorni 5,5.

c) Per altri tipi di germi spruzzati e precisamente per il ceppo di streptococco alfa emolitico (29 B) e per quello di streptococco beta emolitico 330 (Gruppo A) i tempi di sopravvivenza media sono differenti; in generale si può dire che questo m.s.t. varia da 1 a 13 giorni per i tre ceppi impiegati, cominciando dal ceppo alfa emolitico (29 B) e terminando con il ceppo beta emolitico 330 (Gruppo A). Risulta da ciò che, in assenza di luce, gli streptococchi della « Cross-Infection » sono in grado di sopravvivere per lunghi periodi in ambienti interni.

Gli stessi ceppi adoperati negli esperimenti per la sopravvivenza al buio sono stati sottoposti all'azione di differenti qualità di luce naturale in ambiente confinato. Interessano specialmente le azioni della luce del giorno diffusa e della luce diretta solare.

Per quanto riguarda la luce diffusa le prove venivano effettuate in una stanza in cui il sole non batteva mai direttamente. Sopra un tavolo disposto nei pressi di una finestra chiusa con vetri ben puliti si esponeva una serie di capsule estratte dalla camera sperimentale per il tempo di 1 ora ed un'altra serie per il tempo di 2 ore tra le ore 11 e le 13. In seguito tutte queste piastre venivano riempite con agar-sangue, incubate a 37°, e poi sottoposte alla conta. Durante l'esposizione delle capsule venivano lette direttamente su un illuminometro ogni 15 minuti le intensità di illuminazione su piano orizzontale, oppure si eseguivano continue letture mediante l'uso di una cellula fotoelettrica collegata ad un potenziometro registratore, opportunamente tarato con un illuminometro. Nello stesso tempo venivano annotate le condizioni del cielo, raggruppandole secondo la seguente classificazione: a) cielo azzurro senza nuvole; b) cielo azzurro con poche nuvole; c) cielo con molte nuvole; d) cielo grigio coperto molto nuvoloso.

Analogo procedimento si seguiva nelle prove per la determinazione degli effetti della luce solare diretta. Le piastre venivano esposte per 5 minuti alla luce solare con la finestra a vetri chiusi, ed una volta al minuto si registrava l'aumento di temperatura entro le capsule, nonché l'intensità di illuminazione mediante il solito sistema di misurazione.

Anche per questa serie di esperienze si possono così sintetizzare i più importanti risultati:

a) Le prove sull'azione della luce diffusa attuate con un ceppo di streptococco a catena corta alfa emolitico fornirono dati presentanti un tasso di mortalità geometrico. Mentre lo stesso reperto si otteneva con il ceppo di streptococco beta emolitico del gruppo B, una sensibile differenza si otteneva nei riguardi dello streptococco a catena lunga del ceppo beta emolitico del gruppo A. La diversità della lunghezza media della catena porta inoltre al risultato che, mentre la luce del giorno distrugge in 45 minuti il 50% degli organismi del ceppo alfa emolitico, occorrono circa 200 minuti per ottenere il medesimo risultato col ceppo beta emolitico.

b) L'analisi dei risultati di 38 prove eseguite con lo streptococco 29 B alfa emolitico in presenza di luce del giorno e con varie condizioni di cielo ha mostrato che l'azione letale dipende da fattori sia qualitativi che quantitativi. Per rendersi conto di ciò conviene tener presente la tabella 2, che riassume i risultati corrispondentemente alle quattro distinte condizioni di cielo prima elencate. Per ogni condizione sono riportati i tempi di sopravvivenza media, le intensità medie di illuminazione in foot-candles ⁽¹⁾, ed in ultimo i valori del tempo di sopravvivenza media per foot-candle di illuminazione. Sono appunto questi valori che denotano chiaramente l'effetto delle differenze di qualità della luce diffusa diurna.

TABELLA 2.

Rapporti tra grado di nuvolosità ed illuminazione in funzione del grado di sopravvivenza del ceppo 29 B alfa emolitico.

	Cielo sereno senza nuvole	Cielo azzurro con poche nuvole	Cielo molto nuvoloso	Cielo grigio molto nuvoloso
N. di esperimenti	12	13	6	7
Sopravviv. media (minuti)	44,2 ± 2,6	48,3 ± 4,9	31,8 ± 4,0	48,3 ± 5,3
Illuminazione (foot-candles)	44 ± 3,7	54 ± 13,9	105 ± 9,4	95 ± 12,4
Tempo di sopravvivenza media per foot-candle (giorni)	1,3 ± 0,1	1,6 ± 0,1	2,4 ± 0,5	3,2 ± 0,3

Nella precedente tabella si riscontra che la massima efficacia della luce, considerata in relazione con l'intensità di illuminazione, viene raggiunta dal cielo azzurro sereno e decresce progressivamente con l'aumen-

⁽¹⁾ 1 foot-candle = 10,76 lux.

to della nuvolosità fino a diventare meno della metà per il cielo grigio molto nuvoloso. Come già supposero per primi DAWNES e BLUNT (1887), è molto probabile che questa maggiore azione sia da attribuirsi alla regione azzurra dello spettro visibile.

Nonostante queste differenze qualitative dovute alla composizione spettrale della luce diurna, la maggiore azione distruttiva globale è esercitata dal cielo nuvoloso, salvo che nelle giornate molto grigie, in quanto la perdita in qualità è compensata dalla accresciuta intensità di luce diffusa attribuibile al riflesso delle nuvole. Si nota anche che il cielo grigio è di eguale efficacia del cielo azzurro con poche nuvole.

c) L'azione della luce del giorno sui due ceppi 090 (gruppo B) e 330 (gruppo A) è stata pure studiata. Per il ceppo 090 si ha un comportamento simile a quello del ceppo 29 B precedentemente descritto, ossia il tasso di sopravvivenza media varia con la quantità e con la qualità della luce. La luce proveniente dal cielo grigio è sempre efficace, però la sopravvivenza media per l'intensità di illuminazione, riferita a tutte le condizioni di cielo, presenta un valore di $3,9 \pm 0,56$ giorni rispetto a $2,0 \pm 0,14$ giorni del ceppo 29 B.

Molto più resistente all'azione della luce diffusa appare invece il ceppo 330 (gruppo A), essendosi riscontrata una sopravvivenza media di $6,6 \pm 0,21$ giorni.

d) La luce solare attraverso il vetro si è dimostrata, come si prevedeva, molto più letale della luce del giorno; però l'azione della luce solare doveva intendersi efficace nel senso quantitativo. Infatti dagli esperimenti eseguiti sullo streptococco alfa emolitico 29 B, esposto alla luce solare diretta per la durata di 5 minuti, è risultato che i valori del tempo di sopravvivenza media per unità di illuminazione si accodavano ai valori più ridotti della serie dei cieli già contemplati.

Ciò può agevolmente giustificarsi con il fatto che la luce del cielo con qualsiasi grado di nuvolosità contiene una maggiore proporzione di luce azzurra che non la luce solare diretta. Nelle prove sullo streptococco 29 B si ebbe una sopravvivenza media per foot-candle di $4,1 \pm 0,5$ giorni.

3 - LINEE ORIENTATIVE DELLA RICERCA.

In base ai risultati sopra riportati sinteticamente, frutto di minuziose ed accurate esperienze, e confortati da studi di numerosi altri autori, sembra lecito affermare che la luce diffusa del giorno, dopo aver

attraversato i vetri delle finestre anche se doppi, è letale per i germi che si trovano disseminati o sedimentati in ambiente confinato, e che invece in assenza di luce o nelle zone d'ombra gli streptococchi patogeni sono in grado di sopravvivere per lunghi periodi, conservando praticamente per intero la loro virulenza.

Questa constatazione documenta l'assoluta necessità che negli ambienti confinati, ed in special modo negli ambienti ospedalieri riservati alla degenza, sia la luce solare diretta che la luce diffusa del giorno penetrino profondamente nell'ambiente, in modo da ostacolare continuamente, per quanto possibile, l'aerodiffusione degli streptococchi ed eventualmente di altri germi patogeni.

Agli effetti di una utilizzazione ai fini pratici, la considerazione più importante che si ricava dall'esame dei risultati delle prove anzidette è, in sintesi, che l'azione della luce viene esplicita complessivamente sia mediante la qualità spettrale che mediante l'intensità di illuminazione locale. In rapporto alle diverse condizioni del cielo essa è affidata prevalentemente o all'uno o all'altro di questi elementi. Per il cielo completamente o preponderantemente azzurro, per una data azione distruttiva indicata dal valore del tempo di sopravvivenza media, si ha infatti una relativamente bassa intensità di illuminazione, mentre per il cielo nuvoloso o grigio dovrà confidarsi maggiormente in una più forte illuminazione per ottenere una azione simile.

Nel caso in esame, trattandosi di ambienti le cui aperture esterne sono generalmente orientate a Sud o Sud-est, sembra opportuno non preoccuparsi eccessivamente delle condizioni di cielo sgombro totalmente o parzialmente, sia per l'affidamento che si fa sull'azione della luce azzurra, sia anche perchè per la maggior parte della giornata o si avrà una insolazione solare diretta o il cielo presenterà una luminosità più intensa. Alla latitudine di 42° N., ad esempio, verso la esposizione Sud il cielo azzurro presenta al solstizio d'inverno a mezzogiorno una luminosità di 2150 foot-lamberts pari a 23140 lux sul bianco, di fronte agli 8600 lux sul bianco presentati dal cielo moderatamente coperto con nuvole chiare nelle medesime condizioni di ora e stagione.

Sembra invece necessario soffermarsi sulle conseguenze dei cieli nuvolosi o grigi nei riguardi dell'azione letale sui germi, la quale in questi casi è strettamente legata alla intensità di illuminazione. Sotto questo aspetto i risultati della tabella 2 mostrano che per ottenere l'uccisione del 50% dei germi sedimentati occorrerebbe una durata di 48 minuti con una intensità di illuminazione di circa 1022 lux, e che bisognerebbe avere una maggiore illuminazione di 1130 lux con cielo nuvoloso chiaro qualora si volesse avere una durata minore di 32'.

Anche con questi elementi quantitativi, tuttavia, non appare agevole la trasposizione dei risultati ottenuti alla soluzione pratica della predeterminazione dell'intensità di illuminazione più opportuna nei punti interni dell'ambiente, data la molteplicità ed il carattere dei fattori variabili che entrano in campo. La continua produzione e disseminazione di germi da parte del malato, l'incertezza della sedimentazione in atmosfera con ricambio d'aria di 2 volte all'ora, il lavaggio e la disinfezione del pavimento e delle pareti, la percentuale di durata delle ore efficaci di illuminazione naturale rispetto alle 24 ore giornaliere, l'impossibilità di definire un conveniente tempo di sopravvivenza media valevole per tutte le categorie di germi, ecc., sono tutte cause condizionanti ogni eventuale valutazione, per le quali sarebbe molto difficile, se non impossibile, una determinazione esatta della loro influenza.

Non può assolutamente negarsi, per altro, che per una efficace azione distruttiva continuata nei riguardi dei germi disseminati nell'aria o sedimentati sui letti di degenza, sulle altre suppellettili, sul pavimento e sulle pareti di un ambiente confinato del tipo in esame, azione la cui necessità non viene messa in dubbio da alcuno (tranne evidentemente il caso che gli ambienti siano ad aria condizionata e sterilizzata), la luce naturale debba raggiungere nei punti situati in posizione più sfavorevole una intensità di illuminazione locale alquanto superiore alle cifre che ordinariamente si considerano sufficienti per gli ambienti comuni; in ogni caso dagli elementi quantitativi precedentemente citati sembra potersi dedurre che l'intensità di illuminazione per le ore utili giornaliere debba essere *dell'ordine di parecchie centinaia di lux*.

In linea definitiva, pertanto, negli ambienti ospedalieri, ed in specie in quelli di degenza, la predeterminazione dell'illuminazione naturale deve essere studiata e risolta in base ai criteri generali che assicurino le migliori condizioni ambientali dal punto di vista fisiologico (uniformità adeguata, assenza di effetti di abbagliamento, appropriata sufficienza della visione, normali rapporti di luci ed ombre, ecc.), ed in aggiunta dovrà essere condotta in modo da realizzare nei punti interessati la maggiore efficacia distruttiva sui germi nel maggior numero possibile di ore e con le condizioni più sfavorevoli del cielo.

Tenendo presente quanto precede, si ritiene opportuno per il proseguimento della ricerca di trattare ordinatamente i seguenti punti:

- studio delle varie condizioni di cielo;
- criteri di illuminazione naturale;
- proporzionamento dei vani di apertura nelle pareti esterne degli ambienti di degenza.

4 - STUDIO DELLE CONDIZIONI DI CIELO.

In un cielo completamente azzurro o con poche nuvole le condizioni di luminosità sulla superficie della semisfera celeste visibile da un determinato punto della terra variano di molto in corrispondenza alla posizione del sole, definita dalla altezza solare e dall'azimut. In genere si hanno i valori più alti nelle zone vicine al sole e lungo l'orizzonte, valori che vanno decrescendo a mano a mano che ci si sposta verso l'alto dalla parte opposta al sole. Tale disuniformità è stata chiaramente dimostrata da KIMBALL per mezzo di proiezioni stereografiche di metà

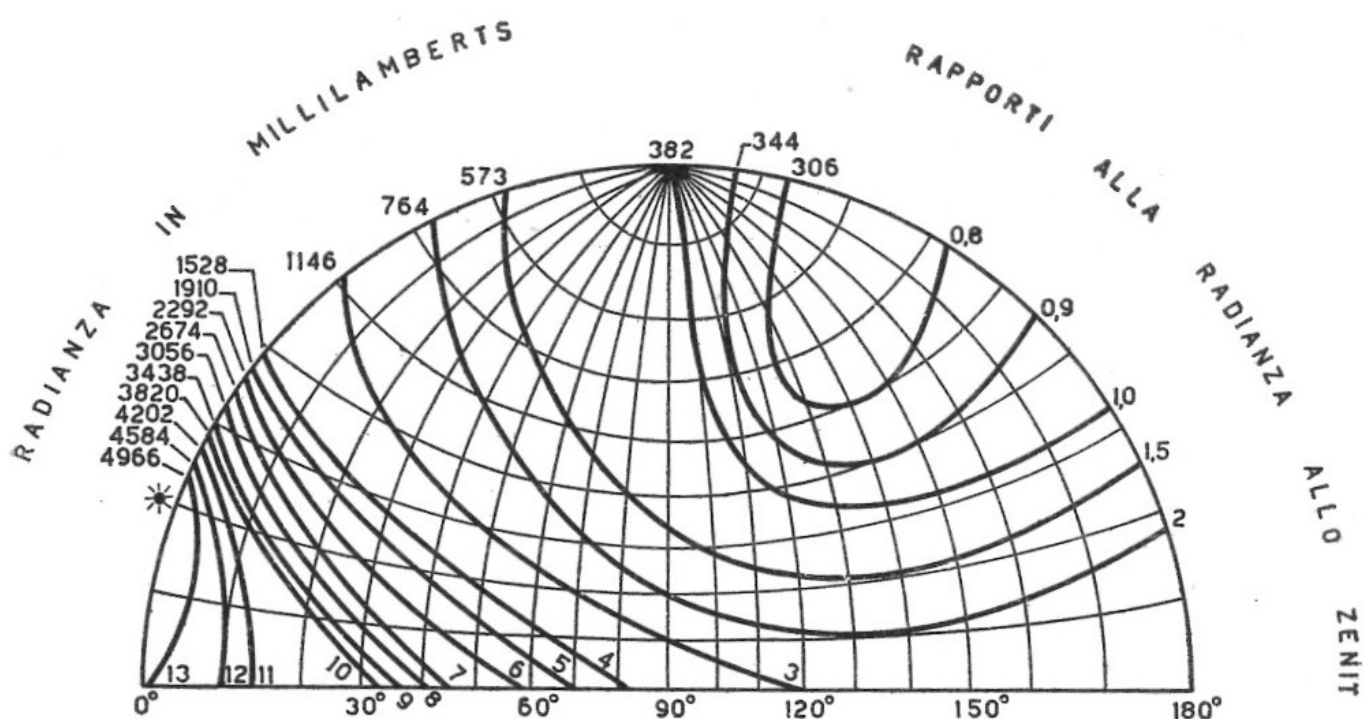


Fig. 1. - Rappresentazione stereografica di metà della volta celeste con le curve di eguale luminosità o radianza a cielo sgombro. Lat. 39°N, altezza solare 20°. (KIMBALL).

della semisfera celeste, determinata dal piano verticale passante per il punto considerato e per il sole. Nelle figg. 1, 2 vengono presentate due di queste proiezioni, nelle quali sono visibili le curve di eguale luminosità o radianza, espressa in millilambert e nei rapporti con il valore della radianza allo zenit. La prima proiezione si riferisce all'altezza solare di 20°, la seconda all'altezza solare di 40°, le misure relative sono state eseguite a Washington alla latitudine di circa 39° N. Tale disuniformità, caratteristica del cielo azzurro o quasi, tende a modificarsi notevolmente quando si considerano le condizioni di cielo completamente coperto da nuvole non scure (overcast day).

Dal diagramma in fig. 3, valevole per la stessa latitudine dei pre-

cedenti e per un'altezza solare di 40° , si rileva come la disuniformità di radianza nella semisfera celeste sia di molto attenuata. Anzitutto la distribuzione dei valori della radianza viene ad essere resa quasi indipendente dall'azimut; inoltre lo scarto tra il minimo ed il massimo va-

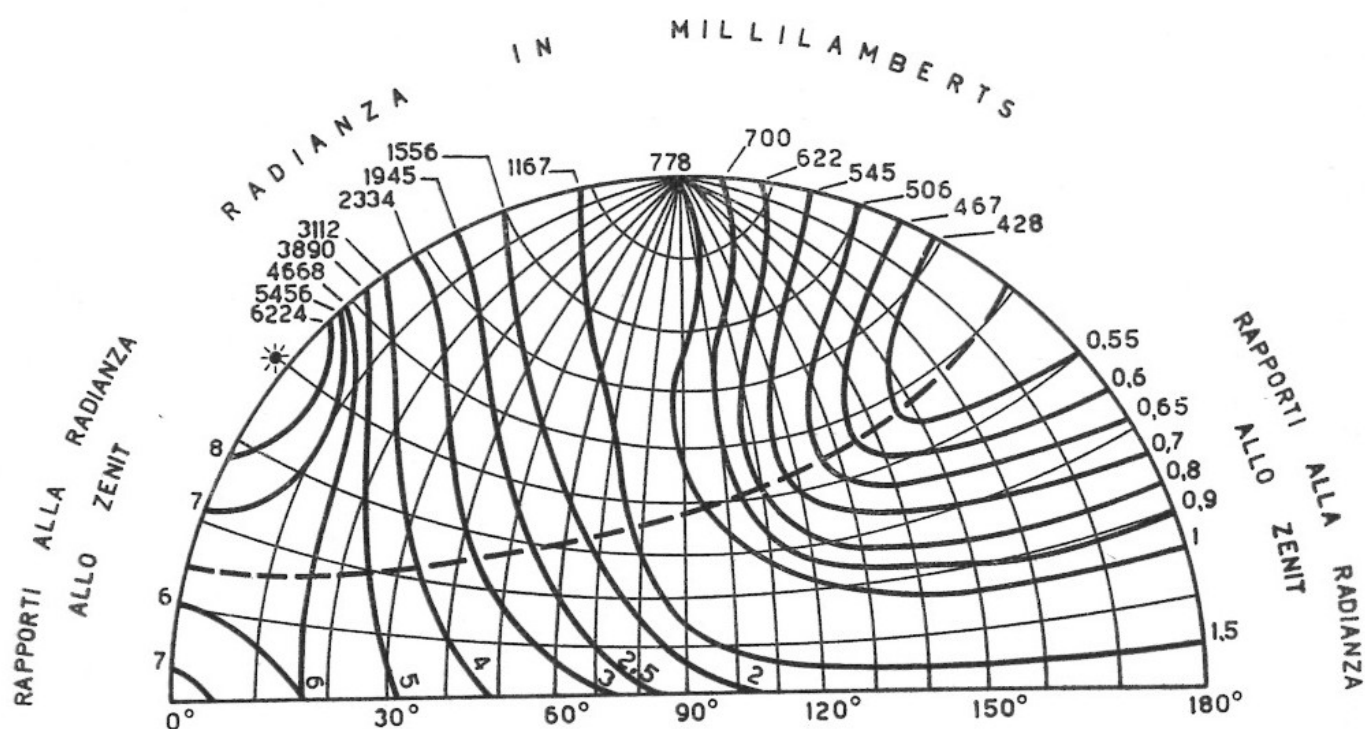


Fig. 2. - Rappresentazione stereografica di metà della volta celeste con le curve di eguale luminosità o radianza a cielo sgombro. Lat. 39°N , altezza solare 40° . (KIMBALL).

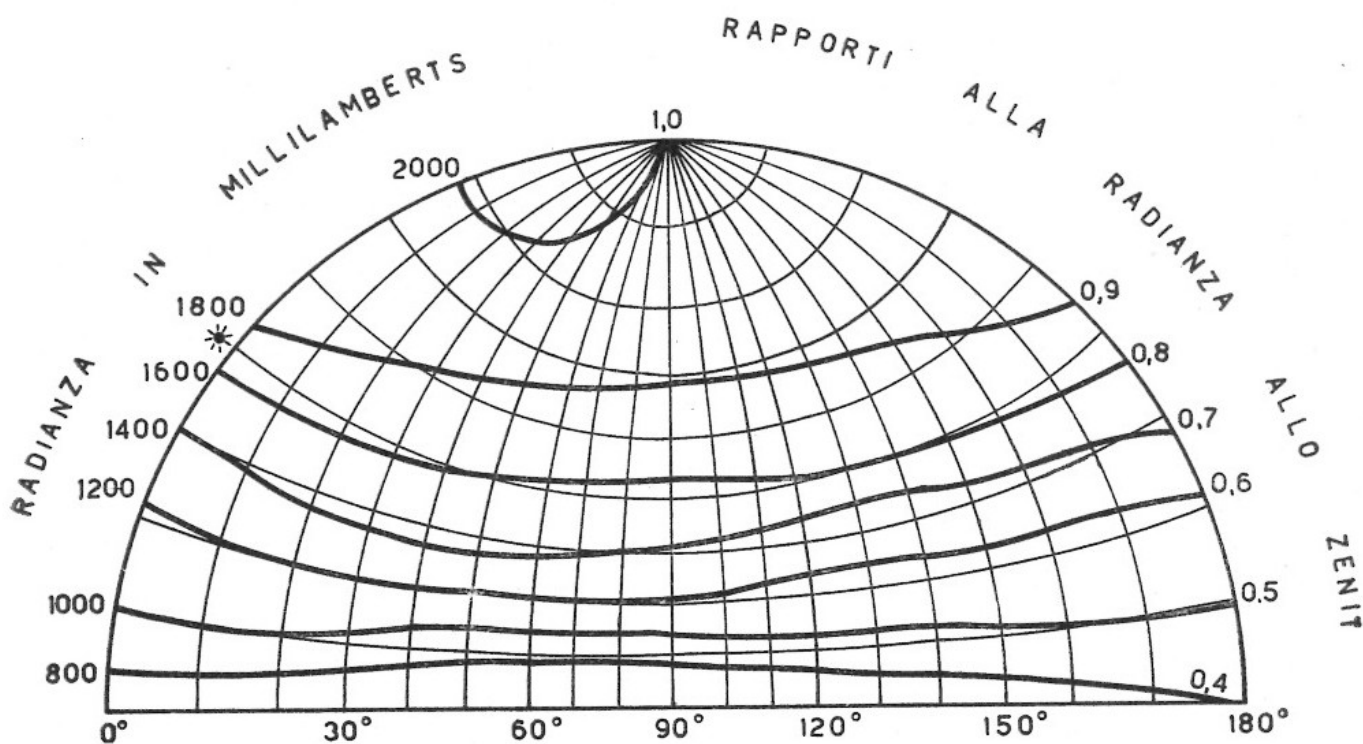


Fig. 3. - Rappresentazione stereografica di metà della volta celeste con le curve di eguale luminosità e radianza a cielo completamente coperto da nuvole. Lat. 39°N , altezza solare 40° . (KIMBALL).

lore della luminosità risulta molto meno esteso che nel caso di cielo sgombro da nuvole (0,4 ad 1 di fronte a 0,55 ad 8). Dall'esame, infine, di altri diagrammi riferiti a differenti valori delle altezze solari è agevole riconoscere che la distribuzione della luminosità può ritenersi indipendente anche dall'altezza solare entro determinati limiti. Viene giustificata quindi l'introduzione del concetto di « luminosità equivalente », corrispondente ad un valore medio capace di produrre su un piano oriz-

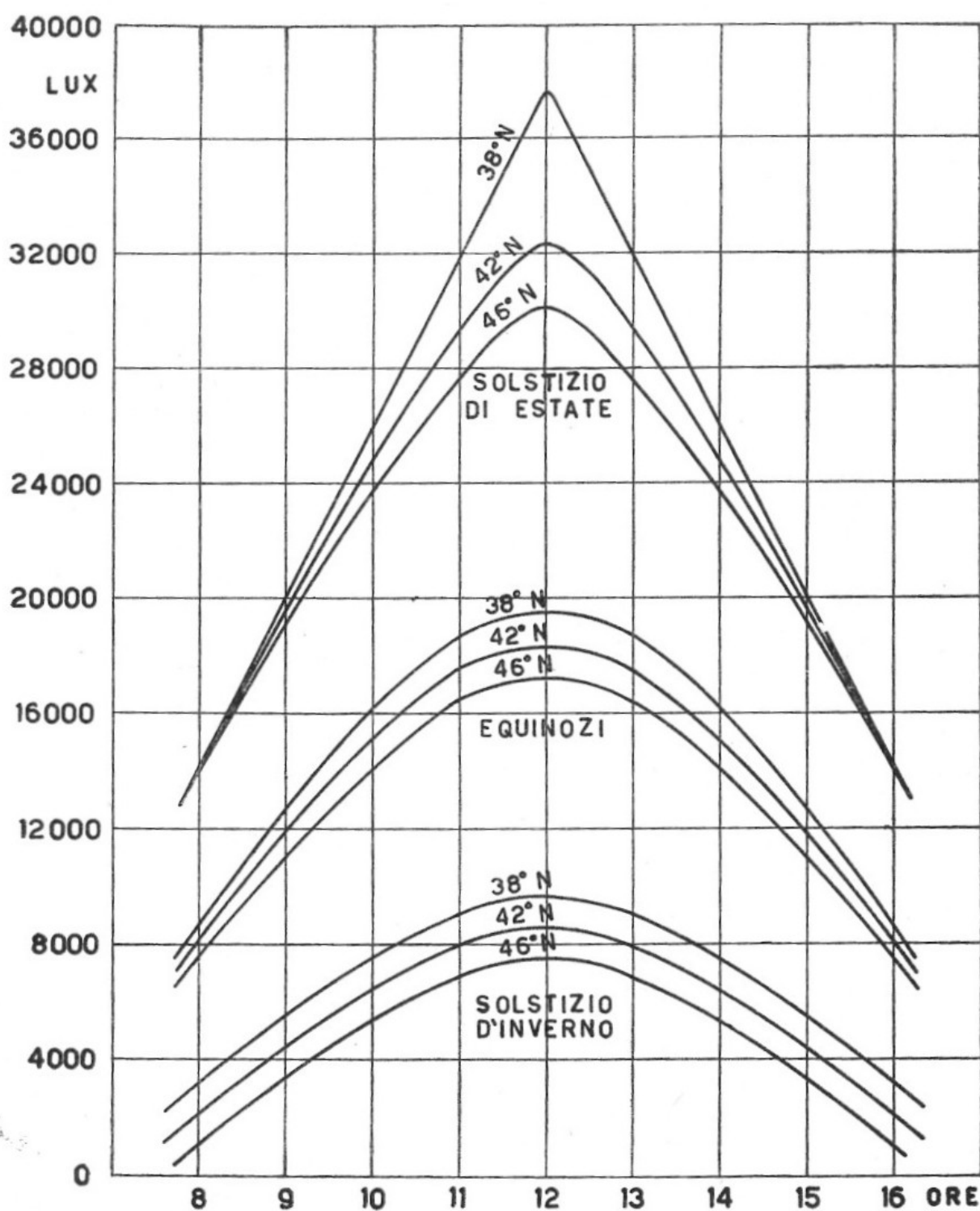


Fig. 4. - Andamento della luminosità del cielo coperto da nuvole secondo le stagioni e le ore del giorno, per alcune latitudini.

zontale dell'ambiente una data illuminazione come se il flusso luminoso provenisse da un cielo ad uniforme luminosità.

Nei riguardi della entità in senso assoluto la luminosità equivalente assume valori diversi a seconda della posizione del sole nella semisfera, la quale dipende direttamente dalla latitudine del luogo che si considera, dal giorno e dall'ora. Nella fig. 4 si presentano tre diagrammi che riproducono l'andamento della luminosità in lux apparenti per tre latitudini che interessano il territorio italiano, e cioè per 38° N (Palermo $38^{\circ}07'$), 42° N (Roma $41^{\circ}54'$), 46° N (Milano $45^{\circ}28'$), in funzione dell'ora del giorno e dei caratteristici periodi dell'anno, equinozi e solstizi. Questi diagrammi sono molto utili in quanto danno modo di stabilire la illuminazione diretta in un punto di un piano orizzontale di un ambiente, una volta che sia stato calcolato il coefficiente, dipendente da rapporti geometrici dell'ambiente, per il quale moltiplicare il valore della luminosità scelto nei diagrammi, come si vedrà meglio in seguito.

5 - CRITERI DI ILLUMINAZIONE NATURALE DEGLI AMBIENTI.

Per gli ambienti di abitazione e specialmente per i locali di lavoro e per le aule scolastiche sono stati continuamente proposti numerosi criteri riguardanti il problema della illuminazione naturale, basati principalmente su due ordini di idee: lo studio delle condizioni geometriche e la ricerca di definizioni fotometriche. Ovviamente alcuni metodi partecipano dell'uno o dell'altro, in quanto anche i concetti pratici geometrici derivano indirettamente da considerazioni generali fotometriche.

Sembra utile riassumere alcuni dei fondamentali criteri, in modo da poter utilizzare quelli che maggiormente si prestano ai particolari scopi della presente ricerca. Una prima regola molto conosciuta, in quanto di pronta ed efficace comprensione, è costituita dal razionale proporzionamento del vano della finestra rispetto all'area del pavimento. Come giustamente afferma SPATARO, è evidente l'incertezza di tale regola, in quanto occorrerà sempre sapere se la finestra è libera oppure ha ostacoli dinanzi a sè, su quale esposizione essa si apra ed a quale altezza dal suolo si trovi, ecc.; inoltre essa non è corredata di altri fattori geometrici intrinseci dell'ambiente. Pur tuttavia sono stati dati molti valori minimi o convenienti del rapporto area della finestra — superficie del pavimento.

Con una adeguata visione del cielo MOORMANN ha ritenuto buono il rapporto $1/7$ per le case di abitazione cittadine, mentre per un'aula scolastica ha assegnato il rapporto $1/5$; in tempi più moderni questo valore è stato elevato ad $1/4$. Recentemente per una esposizione libera di cielo,

alla latitudine di Roma, A. TIZZANO ha ammesso un'area vetrata della finestra pari al 15% della superficie del pavimento della stanza, con pareti e soffitti di colore chiaro, per gli ambienti di abitazione.

Nei riguardi delle sale di degenza le Istruzioni citate si pronunziano solamente nel caso delle camere per i malati contagiosi, per le quali viene fissato un rapporto non inferiore ad $1/5$; per altro, per gli ambienti di degenza normale si adoperano comunemente i valori da $1/4$ ad $1/7$, sempre che non vi siano edifici di controspetto.

Altri importanti criteri geometrici sono stati introdotti da vari autori, riferentisi specialmente al caso che la visuale sia interrotta da ostacoli frontistanti (fabbricati, alberature, ecc.). Possono citarsi tra essi: l'« angolo di apertura » di FÖRSTER, formato dai raggi visuali che, dipartentisi dal posto di lavoro e di studio prescelto in direzione della apertura esterna, risultano tangenti all'architrave della finestra ed alla linea di gronda dell'edificio frontista, per il quale si consiglia un valore minimo di 4° - 5° ; l'« angolo di inclinazione », determinato dalla bisettrice del precedente angolo di apertura e dalla orizzontale passante per il punto stabilito sul piano di riferimento, per il quale sono stati fissati dei valori minimi dai vari autori (28° da FLÜGGE, 30° da TRELAT), al fine di evitare che dei raggi troppo obliqui cadano sul piano di lavoro, di solito scelto a metri 0,85-1,00 dal pavimento dell'ambiente. Evidentemente i valori minimi suddetti dovranno essere considerati nei punti situati in condizioni più sfavorevoli dal punto di vista della intensità di illuminazione: nelle aule scolastiche, infatti, vengono scelti i punti estremi della più interna fila di banchi rispetto alle finestre. Sotto questo aspetto, i due elementi geometrici, apertura ed inclinazione, sono di efficace ausilio, in quanto ammettono il criterio di una minima illuminazione dei punti più interni del locale sulla base della veduta diretta di un settore della volta celeste e della variazione dell'illuminazione sul piano di riferimento a seconda della inclinazione dei raggi luminosi (legge di LAMBERT), oltre alla considerazione della possibilità di abbagliamento da parte di raggi poco inclinati ⁽¹⁾.

Nel quadro dei criteri geometrici possono anche essere ricordate le regole del NUSSBAUM e dell'UTZ. Il primo ha dedotto da molte determinazioni sperimentali che l'altezza della finestra non dovrebbe essere minore di metà della profondità della relativa stanza, con strade esterne abbastanza larghe. Il secondo è molto più restrittivo, in quanto ha pro-

(1) Il criterio dell'angolo di inclinazione, o meglio del suo valore minimo, deve necessariamente intendersi come rivolto ad elevare quanto più possibile l'architrave della finestra, ma non all'avvicinamento ulteriore del fabbricato frontista che sarebbe controproducente ai fini dell'entità del settore visibile.

posto che l'altezza della finestra sia eguale alla profondità dell'ambiente stesso. Indubbiamente questo rappresenta un massimo che difficilmente potrà essere raggiunto negli ambienti attuali, dei quali si tende invece a diminuire l'altezza sotto la spinta delle considerazioni economiche. Comunque, la regola di NUSSBAUM può mettersi in buona relazione con le precedenti norme di FÖRSTER e di FLÜGGE, ove si consideri non la profondità effettiva dell'ambiente ma quella del punto prescelto. Nello schema della fig. 5, costruito secondo i valori minimi indicati da questi

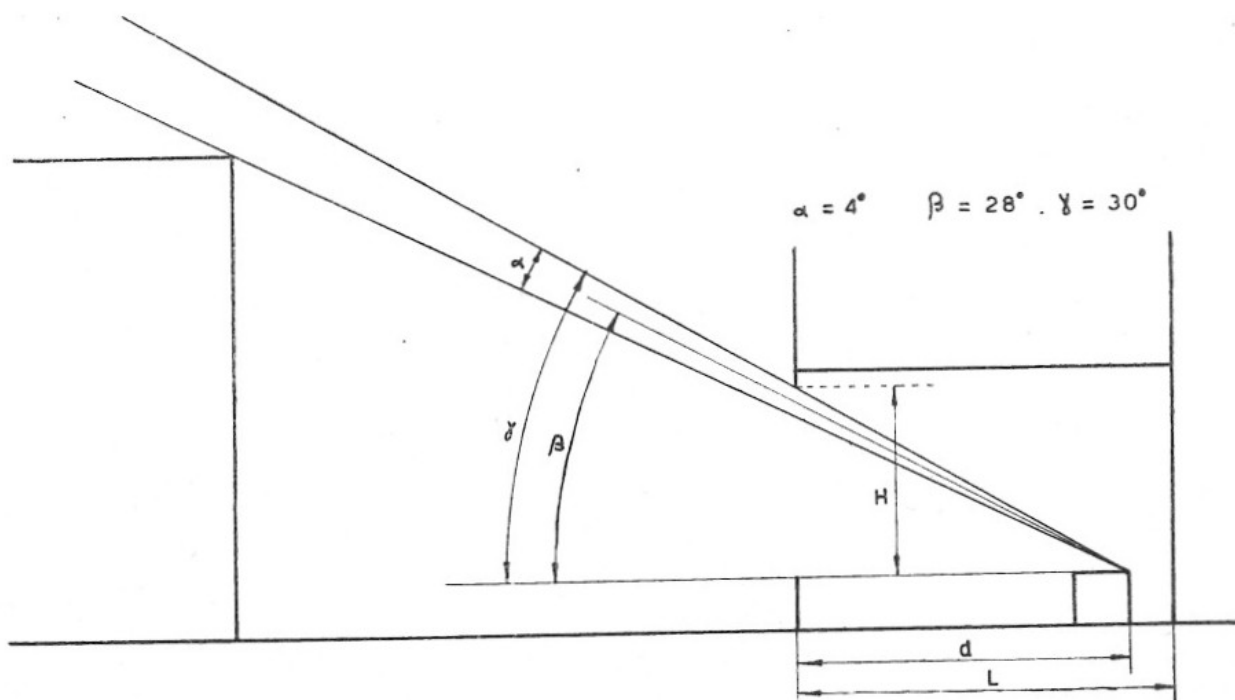


Fig. 5. - Elementi geometrici per il giudizio sulla illuminazione di un punto interno dell'ambiente.

autori, si è considerato, ad esempio, un punto sul piano di riferimento sito a m. 1,00 dal pavimento e ad una distanza d dal piano della finestra in un ambiente avente la profondità L ; l'angolo di elevazione γ risulta di 30° , mentre l'altezza della finestra (precisamente l'altezza dell'architrave sul piano di lavoro o di studio, il più delle volte per altro coincidente con l'altezza effettiva della finestra) è indicata con H . Si ha pertanto $H = d \text{ tang. } 30^\circ = d \times 0,577$; per cui $H > 1/2 d$.

Anche i criteri geometrici sopraccennati vengono tenuti implicitamente in conto dalle disposizioni per le sale di degenza, là dove si prescrive che gli infissi delle finestre, capaci di regolare le condizioni termiche e la penetrazione dei raggi solari, debbano spingersi molto vicino al soffitto, e quando si fissa la misura massima della profondità delle camere (m. 6,00) in rapporto al valore minimo dell'altezza dal

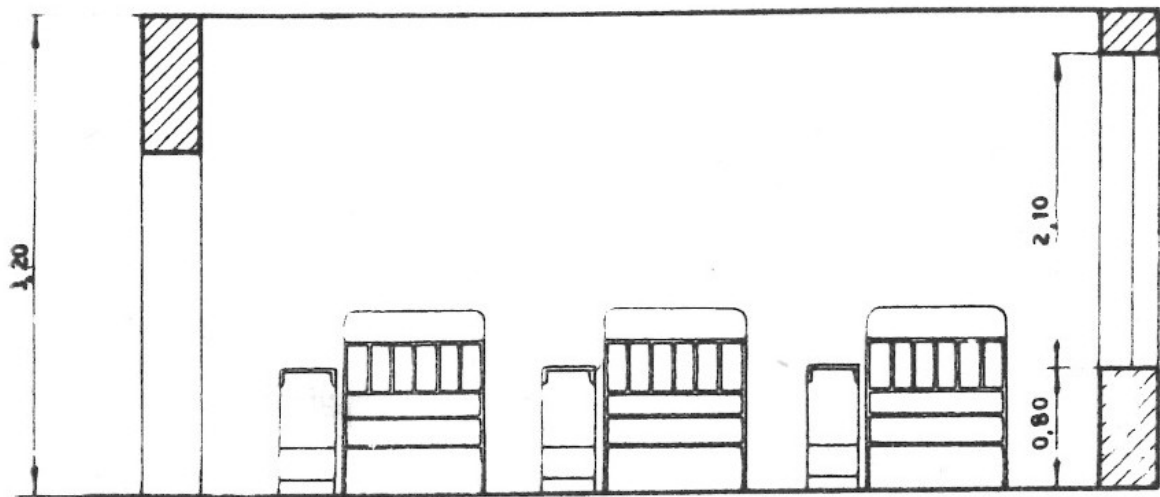
pavimento al soffitto (m. 3,20). In merito a questa ultima disposizione si deve rilevare che il valore della profondità in metri 6,00 è, a stretto rigore, da considerarsi eccessivo sulla base dei criteri geometrici descritti. Se si assume la più conveniente sistemazione dei letti in una camera profonda m. 6,00 con i comodini situati dalla parte interna per avvicinare il più possibile le file di letti alla parete finestrata, sfruttando così nella miglior maniera il flusso luminoso entrante, si può ottenere in linea generale lo schema rappresentato in fig. 6. Dall'esame di questo elaborato si rileva che si è cercato di raggiungere la sistemazione più favorevole per l'utilizzazione della luce diffusa, prevedendo una distanza di m. 0,95 dal letto più interno alla parete interna e distanze minime per gli altri letti. Inoltre, in analogia con i sistemi adoperati per le aule scolastiche, si conviene di considerare il lato estremo del letto più interno.

Malgrado queste concessioni, si osserva che si hanno dei valori dell'angolo di elevazione inferiori a quelli derivabili dalle regole enunciate; infatti nel caso in questione l'angolo di elevazione γ sarebbe dato

$$\text{da: } \operatorname{tang} \gamma = \frac{H}{d} = \frac{2,10}{5,05} = 0,416, \text{ per cui } \gamma = 22^{\circ}35'.$$

Tenendo presente il criterio che l'altezza della finestra non debba essere inferiore alla metà della profondità del punto in esame rispetto alla parete esterna, si dovrebbe avere invece un angolo $\gamma = 26^{\circ}30'$ corrispondente al valore limite $\operatorname{tang} \gamma = 0,50$. Con questa regola si è meno restrittivi che con l'applicazione dei criteri di FLÜGGE; con una altezza del piano di m. 3,20 si avrebbe infatti una profondità effettiva della stanza di $4,20 + 0,95 = 5,15$, mentre con la considerazione dell'angolo $\gamma = 30^{\circ}$ si sarebbe avuta una profondità di $3,63 + 0,95 = 4,58$. Resta comunque evidente che le stesse prescrizioni delle norme sono abbastanza larghe nei rispetti del proporzionamento delle dimensioni della sala di degenza, ai fini del raggiungimento di una adeguata intensità di illuminazione dei letti più interni. Se si vuole ricavare pertanto l'altezza ottima da assegnare ad una sala di degenza con profondità di m. 6,00 secondo il criterio meno restrittivo ($\gamma = 26^{\circ}30'$) si può con agevole computo porre: $H_{\text{tot}} = 0,30 + 0,80 + 2,52 = 3,62$ m. Tale altezza potrebbe eventualmente essere diminuita qualora si adottassero finestre estese fino al soffitto, poichè le condizioni in tal caso migliorerebbero di molto in funzione sia dell'aumento dell'angolo di elevazione, sia della maggiore quantità di luce riflessa dal soffitto.

E' da osservare che tutte le precedenti considerazioni si riferiscono in genere a situazioni determinate da elementi posti su un piano verti-



0 0.5 1

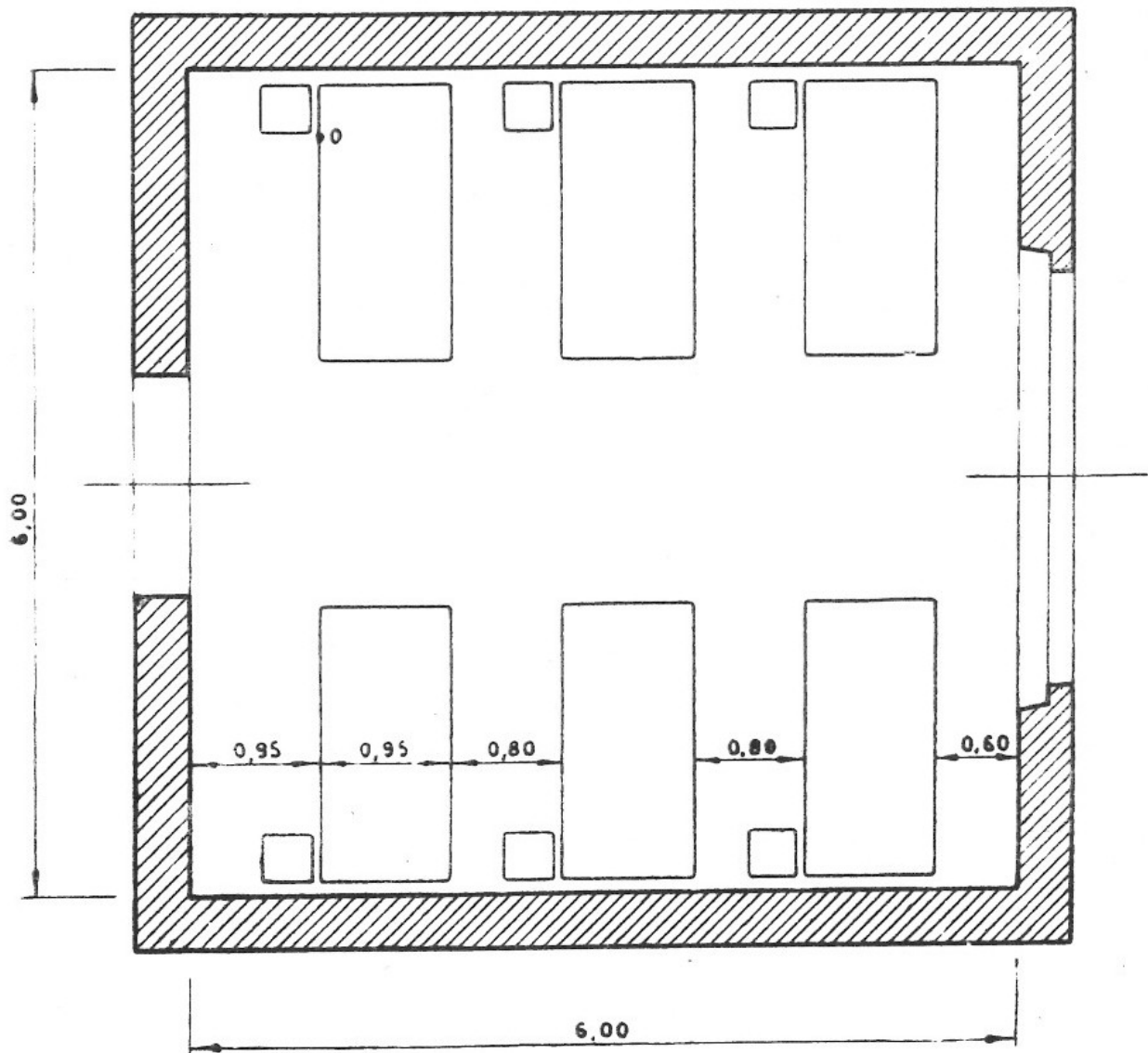


Fig. 6. - Pianta e sezione di una tipica stanza di degenza a 6 letti, con dimensioni minime.

cale in genere mediano; non tengono conto infatti della maggiore o minore estensione in larghezza delle aperture sulla parete esterna dell'ambiente, non fornendo così una definitiva assicurazione sull'entità della illuminazione del punto preso in esame, ordinariamente presso i due angoli interni della stanza. Tale concetto è invece il fondamento del ben noto metodo di WEBER per la misurazione dell'«angolo spaziale», corrispondente alla porzione di volta celeste visibile da un dato punto interno dell'ambiente attraverso un contorno costituito dalle linee perimetrali della apertura stessa e dagli ostacoli eventualmente antistanti. Detta porzione può essere stimata in «gradi quadrati» sull'apposito misuratore ideato dal WEBER (stereogoniometro), il quale permette di ottenere direttamente attraverso un'apposita lente su un foglio opportunamente quadrettato il valore dell'angolo spaziale come numero Ω di gradi quadrati contenuti nel contorno proiettato. Secondo COHN ogni posto di lavoro dovrebbe ricevere illuminazione da una superficie non inferiore a 50 gradi quadrati se la luce vi cade normalmente, o a $\frac{50}{\text{sen } \beta}$ se la luce vi arriva con un angolo di inclinazione pari a β .

Il metodo di WEBER ha avuto un grande significato per la originalità della sua concezione fotometrica, che prelude alle moderne valutazioni basate prevalentemente sull'effetto delle superfici celesti illuminanti sul piano orizzontale dell'ambiente, regolato dalla estensione e dalla forma dell'apertura, dalla posizione di questa sulla parete esterna, dalla qualità e dallo stato dei vetri e delle pareti e del soffitto, dalle proporzioni dell'ambiente, ecc.

In considerazione della diversa influenza che esercita separatamente ciascuno dei predetti fattori sull'illuminazione in ogni punto di un piano di riferimento e della variabilità delle condizioni della volta luminosa, gli attuali criteri si ispirano prevalentemente alla determinazione di convenienti rapporti di relatività tra la effettiva illuminazione su un piano orizzontale di lavoro all'interno dell'ambiente e quella su una superficie esterna liberamente esposta alla radiazione della semisfera celeste di uniforme brillantezza.

Appartengono a questa categoria le valutazioni per mezzo del «coefficiente di illuminazione diurna» e del «fattore di cielo». Il primo viene inteso come il rapporto tra l'illuminazione di un punto interno all'altezza del piano di lavoro e l'illuminazione di una superficie esterna orizzontale esposta alla libera radiazione della volta celeste; detto coeffi-

ciente δ (daylight factor, facteur de jour, ecc.) è composto da un coefficiente di illuminazione diretta (δ_d) e da un coefficiente di illuminazione riflessa (δ_r). La formulazione del fattore di cielo (skylight factor, facteur de ciel, ecc.) si può ottenere considerando un punto O di osservazione su un piano orizzontale di lavoro e tracciando il cono di vertice O appoggiantesi sul contorno apparente della porzione di volta celeste visibile da O attraverso l'apertura della finestra; se si immagina una semisfera di raggio unitario avente centro in O si avrà il fattore di cielo δ^H nel rapporto tra la proiezione orizzontale della superficie intercettata dal cono sulla semisfera e la proiezione della semisfera stessa sul piano di osservazione. Detto fattore di cielo è in diretta relazione con il coefficiente di illuminazione diretta (δ_d) attraverso un parametro che tiene conto della forma degli infissi, del tipo del vetro, dello stato di manutenzione della finestra, ecc. e che si denomina comunemente « efficienza della finestra » (η), in modo da avere $\delta_d = \eta \delta^H$. In entrambi viene escluso il contributo della luce riflessa dalle pareti e dal soffitto dello ambiente; questo fatto li ricollega evidentemente al concetto di irradiazione diretta sul punto in esame sviluppato dal metodo di WEBER.

La determinazione del coefficiente di illuminazione diurna è abbastanza semplice, specialmente se ad esso si sostituisce il cosiddetto « coefficiente di davanzale » (sill ratio), che è il rapporto tra l'illuminazione in un punto interno dell'ambiente e l'illuminazione di una superficie esterna orizzontale all'altezza del davanzale della finestra e quindi esposta alla radiazione di metà della semisfera celeste; i valori che si assegnano ai predetti coefficienti per garantire le sufficienti condizioni di illuminazione nei punti degli ambienti più sfavorevolmente situati sono però parecchio discordanti. Il PERI ⁽¹⁾ riferisce la proposta di assumere come misura di un illuminamento insufficiente un coefficiente di luce diurna pari al 0,2%; poichè il valore medio dell'illuminazione prodotta dalla volta celeste con condizioni di cielo moderatamente coperto (escluso il contributo dei raggi solari) viene attualmente stimato in 5000 lux, corrispondente ad una brillantezza uniforme del cielo di 0,16 stilb, si deduce che verrebbe tollerata un'illuminazione del punto più oscuro di 10 lux. Si può subito osservare che questo valore minimo non viene approvato da tutti; infatti vengono generalmente proposti nelle varie nazioni valori

⁽¹⁾ G. PERI: « Illuminazione moderna ». - Hoepli 1950, pagg. 427-428.

superiori e talvolta notevolmente. Gli Standard minimi di illuminazione diurna per le abitazioni in Inghilterra sono presentati nella tabella 3.

TABELLA 3.

Standard minimi del coefficiente di luce diurna per le abitazioni in Inghilterra.

Locali	Dimensioni	Coefficiente di illuminazione diurna ‰	Penetrazione	Area di illuminazione diurna
Cucina	fino a 9 mq.	2	1,8 m.	4,5 mq.
	9-11 mq.	2	2,1 m.	5,4 mq.
Camere di soggiorno	fino a 14 mq.	2	2,4 m.	7,4 mq.
	14-18 mq.	1	3,0 m.	9,3 mq.
Camere da letto	fino a 10 mq.	0,5	2,4 m.	5,5 mq.
	10-14 mq.	0,5	3,0 m.	8,4 mq.
	14-18 mq.	0,5	3,6 m.	11,0 mq.

I coefficienti di luce diurna raccomandati in Germania variano con la natura del lavoro sulla base di una illuminazione minima esterna di 3000 lux (Tabella 4).

TABELLA 4.

Coefficienti di illuminazione diurna raccomandati in Germania (Din. 5034)

Natura del lavoro	Illuminazione raccomandata (lux)	Coefficiente di illuminazione diurna ‰
grossolano	40	1,33
medio	80	2,66
fine	150	5,00
molto fine	300	10,00

Nei riguardi delle scuole in Inghilterra si auspica che le aule scolastiche abbiano un coefficiente di illuminazione diurna di almeno 2% ed anche 5%. Si comprende che è abbastanza difficile oltre che dispendioso potere realizzare in una costruzione valori minimi pari al 5%. Tuttavia

in molte nuove scuole in Inghilterra, in Francia, negli Stati Uniti questi valori sono stati anche superati: le aule della scuola « de plein air » di Suresnes, interamente vetrate su tre lati, raggiungono un fattore pari all'8%.

Degne di nota a tal riguardo sono le ricerche del Fournol sulla illuminazione delle aule scolastiche ⁽¹⁾, delle quali sono stati studiati quattro tipi Standard con fattori di illuminazione diurna differenti a seconda dei dispositivi tecnici adottati (Tabella 5).

TABELLA 5.

Standard di illuminazione naturale delle aule scolastiche.

Standard	Coefficiente di illuminazione diurna per il posto più sfavorevole	Livello di illuminazione esterna al quale è necessaria l'illuminazione artificiale, in lux
A (Parete esterna vetrata e finestra superiore sull'altra parete)	0,04	2.500
B (Finestre equidistanti sulla parete esterna e lunga finestra superiore sulla parete interna)	0,02	5.000
C (Serie di finestre sulla parete esterna)	0,01	10.000
D (Finestre molto distanziate sulla parete esterna)	0,005	20.000

Con l'introduzione del coefficiente di illuminazione diurna si è inteso affermare un criterio di valutazione poggiato su una impressione di confronto per la sensibilità dell'occhio; i valori assoluti dipenderanno per altro dalla valutazione delle diverse possibilità fotometriche della superficie della volta celeste. E' da pensare a questo proposito che il coefficiente di illuminazione diurna deve essere ricavato mediante determinazioni sperimentali a costruzione eseguita. Nella presente ricerca invece interessa particolarmente la predeterminazione delle minime condizioni di illuminazione in un punto interno dell'ambiente, in modo da poter preventivamente stimare, con l'ausilio degli elementi geometrici del progetto, la sufficienza della illuminazione prevista, oppure propor-

⁽¹⁾ A. FOURNOL: « Etude de l'éclairage des écoles ». - Cahiers du Centre Scientifique et Technique du bâtiment, 83, 1950.

zionare opportunamente gli elementi tecnico-igienici per ottenere un dato livello di illuminazione che serva come mezzo inattivatore dei germi disseminati nell'aria o sedimentati nell'intorno del letto dell'ammalato.

Comunque, per stimare i valori minimi dell'intensità di illuminazione, quando si conosca il coefficiente di illuminazione diurna o quando si sia apprezzata l'influenza dei vari fattori geometrici e qualitativi dell'ambiente su un punto del piano di riferimento, occorrerà sempre aver fissato i valori minimi della brillantezza o della luminosità della sfera celeste. A questo proposito si hanno delle cifre alquanto differenti tra loro ed è da ritenere che detta diversità dipenda dalle incertezze sulla scelta di un valore ammissibile in rapporto alla corrispondente durata sulla base di quanto si riscontra nel diagramma della fig. 4. La Commissione internazionale di illuminazione ha proposto una brillantezza standard di cielo moderatamente coperto di 159 candele/piede² equivalente a circa 5370 lux sul bianco ⁽¹⁾; negli Stati Uniti si è proposto di portare tale valore a 217,1 candele/piede² equivalente a circa 7330 lux sul bianco. Alquanto vicino al primo è il valore in unità metriche con il quale ordinariamente viene espressa la brillantezza nelle regioni latine e cioè 0,16 stilb (candele/cm²) equivalente a circa 5000 lux sul bianco. Occorre considerare però che per la maggiore sicurezza nei riguardi dell'efficacia del potere battericida della luce dovranno prevedersi, sia pure per una durata minore, delle entità alquanto inferiori per le condizioni di cielo completamente coperto, dell'ordine delle 3000 candelemetro Hefner già adottate dagli igienisti tedeschi. In verità anche Ives in tempi più recenti ha impiegato per le sue calcolazioni sulla illuminazione dei vari punti di un ambiente una luminosità di 315 foot-lamberts pari a circa 3390 lux sul bianco od a 0,108 stilb.

Ancora più recentemente A. TIZZANO in un pregevole studio sulle relazioni tra coefficiente di luce diurna ed angolo spaziale di WEBER ⁽²⁾, ha contemplato un valore della luminosità di cielo di 3000 lux apparenti. Pertanto, allo scopo di mettere le previsioni su un piano di sicurezza pur mantenendosi entro i limiti di una ragionevole probabilità, si è creduto opportuno ribadire il criterio del minimo valore della luminosità di 3000 lux sul bianco o, se occorre, della brillantezza di 0,096 stilb.

⁽¹⁾ Una relazione di equivalenza tra splendore e luminosità è possibile nel caso di una superficie perfettamente diffondente, che presenta un costante valore dello splendore B in ogni direzione. Cfr. BOAST: *Illumination Engineering*, 1942, pag. 74.

⁽²⁾ A. TIZZANO: « Luce ed illuminazione degli ambienti - Sul coefficiente di luce diurna ». - *Notiziario dell'Amministrazione Sanitaria*, maggio-agosto 1947.

6 - PREDETERMINAZIONE DELLA INTENSITÀ DI ILLUMINAZIONE.

Una volta conosciute le risultanze delle ricerche sulle più sfavorevoli condizioni di cielo in rapporto alla eventualità di minima luminosità, la predeterminazione della intensità di illuminazione nel punto più interno di una sala di degenza può derivare da considerazioni geometrico-fotometriche, le quali vengono poi integrate per mezzo di fattori tecnici per tener conto delle riflessioni mutue, della qualità e dello stato dei vetri, del disegno strutturale dell'infisso, ecc. In sintesi, si tratta di ricavare l'effetto illuminante prodotto in un punto dell'ambiente dal settore di volta celeste visibile da quel punto stesso, valutazione questa suscettibile di agevoli calcolazioni; bisognerà poi aumentare questo valore espresso in lux, unità fotometrica ordinariamente usata in Italia, in base alla riflessione delle pareti e del soffitto e diminuirlo in base all'assorbimento del vetro ed alla struttura dell'infisso.

Prima però di estendere ulteriormente l'indagine occorre chiarire su quale punto convenga porre l'attenzione, come quello che appare in posizione più sfavorevole per molti lati. Il requisito richiesto dalle norme ufficiali per le sale di degenza è che « dal punto di massima profondità sia visibile un adeguato settore della volta celeste ». L'espressione « di massima profondità » lascia alquanto perplessi se si voglia intendere, a somiglianza delle aule scolastiche, la zona estrema del letto più interno oppure, in senso letterale, un punto sulla parete interna dell'ambiente. Si propende per la prima ipotesi, in quanto sembra sufficiente nel caso in esame considerare come più pericolosa la zona di testata del letto più interno, soggetta più che la parete alla diffusione soprastante ed alla successiva sedimentazione di microrganismi emessi continuamente dall'ammalato. E' implicito in questa scelta che l'altezza del punto resta fissata a circa m. 0,80 dal pavimento; non si ritiene che sia conveniente scegliere un punto sul pavimento sia perchè questo ha la possibilità di venire sottoposto a frequenti lavaggi e disinfezioni, sia perchè godrà teoricamente della visione di un maggiore settore della volta celeste e quindi si entrerà nel campo di una maggiore sicurezza.

Per quanto riguarda infine la posizione esatta del punto nei riguardi del letto e della apertura esterna valgono le usuali considerazioni della distanza della testa dell'ammalato dalla parete trasversale (circa 50 cm.) e delle normali disposizioni a finestra centrale in asse con la porta nel caso di stanza a doppio ordine di letti od a finestra sita eccentricamente nella stanza a semplice ordine di letti.

La presenza di edifici antistanti può essere considerata, in quanto

anzitutto è utile che la trattazione assuma una veste più generale che comprende il caso della libera esposizione ed in secondo luogo occorre notare che, se la libera esposizione può in genere realizzarsi per la maggior parte dei locali di degenza, molto spesso si è costretti, specialmente quando la capacità complessiva dell'ospedale supera i 350 posti-letto, ad adottare per il blocco di ospedalizzazione una forma ramificata che prevede per alcune specialità l'utilizzazione di corpi di fabbrica retrostanti all'ala principale. Anche se questi corpi di fabbrica sono posti a distanza regolamentare o razionale dalla facciata di degenza, essi esercitano una

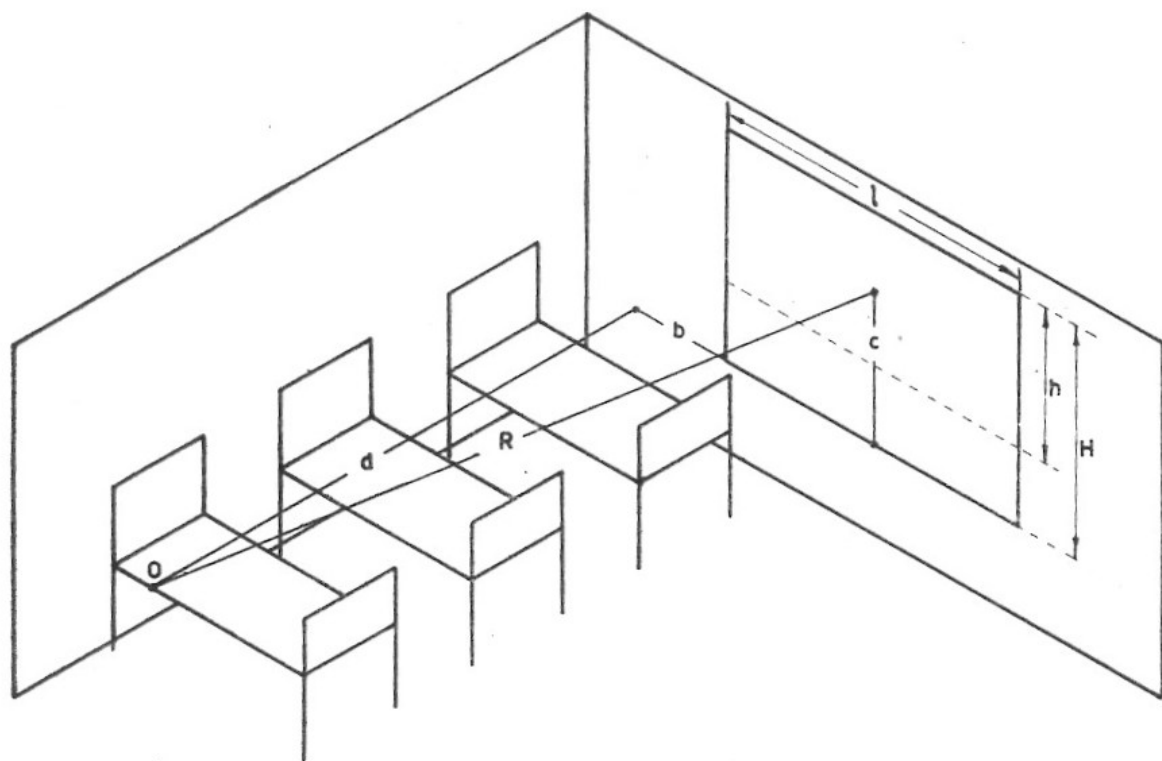


Fig. 7. - Elementi geometrici per il calcolo dell'intensità di illuminazione locale in una stanza di degenza a 6 letti.

grande influenza limitando comunque il settore di volta celeste visibile da un punto interno della stanza.

La calcolazione dell'intensità di illuminazione diretta può essere condotta con il metodo già esposto sotto varia forma dall'Utz per le vetrate inclinate, dal BONICELLI ed infine da PHELPS ⁽¹⁾ sotto una veste più moderna. Dallo schema in fig. 7 possono ricavarsi tutti gli elementi geometrici indispensabili al procedimento:

— Altezza della finestra H , ovvero la distanza dell'architrave dal piano di riferimento scelto a m. 0,80 dal pavimento, coincidente di solito con l'altezza effettiva della finestra.

⁽¹⁾ PHELPS: Public Health Engineering - Vol. 1. Wiley 1948, pagg. 457-459.

— Altezza h , intercettata sul piano del vetro della finestra dai raggi tangenti all'architrave ed all'ostacolo eventualmente frontistante e concentrantisi nel punto di osservazione prescelto O .

— Profondità d del punto di osservazione prescelto O rispetto al piano del vetro.

— Altezza c del baricentro della zona di finestra intercettata precedentemente descritta sul piano di riferimento.

— Distanza b del punto di osservazione O dal piano verticale passante per l'asse della finestra in posizione centrale.

— Distanza R del punto di osservazione O dal baricentro della zona di finestra intercettata. R assume il valore derivante dalla relazione

$$R = \sqrt{d^2 + b^2 + c^2}$$

— Larghezza l della finestra supposta in posizione centrale nella parete.

La zona di finestra libera da ostruzioni e visibile dal punto di osservazione in proiezione sul piano normale al raggio visuale, nel caso generico di giaciture orizzontali degli ostacoli frontistanti, può venire espressa da $l h \cos e$ dove $\cos e$ ha il valore $\frac{d}{R}$; cosicchè l'illuminazione in un piano normale al raggio R e distante 1 metro da questa proiezione risulta $B l h \frac{d}{R}$ essendo B la brillantezza della volta celeste supposta espressa nelle stesse unità di misura degli elementi geometrici.

Applicando successivamente le due leggi di LAMBERT, che l'illuminazione varia con l'inverso dei quadrati delle distanze dalla sorgente luminosa e con il coseno dell'angolo di incidenza dei raggi sul piano di riferimento ($\cos i = \frac{c}{R}$), si ottiene la formula finale

$$E = B \cdot l \cdot h \cdot \frac{1}{R^2} \cdot \frac{d}{R} \cdot \frac{c}{R} = B \cdot l \cdot h \cdot \frac{d c}{R^4} \quad (1)$$

L'espressione dell'intensità di illuminazione in un punto, così ottenuta, si può mettere in relazione con quella relativa alla teoria di WEBER ed espressa in funzione di Ω , che rappresenta il numero dei gradi quadrati della volta celeste visibili dallo stesso punto di osservazione, corrispondenti alla entità dell'« adeguato settore della volta celeste » richiesto dalle Istruzioni per le costruzioni ospedaliere.

La formula di WEBER per l'illuminazione di un posto di lavoro è la seguente:

$$E = R \cdot \Omega \cdot \sin \beta \cdot 0,00009696 \quad (2)$$

dove R è la luminosità in lux apparenti e β il valore dell'angolo di inclinazione medio complemento dell'angolo di incidenza i . Se ci si riferisce allo splendore B della volta celeste la formula diventa:

$$E = B \cdot \Omega \text{ sen } \beta \cdot 0,0003046$$

Dalla considerazione delle due espressioni della intensità di illuminazione in un punto si ricava una relazione che può servire di controllo per le varie calcolazioni e che dà l'angolo spaziale di WEBER in funzione degli elementi geometrici dell'ambiente:

$$\Omega = \frac{1}{0,0003046} \frac{lh d}{R^3} \quad (3)$$

Si è quindi in grado, almeno negli usuali casi che si presentano in pratica, di valutare il contributo della illuminazione diretta nel punto ritenuto in posizione più sfavorevole in valori assoluti, oppure in gradi quadrati Ω o in gradi quadrati ridotti ω .

7 - APPLICAZIONI AI CASI PRATICI E VERIFICHE SPERIMENTALI.

Dalla espressione (1) risulta che la quota di illuminazione diretta in un punto dell'ambiente, a parte le condizioni del cielo, dipende dall'area della finestra misurata sul piano del vetro e definita dal fascio visuale e da elementi geometrici dell'ambiente stesso. Questi elementi, ricavabili prontamente dagli elaborati grafici del progetto, non sono tutti indipendenti fra loro, in quanto la variabilità di uno ha influenza sull'entità di altri; ad es. la variazione di c e di d conduce a diversi valori di R , elemento determinante della formula (1). Per ricavare dei risultati significativi e di chiara evidenza, conviene pertanto riferirsi a casi pratici in modo da limitare la variabilità a pochi fattori indispensabili.

In questa ricerca si è convenuto di prendere come esempio la tipica stanza di degenza a 6 letti, maggiormente adottata in Italia, assegnando ad essa delle dimensioni variabili entro determinati limiti confacenti con gli usuali impieghi. Però, tenuto conto di quanto ultimamente detto, si è fissata la larghezza della stanza in corrispondenza alle condizioni di minimo valore del coefficiente mq./posto letto, e cioè in m. 6,00, quando la profondità è di m. 6,00. La costanza di questo fattore non influisce sfavorevolmente nell'applicazione ai casi pratici, in quanto ordinariamente non ci si discosta molto da questo valore di m. 6,00; del resto la previsione del punto più sfavorevole situato a m. 0,50 dalla parete non può essere

evidentemente categorica, essendo nelle stesse condizioni in realtà tutta una zona all'intorno di quel punto.

Quella di cui è da considerare maggiormente la variabilità è la profondità d , la quale influisce sia direttamente che attraverso i valori di R ; infatti molto spesso la dimensione dell'ambiente di degenza nel senso trasversale al corpo di fabbrica viene aumentata al di là del valore sufficiente all'accoglimento di file di tre letti, sia per ragioni varie, sia per la collocazione di un altro letto. La relazione tra i valori di d e le profondità effettive della camera viene stabilita dalla posizione del piano del vetro nello spessore del muro esterno e dalla posizione del letto più interno nei riguardi della parete interna del corridoio. Ad es., per uno sguancio di finestra di m. 0,30 ed una distanza del bordo del letto più interno dalla parete di m. 0,95, ad una profondità $d = 5,35$ corrisponde una dimensione effettiva di m. 6,00.

Un altro elemento che entra in gioco è l'altezza c del baricentro della « zona di finestra intercettata » sul piano di riferimento, legata non solo all'altezza h di detta zona, ma anche all'altezza della finestra H .

Si è orientata la ricerca, pertanto, nella compilazione di opportune tabelle per il suaccennato tipo di stanza, assegnando ad ogni elemento usuali valori corrispondenti ai casi reali, in modo da potere prontamente ed agevolmente trovare la entità del coefficiente $A = lh \frac{dc}{R^4}$ per il quale moltiplicare la brillantezza valutata al momento o quella minima per ottenere rispettivamente l'intensità di illuminazione diretta assoluta o minima. Ci si può subito rendere conto che l'elemento per il quale conviene effettuare innanzi tutto una discriminazione è la distanza d dal piano del vetro del punto situato più sfavorevolmente supposto a metri 0,95 dalla parete interna. Le tabelle I - VI si estendono precisamente dal valore 5,05 (caso limite della finestra a filo muro e profondità effettiva della stanza m. 6,00 con altezza minima di m. 3,20) al valore 5,80 corrispondente nel detto caso limite ad una profondità effettiva della stanza di m. 6,75, ma che nei casi normali può riferirsi a valori della profondità effettiva di m. 6,45.

In sintesi, si sono previsti i seguenti valori per gli elementi elencati precedentemente, cui è da aggiungere l'altezza H della finestra :

— Altezza della finestra H , ovverosia la distanza dell'architrave dal piano di riferimento scelto a m. 0,80 dal pavimento, coincidente di solito con l'altezza effettiva della finestra. H (m) = 2,10 — 2,40 — 2,70 — 3,00 — 3,30, corrispondenti alle altezze del piano di m. 3,20 — 3,50 — 3,80 — 4,10 — 4,40.

VALORI DEL COEFFICIENTE « A » PER d= 3,05

h	H	c	hcd/R ⁴	1 =		
				1,60	1,90	2,20
0,30	2,10	1,95	0,002337	0,003740	0,004441	0,005142
	2,40	2,25	0,002516	0,004025	0,004780	0,005534
	2,70	2,55	0,002640	0,004225	0,005017	0,005809
	3,00	2,85	0,002716	0,004346	0,005160	0,005975
	3,30	3,15	0,002748	0,004397	0,005222	0,006046
0,60	2,10	1,80	0,004455	0,007127	0,008464	0,009800
	2,40	2,10	0,004866	0,007786	0,009246	0,010405
	2,70	2,40	0,005168	0,008269	0,009820	0,011370
	3,00	2,70	0,005368	0,008588	0,010198	0,011809
	3,30	3,00	0,005474	0,008758	0,010400	0,012403
0,90	2,10	1,65	0,006311	0,010098	0,011991	0,013884
	2,40	1,95	0,007012	0,011220	0,013324	0,015427
	2,70	2,25	0,007547	0,012075	0,014339	0,016603
	3,00	2,55	0,007921	0,012674	0,015051	0,017427
	3,30	2,85	0,008148	0,013037	0,015482	0,017926
1,20	2,10	1,50	0,007863	0,012580	0,014939	0,017298
	2,40	1,80	0,008909	0,014255	0,016928	0,019601
	2,70	2,10	0,009732	0,015572	0,018491	0,021411
	3,00	2,40	0,010396	0,016538	0,019639	0,022740
	3,30	2,70	0,010735	0,017176	0,020397	0,023618
1,50	2,10	1,35	0,009074	0,014518	0,017241	0,019963
	2,40	1,65	0,010518	0,016830	0,019985	0,023141
	2,70	1,95	0,011687	0,018700	0,022206	0,025712
	3,00	2,25	0,012578	0,020125	0,023899	0,027672
	3,30	2,55	0,013202	0,021124	0,025085	0,029045
1,80	2,10	1,20	0,009902	0,015843	0,018813	0,021784
	2,40	1,50	0,011794	0,018871	0,022409	0,025947
	2,70	1,80	0,013364	0,021382	0,025392	0,029401
	3,00	2,10	0,014598	0,023358	0,027737	0,032117
	3,30	2,40	0,015505	0,024808	0,029459	0,034110
2,10	2,10	1,05	0,010319	0,016510	0,019605	0,022701
	2,40	1,35	0,012704	0,020326	0,024137	0,027948
	2,70	1,65	0,014726	0,023562	0,027979	0,032397
	3,00	1,95	0,016362	0,026180	0,031089	0,035997
	3,30	2,25	0,017610	0,028175	0,033458	0,038741
2,40	2,40	1,20	0,013202	0,021124	0,025084	0,029045
	2,70	1,50	0,015726	0,025161	0,029879	0,034596
	3,00	1,80	0,017819	0,028510	0,033856	0,039201
	3,30	2,10	0,019465	0,031143	0,036983	0,042822
	2,70	1,35	0,016333	0,026133	0,031033	0,035933
2,70	3,00	1,65	0,018934	0,030294	0,035974	0,041654
	3,30	1,95	0,021037	0,033660	0,039971	0,046282
	3,00	1,50	0,019657	0,031451	0,037348	0,043246
3,00	3,30	1,80	0,022273	0,035638	0,042320	0,049002
	3,30	1,65	0,023141	0,037026	0,043968	0,050910

TABELLA I.

1 =					
2,50	2,80	3,10	3,40	3,70	4,00
0,005844	0,006545	0,007246	0,007947	0,008649	0,009350
0,006289	0,007044	0,007798	0,008553	0,009308	0,010063
0,006601	0,007393	0,008185	0,008978	0,009770	0,010562
0,006790	0,007605	0,008420	0,009235	0,010049	0,010864
0,006871	0,007695	0,008520	0,009344	0,010169	0,010993
0,011137	0,012473	0,013809	0,015146	0,016482	0,017819
0,012165	0,013625	0,015085	0,016545	0,018005	0,019465
0,012921	0,014471	0,016022	0,017572	0,019122	0,020673
0,013419	0,015029	0,016640	0,018250	0,019860	0,021470
0,013685	0,015327	0,016969	0,018611	0,020254	0,021896
0,015778	0,017671	0,019565	0,021458	0,023351	0,025245
0,017531	0,019635	0,021739	0,023842	0,025946	0,028050
0,018867	0,021131	0,023396	0,025660	0,027924	0,030188
0,019804	0,022180	0,024556	0,026933	0,029309	0,031686
0,020371	0,022815	0,025260	0,027704	0,030148	0,032593
0,019657	0,022016	0,024375	0,026734	0,029092	0,031451
0,022273	0,024946	0,027619	0,030292	0,032965	0,035638
0,024331	0,027251	0,030170	0,033090	0,036010	0,038929
0,025841	0,028942	0,032043	0,035144	0,038245	0,041346
0,026838	0,030059	0,033279	0,036500	0,039720	0,042941
0,022685	0,025407	0,028130	0,030852	0,033574	0,036296
0,026297	0,029452	0,032608	0,035763	0,038919	0,042074
0,029219	0,032725	0,036231	0,039737	0,043244	0,046750
0,031446	0,035219	0,038993	0,042766	0,046540	0,050313
0,033006	0,036967	0,040928	0,044888	0,048849	0,052810
0,024754	0,027725	0,030695	0,033666	0,036636	0,039607
0,029486	0,033024	0,036562	0,040100	0,043639	0,047177
0,033410	0,037419	0,041429	0,045438	0,049447	0,053456
0,036496	0,040876	0,045255	0,049635	0,054014	0,058394
0,038762	0,043413	0,048065	0,052716	0,057368	0,062019
0,025796	0,028892	0,031988	0,035083	0,038179	0,041275
0,031759	0,035570	0,039381	0,043193	0,047004	0,050815
0,036815	0,041233	0,045651	0,050069	0,054486	0,058904
0,040906	0,045815	0,050723	0,055632	0,060541	0,065450
0,044024	0,049307	0,054590	0,059873	0,065155	0,070438
0,033006	0,036966	0,040927	0,044888	0,048848	0,052809
0,039314	0,044032	0,048750	0,053467	0,058185	0,062903
0,044547	0,049893	0,055238	0,060584	0,065930	0,071275
0,048662	0,054501	0,060340	0,066180	0,072019	0,077859
0,040833	0,045733	0,050633	0,055533	0,060433	0,065333
0,047334	0,053014	0,058694	0,064374	0,070054	0,075734
0,052594	0,058905	0,065216	0,071527	0,077838	0,084150
0,049143	0,055040	0,060937	0,066834	0,072731	0,078628
0,055684	0,062366	0,069048	0,075730	0,082412	0,089094
0,057852	0,064795	0,071737	0,078679	0,085622	0,092564

h	H	c	hcd/R ⁴	l =								
				1.60	1.90	2.20	2.50	2.80	3.10	3.40	3.70	4.00
0,30	2.40	2.25	0.002386	0.003818	0,004534	0.005250	0.005966	0.006682	0.007398	0.008114	0.008830	0.009546
	2.70	2.55	0.002512	0.004020	0,004774	0.005527	0.006281	0.007035	0.007789	0.008543	0.009296	0.010050
	3.00	2.85	0.002593	0.004148	0,004926	0.005704	0.006482	0.007260	0.008037	0.008815	0.009593	0.010371
	3.30	3.15	0.002632	0.004211	0,005000	0.005790	0.006580	0.007369	0.008159	0.008948	0.009738	0.010527
0.60	2.40	2.10	0.004610	0.007376	0.008759	0.010141	0.011524	0.012907	0.014290	0.015673	0.017056	0.018439
	2.70	2.40	0.004910	0.007856	0.009329	0.010802	0.012276	0.013749	0.015222	0.016695	0.018168	0.019641
	3.00	2.70	0.005115	0.008185	0.009719	0.011254	0.012789	0.014323	0.015858	0.017393	0.018927	0.020462
	3.30	3.00	0.005233	0.008373	0.009944	0.011514	0.013084	0.014654	0.016224	0.017794	0.019364	0.020934
0,90	2.40	1.95	0.006633	0.010613	0,012603	0.014593	0.016583	0.018574	0.020564	0.022554	0.024544	0.026534
	2.70	2.25	0.007159	0.011455	0.013603	0.015751	0.017899	0.020046	0.022195	0.024342	0.026490	0.028638
	3.00	2.55	0.007537	0.012060	0.014321	0.016583	0.018844	0.021105	0.023366	0.025628	0.027889	0.030150
	3.30	2.85	0.007778	0.012445	0.014778	0.017112	0.019445	0.021779	0.024112	0.026446	0.028779	0.031113
1,20	2.40	1.80	0.008416	0.013466	0.015991	0.018516	0.021041	0.023566	0.026091	0.028616	0.031141	0.033666
	2.70	2.10	0.009220	0.014751	0.017517	0.020283	0.023049	0.025815	0.028581	0.031347	0.034112	0.036878
	3.00	2.40	0.009820	0.015713	0.018659	0.021605	0.024551	0.027497	0.030443	0.033390	0.036336	0.039282
	3.30	2.70	0.010231	0.016370	0.019439	0.022508	0.025577	0.028647	0.031716	0.034786	0.037855	0.040924
1,50	2.40	1.65	0.009925	0.015879	0.018857	0.021834	0.024812	0.027789	0.030766	0.033744	0.036721	0.039699
	2.70	1.95	0.011056	0.017689	0.021006	0.024322	0.027639	0.030956	0.034273	0.037589	0.040906	0.044223
	3.00	2.25	0.011932	0.019092	0.022672	0.026251	0.029831	0.033411	0.036990	0.040570	0.044150	0.047730
	3.30	2.55	0.012563	0.020100	0.023869	0.027638	0.031406	0.035175	0.038944	0.042713	0.046481	0.050250
1,80	2.40	1.50	0.011115	0.017784	0.021118	0.024453	0.027787	0.031122	0.034456	0.037791	0.041125	0.044460
	2.70	1.80	0.012625	0.020200	0.023987	0.027774	0.031562	0.035349	0.039137	0.042924	0.046712	0.050499
	3.00	2.10	0.013829	0.022127	0.026276	0.030425	0.034573	0.038722	0.042871	0.047020	0.051169	0.055318
	3.30	2.40	0.014731	0.023569	0.027988	0.032408	0.036827	0.041246	0.045665	0.050084	0.054504	0.058923
2,10	2.40	1.35	0.011958	0.019133	0.022721	0.026309	0.029896	0.033484	0.037071	0.040659	0.044246	0.047834
	2.70	1.65	0.013895	0.022231	0.026400	0.030568	0.034736	0.038905	0.043073	0.047242	0.051410	0.055578
	3.00	1.95	0.015478	0.024765	0.029408	0.034052	0.038695	0.043338	0.047982	0.052625	0.057269	0.061912
	3.30	2.25	0.016705	0.026729	0.031740	0.036752	0.041763	0.046775	0.051787	0.056798	0.061810	0.066822
2,40	2.40	1.20	0.012415	0.019864	0.023589	0.027313	0.031038	0.034762	0.038487	0.042211	0.045936	0.049660
	2.70	1.50	0.014820	0.023712	0.028158	0.032604	0.037050	0.041496	0.045942	0.050388	0.054834	0.059280
	3.00	1.80	0.016833	0.026933	0.031983	0.037033	0.042082	0.047132	0.052182	0.057232	0.062282	0.067332
	3.30	2.10	0.018439	0.029503	0.035034	0.040566	0.046098	0.051630	0.057161	0.062693	0.068225	0.073757
2,70	2.70	1.35	0.015375	0.024600	0.029213	0.033825	0.038438	0.043050	0.047663	0.052276	0.056888	0.061501
	3.00	1.65	0.017864	0.028583	0.033942	0.039302	0.044662	0.050020	0.055380	0.060739	0.066098	0.071458
	3.30	1.95	0.019900	0.031840	0.037810	0.043781	0.049751	0.055721	0.061691	0.067661	0.073631	0.079601
3,00	3.00	1.50	0.018525	0.029640	0.035197	0.040755	0.046312	0.051870	0.057427	0.062985	0.068542	0.074100
	3.30	1.80	0.021041	0.033666	0.039978	0.046291	0.052603	0.058915	0.065228	0.071540	0.077853	0.084165
3,30	3.30	1.65	0.021834	0.034935	0.041485	0.048036	0.054586	0.061136	0.067686	0.074237	0.080787	0.087337

VALORI DEL COEFFICIENTE « A » PER $d = 3,35$

TABELLA III.

h	H	c	hcd R ⁴	l =										
				1,60	1,90	2,20	2,50	2,80	3,10	3,40	3,70	4,00		
0,30	2,40	2,25	0,002265	0,003624	0,004303	0,004982	0,005662	0,006341	0,007021	0,007700	0,008380	0,009059		
	2,70	2,55	0,002391	0,003826	0,004543	0,005261	0,005978	0,006695	0,007413	0,008130	0,008848	0,009565		
	3,00	2,85	0,002475	0,003960	0,004702	0,005445	0,006187	0,006930	0,007672	0,008415	0,009157	0,009900		
	3,30	3,15	0,002520	0,004032	0,004788	0,005544	0,006300	0,007056	0,007812	0,008568	0,009324	0,010080		
0,60	2,40	2,10	0,004369	0,006990	0,008301	0,009611	0,010922	0,012233	0,013543	0,014854	0,016164	0,017475		
	2,70	2,40	0,004666	0,007467	0,008867	0,010267	0,011667	0,013067	0,014467	0,015867	0,017267	0,018667		
	3,00	3,00	0,004876	0,007801	0,009264	0,010727	0,012190	0,013653	0,015115	0,016578	0,018041	0,019504		
	3,30	3,00	0,005003	0,008005	0,009506	0,011007	0,012508	0,014009	0,015511	0,017012	0,018513	0,020014		
0,90	2,40	1,95	0,006279	0,010046	0,011930	0,013813	0,015697	0,017580	0,019464	0,021348	0,023231	0,025115		
	2,70	2,25	0,006794	0,010871	0,012909	0,014948	0,016986	0,019024	0,021063	0,023101	0,025139	0,027178		
	3,00	2,55	0,007174	0,011478	0,013630	0,015782	0,017935	0,020087	0,022239	0,024391	0,026543	0,028695		
	3,30	2,85	0,007425	0,011879	0,014107	0,016334	0,018562	0,020789	0,023017	0,025244	0,027471	0,029699		
1,20	2,40	1,80	0,007956	0,012730	0,015117	0,017504	0,019891	0,022278	0,024664	0,027051	0,029438	0,031825		
	2,70	2,10	0,008738	0,013980	0,016601	0,019223	0,021844	0,024465	0,027087	0,029708	0,032329	0,034950		
	3,00	2,40	0,009333	0,014933	0,017733	0,020533	0,023333	0,026133	0,028933	0,031733	0,034533	0,037333		
	3,30	2,70	0,009759	0,015603	0,018529	0,021454	0,024380	0,027305	0,030231	0,033157	0,036082	0,039008		
1,50	2,40	1,65	0,009371	0,014993	0,017804	0,020616	0,023427	0,026238	0,029049	0,031861	0,034672	0,037483		
	2,70	1,95	0,010465	0,016743	0,019883	0,023022	0,026161	0,029301	0,032440	0,035580	0,038719	0,041858		
	3,00	2,25	0,011324	0,018118	0,021516	0,024913	0,028310	0,031707	0,035105	0,038502	0,041899	0,045296		
	3,30	2,55	0,011956	0,019130	0,022717	0,026304	0,029891	0,033478	0,037065	0,040652	0,044239	0,047826		
1,80	2,40	1,50	0,010483	0,016773	0,019918	0,023063	0,026208	0,029353	0,032498	0,035643	0,038788	0,041933		
	2,70	1,80	0,011934	0,019095	0,022675	0,026256	0,029836	0,033416	0,036997	0,040577	0,044157	0,047738		
	3,00	2,10	0,013106	0,020970	0,024902	0,028834	0,032766	0,036698	0,040630	0,044562	0,048494	0,052426		
	3,30	2,40	0,014000	0,022400	0,026600	0,030800	0,035000	0,039200	0,043400	0,047600	0,051800	0,056000		
2,10	2,40	1,35	0,011266	0,018026	0,021406	0,024786	0,028166	0,031546	0,034926	0,038306	0,041686	0,045066		
	2,70	1,65	0,013119	0,020990	0,024927	0,028862	0,032798	0,036733	0,040669	0,044605	0,048541	0,052476		
	3,00	1,95	0,014650	0,023441	0,027836	0,032231	0,036626	0,041021	0,045416	0,049811	0,054207	0,058602		
	3,30	2,25	0,015854	0,025366	0,030122	0,034878	0,039634	0,044390	0,049146	0,053902	0,058659	0,063415		
2,40	2,40	1,20	0,011686	0,018697	0,022203	0,025708	0,029214	0,032720	0,036225	0,039731	0,043237	0,046742		
	2,70	1,50	0,013978	0,022364	0,026557	0,030751	0,034944	0,039137	0,043331	0,047524	0,051717	0,055910		
	3,00	1,80	0,015913	0,025460	0,030234	0,035008	0,039781	0,044555	0,049329	0,054103	0,058877	0,063650		
	3,30	2,10	0,017475	0,027960	0,033203	0,038445	0,043688	0,048931	0,054173	0,059416	0,064658	0,069901		
2,70	2,70	1,35	0,014485	0,023177	0,027522	0,031868	0,036214	0,040559	0,044905	0,049250	0,053596	0,057942		
	3,00	1,65	0,016867	0,026988	0,032048	0,037108	0,042168	0,047229	0,052289	0,057349	0,062409	0,067470		
	3,30	1,95	0,018836	0,030138	0,035789	0,041440	0,047091	0,052742	0,058392	0,064043	0,069694	0,075345		
3,00	3,00	1,50	0,017472	0,027955	0,033197	0,038438	0,043680	0,048922	0,054163	0,059405	0,064646	0,069888		
	3,30	1,80	0,019891	0,031895	0,037792	0,043760	0,049727	0,055694	0,061661	0,067628	0,073596	0,079563		
3,30	3,30	1,65	0,020616	0,032985	0,039170	0,045354	0,051539	0,057724	0,063909	0,070093	0,076278	0,082463		

h	H	c	hcd R ⁴	l =								
				1,60	1,90	2,20	2,50	2,80	3,10	3,40	3,70	4,00
0,30	2,40	2,25	0,002149	0,003439	0,004084	0,004728	0,005373	0,006018	0,006663	0,007307	0,007952	0,008597
	2,70	2,55	0,002275	0,003641	0,004323	0,005006	0,005689	0,006371	0,007054	0,007737	0,008419	0,009102
	3,00	2,85	0,002362	0,003779	0,004487	0,005196	0,005904	0,006613	0,007322	0,008030	0,008739	0,009447
	3,30	3,15	0,002412	0,003859	0,004583	0,005306	0,006030	0,006753	0,007477	0,008201	0,008924	0,009648
0,60	2,40	2,10	0,004140	0,006625	0,007867	0,009109	0,010351	0,011593	0,012835	0,014077	0,015320	0,016562
	2,70	2,40	0,004434	0,007095	0,008426	0,009756	0,011086	0,012417	0,013747	0,015077	0,016408	0,017738
	3,00	2,70	0,004656	0,007465	0,008864	0,010264	0,011664	0,013063	0,014463	0,015863	0,017262	0,018662
	3,30	3,00	0,004782	0,007651	0,009086	0,010520	0,011955	0,013390	0,014824	0,016259	0,017693	0,019128
0,90	2,40	1,95	0,005943	0,009509	0,011292	0,013074	0,014857	0,016640	0,018423	0,020206	0,021989	0,023772
	2,70	2,25	0,006448	0,010316	0,012251	0,014185	0,016120	0,018054	0,019988	0,021923	0,023857	0,025791
	3,00	2,55	0,006826	0,010922	0,012970	0,015018	0,017066	0,019114	0,021162	0,023210	0,025258	0,027306
	3,30	2,85	0,007085	0,011337	0,013462	0,015588	0,017713	0,019839	0,021965	0,024090	0,026216	0,028342
1,20	2,40	1,80	0,007522	0,012035	0,014292	0,016548	0,018805	0,021062	0,023318	0,025575	0,027831	0,030088
	2,70	2,10	0,008281	0,013250	0,015734	0,018218	0,020702	0,023187	0,025671	0,028155	0,030640	0,033124
	3,00	2,40	0,008869	0,014190	0,016851	0,019512	0,022173	0,024833	0,027494	0,030155	0,032815	0,035476
	3,30	2,70	0,009331	0,014930	0,017729	0,020528	0,023328	0,026127	0,028926	0,031726	0,034525	0,037324
1,50	2,40	1,65	0,008848	0,014158	0,016813	0,019468	0,022122	0,024777	0,027432	0,030086	0,032741	0,035396
	2,70	1,95	0,009905	0,015848	0,018819	0,021791	0,024762	0,027734	0,030705	0,033677	0,036648	0,039620
	3,00	2,25	0,010746	0,017194	0,020418	0,023642	0,026866	0,030089	0,033314	0,036538	0,039762	0,042986
	3,30	2,55	0,011378	0,018204	0,021617	0,025031	0,028444	0,031857	0,035270	0,038684	0,042097	0,045510
1,80	2,40	1,50	0,009889	0,015822	0,018789	0,021756	0,024723	0,027689	0,030656	0,033623	0,036590	0,039556
	2,70	1,80	0,011283	0,018053	0,021438	0,024823	0,028207	0,031592	0,034977	0,038362	0,041747	0,045132
	3,00	2,10	0,012421	0,019874	0,023601	0,027327	0,031054	0,034780	0,038507	0,042233	0,045960	0,049686
	3,30	2,40	0,013304	0,021286	0,025277	0,029268	0,033259	0,037250	0,041241	0,045232	0,049223	0,053214
2,10	2,40	1,35	0,010618	0,016988	0,020174	0,023359	0,026545	0,029730	0,032915	0,036101	0,039286	0,042472
	2,70	1,65	0,012388	0,019822	0,023538	0,027255	0,030971	0,034688	0,038404	0,042121	0,045837	0,049554
	3,00	1,95	0,013867	0,022187	0,026347	0,030507	0,034667	0,038827	0,042987	0,047147	0,051308	0,055468
	3,30	2,25	0,015045	0,024072	0,028585	0,033099	0,037612	0,042126	0,046639	0,051153	0,055667	0,060180
2,40	2,40	1,20	0,011003	0,017606	0,020907	0,024208	0,027509	0,030810	0,034111	0,037412	0,040713	0,044014
	2,70	1,50	0,013185	0,021097	0,025052	0,029008	0,032964	0,036919	0,040875	0,044831	0,048786	0,052742
	3,00	1,80	0,015044	0,024070	0,028584	0,033097	0,037610	0,042123	0,046636	0,051150	0,055663	0,060176
	3,30	2,10	0,016562	0,026499	0,031468	0,036436	0,041405	0,046374	0,051342	0,056311	0,061279	0,066248
2,70	2,70	1,35	0,013652	0,021842	0,025938	0,030033	0,034129	0,038224	0,042320	0,046415	0,050511	0,054606
	3,00	1,65	0,015928	0,025485	0,030263	0,035042	0,039820	0,044599	0,049377	0,054155	0,058934	0,063712
	3,30	1,95	0,017829	0,028526	0,033875	0,039224	0,044572	0,049921	0,055270	0,060618	0,065967	0,071316
3,00	3,00	1,50	0,016482	0,026371	0,031315	0,036260	0,041205	0,046149	0,051094	0,056038	0,060983	0,065927
	3,30	1,80	0,018805	0,030088	0,035729	0,041371	0,047013	0,052654	0,058296	0,063937	0,069579	0,075220
3,30	3,30	1,65	0,019468	0,031148	0,036989	0,042829	0,048669	0,054509	0,060350	0,066190	0,072030	0,077871

h	H	c	hcd/R ⁴	l =								
				1,60	1,90	2,20	2,50	2,80	3,10	3,40	3,70	4,00
0,30	2,40	2,25	0,002041	0,003265	0,003877	0,004489	0,005101	0,005714	0,006326	0,006938	0,007550	0,008162
	2,70	2,55	0,002166	0,003466	0,004115	0,004765	0,005415	0,006065	0,006715	0,007364	0,008014	0,008664
	3,00	2,85	0,002254	0,003607	0,004283	0,004959	0,005636	0,006312	0,006988	0,007665	0,008341	0,009017
	3,30	3,15	0,002308	0,003694	0,004386	0,005079	0,005771	0,006464	0,007157	0,007849	0,008542	0,009234
0,60	2,40	2,10	0,003926	0,006282	0,007460	0,008638	0,009816	0,010994	0,012171	0,013349	0,014527	0,015705
	2,70	2,40	0,004216	0,006745	0,008010	0,009275	0,010539	0,011804	0,013069	0,014334	0,015598	0,016863
	3,00	2,70	0,004429	0,007086	0,008414	0,009743	0,011072	0,012400	0,013729	0,015057	0,016386	0,017715
	3,30	3,00	0,004571	0,007313	0,008684	0,010056	0,011427	0,012798	0,014169	0,015540	0,016912	0,018283
0,90	2,40	1,95	0,005629	0,009006	0,010695	0,012384	0,014073	0,015761	0,017450	0,019139	0,020828	0,022516
	2,70	2,25	0,006122	0,009795	0,011631	0,013468	0,015304	0,017141	0,018977	0,020814	0,022651	0,024487
	3,00	2,55	0,006498	0,010397	0,012346	0,014296	0,016245	0,018195	0,020144	0,022094	0,024043	0,025992
	3,30	2,85	0,006763	0,010821	0,012850	0,014879	0,016908	0,018936	0,020965	0,022994	0,025023	0,027052
1,20	2,40	1,80	0,007116	0,011386	0,013521	0,015656	0,017791	0,019925	0,022060	0,024195	0,026330	0,028465
	2,70	2,10	0,007865	0,012564	0,014920	0,017276	0,019631	0,021987	0,024343	0,026699	0,029054	0,031410
	3,00	2,40	0,008432	0,013490	0,016020	0,018549	0,021079	0,023608	0,026138	0,028667	0,031197	0,033726
	3,30	2,70	0,008857	0,014172	0,016829	0,019486	0,022143	0,024801	0,027460	0,030115	0,032772	0,035429
1,50	2,40	1,65	0,008363	0,013381	0,015890	0,018399	0,020908	0,023417	0,025926	0,028435	0,030943	0,033452
	2,70	1,95	0,009382	0,015011	0,017825	0,020640	0,023454	0,026269	0,029084	0,031898	0,034713	0,037529
	3,00	2,25	0,010203	0,016325	0,019386	0,022447	0,025508	0,028568	0,031629	0,034690	0,037751	0,040812
	3,30	2,55	0,010830	0,017328	0,020577	0,023826	0,027075	0,030324	0,033574	0,036823	0,040072	0,043321
1,80	2,40	1,50	0,009337	0,014939	0,017740	0,020541	0,023343	0,026144	0,028945	0,031746	0,034547	0,037348
	2,70	1,80	0,010674	0,017079	0,020281	0,023484	0,026686	0,029888	0,033090	0,036293	0,039495	0,042698
	3,00	2,10	0,011779	0,018846	0,022380	0,025913	0,029447	0,032981	0,036514	0,040048	0,043582	0,047115
	3,30	2,40	0,012647	0,020236	0,024030	0,027824	0,031618	0,035413	0,039207	0,043001	0,046795	0,050590
2,10	2,40	1,35	0,010015	0,016024	0,019029	0,022033	0,025038	0,028043	0,031047	0,034052	0,037056	0,040061
	2,70	1,65	0,011708	0,018733	0,022246	0,025758	0,029271	0,032783	0,036296	0,039808	0,043321	0,046833
	3,00	1,95	0,013134	0,021015	0,024956	0,028896	0,032836	0,036777	0,040717	0,044657	0,048598	0,052538
	3,30	2,25	0,014284	0,022855	0,027140	0,031425	0,035711	0,039996	0,044281	0,048566	0,052852	0,057137
2,40	2,40	1,20	0,010371	0,016593	0,019704	0,022815	0,025927	0,029038	0,032149	0,035260	0,038371	0,041483
	2,70	1,50	0,012449	0,019919	0,023654	0,027389	0,031123	0,034858	0,038593	0,042328	0,046063	0,049798
	3,00	1,80	0,014232	0,022772	0,027042	0,031312	0,035581	0,039851	0,044121	0,048391	0,052660	0,056930
	3,30	2,10	0,015705	0,025128	0,029840	0,034551	0,039263	0,043974	0,048686	0,053398	0,058109	0,062821
2,70	2,70	1,35	0,012867	0,020588	0,024448	0,028309	0,032169	0,036029	0,039889	0,043750	0,047610	0,051470
	3,00	1,65	0,015054	0,024086	0,028602	0,033118	0,037634	0,042150	0,046666	0,051182	0,055698	0,060214
	3,30	1,95	0,016887	0,027020	0,032086	0,037152	0,042218	0,047284	0,052350	0,057417	0,062483	0,067549
3,00	3,00	1,50	0,015562	0,024899	0,029567	0,034236	0,038904	0,043573	0,048241	0,052910	0,057579	0,062247
	3,30	1,80	0,017791	0,028465	0,033802	0,039139	0,044477	0,049814	0,055151	0,060488	0,065826	0,071163
3,30	3,30	1,65	0,018399	0,029438	0,034958	0,040477	0,045997	0,051517	0,057036	0,062556	0,068076	0,073595

h	H	c	hcd R ⁴	l =								
				1,60	1,90	2,20	2,50	2,80	3,10	3,40	3,70	4,00
0,30	2,40	2,25	0,001937	0,003100	0,003681	0,004262	0,004844	0,005425	0,006006	0,006587	0,007169	0,007750
	2,70	2,55	0,002062	0,003299	0,003917	0,004536	0,005154	0,005773	0,006391	0,007010	0,007628	0,008247
	3,00	2,85	0,002151	0,003442	0,004087	0,004733	0,005378	0,006024	0,006691	0,007314	0,007960	0,008605
	3,30	3,15	0,002209	0,003534	0,004197	0,004860	0,005523	0,006185	0,006848	0,007511	0,008174	0,008836
0,60	2,40	2,10	0,003724	0,005958	0,007075	0,008192	0,009309	0,010426	0,011543	0,012660	0,013777	0,014894
	2,70	2,40	0,004007	0,006412	0,007614	0,008817	0,010019	0,011221	0,012423	0,013626	0,014828	0,016030
	3,00	2,70	0,004221	0,006753	0,008020	0,009286	0,010552	0,011818	0,013085	0,014351	0,015617	0,016883
	3,30	3,00	0,004368	0,006988	0,008299	0,009609	0,010919	0,012230	0,013540	0,014850	0,016161	0,017471
0,90	2,40	1,95	0,005332	0,008531	0,010131	0,011731	0,013330	0,014930	0,016530	0,018129	0,019729	0,021329
	2,70	2,25	0,005812	0,009300	0,011044	0,012787	0,014531	0,016275	0,018019	0,019762	0,021506	0,023250
	3,00	2,55	0,006185	0,009896	0,011752	0,013607	0,015463	0,017318	0,019174	0,021029	0,022885	0,024741
	3,30	2,85	0,006454	0,010326	0,012263	0,014199	0,016135	0,018071	0,020007	0,021946	0,023880	0,025816
1,20	2,40	1,80	0,006734	0,010775	0,012795	0,014816	0,016836	0,018856	0,020877	0,022897	0,024918	0,026938
	2,70	2,10	0,007447	0,011915	0,014150	0,016384	0,018618	0,020852	0,023086	0,025320	0,027555	0,029789
	3,00	2,40	0,008015	0,012824	0,015229	0,017633	0,020038	0,022442	0,024847	0,027251	0,029656	0,032060
	3,30	2,70	0,008442	0,013507	0,016039	0,018572	0,021104	0,023637	0,026169	0,028702	0,031234	0,033767
1,50	2,40	1,65	0,007906	0,012649	0,015021	0,017392	0,019764	0,022136	0,024507	0,026879	0,029251	0,031622
	2,70	1,95	0,008887	0,014219	0,016885	0,019551	0,022217	0,024884	0,027550	0,030216	0,032882	0,035548
	3,00	2,25	0,009687	0,015499	0,018405	0,021311	0,024217	0,027124	0,030030	0,032936	0,035842	0,038748
	3,30	2,55	0,010309	0,016494	0,019587	0,022680	0,025772	0,028865	0,031558	0,035051	0,038143	0,041236
1,80	2,40	1,50	0,008818	0,014109	0,016754	0,019400	0,022045	0,024690	0,027336	0,029981	0,032627	0,035272
	2,70	1,80	0,010102	0,016163	0,019193	0,022224	0,025254	0,028285	0,031315	0,034346	0,037376	0,040407
	3,00	2,10	0,011171	0,017874	0,021225	0,024576	0,027927	0,031279	0,034630	0,037981	0,041333	0,044684
	3,30	2,40	0,012023	0,019237	0,022844	0,026451	0,030057	0,033664	0,037271	0,040878	0,044485	0,048092
2,10	2,40	1,35	0,009450	0,015120	0,017955	0,020790	0,023625	0,026460	0,029295	0,032130	0,034965	0,037800
	2,70	1,65	0,011068	0,017709	0,021029	0,024349	0,027670	0,030990	0,034311	0,037631	0,040951	0,044272
	3,00	1,95	0,012442	0,019977	0,023640	0,027372	0,031105	0,034838	0,038570	0,042303	0,046035	0,049768
	3,30	2,25	0,013562	0,021699	0,025768	0,029836	0,033905	0,037974	0,042042	0,046111	0,050179	0,054248
2,40	2,40	1,20	0,009779	0,015646	0,018580	0,021514	0,024447	0,027381	0,030315	0,033249	0,036182	0,039116
	2,70	1,50	0,011757	0,018811	0,022338	0,025865	0,029392	0,032919	0,036446	0,039973	0,043500	0,047027
	3,00	1,80	0,013469	0,021550	0,025591	0,029632	0,033672	0,037713	0,041754	0,045795	0,049835	0,053876
	3,30	2,10	0,014894	0,023830	0,028299	0,032767	0,037235	0,041703	0,046171	0,050640	0,055108	0,059576
2,70	2,70	1,35	0,012150	0,019441	0,023086	0,026731	0,030376	0,034021	0,037666	0,041312	0,044957	0,048602
	3,00	1,65	0,014230	0,022768	0,027037	0,031306	0,035575	0,039844	0,044113	0,048382	0,052651	0,056920
	3,30	1,95	0,015997	0,025595	0,030394	0,035193	0,039992	0,044792	0,049591	0,054390	0,059189	0,063988
3,00	3,00	1,50	0,014696	0,023514	0,027922	0,032331	0,036740	0,041149	0,045558	0,049966	0,054375	0,058784
	3,30	1,80	0,016836	0,026938	0,031988	0,037039	0,042090	0,047141	0,052192	0,057242	0,062293	0,067344
3,30	3,30	1,65	0,017392	0,027827	0,033045	0,038262	0,043480	0,048698	0,053915	0,059133	0,064350	0,069568

— Altezza h (m) = 0,30 — 0,60 — 0,90 — 1,20 — 1,50 — 1,80 — 2,10 — 2,40 — 2,70 — 3,00 — 3,30.

— Profondità d (m) = 5,05 — 5,20 — 5,35 — 5,50 — 5,65 — 5,80.

— Altezza c , variabile con i valori di h in rapporto anche ai valori di H .

— Distanza b (m) = 3,00 — 0,50 = 2,50.

— Distanza R (m) assumente i valori corrispondenti alla relazione

$$R = \sqrt{d^2 + b^2 + c^2}$$

— Larghezza della finestra l (m) = 1,60 — 1,90 — 2,20 — 2,50 — 2,80 — 3,10 — 3,40 — 3,70 — 4,00.

Più evidenti per lo studio dell'influenza dei vari fattori sulla entità finale sono i diagrammi ricavabili dalle precitate tabelle e che possono essere molteplici e riguardanti aspetti separati del fenomeno. Per la costruzione di ognuno di essi conviene ovviamente scegliere opportuni valori di alcuni fattori come costanti.

Per il primo diagramma (fig. 8) si sono fissate l'altezza della finestra $H = 2,70$ corrispondente ad un'altezza del piano di m. 3,80 (per altro ab-

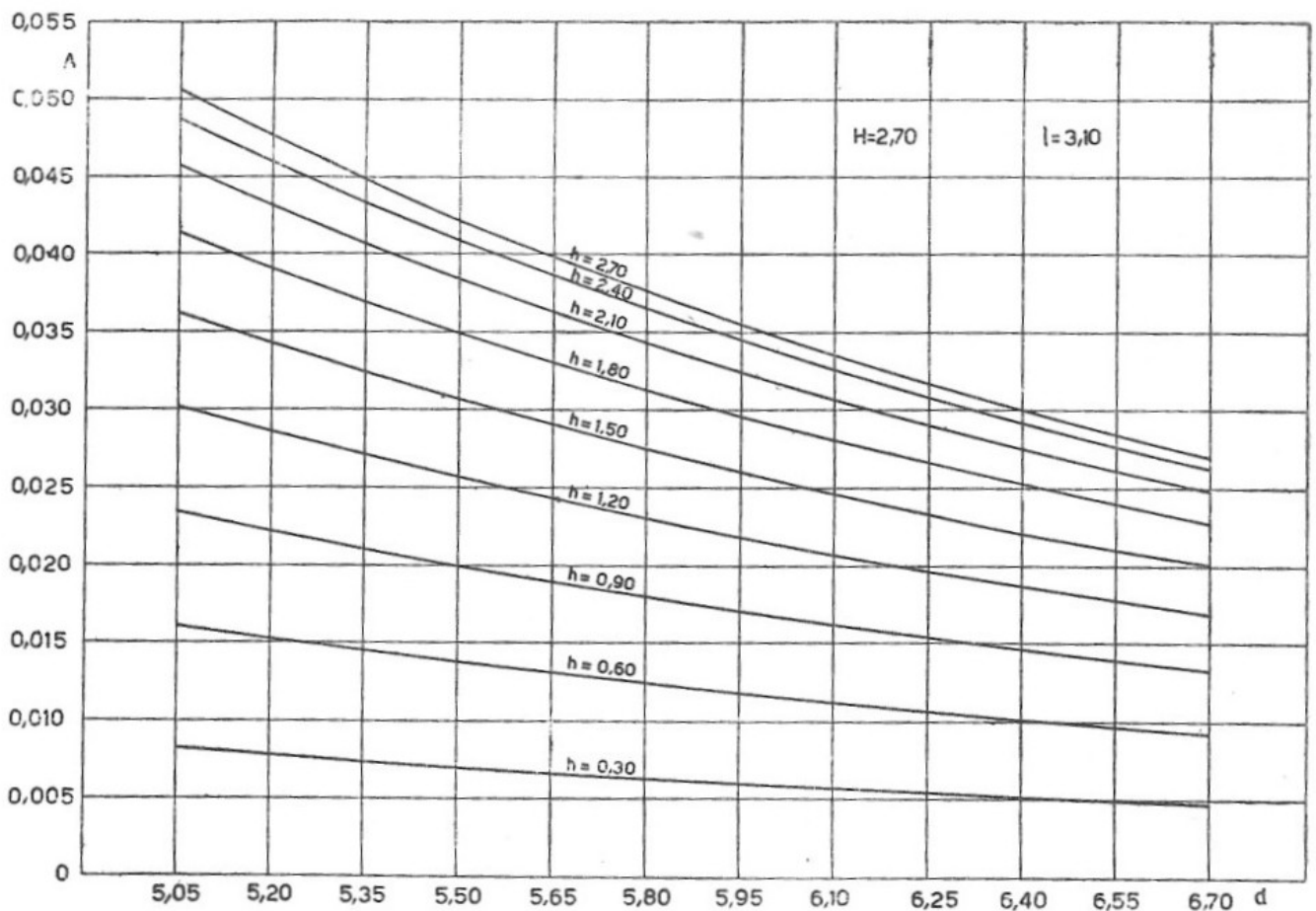


Fig. 8. - Valori del coefficiente A in funzione della profondità del punto in esame, per varie « altezze intercettate ».

bastanza forte) e la larghezza $l = 3,10$. Sulle ascisse sono riportate le distanze d , mentre sulle ordinate sono i valori del coefficiente A. Per detto diagramma le distanze d sono estese fino a m. 6,70; pertanto, ove si supponga che il piano del vetro della finestra sia a m. 0,30 dal filo interno del muro e che il bordo del letto più interno sia a m. 0,95 dalla parete del corridoio, si hanno delle profondità effettive da m. 5,70 a m. 7,35. I valori del coefficiente A sono relativi alle differenti altezze di finestra intercettate da m. 0,30 a m. 2,70.

Nelle predette condizioni si osserva che l'illuminazione diretta che si aveva a m. 5,05 dal piano del vetro presenta a m. 6,70 una diminuzione di circa il 46,6% a finestra ad esposizione totalmente libera ($h = 2,70$), una diminuzione di circa il 44,5% a finestra mediamente occlusa ($h = 1,50$) ed una diminuzione di circa il 41,6% a finestra abbastanza occlusa ($h = 0,30$). Questa constatazione è molto importante ai fini dell'adozione o meno di una maggiore profondità effettiva della camera rispetto a quella usualmente adottata (6,00 — 6,30). Molte volte infatti si tende a collocare lungo la parete trasversale un numero di letti superiore a tre, il che comporta un aumento della profondità, con il risultato di compromettere le condizioni igienico-ambientali della zona più interna, non potendo ovviamente innalzare oltre un certo limite l'altezza del piano. Se si vogliono considerare i valori assoluti della illuminazione, dal diagramma precedente possono ricavarsi i valori del coefficiente A. Ad es., prendendo in esame il caso della finestra mediamente occlusa ($h = 1,50$), si ha:

$$\begin{array}{ll} \text{per } d = 5,05 & E = B \cdot 0,0362 \\ \text{per } d = 6,70 & E = B \cdot 0,0201 \end{array}$$

Assumendo per B il valore minimo di $960 \frac{\text{cand}}{\text{mq}}$ si ha ancora:

$$\begin{array}{ll} \text{per } d = 5,05 & E = 960 \times 0,0362 = 35 \text{ lux} \\ \text{per } d = 6,70 & E = 960 \times 0,0201 = 19,3 \text{ lux} \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{illuminazio-} \\ \text{ne diretta} \end{array}$$

Molto significativo appare il secondo diagramma (fig. 9), che rappresenta l'andamento dell'intensità di illuminazione diretta in un punto prescelto con $d = 5,35$ in funzione delle varie altezze di finestra intercettate h e con le differenti altezze di finestra H. Si ricava agevolmente come per una data altezza di finestra vada crescendo il contributo luminoso con l'aumentare dell'angolo spaziale; ma si vede pure come il contributo luminoso di ogni singola zona vada scemando a mano a mano che essa si avvicina all'orizzonte. E' molto importante adottare una finestra alta con

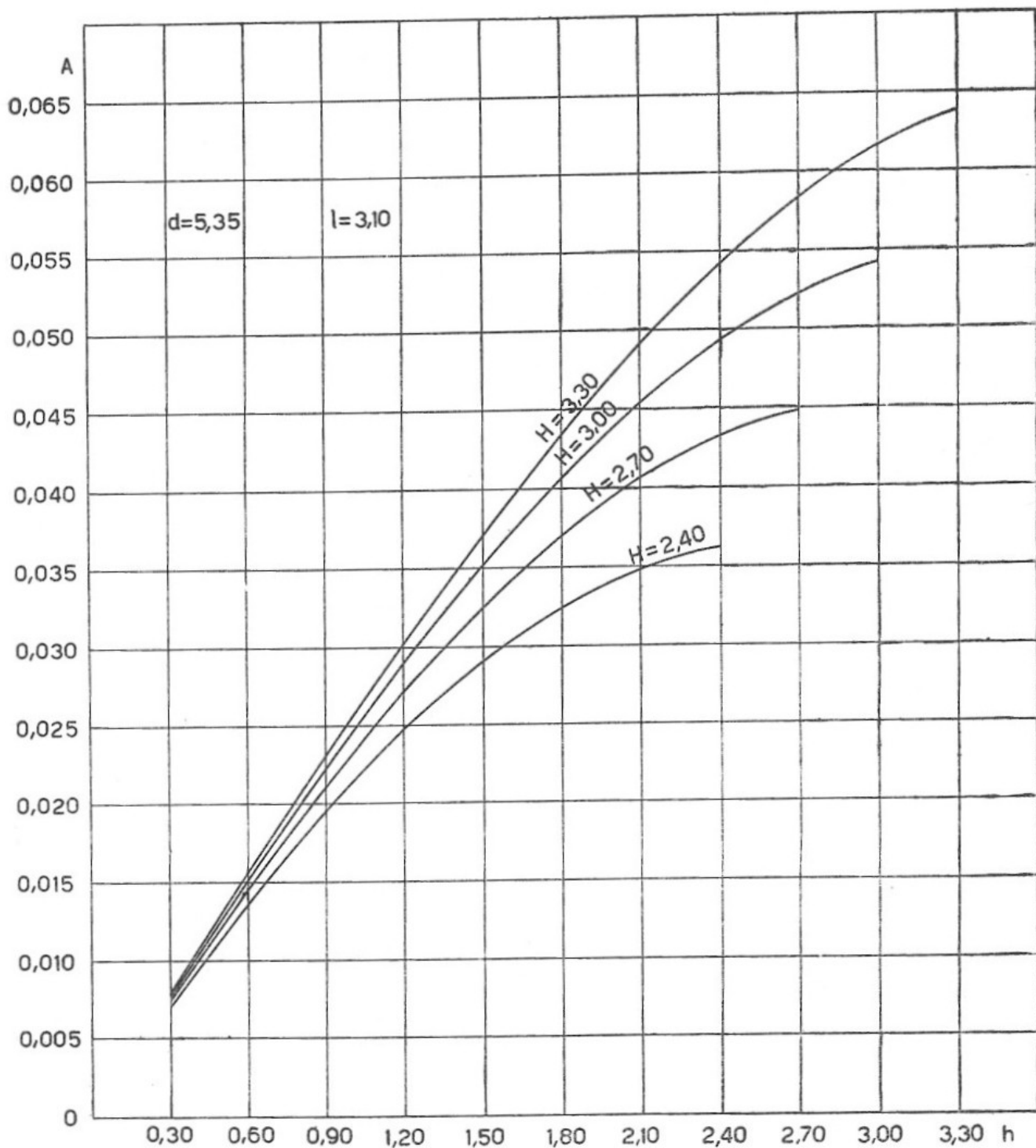


Fig. 9. - Valori del coefficiente A in funzione delle « altezze intercettate », per varie altezze di finestra.

zona intercettata alta. D'altro canto occorre notare che per una data altezza di zona intercettata h le aliquote di aumento nel passare da un'altezza di finestra $H = 2,40$ ad $H = 3,30$ vanno progressivamente scemando. La limitazione dell'aumento dell'altezza dei piani, se legata in modo decisivo alla convenienza della minore cubatura, è anche in certo modo suggerita dalla predetta considerazione.

Da tutto quanto precede risulta che con le apposite tabelle e con i

numerosi diagrammi che da esse si possono ricavare potranno calcolarsi le quote di illuminazione diretta nei punti più interni dell'ambiente, e che inoltre si potrà valutare, secondo l'andamento delle varie curve, l'influenza di ogni singolo fattore geometrico di proporzionamento dell'ambiente e dell'apertura esterna tenendo costanti gli altri, in modo da potere opportunamente modificare le dimensioni non razionalmente prescelte, ai fini del conseguimento degli obiettivi igienici più volte ricordati.

Allo scopo di verificare la concordanza dei risultati ottenuti mediante le calcolazioni precedentemente indicate (che si possono applicare alla predeterminazione dell'illuminazione per edifici allo stato di progetto) con le entità effettivamente riscontrabili nell'edificio già costruito, sono state eseguite varie misurazioni nelle ore e nelle stagioni più confacenti alle predette dimostrazioni. Come già si è spesso ripetuto, per la presente ricerca si è tenuto conto dei valori minimi della brillantezza della semisfera celeste; pertanto le misurazioni sono state fatte nel periodo di tempo attorno al solstizio di inverno e con cielo coperto da nuvole di colore scuro.

Una prima serie di misure è stata effettuata in uno dei laboratori di ingegneria sanitaria dell'Istituto stesso, verso le ore nove del mattino. I dati relativi all'ambiente sono:

$$d = 3,20, h_{\text{medio}} = 1,20, H = 2,40, l = 1,60, b = 2,50.$$

Dalla tabella II ($d = 3,20$) si ricava per $h = 1,20, H = 2,40, l = 1,60$:

$$A = 0,0135, \text{ e quindi, essendo } B = \frac{3000}{\pi} \frac{\text{cand}}{\text{mq.}} = \sim 960 \frac{\text{cand}}{\text{mq.}},$$

$$E_d \text{ (intensità di illuminazione diretta)} = 960 \times 0,0135 = \sim 13 \text{ lux.}$$

Per la determinazione dell'illuminazione totale effettiva nel punto prescelto dell'ambiente, i procedimenti sono molto approssimati dovendosi tener conto di elementi non valutabili se non in base a coefficienti medi. L'entità di luce riflessa da aggiungere a quella calcolata con il metodo esposto presenta molte incertezze dipendendo essa dalla natura e dal colore delle pareti, del soffitto e del pavimento, dal colore degli ostacoli frontistanti, dal proporzionamento delle dimensioni dell'ambiente, dalla distanza dell'architrave della finestra dal soffitto, dalla profondità del punto prescelto in rapporto anche alla parete interna, ecc. Per dare dei valori di larga massima *per le zone più interne degli ambienti già descritti* può asserirsi, senza tema di eccessivi errori, che circa il 70-75% della illuminazione totale è da attribuirsi al flusso riflesso.

Per l'illuminazione totale effettiva infine dovrà tenersi conto di congrue riduzioni per l'assorbimento prodotto dai vetri della finestra,

(10-15%) semprechè essi siano in ottime condizioni di manutenzione, e per il maggiore o minore ingombro presentato dalle ossature degli infissi.

L'illuminazione totale E_t si ricava, in base a quanto sopra detto per la riflessione, dalla seguente relazione:

$$E_d = \frac{30}{100} E_t \text{ da cui:}$$

$$E_t = \frac{100 \times 13}{30} = \sim 43 \text{ lux}$$

Al valore così determinato devonsi apportare le riduzioni per l'assorbimento e per l'ingombro. Nel caso in esame si è stimato poter assumere una percentuale del (10% + 13%) = 23%. Pertanto si avrà l'illuminazione totale effettiva:

$$E = 43 - \frac{23}{100} 43 = \sim 33 \text{ lux}$$

La misurazione eseguita con l'illuminometro Weston mod. 756 ha dato il seguente risultato:

$$E = 2,8 \text{ foot-candles, ossia } 30,4 \text{ lux.}$$

Tenuto conto delle incertezze sulla valutazione dello stato del cielo e sui coefficienti di aumento e di riduzione, può ritenersi che detto risultato sia congruo nei riguardi del valore dedotto dalle calcolazioni.

Nello stesso punto corrispondente a $b = 2,50$ e $d = 5,20$ si è posto lo stereogoniometro di WEBER dirigendo la lente verso l'apertura esterna; sulla apposita carta con quadretti di 2 mm. di lato si è ottenuta la proiezione riportata in fig. 10. L'angolo di inclinazione β è risultato di 17° .

Come è noto, la misura effettiva dell'angolo spaziale sarebbe data direttamente dal numero dei quadratini Ω contenuti nel contorno proiettato qualora la distanza ρ della tacca sul cursore della lente dal piano di proiezione fosse risultata eguale a 114,6 mm. Poichè nel caso in esperimento la distanza ρ_1 è risultata eguale a 90 mm., indicando con Ω_1 il numero di quadratini contato entro il contorno, si ha:

$$\frac{\Omega}{\Omega_1} = \frac{\rho^2}{\rho_1^2} = \frac{114,6^2}{90^2} = \sim 1,62$$

Dall'esame della proiezione in fig. 10 si ricava $\Omega_1 = 86$, per cui:

$$\Omega = 1,62 \times \Omega_1 = 1,62 \times 86 = 139.$$

L'angolo spaziale ridotto sarà:

$$\omega = \Omega \operatorname{sen} \beta = 139 \times \operatorname{sen} 17^\circ = 139 \times 0,29 = 40.$$

Tenendo presente la formula di WEBER con la luminosità o radianza $R = 3000$ lux sul bianco, si ha la misura dell'illuminazione diretta nel punto prescelto:

$$E_d = R \cdot \omega \cdot 0,00009696 = 3000 \times 40 \times 0,00009696 = 11,6 \text{ lux.}$$

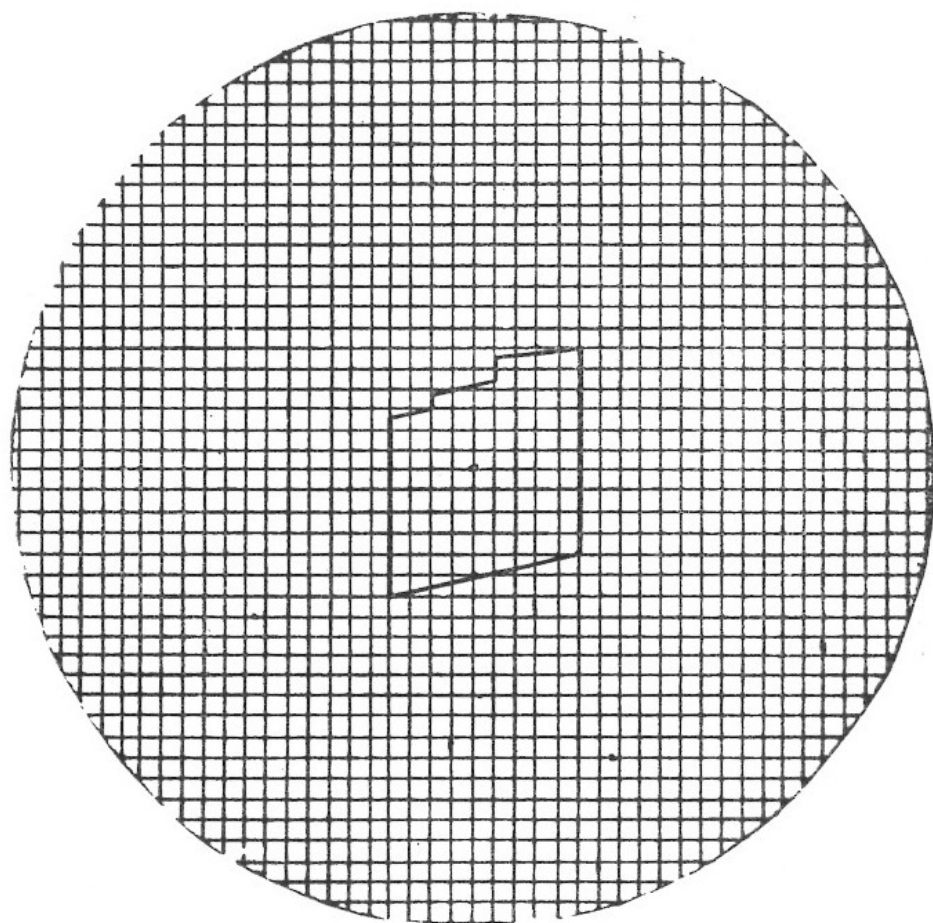


Fig. 10. - Proiezione di Weber.

Il valore precedentemente calcolato E_d risultava di 13 lux, in quanto si era considerata la larghezza lorda l dell'apertura; per paragonare i due risultati pertanto occorre tener conto della riduzione del 13% per l'ingombro delle ossature laterali (essendosi per h preso il valore medio effettivo $h = 1,20$). Si ha così E_d (calcolata) = $13 - 1,7 = 11,3$ lux, valore press'a poco coincidente con quello ricavato mediante l'uso dello stereoniometro di WEBER.

Una seconda serie di misurazioni è stata effettuata in un ambiente di degenza del Padiglione Baccelli (medicina generale) dell'Ospedale S. Ca-

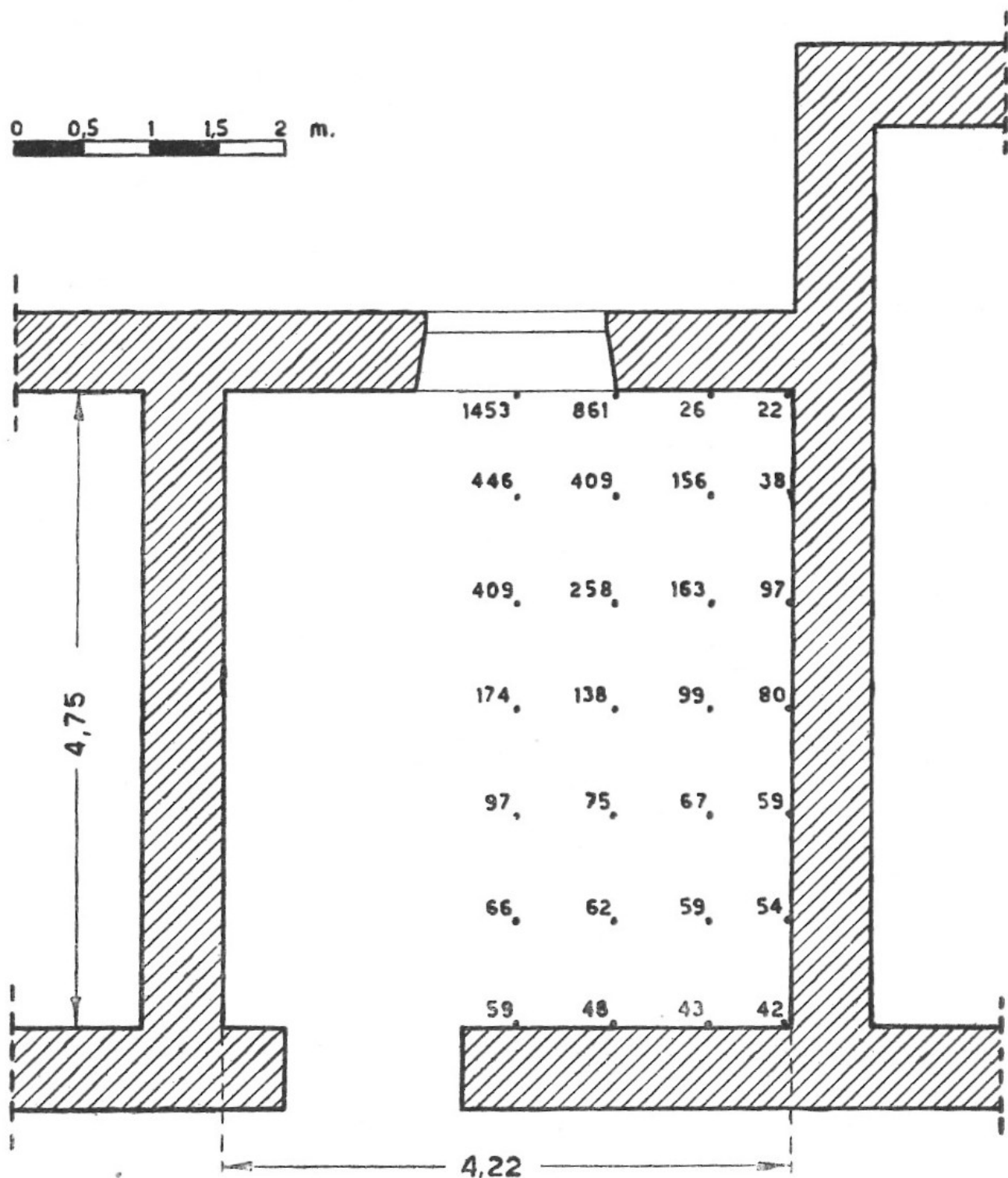


Fig. 11. - Situazione fotometrica di una stanza di degenza del Padiglione Baccelli dell'Ospedale S. Camillo di Roma, al solstizio d'inverno con cielo coperto.

millo in Roma. (Fig. 11). Essa riguarda un locale di isolamento per malati gravi, non avente però misure standardizzate (m. 4,22 × 4,75), dato che il padiglione fu costruito anteriormente alla edizione delle norme ufficiali in materia; inoltre i locali di degenza normale consistono nelle grandi corsie disposte trasversalmente alle due estremità del corpo di fabbrica. Le misurazioni sono state eseguite al solstizio d'inverno all'intorno delle

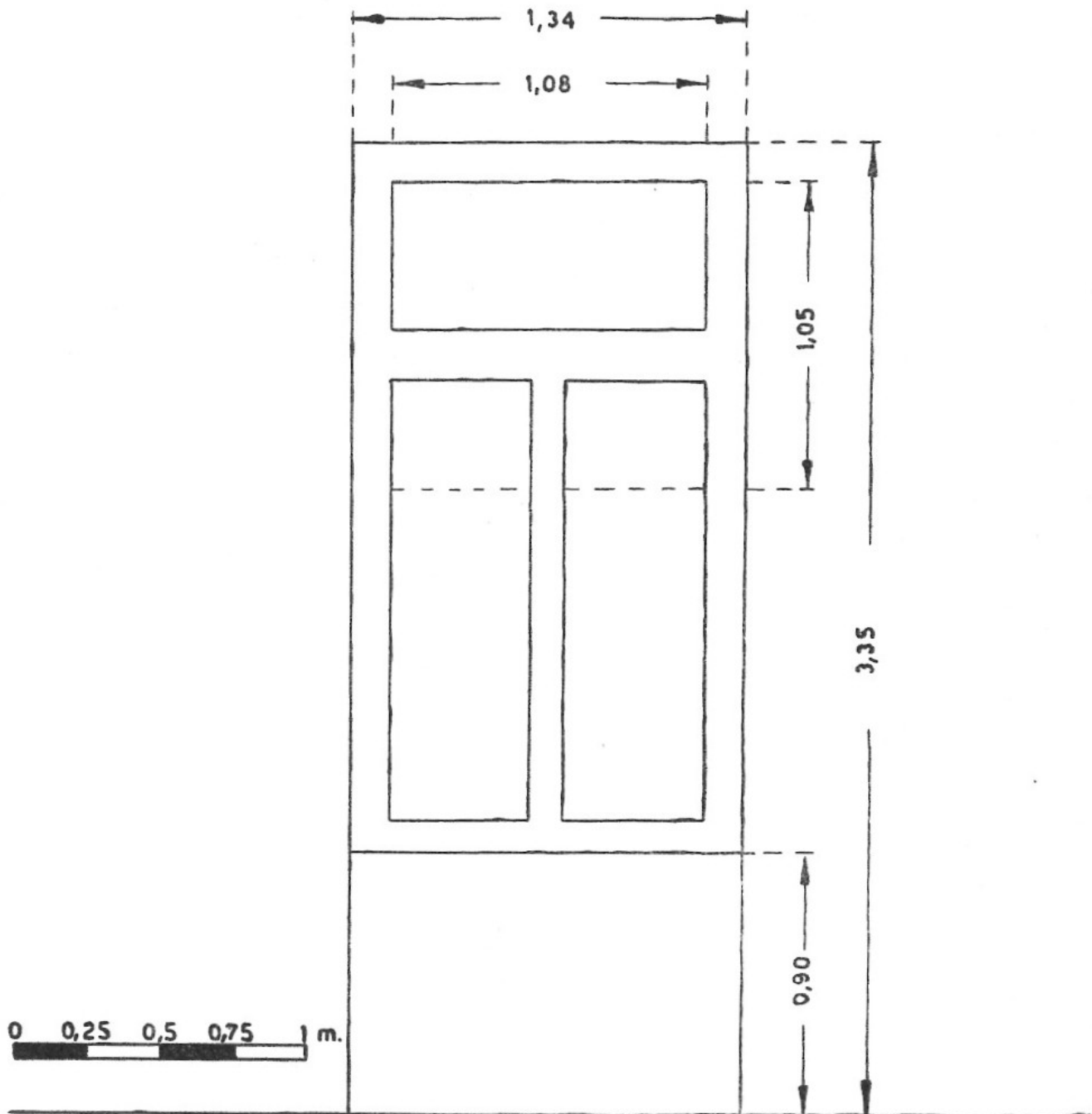


Fig. 12. - Schema dell'apertura esterna nella camera di degenza della figura precedente, e zone utili ai fini dell'illuminamento.

ore 13; pertanto, in considerazione dell'ora, in rapporto anche ai valori riportati nei diagrammi della fig. 4, e delle condizioni effettive di cielo scuro, si ritiene che in tal caso possa essere adottato un valore della luminosità del cielo coperto pari a 5000 lux sul bianco.

L'apertura esterna del locale consiste in una finestra in posizione non esattamente centrale, con infisso in legno presentante la struttura indicata in fig. 12. Nella pianta allegata del locale sono visibili i punti in cui sono state fatte le misurazioni ed i valori in lux corrispondenti; come

al solito si procede al controllo del punto laterale più interno, il quale presenta una intensità di illuminazione di 59 lux.

I dati relativi alle usuali distanze sono: $d = 4,41$, $h = 1,05$, l (netta) = 1,08, $c = 1,89$. Sarà pertanto:

$$E_d = \frac{5000}{3,14} \times 1,134 \times \frac{1,89 \times 4,41}{640} = 23,5 \text{ lux}$$

L'illuminazione totale E_t comprendente la quota di illuminazione riflessa è quindi:

$$E_t = \frac{100 \times 23,5}{30} = 78,3 \text{ lux}$$

Questo valore bisogna che sia diminuito, per l'assorbimento del vetro e per l'ingombro dell'infisso (che in questo caso è rilevante), del (10% + 21%) = 31% per ottenere la intensità di illuminazione totale effettiva: $E = 54 \text{ lux}$.

Si constata che si è sempre nell'ordine di grandezza della intensità di illuminazione riscontrata.

Roma — Istituto Superiore di Sanità - Laboratorio di ingegneria.
