

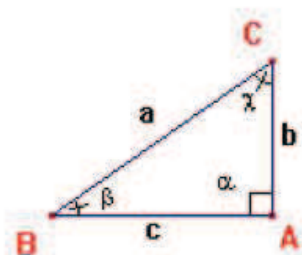
## PARTE II. ANALISI DELLE POTENZIALITA' DEI SISTEMI SOLARI FOTVOLTAICI O SOLARI TERMICI INTEGRATI NELLE COPERTURE DEGLI EDIFICI

Per creare la mappa del soleggiamento è stato utilizzato il software GRASS GIS ed in particolare il tool "*r.sun*". Di seguito si dettaglia la procedura da utilizzare per ottenere l'output desiderato:

□ Inserire il DSM dell'area oggetto di indagine. Il DSM viene ottenuto sovrapponendo al DTM gli edifici (di cui si dispone dell'altezza) e le coperture a falde. Si è assunto innanzitutto che un tetto potesse avere due tipologie di copertura: piana o a falde inclinate e che questa distinzione fosse valida solo per gli edifici residenziali (target della nostra analisi). Tutti gli edifici non residenziali hanno pertanto nel modello una copertura piana. In seguito, basandosi sui valori di varianza dell'altezza attribuita ai poligoni degli edifici residenziali, sono stati estratti gli edifici con copertura a falde inclinate: tutti gli edifici con varianza inferiore ad uno sono stati considerati con copertura piana, mentre, viceversa, tutti gli edifici con valore superiore ad uno disponevano di una copertura a falde inclinate.

Per quanto concerne l'inclinazione delle falde, per gli edifici dotati di questa tipologia di copertura, si può ipotizzare un'inclinazione di  $20^\circ$ , che rappresenta un valore medio dell'intervallo riscontrabile per la Regione Piemonte ( $17^\circ$ - $24^\circ$ ).

La ricostruzione virtuale delle coperture a falde inclinate necessita di due passaggi ulteriori: la ricostruzione delle falde e la loro "sovrapposizione" agli edifici. La ricostruzione delle falde è stata realizzata utilizzando lo strumento "*Buffer*" del software QGIS 1.8, creando poligoni interni a quelli rappresentanti la proiezione a terra delle coperture degli edifici. I poligoni interni devono essere generati ad una distanza standard (nel nostro caso pari a 0,5 metri) e ad essi deve essere attribuita una quota altimetrica standard (0,18 metri). Ciò permette di rappresentare in modo realistico il tetto, consentendo l'imposizione di una certa inclinazione alla falda (in questo caso  $20^\circ$ ).



$$\beta = 20^\circ$$

$$\gamma = 70^\circ$$

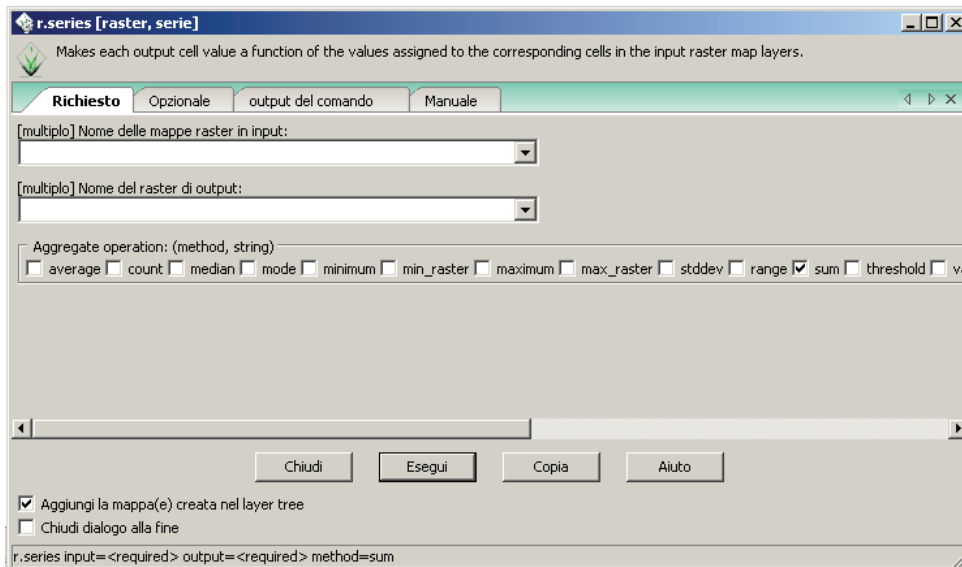
$$\alpha = 90^\circ$$

$$c = 0,5 \text{ metri}$$

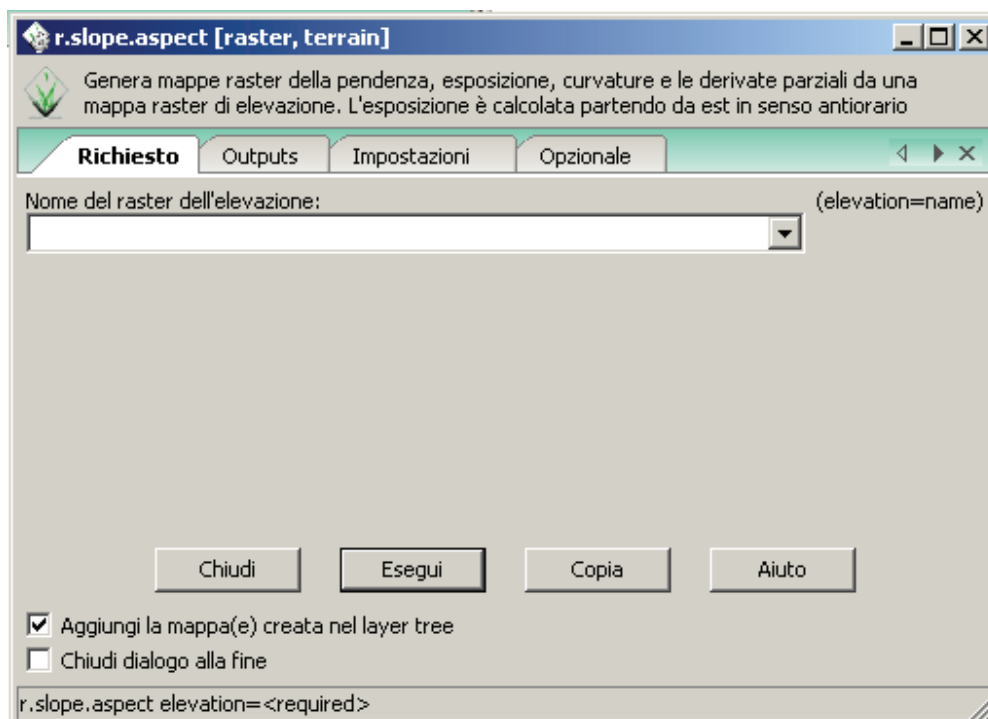
$$a = c / \cos \beta$$

$$b = a * \sin \beta$$

La sovrapposizione dei livelli è stata ottenuta utilizzando il modulo *r.series*.



□ Il software richiede inoltre una mappa dell'esposizione del terreno e degli edifici ed una mappa della pendenza (che possono essere generate attraverso lo strumento **"r.slope.aspect"** del software GRASS GIS utilizzando come dato di input il Digital Surface Model).



□ Calcolare latitudine e longitudine: il modulo *r.sun* calcola in automatico la latitudine e longitudine dell'area oggetto di indagine, prendendo come riferimento spaziale il centro della mappa raster di cui al punto precedente.

□ Specificare i giorni rappresentativi delle caratteristiche climatiche dei dodici mesi dell'anno. Si opta pertanto per l'elaborazione di dodici mappe tematiche, con una mappa finale di sintesi su base annuale. I dodici giorni rappresentativi sono stati schematizzati nella tabella seguente.

Mese:	giorni	giorno medio	n	Gon [W/m2]	E [min]	$\delta$ [°]
gennaio	31	17	17	1345	-9,3	-20,92
febbraio	28	16	47	1335	-14,2	-12,95
marzo	31	16	75	1374	-9,4	-2,42
aprile	30	15	105	1322	-0,2	9,41
maggio	31	15	135	1383	3,9	18,79
giugno	30	11	162	1326	0,8	23,09
luglio	31	17	198	1406	-6,0	21,18
agosto	31	16	228	1378	-4,7	13,45
settembre	30	15	258	1322	4,6	2,22
ottobre	31	15	288	1379	14,4	-9,60
novembre	30	14	318	1406	15,3	-18,91
dicembre	31	10	344	1412	7,1	-23,05

□ Il software richiede inoltre di impostare la frequenza oraria, ovvero il tempo trascorso tra un calcolo di irraggiamento ed il successivo. La frequenza oraria non rappresenta in questo caso l'intervallo temporale utilizzato per la creazione della mappa tematica, ma si riferisce solamente al livello di dettaglio di calcolo con cui il software crea la mappa. Ai fini del presente lavoro si imposta la frequenza oraria pari a tre ore. Il software GRASS GIS ingloba al suo interno una mappa solare, ovvero una rappresentazione che specifica la posizione apparente del sole, così come varia nel tempo, in un certo luogo. La posizione del sole, cioè gli angoli di azimut e di zenit, è calcolata dal software basandosi sulla latitudine e longitudine, sul giorno dell'anno e l'ora del giorno, usando formule astronomiche standard.

□ Impostare i parametri corretti relativi al modello di cielo. In particolare lo strumento *r.sun* necessita di due valori essenziali: il flusso di radiazione diffusa sulla radiazione totale ed il fattore di torbidità di Linke, che esprime il grado di limpidezza del cielo ed influisce sia sull'intensità della radiazione diretta, sia su quella diffusa. Il flusso di radiazione diffusa sulla totale serve a quantificare inoltre il flusso di radiazione diretta, che è al primo complementare. Lo strumento *r.sun* permette

eventualmente di specificare anche la componente riflessa della radiazione solare, specificando il coefficiente di albedo.

## Il calcolo della irradiazione diretta e diffusa

Nel presente lavoro sono stati utilizzati i valori di irradiazione diretta e diffusa presenti nel sito di PVGIS (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>) per tutti i Comuni della Provincia di Torino (in mancanza di dati misurati le componenti di irradiazione diretta e diffusa possono essere calcolate con i modelli di sole presenti in appendice).

Per ciascuno dei dodici mesi dell'anno è stata quindi calcolata la ripartizione percentuale delle due componenti, diretta e diffusa che servono a calcolare successivamente l'irradiazione solare globale.

Per realizzare le mappe della radiazione diretta e diffusa, richieste dal modulo *r.sun*, si è proceduto associando ad alcuni Comuni della Provincia, distribuiti in modo omogeneo sul territorio, i rispettivi valori di irradiazione esportati da PVGIS. In seguito, i valori sono stati interpolati per coprire totalmente la superficie provinciale. L'interpolazione è stata effettuata attraverso il software QGIS 1.8, utilizzando il modulo "*Interpolazione*" all'interno del menu "Raster".

## Il calcolo del fattore di turbidità di Linke

Il fattore di turbidità di Linke esprime il grado di limpidezza del cielo ed influisce sia sull'intensità della radiazione diretta che su quella diffusa. Nel presente lavoro sono stati utilizzati i dati proposti nel manuale di GRASS GIS suddivisi per categoria di uso del suolo (montagna, campagna, città, industria):

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	annual
mountains	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0	2.3	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.5	1.90
rural	2.1	2.2	2.5	2.9	3.2	3.4	3.5	3.3	2.9	2.6	2.3	2.2	2.75
city	3.1	3.2	3.5	4.0	4.2	4.3	4.4	4.3	4.0	3.6	3.3	3.1	3.75
industrial	4.1	4.3	4.7	5.3	5.5	5.7	5.8	5.7	5.3	4.9	4.5	4.2	5.00

Per poter rappresentare cartograficamente gli usi del suolo della Provincia di Torino ed in seguito associarvi i valori del coefficiente di torbidità di Linke, è stata scaricata la mappa vettoriale Corine Land Cover aggiornata all'anno 2006 dal seguente sito internet: <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/coperturasuolo>.

In seguito è stata estratta la parte relativa alla Provincia di Torino dalla mappa relativa all'Italia e sono stati applicati i coefficienti utilizzando il linguaggio SQL (esempio del mese di gennaio):

```
CASE
WHEN "LIVELLO1" = 'Territori agricoli'
THEN 2.1
WHEN "LIVELLO1" = 'Territori boscati e ambienti semi naturali'
THEN 1.5
WHEN "LIVELLO1" = 'Corpi idrici'
THEN 1.5
WHEN "LIVELLO2" = 'Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione'
THEN 4.1
WHEN "LIVELLO2" = 'Zone estrattive, discariche e cantieri'
THEN 4.1
ELSE 3.1
END
```

Infine sono state rasterizzate le mappe vettoriali utilizzando il software QGIS 1.8, ed in particolare il modul **"Rasterizzazione"** dal menu "Raster".

□ Il software **r.sun** restituisce a questo punto una mappa della radiazione giornaliera media mensile captata dal territorio oggetto di indagine, considerando sia la morfologia del terreno che gli ingombri tridimensionali degli edifici. La mappa esprime l'irraggiamento in Wh/mq. E' importante tuttavia calcolare anche l'irraggiamento cumulato mensile ed annuo e l'irraggiamento giornaliero medio annuo per ogni copertura di edificio.