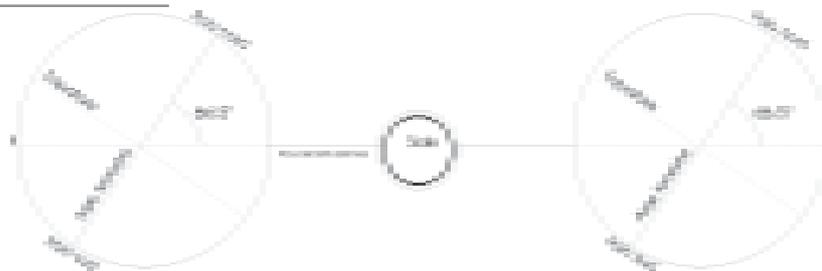


# STRUMENTI DI CONTROLLO

Lucia Ceccherini Nelli





## 6.1 Alcune nozioni fondamentali di geografia astronomica

### 6.1.1. Equinozi e Solstizi

Durante il movimento di rivoluzione, l'asse terrestre non è perpendicolare al piano dell'eclittica, ma inclinato in modo da formare con esso un angolo di circa  $66.5^\circ$ . L'asse terrestre forma con la normale al piano dell'eclittica un angolo complementare di  $23.5^\circ$  il piano equatoriale forma con il piano dell'eclittica un angolo dello stesso valore.

Durante questo movimento l'asse terrestre si mantiene sempre parallelo a se stesso, cioè rimane sempre nella medesima direzione rispetto ad un punto della volta celeste.

Le più importanti conseguenze del movimento di rivoluzione della Terra sono:

- il fenomeno delle stagioni
- la diversa altezza del Sole sull'orizzonte
- la differenza di durata tra il giorno solare e quello sidereo.

A causa dell'inclinazione e del parallelismo dell'asse terrestre, le condizioni sopra citate si verificano, sulla Terra, soltanto due volte all'anno e precisamente il 21 marzo e il 23 settembre. In questi due giorni il pianeta raggiunge due posizioni diametralmente opposte rispetto al Sole e viene a trovarsi con i poli attraversati dal circolo di illuminazione; ciò può avvenire perché l'asse di rotazione, pur mantenendo la sua inclinazione, giace sul piano del circolo di illuminazione. Questo è il motivo per cui tutti i punti della Terra hanno il giorno uguale alla notte nei giorni 21 marzo e 23 settembre, equinozi di primavera e di autunno (da aequa nox, ossia durata della notte uguale per tutta la Terra).

Fig. 6.2 equinozi e solstizi

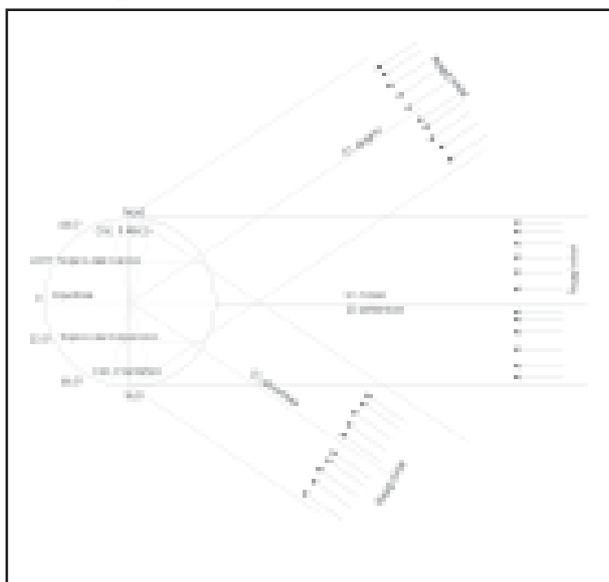
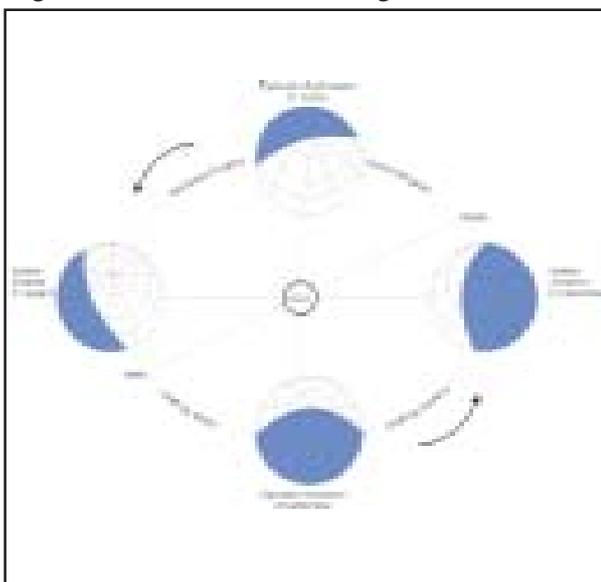
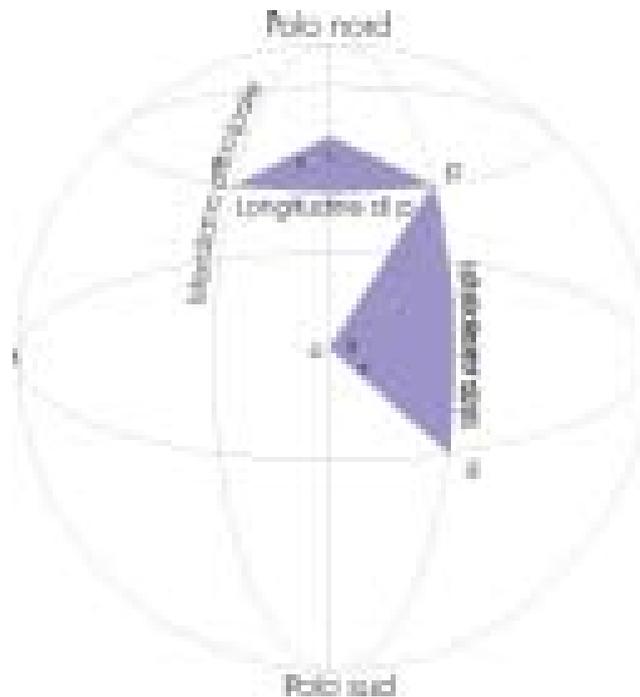


Fig. 6.3 Diversa durata delle stagioni





6.4. Coordinate geografiche: latitudine e longitudine

La Terra, lungo la sua orbita, raggiunge altre due posizioni intermedie ed opposte fra di loro, in cui il circolo di illuminazione non coincide con alcun meridiano terrestre e passa alla massima distanza dai poli. Questa condizione avviene quando l'asse terrestre forma con il piano del circolo di illuminazione un angolo di  $23.5^\circ$ , ossia il 21 Giugno quando il polo nord si trova nel punto più vicino al Sole e il 21 Dicembre quando il polo nord si trova nel punto più lontano dal Sole, il 21 Giugno nel circolo polare artico avremo 24 ore di luce, ed è il giorno più lungo dell'emisfero nord e si chiama solstizio d'estate. Nello stesso giorno il Sole sarà perpendicolare al tropico del Cancro con una latitudine di  $23.5^\circ$  nord. Sei mesi più tardi il 21 Dicembre, il polo nord avrà 24 ore di completa oscurità. Nell'emisfero nord questo sarà il giorno con la notte più lunga conosciuto come solstizio d'inverno (da *Solis statio* cioè fermata del Sole). In questo giorno il Sole sarà perpendicolare all'emisfero sud lungo il Tropic del Capricorno con una latitudine di  $23.5^\circ$  sud.

### 6.1.2. Coordinate geografiche

La posizione assoluta di un luogo sulla superficie terrestre si determina per mezzo delle coordinate geografiche, che sono precisamente la latitudine e la longitudine

#### Latitudine

La latitudine è la distanza angolare misurata sull'arco di meridiano compreso tra l'equatore e il luogo considerato. Essa può essere boreale o australe e si considera da  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , dall'equatore ai poli nord e sud.

Gli elementi di riferimento per la latitudine sono, oltre all'equatore e ai poli, gli 89 paralleli idealmente tracciati su ogni emisfero.

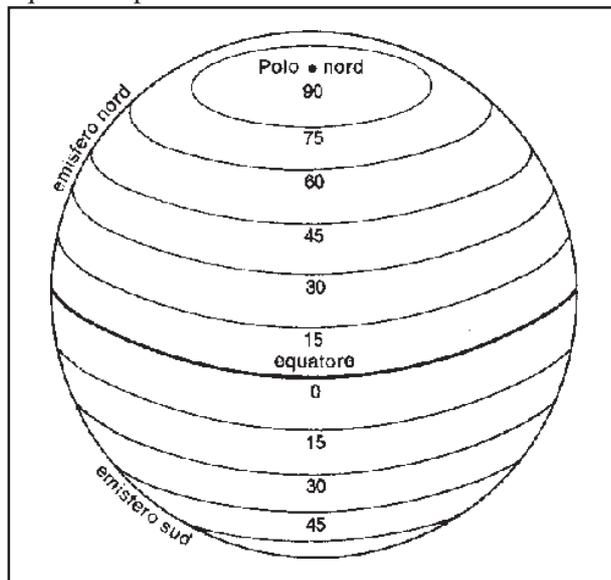
#### Longitudine

La longitudine è la distanza angolare misurata sull'arco di parallelo compreso tra il meridiano fondamentale e il luogo considerato. Essa può essere orientale ed occidentale e si considera da  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , ossia dal meridiano fondamentale o iniziale (quello di Greenwich) all'antimeridiano. Gli elementi di riferimento per la longitudine sono i 360 meridiani geografici. I meridiani con l'equatore e i paralleli si intersecano formando una rete nella quale la distanza fra un meridiano e il successivo, e tra un parallelo e l'altro è la 360a parte di un cerchio.

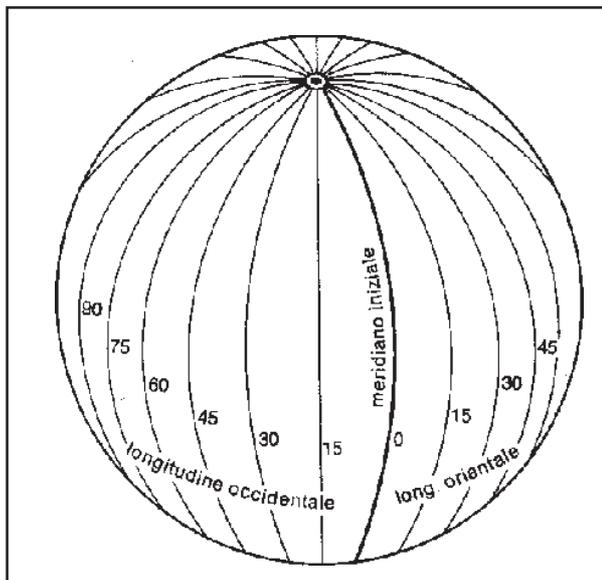
## COORDINATE GEOGRAFICHE DI ALCUNE CITTA' ITALIANE

Località	Latitudine nord o sud	Longitudine est o ovest da Greenwich
Bari	41°07' N	16°52' E
Bologna	44°29' N	11°21' E
Cagliari	39°13' N	9°09' E
Catania	37°30' N	15°04' E
Firenze	43°46' N	11°15' E
Genova	44°25' N	8°55' E
Milano	45°28' N	9°11' E
Napoli	40°51' N	14°15' E
Palermo	38°07' N	13°21' E
Potenza	40°43' N	15°47' E
Reggio Calabria	38°06' N	15°39' E
Roma	41°54' N	12°27' E
Taranto	35°41' N	51°25' E

## 6.5 Elementi di riferimento della sfera terrestre, equatore e paralleli



## 6.6 elementi di riferimento della sfera terrestre, chiamati meridiani



## Differenza di longitudine

Come il Sole si muove intorno alla terra, ci sono differenti regioni in cui il Sole sorge e tramonta a differenti ore, tale fattore dipende dalla longitudine della regione considerata.

La Terra è divisa in un numero finito di zone, ossia 24 spicchi chiamati fusi orari, dei quali ognuno è limitato da due meridiani che distano uno dall'altro 15° di longitudine ( $360:24=15^\circ$ ). Ogni fuso quindi comprende 15 meridiani geografici, ossia quelli che passano, in una ora davanti al Sole.

Tutti i paesi situati nello stesso fuso hanno l'ora media del meridiano centrale che divide il fuso stesso in due parti uguali, e pertanto possono avere una differenza massima oraria di mezza ora.

Per convenzione e per evitare che piccole porzioni territoriali di uno stato non vengano comprese nello stesso fuso, è stato deciso che ogni fuso differisce sempre di un'ora dal precedente e dal seguente. I fusi vengono enumerati da occidente a oriente a partire da quello che ha l'ora regolata sul meridiano di Greenwich in

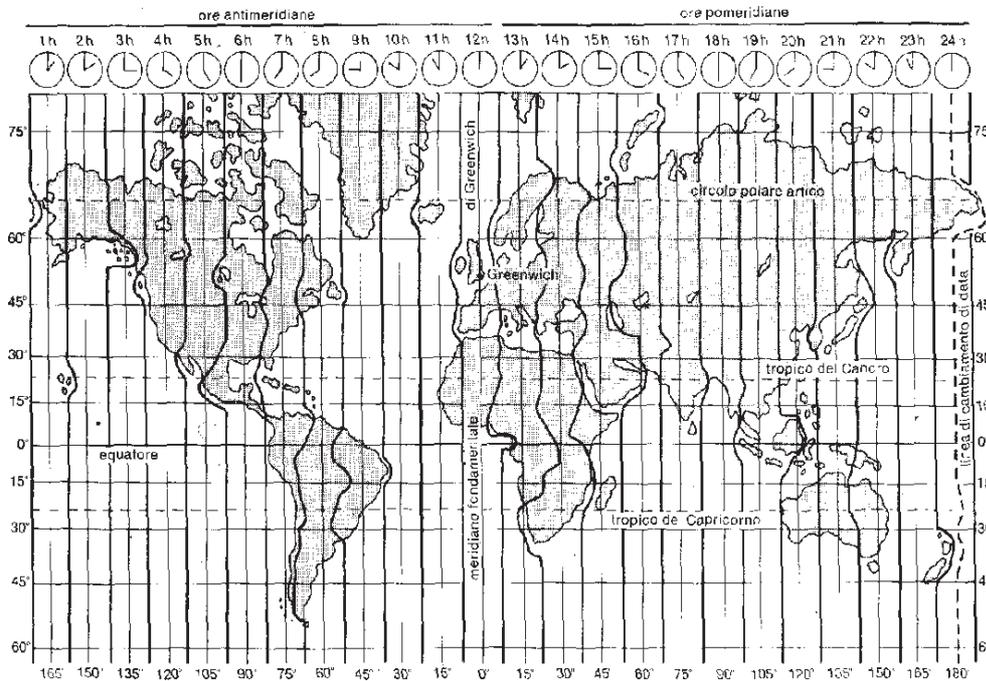


Fig. 6.7 I fusi orari si cominciano a contare dal I fuso, che ha come meridiano medio quello di Greenwich. Ogni fuso differisce sempre di un'ora dal precedente e dal seguente, ossia è avanti di un'ora rispetto al precedente e in ritardo di un'ora rispetto al seguente

Inghilterra conosciuto come “Greenwich Mean Time” (GMT).

Tutte le altre zone sono riferite ad un lasso temporale precedente o passato al GMT.

Se la longitudine di una particolare zona non cade vicino alla linea oraria, ci saranno differenze tra il riferimento longitudine e la longitudine attuale. Ciò è conosciuto come differenza di longitudine e può essere corretta semplicemente aggiungendo la differenza in gradi moltiplicata per 4 minuti.

### 6.1.3. Declinazione e ascensione retta

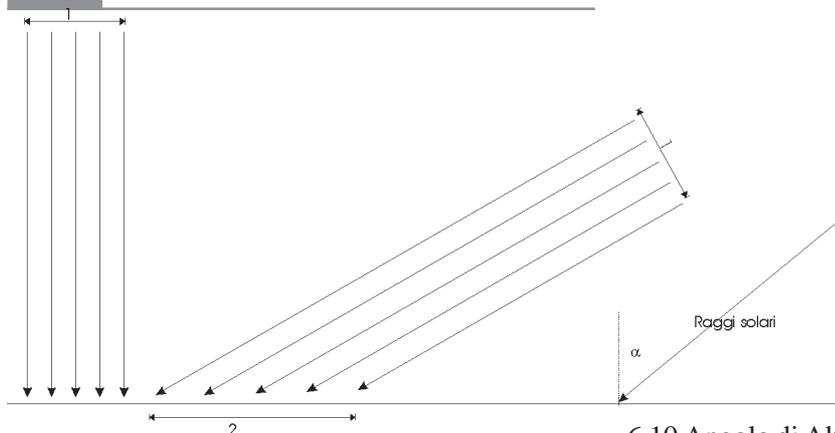
La posizione del Sole o di altre stelle può essere trovata usando sia l'azimut che l'altitudine, tale misurazione dipende dalla posizione dell'osservatore. Per specificare le coordinate assolute, bisogna per prima cosa assumere come sistema di riferimento una sfera celeste che ha come poli quelli terrestri e l'equatore allo stesso angolo di quello terrestre. La latitudine e la longitudine sono usate per definire la posizione assoluta sulla superficie terrestre, la declinazione e l'ascensione retta sono utilizzate per definire la posizione di una stella rispetto all'equatore.

#### Declinazione

La declinazione è data dall'arco di circolo orario, misurato in gradi, compreso tra la stella e l'equatore celeste.

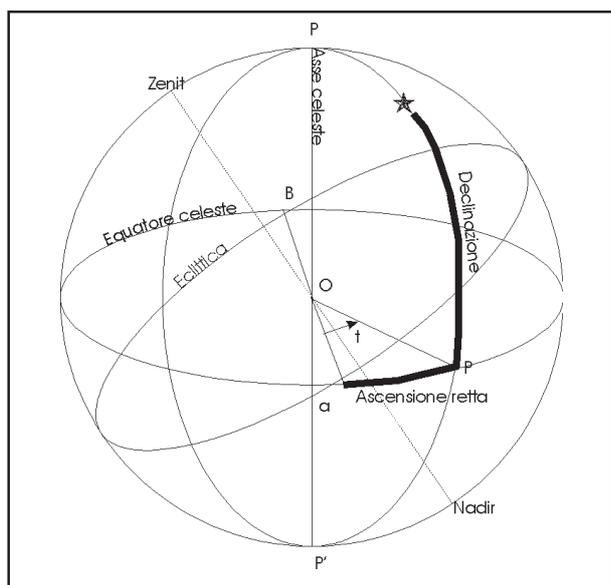
#### Ascensione retta

L'ascensione retta è data dalla distanza indicata sull'equatore e misurata in tempo che intercorre tra il circolo orario passante per la stella e il circolo orario passante per il punto  $\alpha$ . Ancora una volta, l'ascensione retta (alpha) è analoga alla longitudine terrestre ed è misurata in senso orario in direzione dal primo punto dell'Ariete. Può essere definita in gradi (0-360) oppure in ore (0-24hr). Il primo punto di Ariete è definito come la posizione dove la declinazione solare cambia da sud a nord, praticamente il punto di intersezione tra l'equatore celeste e l'eclittico. Se proiettiamo l'orbita terrestre intorno al Sole sopra la sfera celeste, la circonferenza formerà un angolo di  $23.5^\circ$  rispetto all'equatore celeste ed è ciò che è conosciuto come eclittico. L'eclittico e l'equatore celeste si intersecano durante l'equinozio.

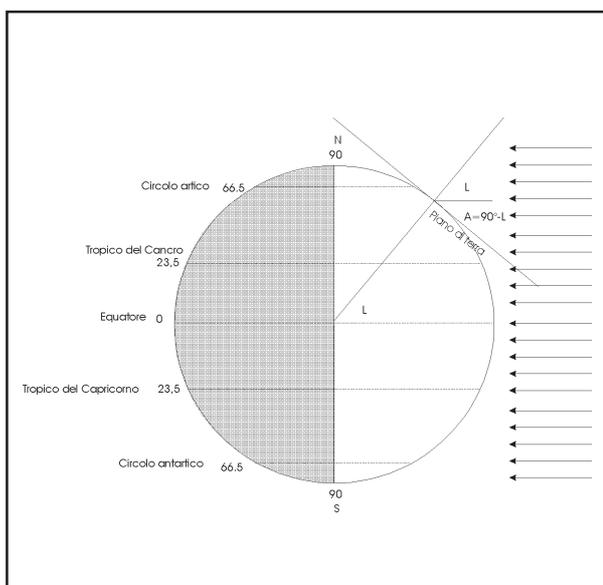


6.8 La legge del coseno ci dice che l'ammontare di radiazione solare ricevuta da una superficie decresce come l'angolo formato dalla normale alla superficie stessa

### 6.9 Declinazione e ascensione retta



6.10 Angolo di Altitudine. Durante gli equinozi l'angolo di altitudine  $A$  a mezzogiorno in qualsiasi posto della terra equivale a  $90^\circ$  - la latitudine  $L$ .



#### 6.1.4. Angolo di Altitudine

L'angolo verticale con cui i raggi solari colpiscono la terra si chiama **angolo di altitudine** ed è funzione della latitudine geografica. Il caso più semplice lo troviamo a mezzogiorno durante l'equinozio, quando i raggi del Sole sono perpendicolari alla terra sull'equatore. Per trovare l'angolo di altitudine del Sole ad ogni latitudine basta disegnare il piano di terra tangente alla terra a quella latitudine. L'angolo di altitudine è uguale a  $90^\circ$  meno la latitudine. Ci sono due importanti conseguenze derivanti dall'angolo di altitudine sul clima e le stagioni.

Il primo effetto dell'angolo di altitudine è che per angoli bassi di altitudine i raggi del Sole passano più facilmente attraverso l'atmosfera. Conseguentemente, la radiazione che colpisce il terreno si sarà notevolmente modificata.

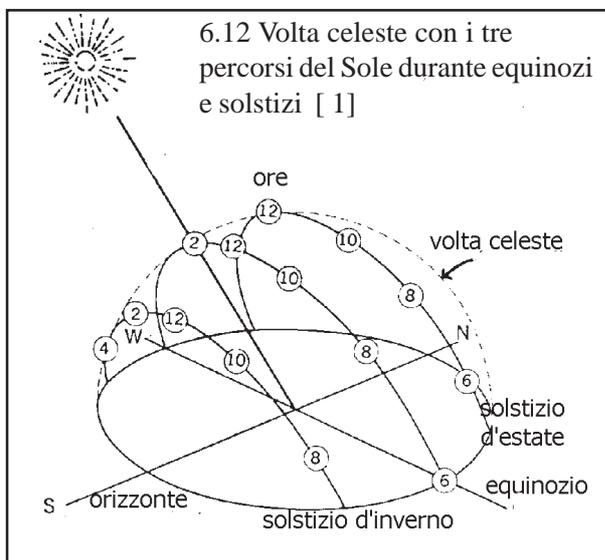
Il caso estremo avviene al tramonto e la radiazione ci appare di colore rosso. Questo accade a causa dell'assorbimento selettivo riflessione e rifrazione della radiazione dei raggi solari nell'atmosfera. Il secondo effetto dell'angolo di altitudine detto **legge del coseno** ci dice che i raggi di Sole illumineranno una area più vasta quanto più bassi saranno in cielo.



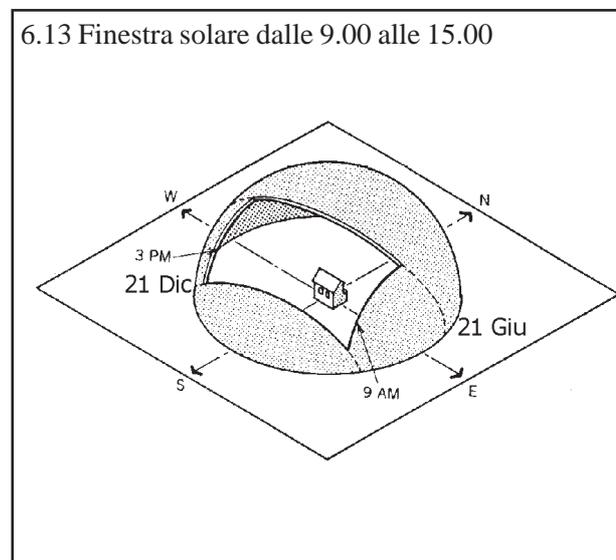
6.11 sezione della vista est della finestra solare

La quantità di luce del Sole ricevuta da una superficie si modifica con il coseno dell'angolo tra il Sole e la normale alla superficie.

L'immagine che segue raffigura una immaginaria volta celeste posizionata sopra al terreno in cui è posto un edificio. Sono indicate le ore in cui i raggi del Sole penetrano nella volta celeste. Quando tutti i punti di un



6.12 Volta celeste con i tre percorsi del Sole durante equinozi e solstizi [ 1 ]



6.13 Finestra solare dalle 9.00 alle 15.00

### 6.1.5. Determinazione dell'altitudine e dell'angolo di Azimut

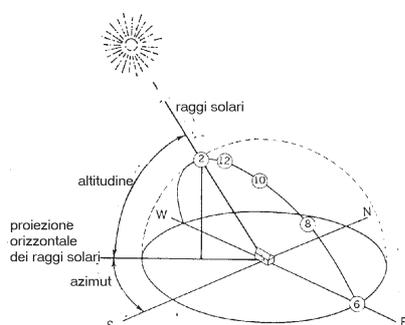
L'altitudine si misura tramite un piano verticale e l'angolo di azimut si misura con un piano orizzontale. La proiezione orizzontale dei raggi solari giacciono sulla linea di terra. L'angolo verticale di questa proiezione con i raggi solari è chiamata altitudine, che ci dice quanto alto sia il Sole sul livello del mare. L'angolo orizzontale, che si misura con una linea tracciata da nord a sud, è chiamato azimut o angolo di Bearing. Tale angolo ci indica quanto dista il Sole ad est od ovest dal sud. L'azimut è misurato da sud e mai da nord. L'acqua e le particelle di polvere disperdono la radiazione solare, così che in giornate nuvolose, umide, o il pulviscolo, la radiazione diffusa diventa la dominante forma di energia solare.

#### Il giorno

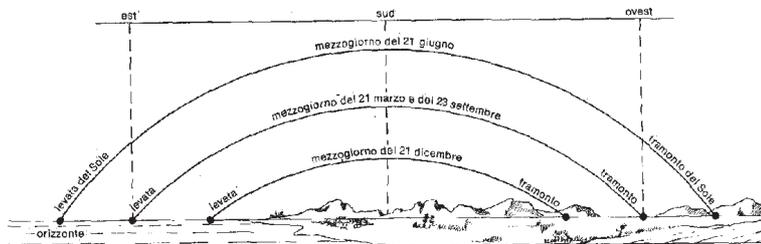
La durata dell'unità di misura del tempo, è il giorno, si può calcolare in diversi modi, a seconda che riferiamo la durata della rotazione terrestre ad una stella o al Sole, possiamo distinguere il giorno sidereo o il giorno solare.

Il giorno sidereo è l'intervallo di tempo compreso fra due passaggi consecutivi di una stella sullo stesso meridiano; la sua durata, è di 23<sup>h</sup> e 56<sup>m</sup>, ossia corrisponde al tempo necessario alla Terra per compiere un'intera rotazione.

<sup>[1]</sup> Da Architectural Graphic Standards Ramsey/Sleeper 8<sup>th</sup> ed. John R. Hoke, ed. copyright John Wiley, 1988.



6.14 Altitudine e Azimut



6.15 Moto apparente del Sole

Il giorno solare vero è l'intervallo di tempo compreso fra due passaggi consecutivi del Sole sullo stesso meridiano, tale intervallo è più lungo di circa 4 minuti del giorno sidereo poiché, l'estrema vicinanza del Sole in confronto ad altre stelle, lo spostamento che la Terra compie attorno al Sole mentre effettua la sua rotazione non è più trascurabile. Quindi il giorno solare ha la durata di 24 ore (23<sup>h</sup> e 56<sup>m</sup> del giorno sidereo + 4 minuti). È da precisare inoltre che il giorno solare vero non è una misura costante a causa della differente velocità del moto di rivoluzione della Terra, è superiore a 4 minuti nei primi giorni di gennaio e inferiore a 4 minuti nei primi giorni di luglio.

L'impossibilità di utilizzare il giorno sidereo, sempre in ritardo rispetto a quello solare, ed il giorno solare variabile nella sua durata, ha fatto nascere la necessità di trovare una unità di misura costante, il giorno solare medio, che rappresenta la media aritmetica di tutti i giorni solari di un anno. Il giorno solare medio si divide in 24 ore, di cui ognuna si divide a sua volta in 60 minuti primi e ciascuno di questi in 60 minuti secondi.

Anche l'anno, si può calcolare in diversi modi, a seconda che riferiamo la durata della rivoluzione della Terra al ritorno del Sole o al ritorno del Sole alla medesima altezza in un punto noto, così abbiamo l'anno sidereo e l'anno solare. L'anno sidereo corrisponde con l'intervallo di tempo tra due passaggi consecutivi del Sole per uno stesso punto dell'eclittica riferito ad una stella. Esso misura il tempo di una completa rivoluzione della Terra, 365<sup>g</sup> 6<sup>h</sup> 9<sup>m</sup> 10<sup>s</sup> (in giorni solari medi), pertanto risulta essere 20<sup>m</sup> e 24<sup>s</sup> più corto dell'anno sidereo.

L'anno solare è il periodo di tempo compreso fra due passaggi successivi del Sole all'equinozio di primavera esso ha la durata di 365<sup>g</sup> 5<sup>h</sup> 48<sup>m</sup> 46<sup>s</sup> (in giorni solari medi).

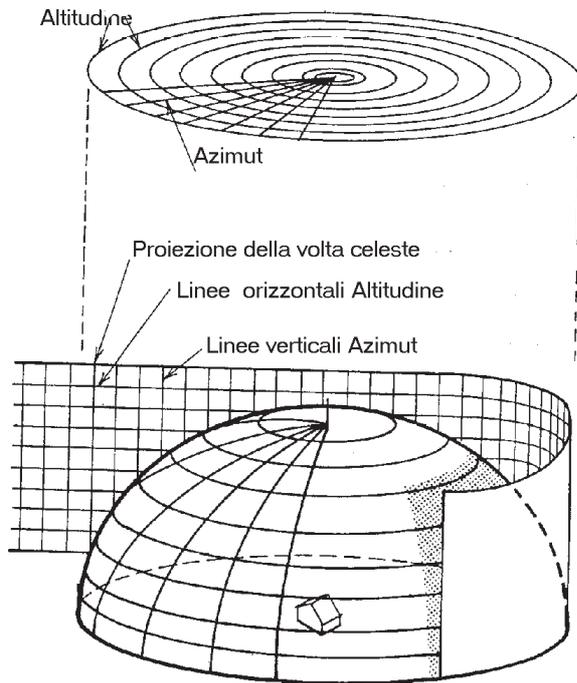
### 6.1.6. Ora solare

La velocità di rotazione della Terra attorno al Sole varia con l'avvicinarsi e l'allontanarsi ad esso, aumenta più che si avvicina e diminuisce con l'allontanarsi. Queste variazioni di velocità della Terra determinano una variazione tra l'ora solare e quella terrestre.

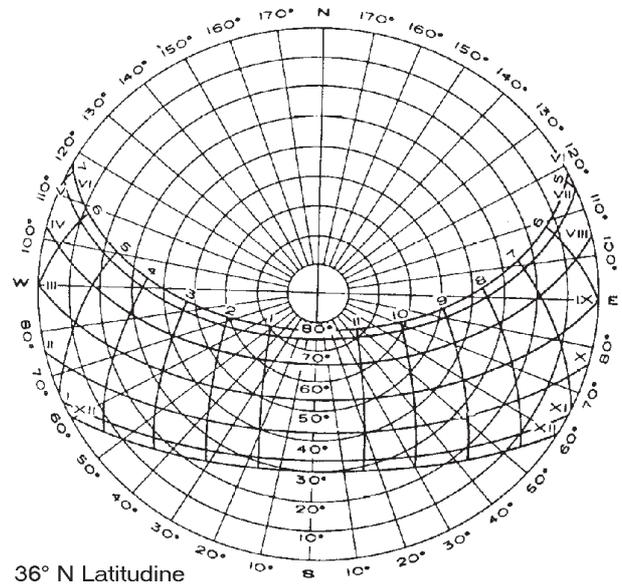
Una volta noti gli angoli dell'altezza e dell'azimut è possibile stabilire la posizione del Sole nel cielo e tracciarne il percorso durante il giorno semplicemente collegando i punti che rappresentano le posizioni del sole nelle diverse ore del giorno. Le linee rappresentano il percorso del sole per il ventesimo giorno di ciascun mese. Il percorso solare è più lungo durante i mesi estivi e più corto in quelli invernali, essendo il sole, in tali mesi molto basso sull'orizzonte.

Collegando le ore del giorno su ciascun percorso solare otteniamo delle linee che rappresentano le ore del giorno. Il diagramma che ne deriva rivela giorno dopo giorno e ora dopo ora la posizione del sole.<sup>[2]</sup>

<sup>[2]</sup> I diagrammi solari verticali e polari sono disponibili nel testo di Cristina Benedetti, Manuale di architettura bioclimatica, Maggioli ed. Rimini, 1994.



6.16 Derivazione del tracciato orizzontale e verticale del diagramma solare



6.17 Diagramma solare orizzontale

### 6.1.7. Calcolo delle ombre con sistemi geometrici

L'analisi geometrica della radiazione solare diretta disponibile può essere analizzata con 5 metodi base chiamati:

1. Rilievo grafico
2. Metodo manuale trigonometrico (poco usato)
3. Analisi al computer basandoci su sistemi trigonometrici e grafici
4. Uso di modelli in scala con luce naturale (simulazione)
5. Modelli in scala utilizzando l'eliodon, macchina che produce meccanicamente il fascio di luce che crea il sole nel corso del giorno al variare delle stagioni.

### 6.1.8. Diagramma del tracciato solare polare o cilindrico

Sebbene gli angoli di altitudine e di azimut si possono ottenere attraverso tabelle, può essere comunque più conveniente avere le informazioni desiderate attraverso il diagramma del tracciato solare polare.

In questo diagramma è rappresentata la volta celeste ma attraverso una griglia. Sono inoltre disegnate le linee di altitudine e di azimut così come sul globo terrestre sono indicate longitudine e latitudine. Quando il tracciato del Sole viene proiettato su un piano orizzontale, abbiamo il **diagramma del tracciato solare**, come è mostrato nell'immagine. Il sistema di coordinate impiegato è centrato sull'osservatore e usa come riferimento il piano dell'orizzonte. Le circonferenze concentriche rappresentano gli angoli di altezza solare costante sopra l'orizzonte, con incrementi di 10 gradi. Le linee radiali rappresentano gli angoli azimutali costanti con incrementi di 10 gradi. Il cerchio di raggio massimo che limita il diagramma è quello caratterizzato dal sorgere e tramontare del Sole.

In questi diagrammi il tracciato del Sole il 21 di ogni mese è indicato da dei numeri Romani (es: XII sta per Dicembre). Le ore del giorno sono indicate lungo il tracciato solare di Giugno (VI). Gli anelli concentrici descrivono l'altitudine e le linee radiali l'azimut. Il diagramma del tracciato solare per 36° latitudine nord è mostrato in figura 6.17.

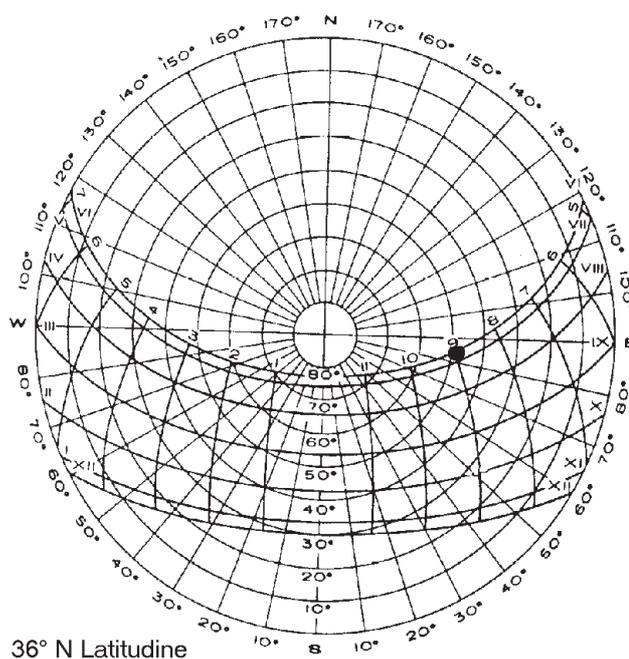
Esempio: Trovare l'altitudine e l'azimut del Sole a Bari il 21 Giugno alle 9am.

1 passo: trovare la latitudine di Bari. Per la latitudine si può utilizzare il diagramma solare per 36° nord

2 passo: sul diagramma del tracciato solare cerca l'intersezione per il 21 Giugno (curva VI) e la linea delle 9am

3 passo: trovare l'altitudine nei cerchi concentrici che dovrebbe essere 85°

4 passo: dalle linee radiali trovare l'azimut che è 48° Est di sud



### 6.1.9. Diagramma del tracciato solare verticale

Il diagramma di Bennett mostra come le proiezioni verticali della volta celeste possono essere sviluppate. È da notare, come il punto all'apice è individuato da una linea. Conseguentemente, notevoli distorsioni sono presenti per le altitudini.

Le linee orizzontali rappresentano gli angoli di altezza costante sopra l'orizzonte, con incrementi di 10 gradi.

Le linee verticali rappresentano gli angoli azimutali costanti con incrementi di 15 gradi.

Gli angoli di Altitudine e di Azimut si trovano in un modo simile rispetto al diagramma polare.

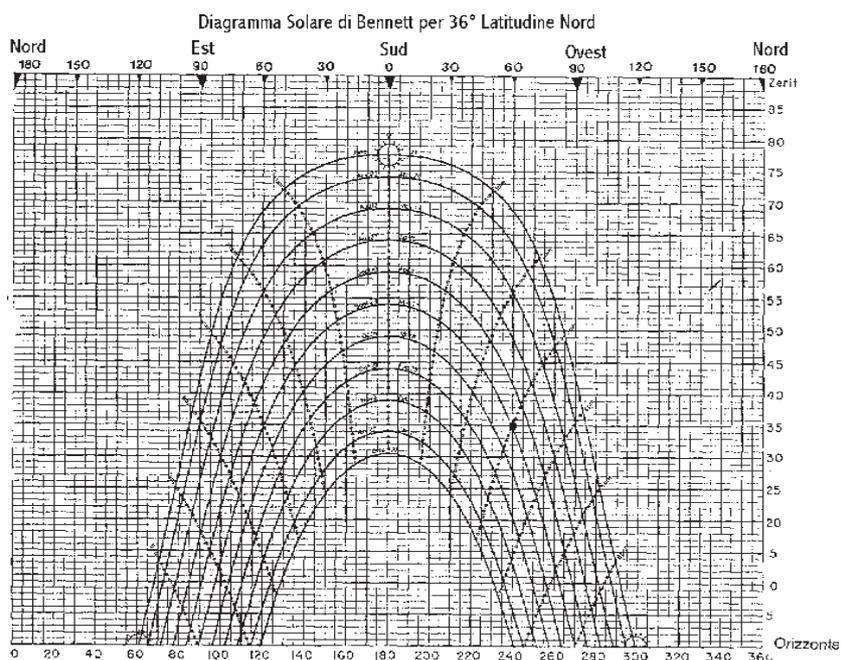
Esempio: trovare Altitudine e Azimut del Sole per la città di Taranto il 21 Marzo alle 15.00

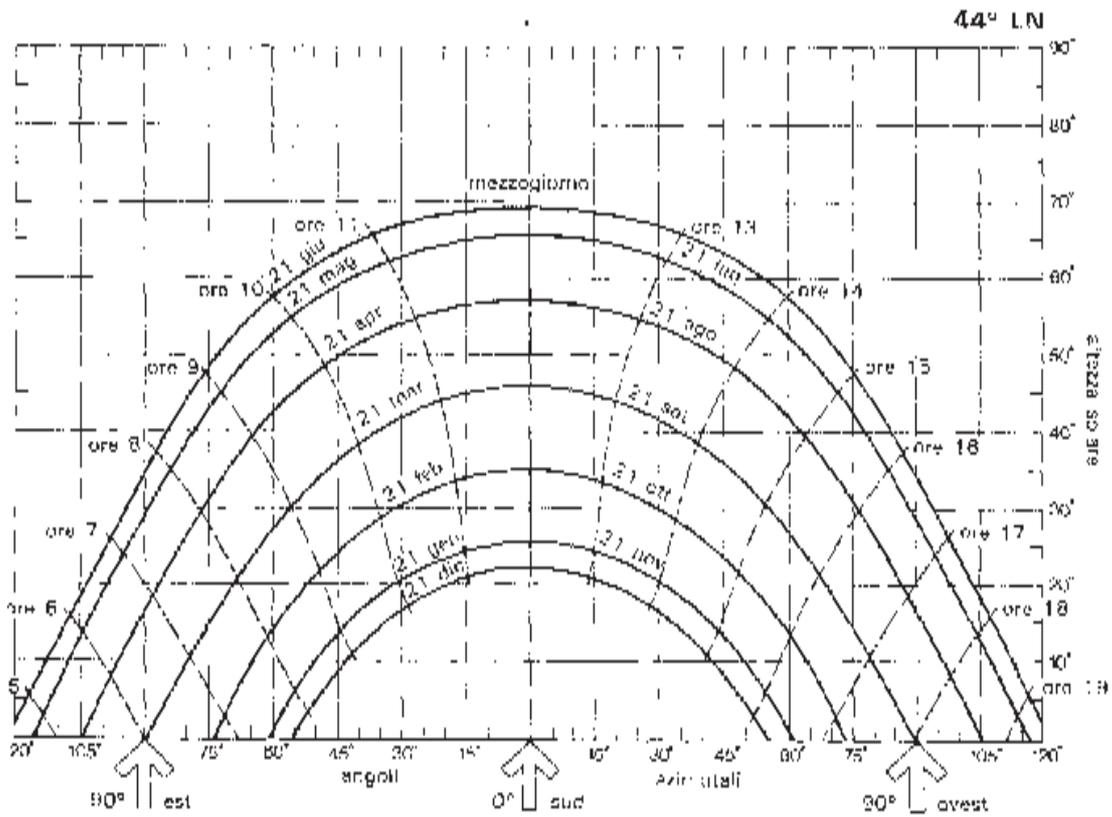
1 passo: Scegliere l'appropriato diagramma solare per Taranto la latitudine è 35° 41' pertanto possiamo usare il diagramma del 36°

2 passo: trovare l'intersezione delle curve per il 21 Marzo alle 15.00

3 passo: Dalla scala superiore orizzontale si trova l'azimut 240° ovest di sud

4 passo: dalla scala verticale si trova l'altitudine che è circa 35°





6.18 Diagrammi solari verticali. (Da E. Mazria, Sistemi Solari passivi).

