

Scuola di speleologia di Cagliari della CNSS-SSI



Speleo Club di Cagliari

Il Rilievo delle Cavità sotterranee

Paolo Salimbeni

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Salimbeni', written in a cursive style.



**Comitato
Esecutivo
Regionale
Sardegna**

**Commissione
Nazionale
Scuole
di Speleologia**



Anno 7E510

Testi Tecnici

Prima edizione: 01 / 1999
Ultima edizione: 10 / 2021

Prefazione

La **Speleologia** si sa, è una scienza *pluridisciplinare*, spaziando ad esempio dalla *tecnica esplorativa* alla *geologia*, dalla *bio-speleologia* all'*idrogeologia*, dalla *meteorologia ipogea* all'*ecologia*; l'elenco delle discipline comprese in quella che brevità è chiamata semplicemente **Speleologia** è, ovviamente, molto più esteso ed articolato comprendendo, ad esempio, anche e la *geodesia* e la *cartografia* e le *tecniche dell'orientamento* e la *topografia*.

In questa dispensa, nella quale si parla di *topografia*, o più puntualmente di *rilievo topografico ipogeo*, si è cercato di fornire, al lettore, un quadro che sembra sufficientemente esaustivo sia degli *strumenti* necessari per l'acquisizione dei dati sia delle *procedure* da utilizzare nello svolgimento delle operazioni sia e del trattamento e dell'elaborazione, nella restituzione dei dati, sia degli *elaborati grafici* ottenuti a compimento del lavoro.

L'Autore

L'Autore sarà grato a tutti coloro che gli segnaleranno eventuali errori od imprecisioni (sono graditi anche o consigli od opinioni).

via P. Cavaro, 73 09131 Cagliari
 cellulare: +39 3493897629
 e-mail: p.salimba@gmail.com

Questa ed altre dispense, sempre dello stesso Autore, nel sito di **Paolo Salimbeni** «<http://www.paolosalimbeni.it>»; vedi in: **Dispense**.

Dello stesso Autore, e nel medesimo sito, alcune presentazioni in **PowerPoint**; vedi in: **Presentazioni**.

Copyright © Paolo Salimbeni

Tutti i diritti sono riservati, a norma di legge ed a norma delle convenzioni internazionali; nessuna parte dell'opera può essere riprodotta, tradotta o diffusa, in qualsiasi forma o sistema (per fotocopia, microfilm, supporti magnetici, o qualsiasi altro procedimento), o rielaborata o trasmessa, con l'uso di sistemi elettronici, senza l'autorizzazione scritta dell'autore. . . . **o no ?!**

All rights reserved, no part of this book may be reproduced, who may quote brief passages or reproduce illustrations in un review with appropriate credit; nor ay any part of this book be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means electronic, photocopying, recording, or other without permission in writing from the Author. . . . **or not ?!**

Il rilievo delle cavità sotterranee

Definizione

Il **rilievo ipogeo** può essere definito come «*le operazioni necessarie per determinare la posizione relativa di un insieme di punti, appartenenti ad una porzione di spazio, convenientemente distribuiti ed in numero sufficiente a dare, di quella porzione, una rappresentazione adeguata agli scopi che l'operatore si prefigge*».

Esso (il rilievo ipogeo) è «*una rappresentazione grafica sul piano, ridotta, approssimata, simbolica*» di una cavità o di una sua parte.

E' una **rappresentazione grafica sul piano** poiché l'insieme delle raffigurazioni è costituito essenzialmente da uno o più *elaborati grafici* (disegni) eseguiti, sul *piano* del foglio, in modo tale da descrivere, più dettagliatamente possibile, una cavità od una sua parte.

E' **ridotta** poiché ogni dimensione lineare, riportata *sul disegno*, è inferiore alla corrispondente dimensione lineare, misurata *nella realtà*, di un certo numero di volte (ne riparleremo in seguito, nel paragrafo «**La scala del disegno**»).

E' **approssimata** poiché tutte le misure, sia quelle *lineari* sia quelle *angolari*, sono affette da un certo errore dovuto all'imprecisione sia degli strumenti utilizzati sia delle procedure seguite; l'errore dipende inoltre dall'abilità dei rilevatori.

E' **simbolica** poiché quali elementi chiarificatori si usano dei *segni convenzionali* (simboli) non in scala e, in genere non riproducenti le forme reali, i quali hanno valore informativo ed esplicativo (ne riparleremo più avanti nel paragrafo «**L'iconografia ipogea**»).

A causa dell'enorme complessità morfologica, che caratterizza la maggior parte delle grotte, non è certamente possibile cercare di ottenere una riproduzione che abbia la stessa precisione imposta al rilievo o di porzioni di territorio esterne o d'opere artificiali.

Il rilievo ipogeo deve pertanto essere mirato a fornire la rappresentazione d'insieme di uno spazio tridimensionale (grotta) offrendone un quadro attendibile e soprattutto completo nelle informazioni basilari, per mezzo d'elaborati grafici sufficientemente precisi, ma facilmente interpretabili.

Perché un rilievo

Il rilievo di una cavità ipogea è sempre un lavoro e lungo e faticoso e impegnativo (e per alcuni anche noioso); perché dunque dedicargli e tanto tempo e tante energie?

La risposta è più semplice e ovvia è certamente la seguente.

Per accatastare una grotta

Esiste, infatti, un Catasto regionale delle Grotte della Sardegna (un Catasto delle cavità carsiche ipogee esiste anche nelle altre regioni) il quale conserva e gestisce tutti gli elaborati grafici, i dati, le informazioni, relativi ad ogni grotta rilevata dai gruppi speleologici.

Vi sono, parimenti, altri motivi.

Per pianificare ulteriori esplorazioni

L'esame del rilievo (la pianta, lo Spaccato) fornisce utili indicazioni su eventuali possibili prosecuzioni.

Per valutare possibili collegamenti

Posizionando i rilievi di due o più grotte sulla Carta topografica, si possono individuare le zone in cui è più probabile un loro congiungimento.

Per eseguire studi particolari

Lo studio delle correnti d'aria può fornire valide indicazioni sia sulle dimensioni della cavità sia su possibili prosecuzioni.

Per fornire informazioni peculiari

La situazione idrogeologica esistente all'interno di una cavità carsica, od anche all'interno di un complesso carsico, è una delle tante.

I Sistemi di riferimento

Coordinate cartesiane ortogonali sul piano euclideo, Coordinate polari sul piano euclideo, Coordinate polari nello spazio euclideo

Per individuare la posizione sia *assoluta* sia *relativa*, dell'insieme di punti che caratterizzano uno spazio, è necessario stabilire un *sistema di riferimento locale* nel quale sia immerso lo spazio considerato.

Per eseguire correttamente sia il rilievo sia la restituzione dei dati ottenuti da misurazioni o dirette od indirette, in cavità ipogee, è indispensabile la conoscenza di almeno i seguenti sistemi di riferimento:

Coordinate cartesiane ortogonali sul piano euclideo

Si considerino, in un piano euclideo, sia un punto «O» (**origine**) sia due rette, fra loro ortogonali e passanti per «O» (**assi cartesiani**), che indicheremo l'una, generalmente orientata nella direzione «Ovest-Est», con la lettera «X» e l'altra, generalmente orientata nella direzione «Sud-Nord», con la lettera «Y».

L'insieme sia del punto «O» sia delle due rette «X» e «Y», su ciascuna delle quali è stato fissato, a partire da «O», un verso positivo e un'unità di misura «u», costituiscono un **sistema di riferimento piano cartesiano ortogonale**.

In considerazione del fatto che lo strumento più comunemente utilizzato, nei rilevamenti di cavità naturali, è il *declinatore magnetico* (bussola), l'Autore ritiene opportuno far coincidere l'asse «Y» (denominandolo ora asse «N») con la direzione del *campo magnetico terrestre*, passante per il punto «O», ed il suo verso positivo con la semiretta diretta verso il *nord magnetico*.

L'asse delle «X» (denominandolo ora asse «E») lo farà coincidere pertanto con la direzione ortogonale all'asse «Y» (*Ovest-Est magnetico*), passante per «O», ed il suo verso positivo con la direzione della semiretta diretta verso l'*est magnetico*.

Una volta fissato il *sistema di riferimento sul piano* («N-E» con origine «O») si consideri un generico punto «G», diverso da «O», appartenente ad esso.

La parallela all'asse «N», passante per «G», incontrerà l'asse «E» nel punto «G_E»; La parallela all'asse «E», passante per «G», incontrerà l'asse «N» nel punto «G_N».

Le **Coordinate cartesiane** di un generico punto «G» sono i due numeri reali «e» (misura algebrica del segmento «OG_E») e «n» (misura algebrica del segmento «OG_N»); più precisamente «e» è l'**ascissa** di «G» mentre «n» è l'**ordinata** di «G»;

Si può pertanto affermare che: **un riferimento piano cartesiano ortogonale, nel piano euclideo, determina una corrispondenza biunivoca fra i punti «G», del piano, e le coppie ordinate di numeri reali e «e» e «n»**; le coordinate piane cartesiane ortogonali di «G» s'indicano comunemente con G(e, n).

Osservazioni

In *topografia*, per convenzione internazionale, l'asse delle «X» corrisponde all'asse delle «E» e l'asse delle «Y» corrisponde all'asse delle «N»; per contro, è differente il senso di rotazione, dei valori angolari, assunto come positivo: antiorario in geometria analitica, orario in topografia.

L'Autore, per evitare confusioni, preferisce riservare, agli assi del sistema, la denominazione «X» e «Y» per la descrizione teorica (geometria analitica) e utilizzare, per contro, la denominazione «N» ed «E» nelle applicazioni pratiche (topografia applicata).

L'asse «N» rappresenta la direzione delle ordinate, mentre l'asse «E» rappresenta la direzione delle ascisse.

Coordinate polari sul piano euclideo

Si considerino, sul piano *euclideo*, sia un punto «O» (**polo**) sia una retta orientata «a» (**asse polare**), passante per esso, sia un'unità di misura «u».

Se «P» è un generico punto del piano, diverso da «O», il segmento «OP» (**raggio vettore**), di lunghezza «ρ» (rispetto all'unità di misura «u»), e l'angolo orientato «θ» (**anomalia** del punto «P») che la semiretta uscente da «O», e passante per «P», forma con la semiretta positiva dell'asse «a», costituiscono un **sistema di riferimento polare**.

Seguendo lo stesso principio applicato in precedenza, l'*asse polare* «a» (denominato ora «N») coinciderà con la direzione del *campo magnetico terrestre*, passante per il punto «P», ed il suo verso positivo sarà individuato dalla direzione del *polo nord magnetico*.

L'angolo «θ» coinciderà pertanto con l'*azimut magnetico* e sarà calcolato in senso orario, a partire dalla direzione «N», per tutto l'angolo giro; da 0^{rad} a 2π^{rad} (da 0° a 360°).

Si può pertanto affermare che: **Un riferimento polare sul piano determina una corrispondenza biunivoca fra i punti «P», del piano, e le coppie ordinate di numeri reali e «ρ» e «θ»**; le coordinate polari piane di «P» s'indicano comunemente con: P(ρ, θ).

Coordinate polari nello spazio euclideo

Si considerino, nello spazio, sia un punto «O» (**polo**) sia una retta orientata «a» (**asse polare**), passante per esso, sia un semipiano «α» uscente da «a» (**semipiano polare** o **semipiano origine**) sia un'unità di misura «u».

Indicando con «S» un generico punto nello spazio, diverso da «O», possiamo denominare la semiretta con origine in «O», e passante per «S», con «r» e il semipiano con origine in «a», e contenente «S», con «π».

Definiamo come **Coordinate polari spaziali** del punto «S»: la misura «ρ» (**raggio vettore**) del segmento «OS», l'angolo «θ» che il semipiano «α» forma, nel verso positivo di rotazione (nel nostro caso verso orario), con il semipiano «π» (**azimut** o **longitudine**), l'angolo

convesso « ψ » che la semiretta positiva « r » forma con la semiretta orientata «OS» (**colitudine** o **distanza zenitale**).

Si può pertanto affermare che: *Un riferimento polare nello spazio determina una corrispondenza biunivoca fra i punti «S», dello spazio, e le terne ordinate di numeri reali e « ρ », e « θ », e « ψ »; le coordinate polari spaziali di «S» s'indicano comunemente con $S(\rho, \theta, \psi)$.*

Le *Coordinate cartesiane ortogonali nello spazio* possono, in questa sede, essere tralasciate non rivestendo un ruolo fondamentale come le altre tre; sono utilizzate, alcune volte, per costruire o l'*assonometria* della cavità o, elaborando ulteriormente i parametri noti, la sua rappresentazione prospettica.

Trasformazione fra coordinate piane

fra le Coordinate Polari e le Coordinate Cartesiane ortogonali

Dato un riferimento *polare*, si vuole associare ad esso un riferimento *cartesiano ortogonale* nel quale: l'origine «O» ed il *semiasse positivo* «N» sono i medesimi.

Si hanno le seguenti *formule di corrispondenza*:

$$\text{dalle coordinate Polari alle coordinate Cartesiane ortogonali} \quad \begin{cases} e = \rho \cdot \sin(\theta) \\ n = \rho \cdot \cos(\theta) \end{cases}$$

o viceversa:

$$\text{dalle coordinate Cartesiane ortogonali alle coordinate Polari} \quad \begin{cases} \rho = \sqrt{e^2 + n^2} \\ \theta = \arctng\left(\frac{e}{n}\right) \end{cases}$$

Essendo: e = valore delle ascisse nelle *Coordinate ortogonali* – n = valore delle ordinate nelle *Coordinate ortogonali* – ρ = lunghezza del raggio vettore (lunghezza planimetrica del segmento considerato) – θ = anomalia magnetica (angolo compreso fra la direzione della retta orientata «a» ed il raggio vettore « ρ »).

Le poligonali

il rilievo, le poligonali, le livellette, i capisaldi, la distanza spaziale, l'azmut magnetico, l'angolo zenitale

Il **rilievo** di una cavità si basa sul preventivo *rilievo* di una *poligonale*, utilizzata come *ossatura portante*, sulla quale appoggiare tutte le altre misure.

Possiamo definire le **poligonali** come «*delle spezzate costituite da successivi segmenti orientati che individuano, nello spazio, altrettante livellette* (chiamate altresì o *tratte* o *batte*) determinate, in modo univoco, dai tre parametri: la *lunghezza spaziale* « ρ », l'*azimut magnetico* « θ » (angolo azimutale od orizzontale), l'*angolo d'elevazione* « α » (angolo zenitale o verticale)».

Le **poligonali** possono essere anche considerate «*l'insieme delle spezzate (livellette), che uniscono punti consecutivi (Capisaldi o Vertici), concatenate fra loro per mezzo di Coordinate polari nello spazio, considerando come origine «O», del sistema di riferimento locale d'ogni coppia di capisaldi, il vertice che precede*».

La **lunghezza spaziale** « ρ » è la distanza, corrispondente al *raggio vettore* (o livelletta), fra due capisaldi consecutivi «Q» e «G» o, in altre parole, è il segmento (la distanza o lunghezza spaziale) compreso fra due capisaldi consecutivi.

Il **nord magnetico** «Nm», in un punto «G», è la direzione delle linee di forza del *campo magnetico* passante per «G»; l'ago calamitato dei declinatori magnetici (bussole) si dispone sempre lungo tale direzione.

Per i nostri scopi, possiamo considerare che in assenza di evidenti anomalie magnetiche, peraltro o conosciute o prevedibili, l'ago calamitato indica sempre la direzione del nord magnetico «Nm».

L'**azimut magnetico** « θ », di un punto «G» rispetto ad un punto «Q», è l'angolo orizzontale formato dalla direzione del *campo magnetico terrestre* «Nm», passante per «Q», e la direzione della proiezione, sul piano orizzontale, del *segmento* «QG»; è misurato in senso orario (destrorso) o da $\theta^\circ = 0^\circ$ a $\theta^\circ = 360^\circ$ (se espresso in gradi *sessagesimali* o *sessadecimali*) o da $\theta^g = 0^g$ a $\theta^g = 400^g$ (se espresso in gradi *centesimali*).

L'**angolo zenitale** o **d'elevazione** « ϕ », di un punto «G» rispetto ad un punto «Q», è l'angolo verticale formato dalla direzione «QG» ed il piano orizzontale passante per «Q»;

può essere o positivo o negativo ed è misurato o da $\varphi^\circ = 0^\circ$ ad $\varphi^\circ \pm 90^\circ$ (se espresso in gradi *sessagesimali*) o da $\varphi^g = 0^g$ a $\pm \varphi^g = 100^g$ (se espresso in gradi centesimali).

L'angolo « φ » è positivo se il punto «G» si trova ad una quota superiore del punto «Q»; quando per eseguire la lettura angolare dobbiamo puntare lo strumento verso l'alto.

L'angolo « φ » è negativo se il punto «G» si trova ad una quota inferiore del punto «Q»; quando per eseguire la lettura angolare dobbiamo puntare lo strumento verso il basso.

Le *poligonal*i si dicono «**chiuse**» quando l'ultimo vertice coincide con il primo, «**aperte**» in caso contrario, «**a raggiera**» quando le singole tratte si dipartono tutte da un medesimo vertice e raggiungono, ciascuna, un proprio secondo vertice; le poligonal*i a raggiera* sono un caso particolare di poligonal*i aperte*.

Le *poligonal*i *chiuse* possono essere compensate; sapendo che il primo e l'ultimo vertice devono coincidere e constatando l'eventuale non coincidenza, si possono mettere in atto procedimenti matematici per forzare tale coincidenza.

Le *poligonal*i *aperte* (e quelle *a raggiera*), per contro, non possono essere compensate; nel rilievo ipogeo si utilizzano molto spesso, purtroppo, le *poligonal*i *aperte*.

La strumentazione di base

Per le misure: lineari, angoli orizzontali, angoli verticali

Premessa

Gli strumenti idonei per essere utilizzati nei rilievi in grotta, devono rispondere a particolari requisiti; impermeabilità all'acqua, buona resistenza sia all'elevata umidità relativa sia al fango sia all'ossidazione sia alla corrosione sia agli inevitabili urti, facilità e semplicità di lettura anche in situazioni disagiate e con scarsa illuminazione.

Solo in grotte molto particolari e per ragioni specifiche, possono essere utilizzati strumenti topografici *evoluti* come o i tacheometri o i teodoliti o le stazioni totali.

Per la misura delle distanze

I **Nastri metrici**: chiamati, impropriamente, anche o Rollette (spesso) o *Cordelle* o *Rondelle* (qualche volta) o, peggio, *Bindelle* (orribile) servono per la misura delle dimensioni lineari; si possono anche chiamare col termine più generico di **Longimetri** [App. «c»].

Sono costituiti da un involucro rigido contenente un nastro non estensibile, o di plastica o di tela o di metallo, su cui sono riportate delle divisioni in centimetri, meglio se in maniera indelebile; i più pratici, almeno nell'ambito speleologico, ritengo siano quelli in tela plastificata, rinforzata con fibre o di vetro o sintetiche, lunghi venti metri (doppi decametri).

I **distanziometri elettronici** (tipo: **Sonin, Darr**, ecc.) sono composti di due unità che utilizzano, per la determinazione delle distanze, un sistema misto ultrasuoni-infrarossi; rappresentano un'ottima alternativa ai longimetri.

Recentemente sono stati messi in commercio alcuni distanziometri (tipo: **Leica Disto™ X310, Stanley TLM 300**, ecc.), a raggi infrarossi, i quali operano con sistemi ad interferenza rendendo possibile misurazioni fra un caposaldo e punti inaccessibili; pratici, maneggevoli ed economici (per questo tipo di strumento) si sono rivelati, durante alcune prove pratiche, precisi ed affidabili anche se con qualche riserva (ovviamente quelli provati!).

Il famoso **Topofilo**, costituito da una bobina di filo a perdere (biodegradabile) e da un contagiri meccanico, mosso da un rocchetto di frizione, su cui agisce il filo mentre è sfilato dalla scatola, nel quale è contenuto il tutto, non incontra le mie simpatie.

Ritengo infine utilissimo avvalersi anche di un *doppio metro* metallico (riavvolgibile a molla); il suo impiego è sicuramente più pratico, e più rapido (rispetto ad altri distanziometri), specie nelle misure o di *brevi* lunghezze o di *strette* larghezze (fino a $1,8 \div 2,0$ m).

Per la misura degli angoli orizzontali

Le **Bussole**: chiamate anche **Declinatori magnetici** servono per la misura degli angoli **azimutali** « θ » (angoli orizzontali).

Sono costituite essenzialmente da un *disco magnetizzato*, su cui è incisa la graduazione (o in gradi *sessagesimali* o in gradi *centesimali*), libero di ruotare sul piano orizzontale e racchiuso in un involucro rigido amagnetico (o in lega o in plastica), da un sistema di puntamento e da un sistema di lettura per mezzo del quale si eseguono le misure attraverso od un mirino od una lente o un prisma [vedi Appendice «a», pagina 49].

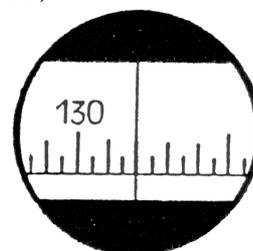
La graduazione del *cerchio goniometrico* può essere sia sinistrorsa o antioraria (bussola levogiro) sia destrorsa od oraria (bussola destrogiro); la mia preferenza ricade, ovviamente, su quest'ultima che ha un'evidente maggiore comodità d'uso.

In alcune bussole sono presenti ambedue le graduazioni (diretta ed inversa) con le quali è possibile eseguire, sul cerchio graduato, la lettura dell'*azimut reciproco*, utile in alcune particolari situazioni (vedi il paragrafo «**Le misure anomale**»).

In [fig. 01] è raffigurato il cerchio graduato di una bussola generica in cui si vedono e le suddivisioni e i relativi valori.

La graduazione procede da destra verso sinistra; se noi giriamo in senso orario il valore letto aumenta (l'azimut aumenta), se giriamo in senso antiorario in valore diminuisce.

Questa constatazione può essere sfruttata per un controllo e semplice e rapidissimo atto a scoprire banali errori di lettura: se la grotta gira a destra l'azimut aumenta (il valore della lettura aumenta), se la grotta gira a sinistra l'azimut diminuisce (il valore della lettura diminuisce).



[fig. 01]

Precisazioni

Quanto appena detto può venire sconfessato in casi particolari: se stiamo percorrendo una galleria con azimut di 350° e questa piega ad est di 40° , noi leggeremo un azimut di soli 30° (il valore della lettura è diminuito), ma l'essere passati da 350° a 30° ci dovrebbe comunque confortare della correttezza dell'ultima lettura.

Generalmente l'angolo giro è diviso in 360° (gradi sessagesimali), ma si sta usando, sempre più frequentemente, la suddivisione in 400^g (gradi centesimali); in questa dispensa si continuerà ad usare i gradi sessagesimali.

Per aumentare la prontezza dello strumento, l'ago calamitato è, nelle bussole «serie» (da utilizzare a mano libera, senza l'ausilio del treppiede), immerso in un liquido o di glicerina o di un composto d'alcoli (bussole a bagno d'olio); con quest'accorgimento l'ago non solo raggiunge più celermente la posizione d'equilibrio (aumenta la *prontezza*), ma, inoltre, si stabilizza (riduce notevolmente le proprie oscillazioni) rendendo più precise le letture al cerchio graduato (si dovrebbe poter stimare i 0.5°).

L'ago calamitato è ovviamente influenzato dalla vicinanza di masse magnetiche; è bene pertanto prestare molta attenzione, durante le operazioni di lettura, a non avvicinare troppo la bussola ad elementi ferromagnetici (apparato illuminante, moschettoni d'acciaio, ecc.).

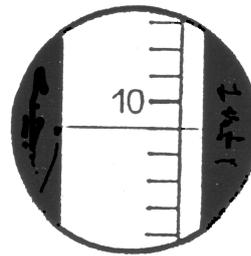
Le bussole studiate espressamente per il rilievo speleologico sono spesso dotate di una luce interna (o a batteria o al tritio o al . . .) la quale facilita, non poco, le letture.

Per la misura degli angoli verticali

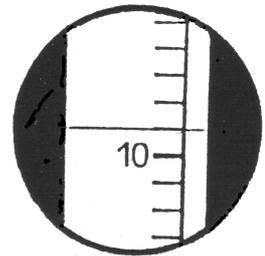
Gli **Eclimetri**: indicati ormai, nell'ambito speleologico, o come *clinometri* (termine che non mi piace), o come *inclinometri* (termine da evitare poiché riservato ad altro specifico strumento); servono per la misura degli **angoli zenitali** « ϕ » (angoli verticali) [vedi Appendice «b», pagina 51].

Sono costituiti essenzialmente da un semicerchio graduato, generalmente in gradi sessagesimali, da un sistema di puntamento, da un pendolino che, ad asse di collimazione orizzontale, indica lo zero su di una scala graduata; anche gli eclimetri, parimenti alle bussole, possono essere dotati di una luce interna.

In [fig. 02a] [fig. 02b] è raffigurato il cerchio graduato di un eclimetro generico in cui si vedono e le suddivisioni e i relativi valori.



[fig. 02a]



[fig. 02b]

Nel caso si stia eseguendo una lettura con lo strumento puntato verso l'alto (pendenza positiva) si leggerà: in [fig. 02a] $+11^\circ$, in [fig. 02b] $+9^\circ$.

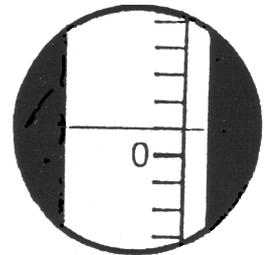
Nel caso si stia eseguendo una lettura con lo strumento puntato verso il basso (pendenza negativa) si leggerà, invece, in [fig. 02a] -9° , in [fig. 02b] -11° .

Tutto ciò implica che se si punta lo strumento verso l'alto, i valori angolari aumentano andando dall'alto verso il basso, mentre se si punta lo strumento verso il basso, i valori angolari aumentano andando dal basso verso l'alto.

Nel caso la pendenza del terreno sia minima, potrebbe risultare problematico stimare se

l'inclinazione è o positiva o negativa, ma dotti di quanto abbiamo appena detto, abbiamo le *armi* per superare tale ambiguità.

In [fig. 03a] lo zero è sotto la linea di fede (la numerazione sta andando dal basso verso l'alto) per cui lo strumento è puntato verso il basso, la pendenza è negativa «-».



[fig. 03b]

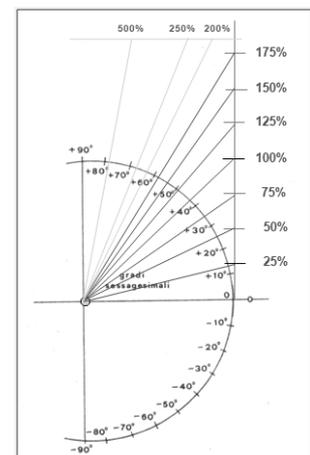
In [fig. 03b] lo zero è sopra la linea di fede (la numerazione sta andando dall'alto verso il basso) per cui lo strumento è puntato verso l'alto, la pendenza è positiva «+».

In alcuni eclimetri è presente anche la scala che fornisce il valore della pendenza dell'angolo misurato (scala *clisimetrica*), anzi più precisamente fornisce la pendenza percentuale che è uguale alla tangente dell'angolo moltiplicata per cento.

Quest'ultima scala è, dal punto di vista del rilievo speleologico, completamente inutile, ed è pertanto difficile, all'Autore, comprendere il motivo della sua presenza; meglio forse avrebbero agito, i fabbricanti, se avessero utilizzato un'unica scala (quella dei gradi) ed avessero aumentato la visibilità delle sue cifre.

In [fig. 04] è rappresentato l'andamento dei valori delle pendenze percentuali rispetto all'andamento dei valori angolari.

Nel caso, per contro, si utilizzassero sia la bussola sia l'eclimetro elettronici, le informazioni, fin qui pazientemente esposte, sull'uso dei due strumenti, possono essere tranquillamente dimenticate, anzi meglio, possono non essere state mai acquisite.



[fig. 04]

La modulistica necessaria

libretto delle misure, fogli quadrettati, libretto degli appunti

Il **libretto delle misure** o **libretto di grotta** è costituito da un certo numero di fogli fermati, con un sistema rapido (tipo clip), su un supporto rigido (di plastica o di legno) delle stesse dimensioni; è conveniente che i fogli riportino, già prestampato, uno schema sul quale annotare i valori di tutte le misure che saranno eseguite.

Consigli

L'Autore consigliava di dipingere il retro della tavoletta, su cui sono sistemati i moduli, di vernice bianca (se già non lo fosse), in modo da usarla come elemento riflettente, sfruttando la luce del casco, per illuminare il cerchio graduato, sia della bussola sia dell'eclimetro, e facilitare così le letture che non sempre risultano agevoli.

Nel caso poi si dovesse sporcare di nerofumo (e non è raro) basta semplicemente passarli un'altra mano di vernice bianca.

Il «viziato» di usare, quale riflettore, il candido retro dei fogli su cui si stanno segnando le misure passa, in genere in maniera traumatica, dopo la prima volta che ci si vede costretti a ripetere il lavoro, spesso di alcune ore, solo perché è andato in fumo.

Finalmente, per contro, l'illuminazione principale elettrica a LED si sta ora diffondendo e sta coinvolgendo un numero sempre più ampio di speleologi; il rischio «dell'incendio dati» potrà essere così finalmente scongiurato.

In [tab. 01] è riportata una copia dello schema comunemente utilizzato dall'Autore per i suoi rilievi in grotta.

| Foglio n° | | Grotta: | | | | | | | | Data: | | | | | |
|-----------|-----|----------|--------|-----------|----|-------------|---|---|-----------|-------|------------|---|---|-----|---|
| Stazione | | Distanza | Azimut | Inclinaz. | | Larghezza m | | | Altezza m | | Dislivello | R | | | |
| n | n+1 | m | θ° | ± | φ° | S | ← | ⇒ | D | A | ↑ | B | ↓ | ± m | N |
| | 0 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | a |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

[tab. 01]

Nella prima riga vi sono gli spazi per segnare il *numero d'ordine* del foglio, il *nome* della grotta, la *data* in cui sono state eseguite le misure.

Prendendo in esame la seconda riga, si ha:

Nella prima colonna: «**Stazione**» si segnano i vertici (capisaldi) fra i quali sono state eseguite le misure; i vertici sono generalmente indicati con numeri progressivi.

Nella seconda colonna: «**Distanza**» si segna la distanza spaziale « $\rho_{n\ n+1}$ » fra i vertici considerati (quella letta sul decametro o con altro distanziometro).

Nella terza colonna: «**Azimut**» si segna l'angolo orizzontale « $\theta_{n+1\ n}$ » (quello letto alla bussola) formato dalla direzione del Nord magnetico (Nm) con la direzione della proiezione, sul piano orizzontale, della retta passante per i due vertici considerati.

Nella quarta colonna: «**Inclinazione**» si segna l'angolo verticale « $\phi_{n+1\ n}$ » (quello letto all'eclimetro) formato dal piano orizzontale con la retta passante per i due vertici; il valore deve essere preceduto da un «+» se la pendenza è verso l'alto, *salita*, da un «-» se la pendenza è verso il basso, *discesa*.

Nella quinta colonna: «**Larghezza**» si segnano le larghezze misurate sul secondo vertice considerato; la colonna è divisa in due parti per indicare separatamente sia le misure dal vertice *verso sinistra* sia quelle dal vertice *verso destra*.

Nella sesta colonna: «**Altezza**» si segnano le altezze misurate sul secondo vertice; la colonna è divisa in due parti per indicare separatamente sia le misure dal vertice *verso l'alto* sia quelle dal vertice *verso il basso*.

Nella settima colonna: «**Dislivello**» si segnano eventuali dislivelli compresi fra il primo ed il secondo vertice (gradoni, camini, pozzi) per i quali, a mio giudizio, risulta più comodo usare una colonna a parte.

Nell'ottava colonna: «**R**» (*riferimenti*) si indicano i riferimenti, per eventuali note od osservazioni, da riportare nell'apposito *modulo*.

Osservazioni

Nelle precedenti edizioni di questa dispensa, ho riportato, come **libretto delle misure**, quello da me sempre utilizzato; in questa ho scambiato le posizioni delle misure relative alle altezze: dal caposaldo verso il basso (B ↓), dal caposaldo verso l'alto (A ↑).

Il motivo di tale scelta risiede nel voler uniformare lo schema a quello utilizzato da **Federico Cendron** nel suo programma (software) progettato per il disegno di rilievi ipogei; programma che l'Autore sta iniziando ad impiegare.

Ho, inoltre, sostituito i punti, separatori fra la parte intera e la parte decimale di un numero, con la più corretta virgola.

I **fogli quadrettati**: si deve poter disporre inoltre di un certo numero di fogli sui quali riportare sia uno schizzo a vista (*abbozzo di campagna*) della parte che sta rilevando sia eventuali ulteriori misure ed indicazioni.

In [tab. 02] è riportato un esempio del modulo comunemente utilizzato dall'Autore.

Composizione della squadra di rilevatori

Premessa

La squadra dei rilevatori dovrebbe essere composta da un minimo di tre persone, tutte peraltro con un'ottima preparazione ed esperienza, le quali, preferibilmente, abbiano già lavorato assieme (le conoscenze individuali e l'affiatamento di squadra sono il presupposto indispensabile per una rapida e corretta esecuzione del rilievo).

Come operare

Un **Operatore «O»** (chiamato altresì, purtroppo, «*Strumentista*») che regge o il capo iniziale del longimetro, o il modulo trasmittente di un distanziometro a due elementi, tipo Daar, o il distanziometro elettronico laser, e che collabora ad eseguire le misure lineari.

Esegue inoltre le misure angolari, sia alla bussola (angoli azimutali od orizzontali) sia all'eclimetro (angoli zenitali o di elevazione).

Un **Collaboratore «C»** che regge o l'altro capo del longimetro o il modulo ricevente di un distanziometro tipo **Darr** ed esegue la lettura delle distanze; è suo compito inoltre dedicarsi al rilievo delle eventuali *Sezioni trasversali* prendendo la misura (in casi particolari dovrebbe chiedere la collaborazione del Disegnatore), sia delle larghezze sia delle altezze, nei punti prescelti ed eseguendone il disegno.

Un **Disegnatore «D»** che riporta i valori, comunicatigli sia da «O» sia da «C», ed esegue, nel frattempo, un disegno a vista della cavità (sia della *Pianta* sia dello *Spaccato*).

Molto spesso per contro ci si trova ad operare soltanto in due; in questo caso la scelta migliore mi sembra quella in cui l'**Operatore**, oltre ad eseguire le normali misure, riporti anche i valori, letti agli strumenti, e svolga anche il compito del **Disegnatore** (non molti, temo, saranno d'accordo nello *scaricare* quasi tutte le *incombenze* su una sola persona).

La scelta migliore sembra, in ultima analisi, quella di adattare, di volta in volta, le procedure sia al numero ed alla disponibilità delle persone sia alle capacità personali di ogni componente sia alle caratteristiche morfologiche degli ambienti.

Nel seguito, per non creare inutili complicazioni si considererà una squadra composta di due soli rilevatori senza far troppa attenzione a chi, dei due, esegue materialmente le misurazioni; s'ipotizza inoltre di eseguire il rilievo iniziando dall'ingresso della cavità.

Gli elaborati grafici

la Pianta, lo Spaccato (Sezione longitudinale), le Sezioni trasversali

Il fine ultimo di tutte le operazioni di misura che si andranno a compiere, è quello di ricavare un disegno della cavità che sia attendibile ed esplicativo.

Alla luce dell'enorme complessità morfologica della grotta, la sua rappresentazione, anche la più elementare, esige più elaborati grafici, concettualmente differenti.

La **Pianta** è la rappresentazione planimetrica ottenuta proiettando la grotta su di un piano orizzontale (è un po' come se asportassimo tutta la roccia sovrastante la cavità e guardassimo quest'ultima dall'alto) [dis. 01].

Il disegno raffigura la cavità delineando i contorni soltanto delle massime ampiezze planimetriche, degli ambienti, senza fornire alcuna indicazione sull'altimetria.

Nel caso di grotte particolarmente complesse, impostate su più livelli sovrapposti, converrà, alcune volte, suddividere l'intera rappresentazione in più parti indicando chiaramente in quale modo le varie porzioni devono ricombinarsi fra loro.

Considerazioni

In questo modo, un eventuale pendio «A-B» (piano inclinato) non si vedrà (in pianta) della lunghezza della *livellotta* «p» (il segmento «A-B» misurato direttamente nello spazio o con un longimetro o con un qualsiasi altro distanziometro), ma apparirà della lunghezza della sua proiezione ortogonale su di un piano orizzontale.

Ammettiamo di aver eseguito le seguenti misure:

$$L = \text{«A-B»} = \text{«p»} = 13.9 \text{ m}; \quad \varphi = 28^\circ$$

otterremo allora:

$$b = \text{«A-B'»} = L \cdot \cos(\varphi) = 13.9 \cdot 0.8829 = 12.27 \text{ m}$$

ed è questa la *misura* che dobbiamo riportare sulla pianta.

Lo **Spaccato** o **Sezione longitudinale** è la rappresentazione altimetrica ottenuta dall'intersezione della cavità con dei piani verticali, consecutivi e generalmente non allineati; tutti i piani, con l'immagine del profilo altimetrico della grotta, sono infine resi complanari (rettifica della poligonale) [dis. 02].

Il disegno raffigura la cavità delineando esclusivamente il profilo sia del pavimento sia della volta senza fornire alcuna informazione sull'ampiezza dei vani.

Le **Sezioni trasversali** sono la rappresentazione altimetrica ottenuta dall'intersezione della cavità con un piano generalmente *verticale* che interseca lo *Spaccato*; solo in casi molto rari e per ragioni particolari le sezioni possono essere ottenute dall'intersezione della cavità con un piano ortogonale alla tratta di poligonale; in questo caso, le *Sezioni trasversali* risultano *verticali* nelle gallerie *orizzontali*, risultano con inclinazione *variabile* nelle gallerie *inclinate* (oblique), risultano *orizzontali* nelle gallerie *verticali* (pozzi).

L'insieme sia della *Pianta* sia dello *Spaccato* non sono mai sufficienti, in genere, a raffigurare, in modo compiuto, l'esatta forma dei contorni degli ambienti ipogei che si stanno percorrendo; ad una medesima rappresentazione (il complesso della *Pianta* e dello *Spaccato*) possono corrispondere, infatti, innumerevoli sagome evidenziabili esclusivamente con le *Sezioni trasversali* [dis. 04].

In un rilievo complesso, si esegue generalmente più di una *sezione trasversale* [dis. 03] alla stessa scala con cui sono state eseguite e la *Pianta* e lo *Spaccato*.

Queste ultime, oltre a fornire una chiara idea della percorribilità, consentono inoltre di formulare delle ipotesi realistiche sulla genesi e sull'evoluzione geologica della cavità.

Prima digressione

Analizzando il **libretto di grotta**, notiamo che le misure trasversali, sia quelle orizzontali (larghezze) sia quelle verticali (altezze), sono divise in due parti: sia e dal caposaldo verso sinistra e dal caposaldo verso destra sia e dal caposaldo verso l'alto e dal caposaldo verso il basso.

Il motivo di una tale complicazione, peraltro necessaria, risiede nella necessità di eseguire misure il più possibili precise.

Analizziamo la procedura per il rilievo dello Spaccato

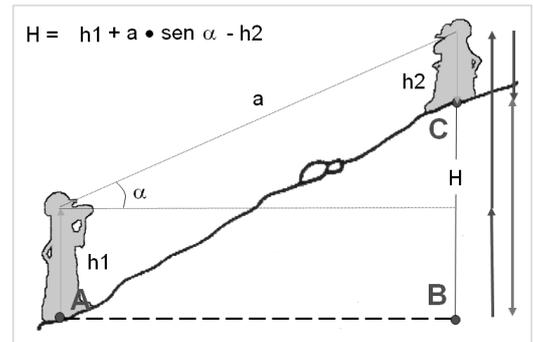
Se dal caposaldo «1», ad un'altezza di «h1» sopra il pavimento «A», si punta l'eclimetro verso il caposaldo «2», ad un'altezza di «h2» sopra il pavimento «C», si legge l'angolo « α ».

A cagione, però, del fatto che le due altezze sono differenti « $h1 \neq h2$ », la *livellina* (il segmento) «a» non sarà parallelo al terreno [fig. 05].

Per questa ragione, applicando la nota formula trigonometrica « $X = a \cdot \text{sen } \alpha$ » non si otterrebbe il dislivello fra «C» e «B», ma, in questo caso, un valore inferiore, dato che « $h1 > h2$ », nel caso fosse « $h1 < h2$ » si otterrebbe, per il dislivello fra «C» e «B», un valore superiore (anche se spesso sarà solo leggermente differente).

Per ottenere il valore corretto del dislivello fra il punto «C» ed il punto «B», al valore di «X» si deve aggiungere l'altezza «h1» e sottrarre l'altezza «h2».

Conoscere l'altezza da terra di ciascun caposaldo diviene, pertanto, indispensabile.



[fig. 05]

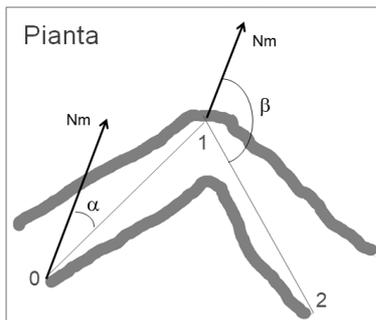
Analizziamo la procedura per il rilievo della Pianta

Allo stesso principio s'informa la procedura per il rilievo della Pianta.

Ipotizziamo [fig. 06] che, per esempio, si debba posizionare: il caposaldo «0» a ridosso della parete destra all'ingresso del primo tratto di galleria, il caposaldo «1» a ridosso della parete sinistra della congiunzione fra i due tratti di galleria, il caposaldo «2» a ridosso della parte destra all'uscita del secondo tratto di galleria.

Per riportare correttamente, in un secondo momento, tutti i dati così acquisiti, dovremmo tener conto delle misure: da ogni caposaldo verso sinistra, da ogni caposaldo verso destra.

Nel caso non tenessimo conto delle indicazioni indispensabili, peraltro presenti nel libretto delle misure, ma considerassimo come se i capisaldi fossero situati tutti nel punto medio delle sezioni, otterremo la [fig. 07] che sarebbe molto

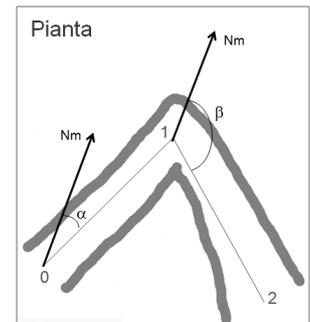


[fig. 06]

differente dalla forma reale del nostro tratto di grotta.

Per capirci meglio, se noi non considerassimo la misura della larghezza divisa in due parti: dal caposaldo verso sinistra, dal caposaldo verso destra, ma considerassimo un'unica misura dovremmo poi ipotizzare, mancando qualsiasi altro riferimento che i capisaldi si trovino nel punto medio delle larghezze ottenendo un disegno notevolmente differente dalla realtà.

Forse ho anticipato e alcune nozioni ed alcuni procedimenti; per chi non possedesse già le competenze necessarie a comprendere appieno il discorso, consiglio di leggersi prima la parte di dispensa attinente questo argomento, fino a pagina 30, e, nel caso, ritornare, solo in seguito, a questo paragrafo.



[fig. 07]

Il procedimento per l'acquisizione dei dati

Premessa

E' sempre buona norma, prima di iniziare le operazioni per un rilievo, eseguire una *ricognizione attenta* della cavità al fine di valutarne la complessità, rendersi conto delle eventuali difficoltà da superare, scegliere i punti più idonei fra i quali eseguire le misure, stimare il tempo necessario a svolgere il lavoro.

Una procedura largamente seguita dall'Autore, almeno per le cavità relativamente semplici, e di non eccessiva estensione, consiste nell'eseguire il rilievo durante la via del ritorno (andando verso l'uscita) sfruttando l'esplorazione iniziale per compiere una perlustrazione veloce, ma pur sempre utile.

Curiosità

Per contraddistinguere i *capisaldi* (vertici o punti poligonometrici) si può utilizzare, al posto della più comune numerazione in cifre arabe: «0, 1, 2, . . . , n», la *numerazione Porro* (dal nome dell'insigne topografo italiano **Ignazio Porro**) assegnando ad ogni caposaldo la lettera minuscola iniziale di ciascuna cifra che compone il numero.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 ecc.
z u d t q c s e o n uz uu ud ut ecc.

Come si può notare, il *sette*, che dovrebbe essere indicato con una «s», è distinto con una «e» (dal greco eptà) per differenziarlo dal *sei*.

Questo metodo è comunemente usato dall'Autore durante i suoi rilievi, in cavità ipogee, ma qui lo ignoreremo, dispensando il lettore dal doverne subire l'applicazione e rivolgendoci a favore della più comune, e più intuitiva, numerazione con numeri arabi.

Immaginiamo, tanto per sviluppare un discorso il più possibile realistico, di dover eseguire il rilievo della grotta rappresentata nel [dis. 05].

Qualche lettore, particolarmente perspicace, coglierà la mal celata contraddizione nel mio voler spiegare come eseguire il *rilievo di una grotta* partendo proprio dal *rilievo di una grotta*; purtroppo non ho alcuna valida obiezione da contrapporre a quest'acuta osservazione per cui preferisco semplicemente ignorarla.

Per prima cosa si devono eseguire le *misure* relative al solo caposaldo «0» (punto iniziale), i valori sia delle *altezze* sia delle *larghezze*, presenti nella [tab. 01], sono, infatti, sempre riferiti al secondo caposaldo [dis. 02].

Per prima cosa si devono eseguire le *misure* relative al solo caposaldo «0» (punto iniziale), i valori sia delle *altezze* sia delle *larghezze*, presenti nella [tab. 01], sono, infatti, sempre riferiti al secondo caposaldo [dis. 02].

Si ricavano pertanto i valori corrispondenti:

alla *larghezza* nel caposaldo «0», distinta in due parti: dal punto «0» verso sinistra «L_S0», dal punto «0» verso destra «L_D0» (le larghezze devono essere misurate orizzontalmente).

all'*altezza* nel caposaldo «0» ugualmente distinta in due parti: dal punto «0» verso il basso «h_B0», dal punto «0» verso l'alto «h_A0».

I risultati sono infine trascritti come riportato in [tab. 04].

| Foglio n° 1 | | Grotta: Non d'appu agattara mancu oi | | | | | | Data: 31/02/11 | | | | | | | | |
|-------------|-----|--------------------------------------|--------|-----------|----|-------------|---|----------------|-----|------------|---|-----|---|---|---|---|
| Stazione | | Distanza | Azimut | Inclinaz. | | Larghezza m | | Altezza m | | Dislivello | | R | | | | |
| n | n+1 | m | θ° | ± | φ° | S | ← | ⇒ | D | A | ↑ | B | ↓ | ± | m | N |
| | 0 | | | | | 3,8 | | | 1,5 | 3,3 | | 0,0 | | | | |
| | | | | - | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

[tab. 04]

Mentre «0» si ferma, con la bussola, l'eclimetro ed il capo iniziale del longimetro, all'imboccatura della cavità (punto zero «0»), «C» si reca, con l'altro capo del doppio decametro e col doppio metro metallico a molla, al punto «1».

La posizione del secondo caposaldo è scelta sia in corrispondenza o di un cambiamento o di direzione o di pendenza, sia in coincidenza o di uno slargo (sbocco verso un vasto ambiente) o di un restringimento (proseguimento in diaclasi o attraverso uno stretto cunicolo) o di un punto posto in posizione particolarmente favorevole [dis. 07].

Dalla propria posizione (stazione) l'*Operatore* esegue inoltre le seguenti misurazioni:

con la **bussola** misura l'*azimut magnetico* « θ°_{10} », o *angolo azimutale*, del caposaldo «1» rispetto al caposaldo «0»; l'angolo « α° » nel [dis. 10].

con l'**eclimetro** misura l'*angolo di elevazione* « φ°_{10} », o *angolo zenitale*, del caposaldo «1» rispetto all'orizzontale passante per il caposaldo «0»; l'angolo « ρ » nel [dis. 10].

Si misura inoltre la distanza « D_{01} », letta al **longimetro** (od al **distanziometro elettronico**), fra i capisaldi «0» ed «1».

Si eseguono poi le misure relative alla *Sezione trasversale*, passante per «1» (generalmente ortogonale alla direzione della poligonale entrante in «1», quella compresa fra «0» e «1»), ottenendo i valori corrispondenti:

alla *larghezza* nel caposaldo «1» distinta in due parti: dal punto «1» verso sinistra « L_{S1} », dal punto «1» verso destra « L_{D1} ».

all'*altezza* in «1» ugualmente distinta in due parti: da «1» verso il basso « h_{B1} », da «1» verso l'alto « h_{A1} ».

I risultati sono infine trascritti come riportato nella [tab. 05].

| Foglio n° 1 | | Grotta: Non d'appu agattara mancu oi | | | | | | | Data: 31/02/11 | | | | |
|-------------|-----|--------------------------------------|------------------|-----------|-------------------|-----------|--------------|---------------|----------------|------------|---|-----|------------|
| Stazione | | Distanza | Azimut | Inclinaz. | | Larghezza | | Altezza | | Dislivello | R | | |
| n | n+1 | m | θ° | \pm | φ° | S | \Leftarrow | \Rightarrow | D | | | A | \uparrow |
| | 0 | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 16,0 | 19 | - | 34 | 3,2 | | | 3,5 | 19,2 | | 0,1 | |

[tab. 05]

Da notare, in [tab. 05], il segno (o positivo «+» o negativo «-»), che precede il valore dell'inclinazione, che sta ad indicare se la lettura è stata eseguita puntando lo strumento rispettivamente o verso l'alto o verso il basso.

Il consiglio dell'Autore è d'indicare sempre il segno, sia o positivo «+» o negativo «-» (alcuni rilevatori semplicemente omettono di indicare il segno quando questi è positivo) poiché può sempre sorgere il dubbio che, l'assenza dell'indicazione del segno, sia dovuta od al suo valore positivo o ad una banale dimenticanza.

Un'informazione importante, in genere completamente trascurata, è l'indicazione dell'angolo formato dal *piano verticale*, relativo alla *sezione trasversale*, passante per un vertice, e la direzione della tratta della poligonale, o entrante o uscente da quel punto; troppo spesso, infatti, le due direzioni sono considerate, *erroneamente*, sempre ortogonali (l'indicazione potrebbe essere riportata, tramite un riferimento, sul *foglio per appunti*).

Una procedura veloce e sufficientemente precisa è quella di assumere come direzione della *Sezione trasversale* quella della *bisettrice* dell'angolo formato dalle due tratte consecutive della poligonale.

Si eseguono infine, per completare l'acquisizione dei dati, altre eventuali misurazioni, fra punti che si ritengono particolarmente indicativi, e si riportano, eventualmente, direttamente sul disegnetto a vista; è indice d'inesperienza credere di potersi basare esclusivamente sulle misure strettamente sufficienti a completare la [tab. 01].

Proseguiamo poi fino a portarci al caposaldo «2», e qui ci rendiamo conto che la situazione è diversa rispetto al precedente tratto di grotta; siamo saliti verticalmente e pertanto la lunghezza si è trasformata in altezza . . . o viceversa, bo! Cioè, non lo so.

Questa è la situazione in cui, per non rischiare di far confusione, l'Autore propone di utilizzare la colonna del «Dislivello» [dis. 08].

Da notare come, visto che il caposaldo «2» è posto sulla verticale del caposaldo «1», in **Pianta** la posizione dei due capisaldi coincide.

Ipotizzando che la larghezza nel caposaldo «2» sia uguale a quella nel caposaldo precedente «1» (e, pertanto, rimane costante e non si devono apportare modifiche), misuriamo il dislivello, fra i capisaldi «1» e «2», e poi riportiamo i dati come in [tab. 06].

| Foglio n° 1 | | Grotta: Non d'appu agattara mancu oi | | | | | | | Data: 31/02/11 | | | | |
|-------------|-----|--------------------------------------|------------------|-----------|-------------------|-----------|--------------|---------------|----------------|------------|---|-----|------------|
| Stazione | | Distanza | Azimut | Inclinaz. | | Larghezza | | Altezza | | Dislivello | R | | |
| n | n+1 | m | θ° | \pm | φ° | S | \Leftarrow | \Rightarrow | D | | | A | \uparrow |
| | 0 | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 16,0 | 19 | - | 34 | 3,2 | | | 3,5 | 19,2 | | 0,1 | |
| 1 | 2 | | | | | 3,2 | | | 3,5 | 11,9 | | | + 7,3 |

[tab. 06]

Anche il valore del Dislivello deve essere sempre preceduto dal segno o positivo «+» o negativo «-».

Si è qui ipotizzato che le larghezze nel caposaldo (2) siano uguali alle larghezze nel caposaldo (1), ma potrebbero essere diverse (righe indicate con le frecce «S ←, D ⇒».

Sempre nella stessa riga, l'altezza dal caposaldo (2) verso l'alto è stata segnata in corsivo solo per indicare che può essere calcolata in seguito essendo la differenza fra l'altezza dal caposaldo (1) verso l'alto ed il dislivello fra i capisaldi (2) e (1).

Seguiamo, con una certa attenzione, anche il punto successivo «3» poiché ci fornisce lo spunto per analizzare altri aspetti relativi al nostro *libretto delle misure* ed al modo come le misure stesse possono essere riportate [dis. 09].

Misuriamo, come sempre:

la lunghezza compresa fra il caposaldo «2» ed il caposaldo «3».

l'*azimut magnetico* « $\theta^{\circ}_3 2$ », o *angolo azimutale*, del caposaldo «3» rispetto al caposaldo «2»; l'angolo « β° » nel [dis. 10].

l'*angolo di elevazione* « $\varphi^{\circ}_3 2$ » o *angolo zenitale* del caposaldo «3» rispetto all'orizzontale passante per il caposaldo «2»; angolo zero nel [dis. 10].

la *larghezza*, nel caposaldo «3», distinta in due parti: dal punto «3» verso sinistra « L_{S3} », dal punto «3» verso destra « L_{D3} ».

l'*altezza* in «3» ugualmente distinta in due parti: da «3» verso il basso « h_{B3} », da «3» verso l'alto « h_{A3} ».

Eseguite le misure ed osservato meglio il tratto di grotta che stiamo misurando, riteniamo opportuno considerare anche il caposaldo «u», compreso fra i capisaldi «2» e «3», in cui la volta raggiunge la sua altezza massima.

Senza ripetere le misure angolari, perché già acquisite, eseguiamo pertanto solo le misure che ci occorrono sia per posizionare il caposaldo «u», lungo la tratta «2 3» sia per definire la sezione trasversale passante in «u».

I risultati sono infine trascritti come riportato nella [tab. 07].

| Foglio n° 1 | | Grotta: Non d'appu agattara mancu oi | | | | | | | Data: 31/02/11 | | | |
|-------------|-----|--------------------------------------|------------------|-----------|-------------------|-------------|-----|-----------|----------------|------------|-----|---|
| Stazione | | Distanza | Azimut | Inclinaz. | | Larghezza m | | Altezza m | | Dislivello | | R |
| n | n+1 | m | θ° | \pm | φ° | S ← | ⇒ D | A ↑ | B ↓ | \pm | m | N |
| | 0 | | | | | 3,8 | 1,5 | 3,3 | 0,0 | | | |
| 0 | 1 | 16,0 | 19 | - | 34 | 3,2 | 3,5 | 19,2 | 0,1 | | | |
| 1 | 2 | | | | | 3,2 | 3,5 | 11,9 | 0,0 | + | 7,3 | |
| 2 | 3 | 15,2 | 118 | | 0 | 5,2 | 3,7 | 18,1 | 0,0 | | | |
| 2 | u | 8,5 | | | | 7,3 | 3,9 | 22,3 | 0,0 | | | 1 |

[tab. 07]

Il punto «u» è stato indicato con una lettera proprio per ricordarci che le misure angolari restano le stesse; è buona norma inoltre indicare un numero, nella colonna dei riferimenti «R» in modo da riportare, nei fogli per appunti, il motivo per cui si è agito in quel modo.

Si prosegue poi, ormai abbiamo capito come (forse), sempre allo stesso modo (seguen- do sempre la stessa metodologia) fino ad arrivare al caposaldo «7»; la fine della grotta.

I risultati sono infine trascritti come riportato nella [tab. 08].

| Foglio n° 1 | | Grotta: Non d'appu agattara mancu oi | | | | | | | Data: 31/02/11 | | | |
|-------------|-----|--------------------------------------|------------------|-----------|-------------------|-------------|-----|-----------|----------------|------------|------|---|
| Stazione | | Distanza | Azimut | Inclinaz. | | Larghezza m | | Altezza m | | Dislivello | | R |
| n | n+1 | m | θ° | \pm | φ° | S ← | ⇒ D | A ↑ | B ↓ | \pm | m | N |
| | 0 | | | | | 3,8 | 1,5 | 3,3 | 0,0 | | | |
| 0 | 1 | 16,0 | 19 | - | 34 | 3,2 | 3,5 | 19,2 | 0,1 | | | |
| 1 | 2 | | | | | 3,2 | 3,5 | 11,9 | | + | 7,3 | |
| 2 | 3 | 15,2 | 118 | | 0 | 5,2 | 3,7 | 18,1 | 0,0 | | | |
| 2 | u | 8,5 | | | | 7,3 | 3,9 | 22,3 | 0,0 | | | 1 |
| 3 | 4 | 9,2 | 52 | + | 7 | 3,8 | 5,2 | 9,8 | 0,0 | | | |
| 4 | 5 | | | | | | | 26,2 | | - | 16,4 | |
| 5 | 6 | 18,5 | 77 | - | 9 | | | 31,8 | 0,0 | | | 2 |
| 6 | 7 | 24,8 | 55 | + | 8 | | | 0,0 | 0,0 | | | |
| 6 | d | 14,2 | | | | | | 22,5 | 0,0 | | | 3 |

[tab. 08]

Avete notato che in [tab. 08], nelle righe in cui sono stati riportati i dati relativi alle misurazioni fra i capisaldi e «5 6» e «6 d» e «6 7», mancano le misure delle larghezze?

La ragione sta nella conformazione morfologica della cavità, in quel tratto si è in un vasto ambiente, che renderebbe il suo rilievo particolarmente complesso, se non impossibile, con le normali procedure utilizzate fino ad ora.

Le situazioni particolari

rilevamento: per poligonazione, per irraggiamento

Dovendo rilevare ambienti alquanto vasti, come quello rappresentato dall'ultimo grande salone, presente nella nostra grotta, potrebbe essere, anzi è conveniente procedere con metodi più adatti alla situazione contingente.

Per **poligonazione** o **camminamento**: eseguendo una *poligonale secondaria chiusa*, appoggiata ad uno o più capisaldi della *poligonale principale* (in questo caso la poligonale secondaria è poggiata al caposaldo «5», lungo un percorso ideale che tocca alcuni punti significativi del perimetro da rilevare e si richiude su se stessa al caposaldo iniziale («5 8», «8 9», , ..., «14 15», «15 5») [dis. 11].

Anche in questo caso, è necessario ricavare sia le distanze (« $p_{5\ 8}$ », « $p_{8\ 9}$ », ..., « $p_{14\ 15}$ », « $p_{15\ 5}$ ») sia gli azimut magnetici o angoli orizzontali (« $\theta_{8\ 5}$ », « $\theta_{9\ 8}$ », ..., « $\theta_{15\ 14}$ », « $\theta_{5\ 15}$ ») sia gli angoli zenitali o angoli verticali (« $\varphi_{8\ 5}$ », « $\varphi_{9\ 8}$ », ..., « $\varphi_{15\ 14}$ », « $\varphi_{5\ 15}$ ») [dis. 05].

I risultati sono infine trascritti come riportato nella [tab. 09].

| Foglio n° 2a | | Grotta: Non d'appu agattara mancu oi | | | | | | | Data: 31/02/11 | | | | | | | |
|--------------|-----|--------------------------------------|----------------|-----------|-----------------|---|--------------|---------------|----------------|-----|------------|-----|--------------|-------|---|---|
| Stazione | | Distanza | Azimut | Inclinaz. | Larghezza | | Altezza | | Dislivello | | R | | | | | |
| n | n+1 | m | θ° | \pm | φ° | S | \leftarrow | \Rightarrow | D | A | \uparrow | B | \downarrow | \pm | m | N |
| 5 | 8 | 1 1,6 | 0 | - | 3 | | | | | 0,3 | | 0,0 | | | | |
| 8 | 9 | 1 4,1 | 3 4 | - | 2 | | | | | 0,2 | | 0,0 | | | | |
| 9 | 10 | 1 7,2 | 9 2 | + | 3 | | | | | 0,0 | | 0,0 | | | | |
| 10 | 11 | 2 0,0 | 1 1 4 | + | 2 | | | | | 0,0 | | 0,0 | | | | |
| 11 | 12 | 1 1,3 | 2 1 6 | + | 2 | | | | | 0,2 | | 0,0 | | | | |
| 12 | 13 | 1 4,5 | 2 2 7 | + | 3 | | | | | 0,1 | | 0,0 | | | | |
| 13 | 14 | 1 0,2 | 2 7 0 | - | 2 | | | | | 0,4 | | 0,0 | | | | |
| 14 | 15 | 1 5,4 | 3 1 8 | - | 2 | | | | | 0,3 | | 0,0 | | | | |
| 15 | 5 | 1 5,4 | 3 2 8 | - | 2 | | | | | 0,0 | | 0,0 | | | | |

[tab. 09]

Per **irraggiamento** od **irradiazioni**: sostando in un caposaldo della *poligonale*, posto presso il punto centrale dell'ambiente (nel nostro caso, il caposaldo «6»), ed eseguendo in seguito le misure verso alcuni punti significativi del perimetro della cavità (nel nostro caso: «6 8», «6 9», ..., «6 14», «6 15») [dis. 12].

I risultati sono infine trascritti come riportato nella [tab. 10].

| Foglio n° 2b | | Grotta: Non d'appu agattara mancu oi | | | | | | | Data: 31/02/11 | | | | | | | |
|--------------|-----|--------------------------------------|----------------|-----------|-----------------|---|--------------|---------------|----------------|-------|------------|-----|--------------|-------|---|---|
| Stazione | | Distanza | Azimut | Inclinaz. | Larghezza | | Altezza | | Dislivello | | R | | | | | |
| n | n+1 | m | θ° | \pm | φ° | S | \leftarrow | \Rightarrow | D | A | \uparrow | B | \downarrow | \pm | m | N |
| 6 | 8 | 1 8,6 | 2 8 7 | + | 6 | | | | | 0,3 | | 0,0 | | | | |
| 6 | t | 1 2,6 | | | | | | | | 2 4,1 | | 0,1 | | | | |
| 6 | 9 | 1 9,8 | 3 3 0 | + | 5 | | | | | 0,2 | | 0,0 | | | | |
| 6 | q | 9,8 | | | | | | | | 2 0,7 | | 0,3 | | | | |
| 6 | 10 | 1 8,2 | 2 1 | + | 8 | | | | | 0,0 | | 0,0 | | | | |
| 6 | c | 1 0,1 | | | | | | | | 2 1,4 | | 0,0 | | | | |
| 6 | 11 | 1 8,8 | 8 8 | + | 1 0 | | | | | 0,0 | | 0,0 | | | | |
| 6 | s | 6,6 | | | | | | | | 2 5,1 | | 0,2 | | | | |
| 6 | 12 | 1 4,9 | 1 2 4 | + | 1 4 | | | | | 0,2 | | 0,0 | | | | |
| 6 | e | 1 0,0 | | | | | | | | 2 4,7 | | 0,2 | | | | |
| 6 | 13 | 2 1,7 | 1 6 5 | + | 1 0 | | | | | 0,1 | | 0,0 | | | | |
| 6 | o | 1 2,7 | | | | | | | | 2 3,2 | | 0,4 | | | | |
| 6 | 14 | 2 1,30 | 1 9 2 | + | 9 | | | | | 0,4 | | 0,0 | | | | |
| 6 | n | 1 0,1 | | | | | | | | 2 3,5 | | 0,3 | | | | |
| 6 | 15 | 1 7,7 | 2 3 6 | + | 9 | | | | | 0,3 | | 0,0 | | | | |
| 6 | b | 7,6 | | | | | | | | 2 4,8 | | 0,1 | | | | |

[tab. 10]

Anche in questo caso, è necessario ricavare sia le distanze («p_{6 8}», «p_{6 9}», ..., «p_{6 14}», «p_{6 15}») sia gli angoli orizzontali («θ°_{8 6}», «θ°_{9 6}», ..., «θ°_{14 6}», «θ°_{15 6}»), sia gli angoli verticali («φ°_{8 6}», «φ°_{9 6}», ..., «φ°_{14 6}», «φ°_{15 6}»).

Il metodo per *irraggiamento* è, in genere, più veloce e sicuramente più comodo per l'operatore che non deve spostarsi dalla sua posizione; il metodo per *camminamento* è in genere più laborioso, ma risulta, per contro, più attendibile potendo eseguire la verifica, dell'accuratezza delle misure, sulla *poligonale chiusa*.

In ambedue i casi, maggiore è il numero di punti considerati (capisaldi) maggiore è, teoricamente, la definizione (precisione) raggiungibile nel delineare il contorno della cavità.

Eventualità

Nel caso in ulteriori esplorazioni si dovesse scoprire una nuova diramazione, prima sfuggita, è buona norma cominciare il suo rilevamento dal caposaldo più vicino; in questo caso inizieremo dal caposaldo «3» e proseguiremo, con la numerazione, da dove eravamo arrivati, come evidenziato nel [dis. 13].

I risultati sono infine trascritti come riportato nella [tab. 11].

| Foglio n° 3 | | Grotta: Non d'appu agattara mancu oi | | | | | | | | Data: 31/02/99 | |
|-------------|-----|--------------------------------------|--------|-----------|-------------|------|-----------|-----|------------|----------------|--|
| Stazione | | Distanza | Azimut | Inclinaz. | Larghezza m | | Altezza m | | Dislivello | R | |
| n | n+1 | m | θ° | ± φ° | S ← | ⇒ D | A ↑ | B ↓ | ± m | N | |
| 3 | 16 | 1,1 | 142 | 0 | 0,3 | 0,3 | 0,6 | 0,0 | | | |
| 16 | 17 | 0,6 | 356 | -24 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,0 | | | |
| 17 | 18 | 0,65 | 283 | -24 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,0 | | | |

[tab. 11]

In questo caso, alcuni rilevatori, compreso l'Autore, preferiscono numerare i nuovi capisaldi facendo sempre riferimento al caposaldo di partenza: «3 3a», «3a 3b», «3b 3c».

Casi particolari

In alcune situazioni, favoriti dall'andamento del pavimento, potrebbe essere più conveniente procedere col metodo detto: **per coltellazione** nel quale si misurano direttamente sia le distanze orizzontali sia i dislivelli.

Un tipico esempio di tale procedura è visualizzato nel [dis. 14], che però rappresenta parte dello spaccato di un'altra grotta i cui dati sono riportati nello schema prestampato [Tab. 12].

La medesima logica che deve essere utilizzata per eseguire la misura fra capisaldi che, pur essendo a quote diverse, giacciono sulla stessa verticale (come i punti «5 6» e «7 8»).

| Foglio n° 1 | | Grotta: Non d'appu agattara mancu oi | | | | | | | | Data: 31/02/99 | |
|-------------|-----|--------------------------------------|--------|-----------|-------------|-----|-----------|-----|------------|----------------|--|
| Stazione | | Distanza | Azimut | Inclinaz. | Larghezza m | | Altezza m | | Dislivello | R | |
| n | n+1 | m | θ° | ± φ° | S ← | ⇒ D | A ↑ | B ↓ | ± m | N | |
| 3 | 4 | 3,1 | 48 | -35 | 0,4 | 0,6 | 1,9 | 0,0 | | | |
| 4 | 5 | 2,7 | 58 | 0 | 0,4 | 0,6 | 1,7 | 0,0 | | | |
| 5 | 6 | | | | | | | 0,0 | - | 1,1 | |
| 6 | 7 | 3,2 | 64 | 0 | 0,4 | 0,5 | 3,1 | 0,0 | | | |
| 7 | 8 | | | | | | | 0,0 | - | 0,8 | |
| 8 | 9 | 5,4 | 70 | 0 | 0,3 | 0,5 | 2,6 | 0,0 | | | |

[tab. 12]

Le misurazioni anomale

Alcune volte, per esigenze operative, durante le misurazioni, generalmente eseguite sempre «*in avanti*», potrebbe essere necessario, o semplicemente più pratico, saltare un caposaldo ed eseguire le misure «*all'indietro*» facendo stazione nel caposaldo *successivo* e collimando verso il *precedente*; nell'esempio, invece di eseguire le misure dal *Caposaldo* «6» al *Caposaldo* «7», si raggiunge direttamente il *Caposaldo* «7» e si collima verso il *Caposaldo* «6» [dis. 15].

In questa situazione è sufficiente invertire, nel **libretto delle misure**, il «*verso della numerazione*», come mostrato in [tab. 13], in cui si sono evidenziati i valori che si otterrebbero con le misurazioni, sia *in avanti* sia *all'indietro*, fra i capisaldi «6 7».

| Foglio n° 1 | | Grotta: Unknown Cave (nome da evitare!) | | | | | | Data: 31/02/99 | | |
|-------------|-----|---|--------|-----------|-------------|-----|-----------|----------------|------------|---|
| Stazione | | Distanza | Azimut | Inclinaz. | Larghezza m | | Altezza m | | Dislivello | R |
| n | n+1 | m | θ° | ± φ° | S ← | ⇒ D | A ↑ | B ↓ | ± m | N |
| 5 | 6 | 5,8 | 48 | -22 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,0 | | |
| 6 | 7 | 5,2 | 52 | +30 | 0,6 | 0,7 | 1,0 | 0,0 | | |
| 7 | 6 | 5,2 | 232 | +30 | 0,7 | 0,6 | 1,0 | 0,0 | | 1 |
| | 7 | | | | 0,7 | 0,7 | 1,0 | 0,0 | | 2 |

[tab. 13]

Per maggiore sicurezza sarebbe opportuno, inoltre, indicare un riferimento verso il **Foglio per appunti** specificando meglio, su quest'ultimo, i motivi per cui si è modificata la normale procedura ed altre eventuali informazioni.

Ricordarsi, in fase di restituzione, sia di sostituire l'azimut magnetico « θ_{67}° » col suo reciproco « θ_{76}° » sia di invertire il segno dell'angolo zenitale « φ_{67}° » che diviene « $-\varphi_{67}^\circ$ » sia di scambiare la misura delle larghezze: quella «a destra» con quella «a sinistra».

Osservazioni:

L'azimut reciproco « β » di « θ » è dato da:

| | |
|--------------------------------|--|
| per $\theta^\circ < 180^\circ$ | $\beta^\circ = \theta^\circ + 180^\circ$ |
| per $\theta^\circ = 180^\circ$ | $\beta^\circ = \theta^\circ \pm 180^\circ$ |
| per $\theta^\circ > 180^\circ$ | $\beta^\circ = \theta^\circ - 180^\circ$ |

Prima di proseguire il rilievo, e prendere in considerazione il tratto di grotta fra i capisaldi «7 8», si dovranno eseguire tutte le misure relative al solo caposaldo «7», come se si stesse iniziando il rilievo da quel caposaldo (ultima riga della [tab. 05]).

La misura indiretta delle distanze

I molti casi vi è una difficoltà reale di eseguire misure dirette, sia d'alcune altezze sia d'alcune distanze, a causa dell'impossibilità di eseguire misurazioni verso particolari punti (irraggiungibili da un rilevatore) della cavità; si devono pertanto seguire procedimenti indiretti mediante operazioni trigonometriche.

Di seguito esaminiamo soltanto due casi fra quelli più comuni, la maggior parte delle situazioni reali può comunque essere ricondotta, concettualmente, ai casi considerati.

L'altezza «H» di un punto «P» inaccessibile situato su di una parete verticale [dis. 16], o quella di una galleria o quella di una sala, si ricava con la semplice:

$$H = b \cdot \operatorname{tg} \alpha + h$$

essendo: H = altezza incognita del punto «X», rispetto alla base orizzontale «b = AB» - b = base orizzontale misurata direttamente col longimetro - h = altezza strumentale (generalmente all'occhio dell'operatore).

Oggi, per contro, sarebbe sufficiente, servendosi di un distanziometro Laser munito di eclimetro, posizionarsi nel caposaldo «A», puntare lo strumento verso il punto «P» e premere un bottone; sempre dal caposaldo «A», puntare lo strumento orizzontalmente verso il punto «B» e premere un altro bottone.

La misura del dislivello «A P» comparirà, senza che molti sappiano il come od il perché, sulla mostra dello strumento (la *mostra* è quella cosa che i molti chiamano *display*).

L'altezza «H» o di un punto «Q» o di una galleria o di una sala, in un punto non accessibile [dis. 17], si può ricavare anche con la più complessa:

$$H = b \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta} + h$$

essendo: H = altezza incognita del punto «X», rispetto alla base orizzontale «b» - b = base orizzontale, misurata direttamente col longimetro, o con altro distanziometro, contenuta in un piano verticale passante per «X» - α e β = angoli alla base; h = altezza strumentale (all'occhio dell'operatore).

Anche in questo caso, per contro, sarebbe sufficiente, servendosi di un distanziometro Laser, anche privo di eclimetro, posizionarsi sul punto «b» situato al piede della verticale condotta da «P», puntare lo strumento verso il punto «P» e premere un bottone; la misura dell'altezza comparirà quasi per magia, sul solito *display* . . . o mostra?

Il secondo metodo, meno conosciuto e generalmente poco utilizzato, è sempre da preferirsi al precedente (quando le caratteristiche morfologiche della grotta permettono di sfruttarlo) per alcuni vantaggi non trascurabili:

- ◆ la base «AB» può essere, spesso, assunta più lunga di quella ottenibile col primo metodo; ciò, in genere, migliora la precisione.
- ◆ è facile, facendo stazione in uno dei due vertici, fare in modo che la base «AB» sia compresa nel piano verticale contenente «X» (col primo metodo, per contro, è particolarmente difficile stabilire la precisa posizione del piede della verticale «B» condotta da «P»).

Si può inoltre stabilire la posizione del piede della verticale «X₁», condotta da «X» alla base «AB», applicando indifferentemente una delle due semplici equazioni:

$$AQ = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha} \quad \text{o} \quad BQ' = \frac{H}{\operatorname{tg} \beta}$$

I medesimi procedimenti (e le medesime formule) possono inoltre essere utilizzati, seguendo lo stesso principio logico, per determinare la *distanza* di un punto «X», non accessibile (situato di là o di un pozzo o di una diaclasi), da una base orizzontale «b = AB», stabilita in precedenza; è sufficiente, infatti, misurare, oltre la *lunghezza* «AB = b», gli *angoli* alla base «α = QAB» e «β = ABQ» per ricavare la *distanza* di «Q» da «b».

Curiosità

Nella «*prima speleologia*» si utilizzava, per la misurazione dei pozzi, una tecnica, semplice ed efficace, che consisteva nel contare il numero di gradini eccedenti gli spezzoni interi, delle scalette *speleo* (in spezzoni da 10 m), necessari a percorrere il dislivello (i gradini erano, infatti, distanziati con un passo standard di 33 cm).

Il disegnetto a vista

Durante le operazioni di misurazione, si deve inoltre eseguire, sempre, anche un disegno a mano libera della cavità, sul quale indicare eventuali altre necessarie misure; l'esempio è riportato nel [dis. 18].

Risulterà, ovviamente, poco approssimato ed in scala «*variabile*», ma, oltre a rammentarci utili aspetti della cavità, potrà esserci indispensabile o per scioglierci qualche dubbio o per evitarci banali errori di disattenzione, nell'esecuzione degli elaborati.

Gli errori nell'acquisizione dei dati

errori di osservazione: grossolani, sistematici, accidentali

Gli **errori grossolani** sono da addebitarsi a sbagli, sviste, disattenzioni (in poche parole alla classica *cappellata*); sono di entità molto variabile e non possono essere oggetto di un'analisi matematica.

Gli *errori grossolani*, molto più frequenti di quello che si pensa, infirmano comunque il risultato delle misurazioni che devono essere, spesso, completamente rieseguite; non sempre, infatti, sono di facile individuazione.

Gli **errori sistematici** sono prodotti da cause che agiscono, sul risultato delle misure, sempre secondo la medesima *legge*; nel caso tale *legge* sia conosciuta, è possibile eliminare, dai valori misurati, l'influenza degli errori sistematici (la *declinazione magnetica* può essere considerata un *errore sistematico* di cui è affetta la bussola).

Gli **errori accidentali** o *casuali* o *aleatori* sono dovuti a molteplici cause di varia natura dipendenti sia dalle attitudini dell'operatore, sia dall'ambiente in cui si opera, sia dagli strumenti utilizzati, sia dalle procedure eseguite.

In considerazione dell'elevato numero di variabili (cause d'errore) le quali operano, in una certa misura, in modo indipendente le une dalle altre, è praticamente impossibile prevedere come ed in quale entità esse agiranno e pertanto quale sarà la loro incidenza sul risultato; la natura di questi errori è tale da poterli far rientrare pertanto nella categoria di quei fenomeni che si attribuiscono comunemente al caso.

Gli errori *accidentali* emergono solo quando le operazioni di misura sono caratterizzate da un'elevata precisione e gli strumenti sono sfruttati al massimo delle loro caratteristiche.

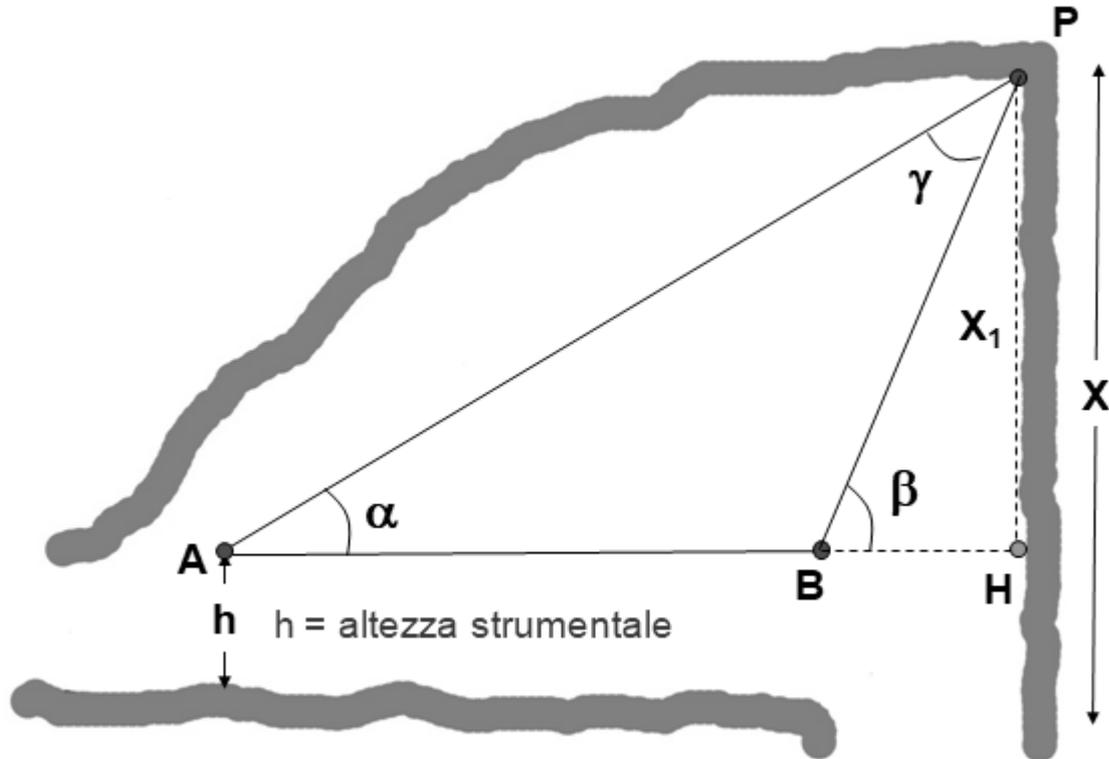
Seconda digressione

Premessa

Spesso, un tempo non poi così lontano, ricavare una distanza significava dover prendere una lunga serie di misurazioni per poterle poi elaborare matematicamente.

Esempio

Per fare un esempio, ammettiamo che si dovesse trovare l'altezza «X1», tenendo conto che, all'ora, non si poteva misurare direttamente, come è ora possibile, la distanza «BH».



La procedura richiesta era quella di fare prima stazione nel caposaldo «A» e misurare, con un eclimetro, l'angolo «a»; facendo poi stazione nel caposaldo «B», misurare, sempre con un eclimetro, l'angolo «b» [fig. 08].

Si doveva, infine, misurare, con un longimetro, la distanza «AB».

Sapendo che:

$$\pi = \alpha + \gamma + (\pi - \beta) \quad \text{od anche } \gamma = \beta - \alpha$$

Si ottiene:

$$0 = \alpha + \gamma - \beta \quad \text{ed infine } \gamma = \beta - \alpha$$

Dal teorema dei seni (o teorema di Eulero) abbiamo:

$$\frac{AB}{\sin \gamma} = \frac{BP}{\sin \alpha}; \quad \frac{AB}{\sin (\beta - \alpha)} = \frac{BP}{\sin \alpha}; \quad \text{pertanto } BP = \frac{AB \cdot \sin \alpha}{\sin (\beta - \alpha)}$$

Ed infine:

$$X = PH = BP \cdot \sin \beta + h$$

Attualmente sarebbe sufficiente misurare, con un distanziometro laser, la distanza «AP», misurare, con un clinometro elettronico, l'angolo «α», ed applicare la semplice:

$$X = PH = AP \cdot \sin \alpha + h$$

Il procedimento per la restituzione dei dati

L'esecuzione degli elaborati grafici

Riprendiamo in considerazione il **libretto delle misure** composto dai tre fogli: e il «n° 1» (che comprende la poligonale principale della grotta) riportato in [tab. 08], ed il «n° 2» ed il «n° 3» (che comprendono le poligonali secondarie sia utilizzando il metodo per *camminamento* sia il metodo per *irraggiamento*) riportati rispettivamente e in [tab. 09] e in [tab. 10] (a seconda si sia utilizzato il primo o il secondo metodo).

Esaminiamo, per ora, il solo foglio «n° 1» [tab. 08] e riportiamolo, per nostra comodità, in [tab. 14] aggiungendovi alcuni dati, come ad esempio fra i capisaldi «2» e «u», che nella [tab. 08] erano stati omessi poiché sottintesi.

| Foglio n° 1 | | Grotta: Non d'appu agattara mancu oi | | | | | | | | Data: 31/02/99 | | |
|-------------|-----|--------------------------------------|--------------|-----------|----|----------------|-----|--------------|-----|----------------|------|--------|
| Stazione | | Distanza m | Azimut θ° | Inclinaz. | | Larghezza m | | Altezza m | | Dislivello | | R N |
| n | n+1 | | | ± | φ° | S ← | ⇒ D | A ↑ | B ↓ | ± | m | |
| | 0 | | | | | 3,8 | 1,5 | 3,3 | 0,0 | | | |
| 0 | 1 | 16,0 | 19 | - | 34 | 3,2 | 3,5 | 19,2 | 9,1 | | | |
| 1 | 2 | | | | | | | | | + | 7,3 | |
| 2 | 3 | 15,2 | 118 | | 0 | 5,2 | 3,7 | 18,1 | 0,0 | | | |
| 2 | u | 8,5 | 118 | | 0 | 7,3 | 3,9 | 22,3 | 0,0 | | | 1 |
| 3 | 4 | 9,2 | 52 | + | 7 | 3,8 | 5,2 | 9,8 | 0,0 | | | |
| 4 | 5 | | | | | | | | | - | 16,4 | |
| 5 | 6 | 18,5 | 77 | - | 9 | | | 31,8 | 0,0 | | | 2 |
| 6 | 7 | 24,8 | 55 | + | 8 | | | 0,0 | 0,0 | | | |
| 6 | d | 14,2 | 55 | + | 8 | | | 22,5 | 0,0 | | | 3 |

[tab. 14]

Tralasciamo, per adesso, i dati sia delle *larghezze* sia delle *altezze* che, in questo momento, distoglierebbero l'attenzione dall'argomento che si vuole porre in evidenza, ed ipotizziamo di utilizzare i restanti dati per eseguire sia la *Pianta* sia lo *Spaccalo*.

Si può procedere alla restituzione in due differenti modi, ciascuno con i suoi pregi e con i suoi immancabili difetti o per **coordinate polari** o per **coordinate cartesiane**; Il primo metodo è quello generalmente usato e qui s'inizierà proprio con esso.

Per coordinate polari

Per riportare i dati utilizzando le *Coordinate polari* ci si dovrebbe creare una tabella, come quella rappresentata in [tab. 15], nella quale, noti gli altri elementi (distanze «p», azimut «θ°», inclinazione «φ°», dislivelli «d») si calcolano inoltre:

Le *lunghezze* « x_{n+1} », (distanze planimetriche fra i capisaldi «n» e «n+1»), uguali a:

$$\xi_{n+1} = \rho_{n+1} \cdot \cos(\varphi_{n+1}^{\circ}) \cdot Sd$$

In cui: « ξ_{n+1} » rappresenta la distanza planimetrica fra i capisaldi «n» e «n+1» - « ρ_{n+1} » è la distanza spaziale fra i capisaldi «n» e «n+1» - « φ_{n+1}° » è l'angolo d'elevazione di «n+1» rispetto ad «n»; «Sd» è la scala nella quale saranno eseguiti i disegni che per comodità, nei successivi calcoli, considereremo uguale ad uno.

Del rapporto di riduzione «Sd» ne terremo conto poi, quando andremo ad eseguire gli elaborati grafici (i disegni) e parleremo della *scala del disegno*.

Si potrebbero calcolare inoltre le differenze di quota fra ogni caposaldo ed il successivo e riportare i valori nella colonna delle *Altezze*; questi valori potrebbero essere utilizzati quale mezzo di verifica sulla corretta esecuzione dello *Spaccato*.

I *dislivelli* « z_{n+1} » (differenze di quota fra i capisaldi «n» e «n+1»), uguali a:

$$z_{n+1} = \rho_{n+1} \cdot \sin(\varphi_{n+1}^{\circ}) \cdot Sd$$

Noto il significato dei simboli.

Con questo metodo si ha la *propagazione degli errori e delle imprecisioni*, dovuti sia all'approssimazione dei valori calcolati sia degli errori di graficismo, che inevitabilmente si sommano ai precedenti ed *errori e imprecisioni*.

Il motivo è insito nel metodo di restituzione nel quale la posizione di ogni caposaldo è determinata rispetto alla posizione del caposaldo precedente; un errore nella posizione di un caposaldo si trasferisce «a cascata» sulla posizione di tutti i capisaldi seguenti.

Per ovviare a tali inconvenienti è preferibile, se la cavità ha una considerevole estensione e la poligonale è composta di molti capisaldi, convertire i risultati, espressi in *coordinate polari*, in modo da poterli utilizzare adoperando le *coordinate cartesiane ortogonali*; quest'ultimo tipo di procedimento lo si esaminerà in seguito.

Riportiamo tutti i valori, così ottenuti, in [tab. 15], compresi quelli già noti indispensabili per eseguire gli elaborati grafici.

| Stazione | | Distanza | | Azimut | Inclinaz. | | Dislivello | | LungP | | Altezze | | | |
|----------|-----|----------|---|----------------|-----------|-----------------|------------|--------|-------|---------|---------|-------|--------|---|
| n | n+1 | ρ | m | θ° | \pm | φ° | \pm | d | m | ξ | m | \pm | z | m |
| 0 | 1 | 1 6 .0 | | 1 9 | - | 3 4 | | | | 1 3 .26 | | - | 8 .95 | |
| 1 | 2 | | | | | | + | 7 .3 | | 0 .0 | | + | 7 .3 | |
| 2 | 3 | 1 5 .2 | | 1 1 8 | | 0 | | | | 1 5 .2 | | | 0 .0 | |
| 2 | u | 8 .5 | | 1 1 8 | | 0 | | | | 8 .5 | | | 0 .0 | |
| 3 | 4 | 9 .2 | | 5 2 | + | 7 | | | | 9 .13 | | + | 1 .12 | |
| 4 | 5 | | | | | | - | 1 6 .4 | | 0 .0 | | - | 1 6 .4 | |
| 5 | 6 | 1 8 .5 | | 7 7 | - | 9 | | | | 1 8 .27 | | - | 2 .89 | |
| 6 | 7 | 2 4 .8 | | 5 5 | + | 8 | | | | 2 4 .56 | | + | 3 .45 | |
| 6 | d | 1 4 .2 | | 5 5 | + | 8 | | | | 1 4 .06 | | + | 1 .98 | |

[tab. 15]

Per costruire la spezzata che rappresenta la proiezione della poligonale su un piano orizzontale (costruzione della *pianta*) si utilizzano le colonne sia dell'*azimut* « θ° » sia della *distanza planimetrica* « ξ » (lunghezze).

Per costruire la spezzata che rappresenta lo *spaccato*, su un piano verticale (*costruzione della Sezione longitudinale*) si utilizzano le colonne sia della *distanza spaziale* « ρ » sia dell'*inclinazione* « φ° » sia, per alcune misure, quella delle altezze «z».

La Pianta

Innanzitutto, segniamo un *punto* (il *punto zero* «0») ed una *direzione* (la direzione del *nord magnetico* «Nm»), ambedue a piacere; non a casaccio! [dis. 19].

Questi elementi devono, infatti, essere scelti, con discernimento, tenendo conto dell'estensione della cavità, della scala di riduzione che s'intende utilizzare (e pertanto delle dimensioni effettive del disegno), della direzione in cui si sviluppa la grotta.

Avviene, non di rado, di dover aggiungere «*pezze*» di altri fogli per il solo fatto di aver trascurato tali precauzioni; alcune volte, ovviamente, a causa o della vastità della grotta o di ulteriori esplorazioni e di nuove scoperte, «*l'aggiunta*» è inevitabile.

A partire dal nostro *nord magnetico* «Nm», e facendo *capo* sul caposaldo zero «0», misuriamo per mezzo di un *goniometro* (chiamato più raramente *rapportatore* e molto più raramente, per fortuna, *riportatore*), in senso orario, un angolo « θ° » di ampiezza pari al valore riportato in corrispondenza dell'intersezione fra la riga contenente i capisaldi «0 1» e la colonna degli *azimut*: « θ°_{10} ».

Su questa direzione stacciamo, a partire da «0», un segmento pari al valore indicato nella colonna delle *Lunghezze* « ξ_{01} » (distanza planimetrica fra i capisaldi e «0» e «1») individuando così la posizione *planimetrica* del caposaldo «1»; sempre [dis. 19].

Il caposaldo «2» si trova, come si evince dalla [tab. 15], sulla verticale di «1» (ad una quota superiore), e pertanto risulta, in planimetria, coincidente con quest'ultimo «2 \equiv 1» (la sua posizione, in pianta, è la medesima di quella del caposaldo «1») [dis. 20].

In seguito, sempre basandoci sui dati presenti in [tab. 15], conoscendo l'azimut « θ°_{32} », del caposaldo «3» rispetto al caposaldo «2» (l'angolo « β° » nel [dis. 10]), stacciamo, a partire dal caposaldo «2» e lungo la congiungente i capisaldi «2 3», la lunghezza « ξ_{23} » (distanza planimetrica fra i capisaldi «2» e «3»), per mezzo della quale s'individua la posizione del caposaldo «3».

La posizione planimetrica degli altri restanti capisaldi: «u», «4», «5», «6», «d», «7» è stata determinata con un procedimento simile a quello utilizzato per determinare la posizione planimetrica dei capisaldi «1», «2», «u», «3» [dis. 22] passando per il [dis. 21].

Ricaviamo infine la posizione dei restanti capisaldi «8», «9», «10», «11», «12», «13», «14», «15», utilizzando il solo metodo per *irraggiamento* (vedi [tab. 10]), e degli ultimi capisaldi «16», «17», «18», eseguendo una *poligonale secondaria* a partire dal caposaldo «3» (vedi [tab. 11]).

Lo Spaccato

Parimenti al procedimento eseguito per la pianta, segniamo, innanzi tutto, un *punto* (il *punto zero* «0») e una *direzione* (assunta come *Orizzontale*) che indichiamo con «E», ambedue a piacere; il motivo per cui anche questi elementi non devono essere presi a casaccio è ormai noto.

A partire dall'orizzontale «E», e facendo *capo* in «0», misuriamo un angolo « φ° » di ampiezza pari al valore riportato in corrispondenza dell'intersezione fra la riga contenente i punti «0 1» e la colonna dell'*inclinazione* « φ°_{10} » [dis. 19]; l'angolo « σ » nel [dis. 10].

Nell'eseguire tale operazione, dobbiamo tener conto del segno *associato* all'angolo verticale « φ° »; il segno «+» indica una *salita* (l'angolo è compreso fra l'*orizzontale* e lo *zenit*), mentre il segno «-» indica una *discesa* (l'angolo è compreso fra l'*orizzontale* ed il *nadir*).

Su questa direzione stacciamo, a partire da «0», un segmento pari al valore indicato nella colonna delle *Distanze* « ρ_{01} » (distanza spaziale fra i capisaldi «0» ed «1») individuando così la posizione altimetrica del caposaldo «1», sempre [dis. 19].

Come detto prima, e come si evince dalla [tab. 15], il caposaldo «2» si trova sulla verticale del caposaldo «1» e pertanto è sufficiente, per determinarne la posizione, staccare verso l'alto (il dislivello ha segno positivo) con un angolo « $\varphi^\circ_{21} = +90^\circ$ », un segmento pari al valore riportato in corrispondenza dell'intersezione fra la riga contenente i punti «1 2» e la colonna dei *Dislivelli* [dis. 20].

Si prende ora in considerazione il caposaldo «3» il quale, come si evince della [tab. 15], è alla stessa quota del caposaldo «2»; l'angolo « φ°_{32} » è, pertanto, uguale a zero.

A partire dal caposaldo «2» si stacca, orizzontalmente, un segmento pari alla distanza « ρ_{23} », fra i capisaldi «2» e «3».

Rimane poi il caposaldo «u» situato sulla livelletta «2 3» (sul segmento congiungente i capisaldi «2 3»).

A partire dal caposaldo «2», e proseguendo in orizzontale (perché orizzontale era la congiungente i capisaldi «2» e «3»), si stacca un segmento pari alla distanza « ρ_{2u} », individuando così la posizione del caposaldo «u».

La posizione altimetrica dei successivi capisaldi: «u», «4», «5», «6», «d», «7» è stata determinata con un procedimento simile a quello utilizzato per individuare la posizione altimetrica dei capisaldi «1», «2», «3».

Non compaiono i capisaldi dall'«8» al «15», perché non appartenenti allo Spaccato, come parimenti non compaiono i capisaldi dall'«16» al «18», perché appartenenti ad una poligonale secondaria non presente come Spaccato.

Per coordinate cartesiane ortogonali

Con questo metodo si può ovviare alla *propagazione degli errori e delle imprecisioni*, dovuta sia all'approssimazione dei valori calcolati sia degli errori di graficismo, che inevitabilmente si sommano, nella restituzione per mezzo delle *coordinate polari*, ai precedenti ed *errori ed imprecisioni*.

Per ottenere questo risultato però è necessario riferire tutte le misurazioni sempre all'origine (allo zero «0») del sistema di assi cartesiani che andiamo a considerare.

Per eseguire il disegno utilizzando le *Coordinate cartesiane* è necessario, pertanto, elaborare ulteriormente i dati, presenti in [tab. 07], ottenendo prima di tutto una tabella come in [Tab. 08], nella quale, noti gli altri elementi si calcolano:

le *Lunghezze* « ξ » [LungP], « ξ_{n+1n} », (distanze planimetriche fra i capisaldi «n» e «n+1»), uguali a:

$$\xi_{n+1n} = \xi_{n+1n} \cdot Sd$$

I *Dislivelli parziali*, [Altezze] « ph_{nn+1} », (differenza di quota fra i capisaldi «n» e «n+1»), uguali a:

$$ph_{nn+1} = \rho_{nn+1} \cdot \text{sen}(\alpha_{n+1n}) \cdot Sd$$

le *ascisse parziali*, [asse E], « ξ_{en+1n} », (differenza fra le ascisse dei capisaldi «n» e «n+1»), uguali a:

$$\xi_{en+1n} = \xi_{nn+1} \cdot \text{cos}(\alpha_{n+1n}) \cdot Sd$$

le *ordinate parziali*, [asse N], « ξ_{nn+1n} », (differenza fra le ordinate dei capisaldi «n» e «n+1»), uguali a:

$$\xi_{nn+1n} = \xi_{nn+1} \cdot \text{sen}(\alpha_{n+1n}) \cdot Sd$$

Noto il significato di tutti i simboli

| Valori parziali | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-----|-------|------|---------|----|--------|-------|---------|------|-------|---------|------|
| Stazione | | LungP | | Altezze | | Asse E | | Asse N | | | | |
| n | n+1 | ξ | m | \pm | ph | m | \pm | ξ_e | m | \pm | ξ_n | m |
| 0 | 1 | 1 | 3,26 | - | | 8,95 | + | | 4,32 | + | 1 | 2,54 |
| 1 | 2 | | 0,00 | + | | 7,30 | + | | 0,00 | | | 0,00 |
| 2 | 3 | 1 | 5,20 | | | 0,00 | + | 1 | 3,93 | - | | 7,14 |
| 2 | u | | 8,50 | | | 0,00 | + | | 7,50 | - | | 3,99 |
| 3 | 4 | | 9,13 | + | | 1,12 | + | | 7,19 | + | | 5,62 |
| 4 | 5 | | 0,00 | - | 1 | 6,40 | + | | 0,00 | | | 0,00 |
| 5 | 6 | 1 | 8,27 | - | | 2,89 | + | 1 | 7,80 | + | | 4,11 |
| 6 | 7 | 2 | 4,56 | + | | 3,45 | + | 2 | 0,12 | + | 1 | 4,09 |
| 6 | d | 1 | 4,06 | + | | 1,98 | + | 1 | 1,52 | + | | 8,06 |
| 6 | 8 | 1 | 8,49 | + | | 1,94 | - | 1 | 7,79 | + | | 5,44 |
| 6 | 9 | 1 | 9,72 | + | | 1,72 | - | | 9,90 | + | 1 | 7,15 |
| 6 | 10 | 1 | 8,02 | + | | 2,53 | + | | 6,52 | + | 1 | 6,99 |
| 6 | 11 | 1 | 8,51 | + | | 3,26 | + | 1 | 8,79 | + | | 0,66 |
| 6 | 12 | 1 | 4,46 | + | | 3,60 | + | 1 | 2,35 | - | | 8,33 |
| 6 | 13 | 2 | 1,37 | + | | 3,33 | + | | 5,53 | - | 2 | 0,64 |
| 6 | 14 | 2 | 0,98 | + | | 3,36 | - | | 4,36 | - | 2 | 0,52 |
| 6 | 15 | 1 | 7,48 | + | | 2,77 | - | 1 | 4,67 | - | | 9,90 |

[tab. 08]

Si ricavano infine, e si riportano come evidenziato in [tab. 09], i *valori progressivi* (somma algebrica dei rispettivi *valori parziali*), rispetto all'origine «0» (coincidente col caposaldo «0») del *sistema di riferimento* adottato, sia dei dislivelli sia delle *lunghezze planimetriche*, sia delle *ascisse* sia delle *ordinate*.

| Valori riferiti al vertice «0» | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----|-----------|------|--------|-----------|-----------|-------|------------|------|-------|-----------|------|
| Stazione | | LungP | | QuoteR | | Ascisse E | | Ordinate N | | | | |
| n | n+1 | d_{n+1} | m | \pm | h_{n+1} | m | \pm | e_{n+1} | m | \pm | n_{n+1} | m |
| 0 | 1 | 1 | 3,26 | - | | 8,95 | + | | 4,32 | + | 1 | 2,54 |
| 0 | 2 | 1 | 3,26 | - | | 1,65 | + | | 4,32 | + | 1 | 2,54 |
| 0 | u | 2 | 1,76 | - | | 1,65 | + | 1 | 1,82 | + | | 8,55 |
| 0 | 3 | 2 | 8,74 | - | | 1,65 | + | 1 | 7,74 | + | | 5,40 |
| 0 | 4 | 3 | 7,59 | - | | 0,53 | + | 2 | 4,93 | + | 1 | 1,02 |
| 0 | 5 | 3 | 7,59 | - | 1 | 6,93 | + | 2 | 4,93 | + | 1 | 1,02 |
| 0 | 6 | 5 | 5,86 | - | 1 | 9,82 | + | 4 | 2,73 | + | 1 | 5,13 |
| 0 | d | 6 | 9,92 | - | 1 | 7,84 | + | 5 | 4,25 | + | 2 | 3,19 |
| 0 | 7 | 8 | 0,42 | - | 1 | 6,37 | + | 6 | 2,85 | + | 2 | 9,22 |
| 0 | 8 | | | | | | + | 2 | 4,95 | + | 2 | 0,57 |
| 0 | 9 | | | | | | + | 3 | 2,83 | + | 3 | 2,28 |
| 0 | 10 | | | | | | + | 4 | 9,25 | + | 3 | 2,12 |
| 0 | 11 | | | | | | + | 6 | 1,52 | + | 1 | 5,79 |
| 0 | 12 | | | | | | + | 5 | 5,08 | + | | 6,80 |
| 0 | 13 | | | | | | + | 4 | 8,26 | - | | 5,51 |
| 0 | 14 | | | | | | + | 3 | 8,37 | - | | 5,39 |
| 0 | 15 | | | | | | + | 2 | 8,06 | + | | 5,23 |

[tab. 09]

Per costruire la spezzata che rappresenta la proiezione, su un piano orizzontale (costruzione della *pianta*), della poligonale, si utilizzano le colonne sia delle *Ascisse* «E» sia delle *Ordinate* «N» ed i valori delle rispettive *coordinate cartesiane*: « e_n », « n_n ».

Per costruire la spezzata che rappresenta lo *Spaccato* (*costruzione della Sezione longitudinale*) si utilizzano le colonne sia delle *Lunghezze planimetriche* « ξ_n » sia delle *Quote* « h_n »; seguendo questo metodo è più conveniente eseguire il disegno direttamente su un foglio di carta millimetrata.

La Pianta

Innanzitutto segniamo un *punto* «0» (origine del *sistema di riferimento*) il quale coinciderà col punto «0» (*caposaldo iniziale* o *caposaldo zero*) ed una coppia di assi orientati, ortogonali fra loro (gli assi del *sistema di riferimento*: «N», «E») ambedue a *piacere*.

Ho detto a *piacere* ed è vero, per contro, e per semplicità e per maggiore praticità, conviene far coincidere la direzione dell'asse delle ordinate «N» con la direzione del nord magnetico «Nm», perché, in questo modo, avremo già pronti tutti i valori necessari [dis. 23].

A partire dal punto origine «0» degli assi cartesiani, di coordinate «(0, 0)», misuriamo, sulle *ascisse* «E», un segmento di lunghezza pari al valore riportato in corrispondenza dell'intersezione fra la riga contenente i punti «0 1» e la colonna degli « $e_{n_{n+1}}$ » (*valore progressivo*); s'individua con ciò un punto che è l'ascissa, sull'asse «E», del caposaldo «1» e che indicheremo con «1e» [dis. 24].

A partire sempre dal punto «0» misuriamo, sulle *ordinate* «N», un segmento di lunghezza pari al valore riportato in corrispondenza dell'intersezione fra la riga contenente i punti «0 1» e la colonna degli « $n_{n_{n+1}}$ » (*valore progressivo*); s'individua con ciò un punto che è l'ordinata, sull'asse «N», del caposaldo «1» e che indicheremo con «1n».

L'intersezione delle perpendicolari condotte da «1e» e da «1n» individueranno la posizione del caposaldo «1(1e, 1n)» [dis. 24].

Il caposaldo «2» si trova, come si evince dalla [tab. 09], sulla verticale di «1» (ad una quota superiore), e pertanto risulta, in planimetria, coincidente con quest'ultimo «2 \equiv 1»; le sue coordinate «2(2e, 2n)» sono le medesime di quelle del caposaldo «1(1e, 1n)» [Dis. 25].

Trovare la posizione planimetrica del caposaldo «3» è ora quasi *ovvio*, dalla [tab. 09], è sufficiente trovare i valori riportati in corrispondenza dell'intersezione fra la riga contenente i punti «2 3» e le due colonne sia degli « $e_{n_{n+1}}$ » sia degli « $n_{n_{n+1}}$ »; si può individuare in questo modo un punto che è l'intersezione sia dell'ascissa «3e» sia dell'ordinata «3n», che rappresenta appunto la posizione planimetrica del caposaldo «3» [dis. 26].

La posizione planimetrica degli altri capisaldi: «4», «5», «6», «d», «7» è determinata con un procedimento simile a quello utilizzato per determinare la posizione planimetrica dei capisaldi «1», «2», «3» [dis. 27].

Ricaviamo poi la posizione dei restanti capisaldi «8», «9», «10», «11», «12», «13», «14», «15», utilizzando i valori ottenuti elaborando i dati rilevati col metodo per **irraggiamento** (vedi [tab. 10]), e dei capisaldi «16», «17», «18», che appartengono ad una **poligonale secondaria** a partire dal caposaldo «3».

Le posizioni planimetriche dei capisaldi sia dall'«8» al «15» sia dal «16» al «18», per contro, non compaiono nel [dis. 27] poiché è stata considerata superflua la sua indicazione: la loro posizione è già chiarita nel [dis. 22] (vedi: Il procedimento per la restituzione dei dati – Per coordinate polari), e ripeterli anche ora appesantirebbe inutilmente il disegno.

Lo spaccato

Parimenti al procedimento eseguito per la pianta, segniamo, innanzi tutto, un punto (il *punto zero* «0») e due direzioni ortogonali fra loro; la prima, che indicheremo con «X», sarà l'asse delle *distanze planimetriche* (lunghezze orizzontali od ascisse), la seconda, che indicheremo con «Z», sarà l'asse delle *altezze*, differenze di quota, od ordinate, fra il punto «n» ed il punto origine o punto zero «0».

A partire da punto «0» misuriamo, sull'asse «X», un segmento di lunghezza pari al valore riportato in corrispondenza dell'intersezione fra la riga contenente i punti «0 1» e la colonna delle « $\xi_{n_{n+1}}$ » (*valore progressivo*); s'individua con ciò un punto che è l'ascissa, sull'asse «X», del caposaldo «1» e che indicheremo con «X₁» [dis. 24].

A partire dal punto «0» misuriamo, sull'asse «Z», un segmento di lunghezza pari al valore riportato in corrispondenza dell'intersezione fra la riga contenente i punti «0 1» e la colonna delle « $h_{n_{n+1}}$ » (*valore progressivo*); s'individua con ciò un punto che è l'ordinata, sull'asse «Z», del caposaldo «1» e che indicheremo con «1z».

Il caposaldo «2» si trova sulla verticale del caposaldo «1» ed è pertanto sufficiente staccare da quest'ultimo, un segmento pari al valore riportato in corrispondenza dell'intersezione fra la riga contenente i punti «1 2» e la colonna dei *Dislivelli*.

Anche per lo Spaccato, trovare la posizione altimetrica del caposaldo «3» è ora quasi *ovvio*, dalla [tab. 09], è sufficiente trovare i valori riportati in corrispondenza dell'intersezione fra la riga contenente i punti «2 3» e le due colonne sia degli « $e_{n_{n+1}}$ » sia degli « $n_{n_{n+1}}$ »; si può individuare in questo modo un punto che è l'intersezione sia dell'ascissa «3e» sia dell'ordinata «3n», che rappresenta appunto la posizione planimetrica del caposaldo «3» [dis. 26].

La posizione altimetrica degli altri capisaldi: «4», «4», «5», «6», «d», «7» è stata determinata con un procedimento simile a quello utilizzato per determinare la posizione planimetrica dei capisaldi «1», «2», «3» [dis. 27].

Non compaiono i capisaldi dall'«8» al «15», perché non appartenenti allo Spaccato, come parimenti non compaiono i capisaldi dall'«16» al «18», perché appartenenti ad una poligonale secondaria non presente come Spaccato.

Elucubrazioni non necessarie

Costatato che col metodo utilizzato per la restituzione della poligonale per mezzo delle *Coordinate cartesiane*, non vi è la propagazione degli errori, come per contro avviene per la restituzione della poligonale per mezzo delle coordinate polari, si potrebbe riferire ogni caposaldo all'origine del sistema di riferimento, anche nel caso usassimo quest'ultimo procedimento?

Sì! Si potrebbe, ma il calcolo sarebbe oltremodo e **lungo** e **complesso** e, a pensarci bene, anche completamente **inutile**.

Ragioniamo, per semplicità e brevità, solo sulla Pianta (per quanto riguarda lo Spaccato valgono, ovviamente, le medesime conclusioni).

Con riferimento al [dis. 27], possiamo arguire che per calcolare e la lunghezza « ρ_{0J} » del segmento «0 J» ed il proprio azimut magnetico « θ_{θ_0} » (quello del caposaldo «J» rispetto al caposaldo «0») dobbiamo conoscere, innanzi tutto, le coordinate parziali J(Je0 Jn0) del caposaldo «J» rispetto al caposaldo «0», riferite ad un sistema di assi cartesiani, con origine nel punto «0», nel quale l'asse delle ordinate «N» coincide con la direzione del nord magnetico e l'asse delle ordinate «E» è ad esso perpendicolare.

Se non siete entrati in *sincope da apnea prolungata*, dopo quest'ultimo interminabile capoverso, ora potete continuare a leggere.

Senza accorgercene, forse, abbiamo già compilato la [tab. 08], necessaria per utilizzare il procedimento per *coordinate cartesiane*.

Dobbiamo inoltre conoscere i *valori progressivi* delle coordinate di ogni caposaldo riferiti all'origine «0» e con ciò abbiamo compilato, sempre senza accorgercene, forse, la [tab. 09]; anche quest'ultima necessaria per utilizzare il procedimento per *coordinate cartesiane*.

Poniamo qui una «*interruzione*», ci servirà in seguito.

Dobbiamo calcolare, infine, le coordinate polari di ogni segmento «0 J»: ρ_{0J} , θ_{J0}

$$\rho_{0J} = \sqrt{(J_e + J_n)^2} \quad \theta_{J0} = \operatorname{arccot} \frac{J_n}{J_e}$$

Dopo la «*interruzione*» abbiamo dovuto continuare con dei calcoli non elementari; queste operazioni le dovremmo ripetere per ogni caposaldo «J».

Prima della «*interruzione*», per contro, possediamo già tutti i dati per eseguire la restituzione del rilievo per mezzo delle *coordinate cartesiane* (vedi: [tab. 08], [tab. 09]) e, pertanto, mi sembra oltremodo superfluo proseguire **testardamente** con i calcoli pur di applicare un procedimento che si rivela e più **lungo** e più **complesso** e più **inutile**.

Procedendo con gli elaborati grafici

Una volta completata la traccia della poligonale sia in *Pianta* sia nello *Spaccato* la si utilizzerà come «scheletro» su cui si plasmerà il «corpo» procedendo al disegno dei contorni, sia planimetrici sia altimetrici, della cavità.

Riprendiamo ora in esame la [tab. 14], di pagina 18, nella quale avevamo momentaneamente ignorato i dati relativi sia alle *larghezze* sia alle *altezze* e, indipendentemente dal metodo utilizzato fino ad ora per la restituzione dei dati (o per **Coordinate piane polari** o per **Coordinate cartesiane ortogonali**), proseguiamo nelle nostre operazioni.

Ora è il momento di considerare proprio le suddette colonne (quelle prima ignorate); pertanto, riportiamo, in [tab. 16], tutti i dati già presenti anche in [tab. 08] e, ignorando tutti i dati già utilizzati, mettiamo in risalto quelli che ci interessano.

| Foglio n° 1 | | Grotta: Non d'appu agattara mancu oi | | | | | | | | Data: 31/02/99 | | | | | | |
|-------------|----------|--------------------------------------|-----------|-----------|----|---------|---|------------|---|----------------|---|-----|---|---|------|---|
| Stazione | Distanza | Azimut | Inclinaz. | Larghezza | | Altezza | | Dislivello | | R | | | | | | |
| n | n+1 | m | θ° | ± | φ° | S | ⇐ | ⇒ | D | A | ↑ | B | ↓ | ± | m | N |
| | 0 | | | | | 3,8 | | 1,5 | | 3,3 | | 0,0 | | | | |
| 0 | 1 | 16,0 | 19 | - | 34 | 3,2 | | 3,5 | | 19,2 | | 0,1 | | | | |
| 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | + | 7,3 | |
| 2 | 3 | 15,2 | 118 | | 0 | 5,2 | | 3,7 | | 18,1 | | 0,0 | | | | |
| 2 | u | 8,5 | | | | 7,3 | | 3,9 | | 22,3 | | 0,0 | | | | 1 |
| 3 | 4 | 9,2 | 52 | + | 7 | 3,8 | | 5,2 | | 9,8 | | 0,0 | | | | |
| 4 | 5 | | | | | | | | | | | | | - | 16,4 | |
| 5 | 6 | 18,5 | 77 | - | 9 | | | | | 31,8 | | 0,0 | | | | 2 |
| 6 | 7 | 24,8 | 55 | + | 8 | | | | | 0,0 | | 0,0 | | | | |
| 6 | d | 14,2 | 55 | + | 8 | | | | | 22,5 | | 0,0 | | | | 3 |

[tab. 16]

La Pianta

Si riportano, in coincidenza di ogni caposaldo, le misure delle *larghezze* (sia dal vertice verso sinistra sia dal vertice verso destra) i cui valori sono riportati in corrispondenza dell'intersezione fra la riga contenente i capisaldi «n n+1» e le colonne delle *Larghezze*: «S \leftarrow », « \Rightarrow D» [dis. 28].

S'individuano così alcuni punti significativi (*rilevati*) appartenenti, in pianta, al perimetro della grotta; servendosi di tali punti si traccia infine, con l'ausilio dello *Schizzo a vista* (eseguito durante le operazioni di rilievo), il contorno planimetrico della cavità [dis. 29].

Lo Spaccato

Si riportano, per ogni caposaldo, le misure delle *altezze* (sia dal vertice verso il basso sia dal vertice verso l'alto) i cui valori sono riportati in corrispondenza dell'intersezione fra la riga contenente i capisaldi «n n+1» e la colonna delle *Altezze*: «S \Downarrow », « \Uparrow D» [dis. 28].

S'individuano così alcuni punti significativi (*rilevati*) appartenenti sia alla volta sia al pavimento della grotta; servendosi di tali punti si traccia infine, sempre con l'ausilio dello *Schizzo a vista*, il contorno altimetrico della cavità [dis. 29].

Attualmente

Ora, per contro, si stanno sempre più diffondendo programmi specifici, sviluppati per la restituzione grafica di poligoni, tipo **Compass** (di **Larry Fish**).

A tal uopo è sufficiente inserire i dati presenti nelle tabelle [tab. 08] e [tab. 10] in apposite schermate ed attendere che il calcolatore elabori il risultato.

I contorni, per quanto riguarda sia la **Pianta** sia lo **Spaccato** sia le **Sezioni trasversali**, dovranno essere immessi direttamente da chi è preposto all'elaborazione dei dati del rilievo; parimenti dovranno essere immesse tutte le **Indicazioni indispensabili** a permettere (o semplicemente favorire) la corretta e lettura e interpretazione degli elaborati grafici.

Terza digressione

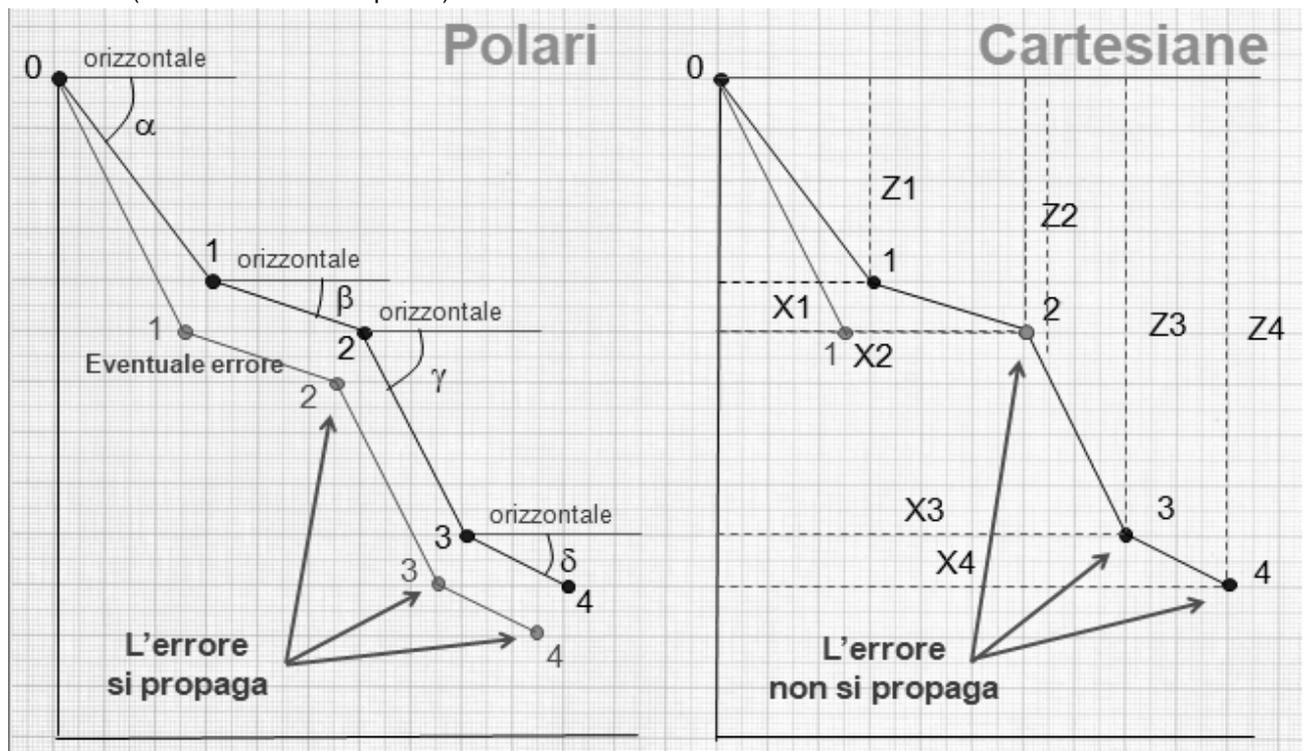
Premessa

Abbiamo detto che utilizzando, nella restituzione, le *coordinate polari si ha la propagazione degli errori*; utilizzando, per contro, la *coordinate cartesiane*, riferendo le coordinate di ogni caposaldo sempre all'origine, *non si ha propagazione degli errori*.

Prendiamo, per esempio, lo Spaccato del tratto di una immaginaria grotta ed analizziamo come dovremmo procedere utilizzando i due sistemi.

Ricordiamo che stiamo considerando l'errore di *graficismo* (errore che commettiamo nel segnare materialmente la posizione di un caposaldo partendo da dati corretti); nel caso commettessimo un errore di calcolo il discorso sarebbe diverso.

Consideriamo, inoltre, che l'errore, nel disegno di [fig. 09], è stato volutamente esagerato in modo abnorme per poter rendere più chiara la rappresentazione; nel caso un rilevatore dovesse commettere un simile assurdo errore, farebbe meglio ad imparare a giocare a *Pincareddu* (o Pincaro o Campana).



[fig. 09]

Eseguiamo il disegno utilizzando il metodo per coordinate polari

La poligonale «0, 1, 2, 3, 4,» visualizza la rappresentazione che si otterrebbe considerando sia tutti i dati sia l'esecuzione del disegno rigorosamente esatti.

Utilizzando i dati in nostro possesso, considerati sempre esatti (sia l'*Inclinazione*, ora denominata « α », della *livellina* «0 1» rispetto all'orizzontale sia la *Distanza* fra il caposaldo «0», od origine, ed il caposaldo «1»), tracciamo la *livellina* «0 1», ma a causa di un piccolo errore « ϵ », nel segnare la posizione del caposaldo «1», lo posizioniamo in «1a».

Apprestiamoci ora a tracciare la *livellina* «1 2», sempre utilizzando i dati in nostro possesso, considerati ugualmente esatti, i quali, è bene ricordarlo, sono riferiti al caposaldo precedente, quindi, al caposaldo «1» che, ora, diviene la nuova origine.

Per quest'ultima ragione, quando andremo a stabilire la posizione del caposaldo «2», partiremo dal caposaldo «1a», credendolo il caposaldo «1», e lo posizioneremo erroneamente in «2a», con un errore pari a « ϵ », lo stesso che intercorre fra il caposaldo «1» e il caposaldo «1a».

Così avverrà per tutti gli altri vertici susseguenti che saranno posizionati sempre con lo stesso errore « ϵ »: il «3» in «3a», il «4» in «4a», e così via; la poligonale che andremo a disegnare si snoderà, pertanto, parallelamente alla poligonale corretta e tutti i suoi punti *godranno* tutti dello stesso errore « ϵ ».

Si ha, pertanto, la propagazione del l'errore « ϵ ».

Eseguiamo il disegno utilizzando il metodo per coordinate cartesiane ortogonali

La poligonale «0, 1, 2, 3, 4,» visualizza la rappresentazione che si otterrebbe considerando sia tutti i dati sia l'esecuzione del disegno rigorosamente esatti.

Utilizzando i dati in nostro possesso, considerati sempre esatti (sia il valore delle **ascisse** «X1», sia il valore delle **ordinate** «Z1»), tracciamo la *livellotta* «0 1», ma a causa di un piccolo errore « ϵ », nel segnare la posizione del caposaldo «1», lo posizioniamo in «1a».

Apprestiamoci ora a tracciare la *livellotta* «1 2», sempre utilizzando i dati in nostro possesso, considerati ugualmente esatti, i quali, è bene ricordarlo, sono, queste volta, riferiti tutti all'origine «0» degli assi cartesiani.

Per quest'ultima ragione, quando andremo a stabilire la posizione del caposaldo «2», partiremo sempre dall'origine «0», ignorando il caposaldo «1a», posizionato erroneamente, e, pertanto, andremo a segnare correttamente nel caposaldo «2».

Così avverrà per tutti gli altri capisaldi susseguenti che saranno posizionati sempre correttamente: in «3» in «4», e così via; la poligonale che andremo a disegnare si snoderà, pertanto, identica a quella che avremmo ottenuto se il caposaldo «1» fosse stato segnato correttamente senza commettere alcun errore di graficismo « ϵ » (identica dal caposaldo «2» in poi, ovviamente).

Non si ha, pertanto, la propagazione dell'errore « ϵ ».

La compensazione delle poligonali chiuse

Verifica e compensazione: angolare, lineare

Nelle **poligonali chiuse** le *coordinate cartesiane ortogonali spaziali*, dell'ultimo caposaldo « $S_n(e_n, n_n, z_n)$ » dovrebbero assumere il medesimo valore delle *coordinate cartesiane ortogonali spaziali* del primo caposaldo « $S_0(e_0, n_0, z_0)$ » al quale si attribuiscono, convenzionalmente, le coordinate relative « $S_0(0, 0, 0)$ »; si dovrebbe ottenere pertanto: $S_n \equiv S_u$.

Seguendo il criterio più usuale, e prendendo in considerazione soltanto la proiezione, sul piano orizzontale, della poligonale (planimetria), si dovrebbe procedere alla verifica dell'errore angolare calcolando, per prima cosa, la somma degli angoli interni.

Se « $S_0(e_0, n_0)$ », « $S_1(e_1, n_1)$ », . . . , « $S_{n-1}(e_{n-1}, n_{n-1})$ », « $S_n(e_n, n_n)$ », sono le *coordinate piane cartesiane* dei vertici di un poligono del quale si conoscono tutti gli angoli interni « β_1 », « β_2 », . . . , « β_{n-1} », « β_n » (ricavati analiticamente dalla misura degli azimut d'ogni lato), l'*errore di chiusura angolare* è dato da:

$$\omega^{\circ} = \sum_{j=1}^{j=n} \beta_j - (n-2) \cdot 180^{\circ} \quad (\text{in gradi sessagesimali}) \quad \omega^g = \sum_{j=1}^{j=n} \beta_j - (n-2) \cdot 200^g \quad (\text{in gradi centesimali})$$

Se « $0 < \omega \leq t$ » la *poligonale* può e deve essere compensata *angolarmente* correggendo ciascun angolo interno di un valore pari a « $\Delta\omega = -\omega / n$ » (nel caso « ω » non sia esattamente divisibile per « n », il resto si ripartisce fra gli angoli alterni).

« t » è la *tolleranza* (fissata a priori) per la *chiusura angolare*; nel caso si ottenga « $\omega > t$ » si dovrebbe procedere ad un nuovo rilievo di tutta la *poligonale chiusa*.

Si dovrebbe procedere, poi, alla verifica dell'*errore lineare* (o *laterale*) calcolando separatamente la somma algebrica dei *valori parziali* sia delle *ascisse* sia delle *ordinate*.

Le due somme dovrebbero risultare entrambi nulle ma, a causa degli inevitabili imprecisioni introdotte durante il rilievo della poligonale (*poligonazione*) i risultati forniranno un valore non nullo.

Nel caso risulti: $\sum_{j=1}^{j=n} \xi n_j \neq 0 = \delta_N$ la poligonale non si chiude nelle *ascisse*

Nel caso risulti: $\sum_{j=1}^{j=n} \xi e_j \neq 0 = \delta_E$ la poligonale non si chiude nelle *ordinate*

Si chiama *errore di chiusura lineare* o *errore di chiusura lineare o laterale* il segmento « δ_L » fornito dall'espressione:

$$\delta_L = \pm \sqrt{(\delta_E)^2 + (\delta_N)^2}$$

Se « $0 < \delta_L \leq T$ », la *poligonale* può e deve essere compensata *linearmente* apportando una correzione alle corrispondenti coordinate parziali, in parti proporzionali alle loro *lunghezze planimetriche*: « ξe_j », « ξn_j ».

« T » è la *tolleranza* (fissata a priori) per la *chiusura lineare*; nel caso si ottenga « $\omega > t$ » si dovrebbe procedere ad un nuovo rilievo di tutta la *poligonale chiusa*.

Indicando con « L_p » la lunghezza planimetrica complessiva (perimetro del poligono), si dovranno rispettivamente sommare algebricamente, sia alle *ascisse parziali* « ξe_j » sia all'*ordinata generica* « ξn_j », i valori:

$$\Delta\delta_E = -\frac{\delta_E}{L_p} \cdot \xi e_j \quad \text{per l'ascissa generica} \quad \Delta\delta_N = -\frac{\delta_N}{L_p} \cdot \xi n_j \quad \text{per l'ordinata generica}$$

$$\text{essendo } L_p = \sum_{j=1}^{j=n} |\xi_j|$$

Ma se nelle misurazioni *lineari esterne*, d'alta precisione, è lecito aspettarsi una proporzionalità diretta fra gli *errori accidentali* e le lunghezze misurate (si raggiunge, infatti, il limite dell'approssimazione permessa dagli strumenti), nelle misurazioni *speleologiche*, per con-

tro, *gli errori accidentali* sono molto inferiori all'*arrotondamento* effettuato, dal rilevatore, sul valore osservato.

Quest'aspetto rende l'errore, sulla *dimensione lineare* (ricavata da normali misurazioni eseguite in ambiente ipogeo), praticamente indipendente dalla lunghezza osservata e pertanto l'Autore ritiene più corretto ripartire le quantità « $\Delta\delta_E$ », « $\Delta\delta_N$ » in parti proporzionali alle corrispondenti *coordinate parziali*.

Si può inoltre, con un ragionamento simile, ritenere superflua *la compensazione angolare*; se si «forza», infatti, la coincidenza dei vertici estremi (il primo e l'ultimo caposaldo), anche la somma degli angoli interni sarà verificata.

Indicando con « L_e » e « L_n » rispettivamente la somma (in valore assoluto) delle lunghezze della poligonale (perimetro del poligono), si dovranno rispettivamente sommare algebricamente, sia alle *ascisse parziali* « ξe_j » sia all'*ordinata generica* « ξn_j », i valori:

$$\Delta\delta_E = -\frac{\delta_E}{L_e} \cdot \xi e_j \quad \text{per l'ascissa generica} \qquad \Delta\delta_N = -\frac{\delta_N}{L_n} \cdot \xi n_j \quad \text{per l'ordinata generica}$$

$$\text{essendo: } L_e = \sum_{j=1}^{j=n} |\xi e_j| \qquad L_n = \sum_{j=1}^{j=n} |\xi n_j|$$

Nei rilievi ipogei si deve inoltre considerare quello che potremmo chiamare *errore di chiusura altimetrico* fornito dall'espressione:

$$\delta_H = \sum_{j=0}^{j=n} H_j \neq 0 = \delta_H$$

Se $0 < \delta_H \geq d$, la poligonale uò e deve essere compensata *altimetricamente*; parimenti alla compensazione laterale si procede ripartendo la correzione « $-\zeta$ » in parti uguali fra i corrispondenti dislivelli parziali.

« d » è la *tolleranza* (fissata a priori) per la *chiusura altimetrica*; nel caso si ottenga « $\delta_H > t$ » si dovrebbe procedere ad un nuovo rilievo di tutta la *poligonale chiusa*.

Il completamento degli elaborati grafici

Indicazioni indispensabili

Pianta, spaccato (sezione longitudinale), ingresso, sezioni trasversali, nord geografico, Nord magnetico, scala numerica, scala grafica

Terminato il disegno «nudo» della cavità, nel quale non compare ancora alcuna indicazione [dis. 30], si deve infine procedere all'inserimento di tutte quelle informazioni indispensabili alla corretta interpretazione degli elaborati [dis. 31].

L'indicazione, sugli elaborati grafici sia della **Pianta** sia dello **Spaccato** (o **Sezione longitudinale**) ed eventualmente delle **Sezioni trasversali**; non sempre, infatti, si può comprendere, specialmente osservando il rilievo di piccole cavità, in cui generalmente manca completamente la simbologia interna, qual è la **Pianta** e qual è lo **Spaccato**.

L'indicazione, sulla pianta, della posizione dell'ingresso (da questo simbolo si dovrebbe, invero, poter capire qual è la **Pianta**; ma non riponiamo troppa fiducia nell'osservatore).

L'indicazione, sulla **Pianta** e sullo **Spaccato**, della traccia dei piani verticali lungo i quali sono state condotte le **Sezioni trasversali**, specificando anche il verso in cui devono intendersi osservate.

La **direzione del Nord** deve essere sempre indicata mediante una freccia, molto spesso e stilizzata ed artistica, disegnata vicino alla **Pianta**; una «N» indica il **nord geografico** mentre una «Nm» indica il **nord magnetico**.

In [dis. 32], sono riportati alcuni simboli con cui può essere indicato il Nord; il Catasto delle grotte sardo, ne preferisce un altro qui non riportato; a voi trovarlo.

L'Autore ritiene più corretto inserire l'indicazione del **Nord geografico** «N» per la ragione che non varia nel tempo come, per contro, avviene per il **Nord magnetico** «Nm».

Osservazioni

Utilizzando il **nord magnetico** «Nm» sorgono alcuni problemi, non trascurabili:

- ◆ Nel caso si usi l'indicazione del **nord magnetico** «Nm», diviene imperativo indicare, sul rilievo, l'anno in cui sono state eseguite le misurazioni (meglio anche il mese); in caso contrario l'indicazione perde qualsiasi significato.
- ◆ La variazione annua, della declinazione magnetica, non è costante e per questo, riguardo agli aggiornamenti dei rilievi eseguiti molti anni addietro, è difficile, è laborioso ed è incerto, risalire alla direzione del **nord magnetico** presente a quel tempo, anche conoscendo sia l'anno sia il mese in cui è stato eseguito il rilievo.
- ◆ Riuscendo a risalire alla posizione del vecchio «Nm» quale dei due si deve utilizzare nel rilievo completo ed aggiornato? Il vecchio od il nuovo? In ambedue i casi, comunque, si rende necessario eseguire i calcoli per far in modo che le due direzioni coincidano e i due rilievi divengano sovrapponibili.

Dovrebbe essere pertanto compito del rilevatore calcolare la **declinazione magnetica** «attuale» in modo da poter indicare, sul rilievo, la direzione del **nord geografico** «N» la quale può essere considerata immutabile.

La **Scala numerica** o **Rapporto di riduzione** è la frazione (rapporto di similitudine) il cui denominatore indica di quante volte si sono ridotte le **dimensioni lineari** reali prima di riportarle sul disegno.

Si **devono evitare** rilievi eseguiti in scale fantasiose, restringendo quelle utilizzabili alle sole scale: 1:100, 1:200, 1:500, 1:1000 o, molto raramente, 1:2000.

Un disegno in scala 1:500 (leggi uno al cinquecento o più semplicemente al cinquecento) significa che le dimensioni lineari, sul disegno, sono cinquecento volte inferiori alle corrispondenti dimensioni lineari, nella realtà.

$$1 \text{ m (nella realtà)} = 1 \text{ m} / 500 = 0.002 \text{ m} = 2 \text{ mm (sul disegno)}$$

Osservazioni

L'indicazione della **scala** alla quale si è eseguito il disegno originale (scala numerica) riveste un'importanza più rilevante di quella che, in genere, la maggior parte degli «speleologi» gli attribuisce.

Se «w» è il denominatore della scala, in cui è riportato il disegno, si hanno, per i corrispondenti errori delle misure sul disegno «ε», nelle varie **scale**, i seguenti valori espressi in metri:

| w | 100 | 200 | 300 | 500 | 1000 | 2000 | 5000 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ε | ± 0.02 | ± 0.04 | ± 0.06 | ± 0.10 | ± 0.20 | ± 0.40 | ± 1.00 |

Questo ci dice non solo quali dovrebbero essere gli errori massimi tollerabili sulle misure che sono eseguite (anche se nella misura delle altezze superiori a 6 ÷ 7 metri gli errori superano abbondantemente, di norma, tali limitazioni) ma soprattutto forniscono un'indicazione sull'approssimazione massima che la scala del disegno ci *permette* di considerare.

La **Scala grafica** è la rappresentazione visiva del precedente rapporto, è costituita da un segmento, di lunghezza opportuna, diviso in parti; rispetto ad un'origine, in corrispondenza di alcune divisioni, sono riportate le distanze topografiche *reali* rappresentate.

Nel [dis. 33], sono riportate, a titolo di esempio, le scale grafiche presenti nella cartografia IGM serie 25/v, al 1:25 000.

Alcune volte, al fine di non dover graduare minutamente tutto il segmento, s'indicano, su questo, solo le divisioni multiple dell'unità e si gradua dettagliatamente, in senso inverso, un segmento, simile agli altri, adiacente, dalla parte opposta, allo zero della scala.

La *scala grafica* non solo è altrettanto importante, della *scala numerica*, ma, in alcune occasioni, è anche sicuramente più utile.

Nell'eventualità, infatti, di un ingrandimento, o di una riduzione, dell'elaborato grafico (proiezioni di diapositive o clichè per pubblicazioni) il rapporto, fra le dimensioni lineari del disegno e le corrispondenti dimensioni lineari nella realtà, varia rendendo errata l'indicazione della scala numerica; la *scala grafica*, per contro, subendo o un'uguale contrazione, o un uguale ingrandimento, rimane sempre valida.

Curiosità

Il primo concetto di scala si deve (probabilmente) allo scienziato greco **Eratostene di Cirene** (275 - 195 a.C.); compare in una misura del raggio terrestre, eseguita nei pressi d'**Alessandria d'Egitto**.

Altre informazioni

L'Autore ritiene inoltre indispensabile (*dovrebbe essere reso **obbligatorio***) completare la rappresentazione grafica con:

- ◆ l'indicazione sia nella *Pianta* sia nello *Spaccato* sia eventualmente *nelle Sezioni trasversali* della posizione di tutti i capisaldi (con la loro indicazione o in *numeri* o in *lettere*); i capisaldi dovrebbero inoltre essere materializzati (indicati o con una placchetta, o con un chiodino o con un punto di vernice o con . . .) all'interno della cavità.

- ◆ l'indicazione sulla *Pianta* (anche sulle *Sezioni trasversali*?) della traccia, con tratto sottile, dei piani verticali lungo i quali è stato costruito lo *Spaccato*; non sempre, infatti, la proiezione planimetrica della poligonale rilevata coincide con la traccia della «*Sezione longitudinale*» considerata.

E' vero che il *rilievo di una cavità*, come *elaborato grafico*, deve essere sobrio, non appesantito da inutili fronzoli, di lettura chiara ed immediata, piacevole a guardarsi, ma soprattutto è e **deve restare** fundamentalmente un **disegno tecnico** eseguito al fine di fornire essenzialmente informazioni **importanti** o semplicemente **utili**.

Quella *spezzata*, che attraversa molti dei simboli, pazientemente inseriti dall'*artista*, e quei punti, contrassegnati o da numeri o da lettere, sono forse antiestetici, ma sempre utilissimi per la corretta interpretazione di cavità particolarmente complesse e, spesso, si dimostrano insostituibili, specie quando nuove prosecuzioni devono esse *allacciate* alla poligonale principale di una grotta rilevata da altri operatori.

Un'idea

Se s'indicasse, sugli *elaborati grafici*, la traccia della poligonale, e se si *materializzassero* i vari capisaldi, all'interno della grotta, sarebbe allora sufficiente indicare (direttamente sul rilievo?), con la maggiore precisione possibile, l'*azimut* « θ_v » (azimut vecchio) di una direzione caratteristica, e facilmente individuabile, per permettere, ai futuri rilevatori, di risalire al valore della *declinazione magnetica* presente al momento dell'esecuzione del precedente rilievo.

Basterebbe, infatti, rimisurare l'azimut di quella direzione « θ_N » (azimut nuovo), per conoscere la variazione, della *declinazione magnetica*, avvenuta nel frattempo: $\Delta\theta = \theta_N - \theta_v$ e sommare algebricamente, al risultato così ottenuto, la *declinazione magnetica* determinata nel periodo che si è ripreso in esame la cavità . . . ma questa, forse, è pura utopia!

Errori nella restituzione dei dati

Con le Coordinate cartesiane, con le Coordinate polari

Con gli strumenti comunemente utilizzati dagli operatori (squadrette e goniometri) possiamo valutare che sia possibile apprezzare il quinto di millimetro ($\eta \pm 0.2$ mm) considerando, in questo valore, non solo la minima dimensione lineare apprezzabile, dall'occhio umano, ma anche gli errori conseguenti all'imperfetta coincidenza degli estremi di riferimento.

In **Coordinate cartesiane**: l'errore massimo temibile « m_C », nel riportare la posizione di un punto, è compreso in un quadratino avente il lato uguale alla minima dimensione lineare apprezzabile « η »; si ha pertanto:

$$m_C = \eta \cdot \sqrt{2}$$

In **Coordinate polari**: considerando che l'errore grafico è dovuto alla concomitanza sia degli errori lineari « η » sia degli errori angolari « ε », indicando con « r » il raggio del goniometro e con « d » la distanza polare, tenendo presente che $\varepsilon = \eta / r$, si ha:

L'errore massimo temibile « m_P », nel riportare la posizione di un punto, è pertanto:

$$m_P = \pm \eta \cdot \sqrt{\left(\frac{d}{r}\right)^2 + 1}$$

Si può affermare pertanto che, su ogni singolo ramo della poligonale (sia in *Pianta* sia nello *Spaccato*), quando il raggio del rapportatore « r » è uguale alla distanza polare « d », è indifferente usare le *Coordinate polari* o le *Coordinate cartesiane* poiché l'errore temibile è il medesimo: $m_P = m_C$.

Nel caso sia « $r < d$ » è conveniente usare le coordinate cartesiane: $m_P > m_C$; nel caso sia « $r > d$ » è conveniente usare le coordinate polari: $m_P < m_C$.

Ne deriva pertanto che si può ottenere sicuramente una maggiore precisione, utilizzando le *Coordinate cartesiane ortogonali* al posto delle *Coordinate polari*, solo nel caso si riferiscano tutte le misure all'origine degli assi «O» evitando in questo modo la propagazione degli errori sia di graficismo sia di arrotondamento.

Oggi per molti, però, e domani per tutti, la restituzione dei rilievi si esegue, e si eseguirà a breve, utilizzando specifici programmi (software per chi non parla l'italiano) studiati e realizzati per agevolare e facilitare operazioni che sono e lunghe e complesse.

Il goniometro, le squadrette, la matita, la gomma, la carta lucida, il rapidografo, saranno considerati, fra poco, reperti topografici preistorici.

La precisione dei rilievi

In Gran Bretagna la **British Caving Research Association** ha sviluppato una classificazione dei rilievi topografici ipogei (che deriva da quella proposta **dal Cave Research Group of Great Britain**) atta a definirne l'accuratezza in base agli strumenti utilizzati ed alle metodologie seguite (questa valutazione non tiene conto dell'entità degli errori).

Classificazione della precisione delle poligonali:

- Grado 1° = rilevamento restituito esclusivamente a memoria, senza eseguire alcuna misura.
- Grado 2° = basato su appunti presi nella cavità, senza l'ausilio di strumenti di misura (direzioni e dimensioni stimati a vista).
- Grado 3° = uso della bussola con approssimazione ai 5°, dimensioni misurate con cordini marcati o bastoni di lunghezza nota; angoli d'inclinazione (verticali) non misurati.
- Grado 4° = uso della bussola con approssimazione ai 2°, misurazioni effettuate con longimetro tenuto orizzontale ad occhio (si misura direttamente la *distanza planimetrica* senza il calcolo dell'inclinazione); La distanza fra le stazioni deve essere limitata per soddisfare queste condizioni.
- Grado 5° = uso di bussola di precisione ed eclimetro, entrambi con stima approssimata ad 1°, tenuti a mano; distanze misurate per mezzo di nastri metrici, o con altro tipo di longimetri, aventi l'approssimazione minima ai 3 cm.
- Grado 6° = uso di bussola di precisione con lente d'ingrandimento ed eclimetro calibrato, entrambi usati esclusivamente su treppiede e letti con approssimazione di 0.5°, longimetri come al «grado 5°».
- Grado 7° = uso o di teodolite o di tacheometro per gli angoli, distanze misurate o con nastro metrico o con stadia graduata e cannocchiale distanziometrico o altri strumenti di precisione superiore a quelli indicati al «grado 6°».

Classificazione della precisione dei dettagli:

- Grado A = tutti i dettagli eseguiti a memoria, a tavolino.
- Grado B = dettagli registrati, ma stimati, in fase di rilievo, ad occhio.
- Grado C = misurazione dei dettagli fatta esclusivamente dalla stazione (vertice); dettagli intermedi, fra i vertici, stimati a vista e registrati sul posto.
- Grado D = misurazione accurata, dei dettagli, eseguita in tutte le stazioni ed a tanti intervalli intermedi quanti ne può richiedere l'andamento particolare della cavità, per evidenziare le irregolarità di dimensione, direzione, natura del terreno ed altri di possibile interesse.

Seguendo tale sistema, nel quale vi sono comunque delle difficoltà interpretative, un buon *rilievo speleologico* dovrebbe potersi classificare un 5/C.

L'Iconografia ipogea

Premessa

Il disegno «nudo», di una cavità, anche se sopportato da una *precisa* e *minuziosa* rappresentazione, con l'ausilio sia della *Pianta* sia dello *Spaccato* sia di eventuali *Sezioni trasversali*, può fornire solo poche informazioni fra quelle che potremmo definire «*al contorno*».

L'**Iconografia ipogea** s'interessa della determinazione di tutti i *simboli* necessari non solo per una completa descrizione morfologica della cavità, ma anche per costruire una struttura idonea su cui impostare sia un'analisi morfogenetica sia studi specifici come ad esempio l'*idrologia*, la *tettonica*, le *sedimentazioni*, la *meteorologia*, ed altri ancora.

Segni topografici - sono la rappresentazione della *scala grafica*, del *nord* (*geografico* o *magnetico*) e di tutti gli elementi della *poligonale* con l'indicazione sia dei *capisaldi*, differenziati a seconda dei metodi di rilevamento, sia della quota di alcuni *punti notevoli*.

Plastica ipogea - Sono compresi sia la rappresentazione dei margini di cavità sia dei vari fenomeni morfologici ed orografici.

Idrografia - è la rappresentazione dell'acqua in tutti i suoi aspetti, forme e manifestazioni riscontrabili negli ambienti sotterranei.

Concrezioni - sono la rappresentazione di tutte le forme che si possono incontrare sia sul pavimento sia sulle pareti sia sulla volta delle cavità; sono comprese, inoltre, le pisoliti e le concrezioni di ghiaccio.

Tettonica - sono la rappresentazione sia della struttura delle rocce sia e delle loro modificazioni e delle loro deformazioni.

Forme di erosione - sono compresi tutti quei fenomeni e di corrosione e di degradazione e di sgretolamento come: *Scallops*, canali di volta, *roof pendants*.

Depositi (sedimenti) - sono la rappresentazione di tutti i più importanti depositi che possono trovarsi o sul pavimento, o sulle pareti, o sulla volta, delle cavità.

Tali simboli includono le rocce sciolte o sedimentarie, i depositi: chimici, organici, ossiferi; includono inoltre le formazioni di ghiaccio ed il materiale proveniente dall'esterno.

Reperti - sono la rappresentazione degli eventuali ritrovamenti quando si ritiene necessario, o soltanto utile, comunicare una particolare scoperta.

Meteorologia - è la rappresentazione dei fenomeni che avvengono all'interno delle cavità, con particolare riferimento alle correnti d'aria, e l'indicazione del valore assunto dai parametri: termometrici, barometrici, igrometrici, presenti nell'ambiente ipogeo.

Studi e Campi - comprendono la simbologia atta ad individuare, in specifici rilievi, eventuali stazioni o di misura o di prelievo o di osservazione.

Opere artificiali (modificazioni antropiche) - comprendono la simbologia che rappresenta le opere permanenti eseguite dall'uomo, nel periodo attuale od in passato; sono da inserire, nel rilievo, solo se rivestono una notevole importanza e se la scala (rapporto di riduzione) lo permette.

Le opere provvisorie atte soltanto o a facilitare o a rendere possibile l'esplorazione, non devono essere inserite se non in casi molto particolari, qui volutamente ignorati.

Il Catasto regionale delle grotte della Sardegna e i dati catastali

Premessa

Il **Catasto delle Grotte della Sardegna** è stato istituito l'11 novembre 1979 con lo scopo di raccogliere, in una struttura organizzata, tutti i dati e tecnici e scientifici, i rilievi, gli studi, i lavori riguardanti le grotte sarde, eseguiti dai vari gruppi speleologici; per approfondire inoltre la conoscenza geografica dell'Isola, riunire informazioni importanti, stilare una completa bibliografia ed agevolare l'attività dei gruppi speleologici sardi.

Compito precipuo del Catasto è, inoltre, la pubblicazione **dell'Elenco catastale delle grotte della Sardegna**.

E' costituito, nella sua struttura, da un **Catasto centrale regionale** (curato dal *Delegato regionale*) che contiene tutto il materiale disponibile, e da cinque **Sezioni catastali periferiche** (cagliaritano-oristanese, sassarese, Nuorese, Sulcis-Inglesiente, ogliastro), curate dai rispettivi *Responsabili di zona*, che contiene ciascuna il materiale relativo alla propria zona.

Per essere considerata «catastabile», una **cavità naturale** deve possedere alcune particolari caratteristiche:

- ♦ deve aprirsi in terreni che ne garantiscano la sua conservazione nel tempo; sono pertanto esclusi e sabbie ed argille e ghiacciai ed . . . altri.
- ♦ deve avere uno sviluppo spaziale di almeno cinque (5) metri, percorribili da un essere umano; il rapporto fra lo **sviluppo spaziale** e le **dimensioni trasversali** dell'ingresso deve essere superiore all'unità.

Curiosità

Le dimensioni minime che deve possedere una grotta, per poter essere inserita a Catasto, sono state standardizzate fin dal 1959 [G. Dematteis].

Possibili deroghe sono riservate a casi di particolare interesse come il ritrovamento di reperti o preistorici o biologici, l'utilizzo come ricovero in periodo bellico, l'esistenza di leggende locali ad essa riferite, la possibilità di collegamenti con altri sistemi ipogei.

Per poter richiedere l'accatastamento di una grotta, si deve presentare, al **Delegato di zona** tutta la documentazione completa, in triplice copia, costituita da: la **scheda catastale** compilata in tutte le sue parti essenziali, la fotocopia del **rilievo topografico**, il **punto grotta**, corrispondente all'ubicazione dell'ingresso della grotta, indicato sullo stralcio della Carta IGM alla scala 1:25 000, la **fotografia** dell'ingresso.

Si deve allegare inoltre una copia o in fotocopia su supporto lucido o in contro lucido del rilievo topografico completo.

La Scheda catastale

La scheda catastale, qui presentata, è la «Rev 00 –Luglio 2012»; è stata strutturata in sei (6) Sezioni.

- 1) Sezione anagrafica
- 2) Sezione inquadramento e posizionamento geografico
- 3) Sezione morfometrica
- 4) Sezione geomorfologica - ambientale
- 5) Sezione rilevatori
- 6) Sezione descrittiva – documentale

Sezione anagrafica

Numero catastale - è il numero progressivo che individua, in maniera univoca, la grotta accatastata; è preceduto da una «G» che sta per **Grotta**.

L'identificativo completo comprende il **Numero catastale** seguito sia dalla **Sigla di Regione** sia dalla **Sigla di provincia**.

È attribuito dal **Responsabile** del CSR (Catasto Speleologico Regionale) in ordine di presentazione.

Regione e Provincia - sono ambedue indicati mediante la sola sigla; nel nostro caso la Regione è ovviamente la Sardegna (**SA**); si ha pertanto «G (numero catastale) SA / (sigla della provincia)».

Sono presenti, nell'elenco a tendina, otto provincie: **CA** (Cagliari), **OR** (Oristano), **NU** (Nuoro), **SS** (Sassari), **CI** (Carbonia-Iglesias), **VS** (Medio Campidano [Villacidro-Sanluri]), **OG** (Ogliastra), **OT** (Olbia-Tempio); vedremo cosa ci riserverà il prossimo futuro.

Scheda principale / Aggiornamento - Il database prevede sia una *Scheda principale*, completa di tutti i dati, sia una *Scheda d'Aggiornamento*, con eventuali nuovi dati parziali; questo per ricostruire cronologicamente la storia esplorativa della cavità.

Ultimo aggiornamento - indica, nella scheda catastale, la data dell'ultima Scheda di aggiornamento presentata.

Grotte collegate - nel caso di complessi carsici, individua gli ingressi delle grotte collegate a quella accatastata.

Nome della grotta - Il Catasto, come l'Autore, auspica una sempre maggiore adozione di nomi d'origine locale con l'uso di termini anche dialettali.

Il Catasto, giustamente, propende o per l'utilizzo del nome con il quale la cavità è conosciuta da tempo o per l'utilizzo di toponimi tipici della zona o, in alternativa nomi derivanti da una caratteristica evidente della cavità; sono da escludere i nomi di assoluta fantasia, se non come secondo nome.

L'Autore, per contro, ritiene altresì accettabili, anche se non tutti saranno d'accordo, i nomi derivanti o da un particolare avvenimento (o situazione) o semplicemente da una fervida fantasia (ma la *stupidità umana* riuscirà, sicuramente, a farmi pentire di quest'ultima affermazione); si devono evitare **nomi propri** di persone ancora in vita.

Sinonimi - altri eventuali nomi con cui è stata chiamata la cavità (nelle diverse pubblicazioni) o il nome con cui è conosciuta dai locali, ma quest'ultimo in verità dovrebbe essere il primo nome; si devono evitare **nomi propri** di persone ancora in vita.

Ambito catastale - si devono intendere le microaree carsiche in cui si è suddivisa la Sardegna; sono stati individuati sei (6) ambiti catastali: **Sulcis-Inglesiente, Cagliariitano, Oristanese, Ogliastra, Nuorese, Sassarese**.

Comune: non dovrebbero esserci problemi, basta prestare un poco di attenzione a ciò che si sta facendo ed individuare esattamente i limiti amministrativi.

Località - ritengo sia preferibile orientarsi solo sui toponimi indicati o sulle Carte IGM al 25 000 (tenendo presente che si assiste ad un *incomprensibile* diradamento dei toponimi presenti, in ogni successiva edizione) o quelli indicati nella cartografia ufficiale del **SITR-IDT** (**S**istema **I**nformativo **T**erritoriale **R**egionale-**I**nfrastruttura **D**ati **T**erritoriali) in modo che la zona possa essere individuata facilmente anche stando *a tavolino* (i termini noti solo agli «*indigeni*» possono essere eventualmente aggiunti per completare le informazioni).

Con un qualsiasi browser si cerca in: sardegnageoportale / Strumenti / Ricerca toponimi.

Area carsica - per evitare che l'indicazione derivi da *profonde elucubrazioni mentali*, è preferibile rifarsi ad una delle zone indicate nell'apposito elenco «Catasto delle aree carsiche» che, ora, è, però, ancora in progettazione; se non si è in grado di determinarlo, o non si scrive nulla o ci si limita, al massimo, ad indicare o *carsico* o non *carsico*.

Sezione inquadramento e posizionamento geografico

Elemento cartografico (la **Carta**) - L'Autore ritiene che si dovrebbe indicare anche la denominazione completa dell'elemento cartografico.

L'**IGM** alla scala 1:25 000 (le *scale* minori non sono sufficientemente precise) utilizzando o la *serie 25* o la coincidente *serie 25DB* (**Foglio**, **Sezione**), anche se quest'ultime non coprono ancora l'intero territorio regionale sardo; esempio: **Foglio 557 Sezione III**.

La **Carta Tecnica Regionale** alla scala 1:10 000 (**Sezione**); esempio: **Sezione 557140**; le prime tre cifre coincidono col Foglio della *serie 25*, le seconde tre cifre indicano la quarta parte, di una Sezione della serie 25, che si sta considerando.

Si dovrebbe, inoltre, sempre specificare il nome dell'elemento cartografico e si dovrebbe indicarne anche l'anno di edizione.

Tutte queste informazioni non sono contemplate nella scheda catastale attuale.

Coordinate (Latitudine e Longitudine) - si deve indicare la posizione dell'ingresso per mezzo delle *Coordinate geografiche ellissoidiche* WGS84 (IGM serie 25/DB) ottenute con l'ausilio di un GPS e seguendo gli standard specifici indicati in un'apposita scheda tecnica «**Scheda posizionamento**», in cui sono specificate tutte le condizioni di acquisizione; si devono altresì indicare le coordinate piane ortogonali sia nel sistema geodetico WGS84 sia nel sistema geodetico Gauss-Boaga.

Osservazioni

Nella Scheda Catastale attuale, le coordinate piane, sia **WGS84** sia **Gauss-Boaga**, sono indicate con la lettera «Y», per la latitudine, e la lettera «X», per la longitudine; ritengo più corretto utilizzare le lettere «N» ed «E» rispettivamente.

Per quanto riguarda le coordinate geografiche, si devono indicare con la precisione del decimo di secondo di grado sessagesimale, per quanto riguarda le coordinate piane, si devono indicare con la precisione del metro.

Per la conversione delle coordinate si può utilizzare o uno dei tanti software, presenti anche in rete, o, servendosi di un qualsiasi browser, si può cercare in: sardegnageoportale / Strumenti / Conversione coordinate / Conversione di un punto.

Osservazioni

Ricordiamoci che fornendo le *coordina geografiche ellissoidiche*, i gradi devono esse indicati senza aggiungere zeri a sinistra dell'eventuale unica cifra dei gradi; si scriverà pertanto **8° 07' 04"** e non, come qualche volta si vede, **08° 07' 04"**.

Sia i primi «'» sia i secondi «"» devono essere sempre indicati con due cifre; si scriverà pertanto **8° 07' 04"** e non si scriverà **8° 7' 4"**.

Ricordiamoci altresì che il valore sia dei primi «'» sia dei secondi «"» non può superare il 60; si scriverà pertanto **8° 16' 12"** e non si scriverà, anche se i nostri *errati* calcoli possano sembrare lo indichino **8° 15' 72"**.

Sia il metodo *antico* per determinare, sulla Carta topografica, la posizione dell'ingresso di una cavità sia i sistemi, sempre *antichi*, per calcolare il valore delle coordinate, credo siano esaurientemente esposti nella dispensa: «**Geodesia, Cartografia e Carte topografiche**», dello stesso Autore.

Ma ora vi è il GPS! E, pertanto, potete anche non sapere cosa siano tutti quei numeretti, uno dietro l'altro, che compaiono sulla mostra (*display* per chi preferisce i termini inglesi), è sufficiente che li riportiate pedissequamente nelle rispettive posizioni indicate nella **Scheda posizionamento**.

Scheda posizionamento - è una scheda specifica che indica e il posizionamento della placchetta e il posizionamento geografico dell'ingresso della cavità; comprende:

numero catastale

nome della grotta

Ingresso: principale, secondario

Comune

Località

Coordinate geografiche ellissoidi che WGS84

Quota: GPS, barometrica, cartografica

Strumento/i GPS utilizzati

Acquisizione: data, ora, durata

Metodo differenziale: si/no, numero satelliti, **PDOP** (**P**ositions **D**ilution of **P**recision), vista del cielo

Poligonale d'appoggio: si/no

Corrispondenza rilievo

Descrizione posizionamento placchetta

Note

Gruppo

Rilevatore

Quota topografica - è, generalmente, la quota del caposaldo iniziale «0», o quella del piede della verticale condotta da «0», misurata sul pavimento dell'ingresso cui si attribuisce, per convenzione, la **quota relativa zero** «q = 0 m»; è desunta dai dati presenti nella *Scheda posizionale*.

E' doveroso specificare sempre il metodo con cui è stata determinata la quota dell'ingresso, riferita al livello medio del mare (slmm) ed espressa in metri.

Possono, infatti, notarsi leggere differenze nel caso, la quota, sia determinata per mezzo di misure o *barometriche* (per mezzo o di un barometro o di un altimetro differenziale), o *trigonometriche*, o cartografiche (basandosi sulle curve di livello o *isoipse*), o acquisite mediante GPS (in quest'ultimo caso, i valori forniti sono, però, troppo poco approssimati).

Punto Carta - è la materializzazione, mediante un punto di dimensioni ben visibili, ma non eccessive, della posizione dell'ingresso, della cavità, sulla fotocopia della *carta topografica* (in scala al 10 000) del SITR; nel caso si consegni il Waypoint (vedi oltre) il Punto Carta è facoltativo.

Waypoint: file in formato «wpt» di **Oziexplorer** dell'ingresso.

Sezione Morfometrica

Formato del rilievo - indica il modo in cui è presentato il rilievo.

Formato cartaceo, è obbligatorio come, peraltro, è obbligatorio presentare il rilievo anche in uno dei seguenti elaborati: o in **lucido** o in **formato digitale**.

Formato digitale, alternativo al lucido può essere sia **raster** sia **vettoriale**.

Poligonale - sono i dati della poligonale, in forma tabellare, su foglio di calcolo elettronico (ad esempio: **Excel** di **Microsoft**, **Calc** di **Open Office**, ecc.)

Lunghezza od «Estensione» - è la massima lunghezza planimetrica della cavità o la distanza fra i due punti più lontani, fra loro, appartenenti ad essa; la misura non deve necessariamente comprendere l'ingresso.

Questa informazione non è contemplata nella scheda catastale attuale.

Sviluppo spaziale - indicato con (SvilSp), è la somma di tutte le distanze (lunghezze spaziali) misurate lungo l'asse ideale degli ambienti, incluse quelle verticali (pozzi); deve sempre essere indicato, essendo utilizzato quale riferimento al livello internazionale.

Per quanto riguarda le distanze (lunghezze spaziali) o delle *poligonali secondarie chiuse* o delle *battute per irraggiamento* o delle *poligonali di ritorno*, valgono le stesse indicazioni fornite per lo *sviluppo spaziale*; è sempre valido il «*principio di discontinuità*».

Il **Principio di discontinuità** è stato ideato riferendolo allo **Sviluppo planimetrico** (voce cui rimandiamo), ma è applicabile, con ovvie estensioni, anche allo **Sviluppo spaziale**.

Sviluppo asse principale - indicato con (Svil asse princ.).

Sviluppo planimetrico - indicato con (SvilPI), è la somma delle *lunghezze planimetriche* misurate lungo l'asse ideale degli ambienti; non coincide, in genere, con la lunghezza della poligonale eseguita per la realizzazione del rilievo.

Per il computo dello sviluppo planimetrico si dovrebbe utilizzare il «*principio di discontinuità*» proposto da **Choppy, Chabert, Courbon** (Grasse 1976) in contrapposizione al «*principio di continuità*» proposto da **Bögli, Trimmel** (Vienna 1961).

A chiarimento di quanto *non spiegato* (data la difficoltà di precisare concettualmente le differenze fra i due orientamenti) si espongono alcuni esempi pratici che chiariscono, meglio di qualsiasi *esegesi*, il concetto guida del sistema: [dis. 34], [dis. 35].

Le distanze planimetriche sia delle *poligonali secondarie chiuse*, eseguite per il rilevamento di vasti ambienti, sia delle *battute per irraggiamento*, eseguite per lo stesso scopo, devono essere sostituite dalla *distanza planimetrica* fra i punti estremi degli ambienti; le *poligonali di ritorno* (eseguite solo per un'eventuale verifica dell'errore di chiusura) non devono essere considerate.

Dislivello - è la differenza di quota fra due punti.

Dislivello negativo - è indicato col segno «-», dal pavimento dell'ingresso (o da quello più importante o da quello più in alto nel caso di più accessi) al punto più basso fisicamente raggiunto.

Dislivello positivo - è indicato col segno «+» dal pavimento dell'ingresso (o da quello più importante o da quello più in basso nel caso di più accessi) al punto più alto fisicamente raggiunto.

Dislivello totale - è la somma dei valori assoluti dei due dislivelli parziali: *positivo*, negativo (in questo caso il segno o «+» o «-» non ha significato).

Ingresso - comprende le voci sia **Morfologia** sia **Idrologia**.

Morfologia - serve per descrivere le caratteristiche morfologiche dell'ingresso.

È possibile scegliere, tramite elenco a tendina, le previste scelte: ampio portale, cunicolo artificiale, cunicolo ascendente, cunicolo discendente, cunicolo sub-orizzontale, dolina, fessura orizzontale, fessura orizzontale ascendente, fessura orizzontale discendente, fessura verticale, fessura verticale ascendente, fessura verticale discendente, fessura verticale sub-orizzontale, galleria artificiale, galleria ascendente, galleria discendente, galleria sub-orizzontale, pozzo imboccatura ampia, pozzo imboccatura piccola, ingresso sub-acqueo, ingresso semi-sommerso, ingresso semi-allagato; comunque possibile inserire eventuali altre definizioni non previste.

Idrologia - serve per descrivere il comportamento idrologico dell'ingresso.

È possibile scegliere, tramite elenco a tendina, le previste scelte: cavità assorbente, cavità neutra, inghiottitoio perenne, inghiottitoio temporaneo o/e occasionale, inghiottitoio-risorgente, risorgente perenne, risorgente temporanea e/o occasionale, risorgente vauclosiana; comunque possibile inserire eventuali altre definizioni non previste.

La **Fotografia dell'ingresso** - finalmente! L'Autore l'aveva proposta fin dal 1998 esprimendo il suo pensiero già dalla prima edizione di questa dispensa.

Progressione - è la descrizione sintetica, in sequenza, delle caratteristiche delle difficoltà incontrate: pozzi (profondità, morfologia), traversi (lunghezza, morfologia), strettoie (dimensioni, morfologia), sifoni (dimensioni, profondità, lunghezza, morfologia, ecc); è obbligatoria almeno per il ramo principale.

Sezione geomorfologica e ambientale

Età geologica / Litologia - si devono indicare sia il periodo geologico sia la litologia della formazione geologica in cui si apre l'ingresso della grotta.

Interessi - è sicuramente buona norma indicare se la cavità riveste una particolare importanza per eventuali aspetti; nella Scheda Catastale attuale, sono espressamente indicati, eventualmente da spuntare, quelli di: *Geologia, Idrogeologia, Paleontologia, Biospeleologia, Archeologia, Storia, Documentazione fotografia, Altro*.

In «Altro» però, non si può, sempre nella Scheda Catastale attuale, specificare *cosa altro*, come ad esempio interessi di: *Paletnologia, Folcloristici, Religiosi*, ecc.

Tipologia cavità - nella Scheda Catastale attuale, sono espressamente indicate, eventualmente da spuntare: Grotta chiusa, Grotta marina, Grotta a rischio ambientale; in un prossimo futuro dovrebbe essere aggiunta la scelta di Grotta chiusa.

Sezione rilevatori

Rilevatori - dovrebbero essere coloro che *realmente* hanno eseguito le procedure per l'acquisizione dei dati e per la loro restituzione (spesso purtroppo sono indicati *rilevatori* tutti quelli che hanno partecipato all'*uscita*).

Gruppo/i - si deve indicare il nome, o l'acronimo, del gruppo (o i gruppi) cui appartengono i rilevatori che hanno collaborato all'esecuzione del rilievo.

Il gruppo/i sono i proprietari formali della *Scheda catastale*; ogni richiesta di accatastamento deve essere prima validata dal *Responsabile catastale* del gruppo di appartenenza.

Compilatore - colui che materialmente compila la scheda e v'inscrive tutti gli elaborati relativi; deve essere il *Responsabile Catasto del Gruppo*, colui che maglio di ogni altro dovrebbe conoscere l'intera situazione.

La **Data del rilievo** - Data, o date, in cui si è eseguito il rilievo, considerando anche la possibilità di esecuzione in fasi successive.

La **Data di compilazione** - si deve indicare, oltre l'anno, anche il giorno ed il mese nel quale, l'intera documentazione, è consegnata al Catasto.

Sono, inoltre, parte integrale della **Scheda Catastale** i seguenti **allegati**:

Il **Rilievo topografico** (o gli **Elaborati grafici** del rilievo) è costituito sia dal contro lucido sia dalla fotocopia in supporto lucido del disegno della cavità, in scala originale.

Sezione descrittiva - documentale

La **Descrizione della grotta**:

L'**Itinerario** - il percorso più conveniente per raggiungere la grotta (nel caso la grotta si trovasse nell'*Isola di Tavolara*, non dimostreremo eccessivo acume nell'iniziare la descrizione, dell'itinerario, dalla *Torre di S. Pancrazio* in Cagliari).

La **Bibliografia** - se proprio non si vuole perdere troppo tempo, riportare almeno quella essenziale; anche i semplici articoli possono essere inaspettatamente molto preziosi.

Le **Note** - servono per comunicare sia le *coordinate* sia la *quota* di eventuali altri ingressi, la data di esecuzione del rilievo, eventuali pericoli oggettivi.

La **descrizione dell'ingresso** - L'Autore l'ha proposta fin dalla prima edizione di questa dispensa (anno 1999) poiché, oltre a facilitarne il reperimento evita confusioni nel caso d'ingressi, di grotte, molto vicini fra loro; comprende le informazioni basilari di natura sia *morfologica* sia *geologica* sia *idrologica*.

Osservazioni

Direzioni basilari: nelle precedenti versioni, di questa dispensa, avevo proposto l'*indicazione dell'azimut magnetico* (od azimut geografico?) di almeno due *punti ben visibili* (e riconoscibili), dall'ingresso della cavità (avrebbero potuto coincidere con i punti utilizzati per determinarne la posizione), avrebbero facilitato, in modo talvolta decisivo, il reperimento dell'ingresso cercato.

Ora però il «punto» lo si ottiene col **GPS** e di come operavano un tempo gli «*anziani*» se ne perderà, purtroppo, presto anche il ricordo; al solo pensiero che, in un prossimo futuro, un sudato e complesso «**Punto grotta**» si trasformi in un banale «**Waypoint**», un poco mi si stringe il cuore.

In ultima analisi

Documentazione da presentare:

Gli elaborati grafici, completi, del rilievo della cavità.

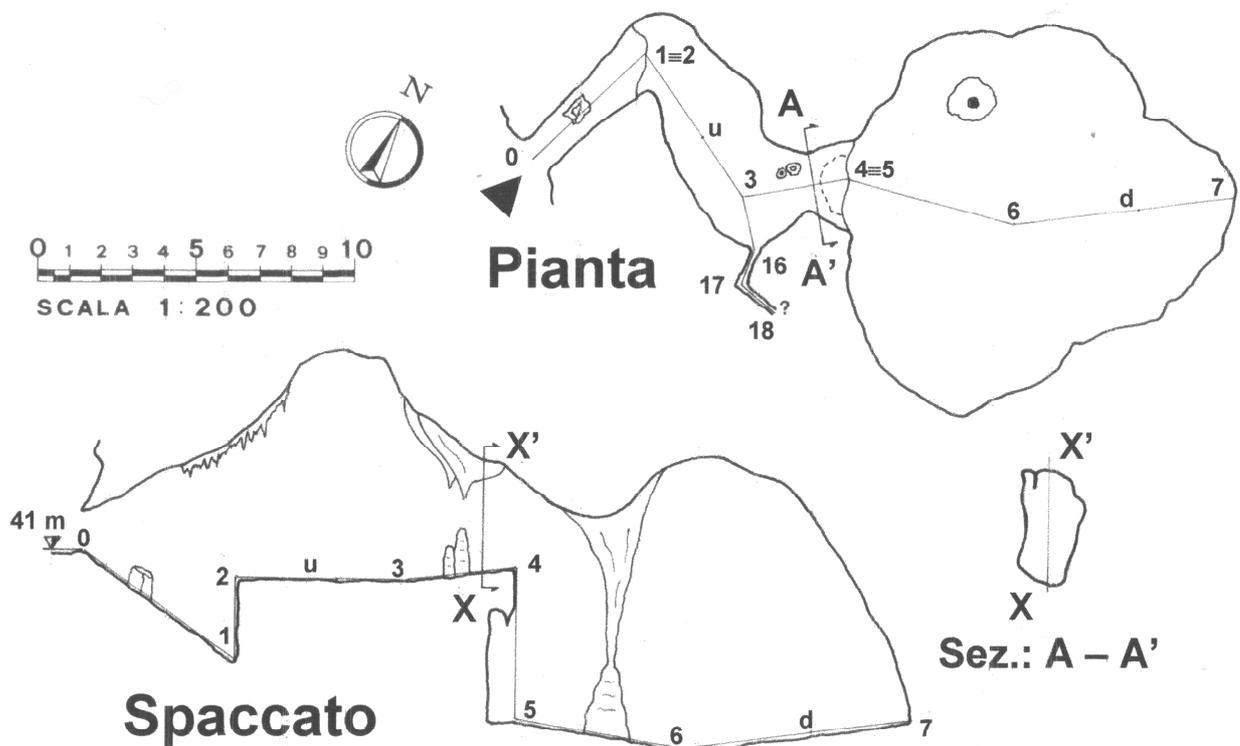
La scheda catastale in formato A3 (che per chiarezza è stata qui divisa in due parti separate).

La Scheda posizionamento.

La fotocopia dell'elemento cartografico (alla scala 1 : 25 000), in cui si apre la grotta, con l'indicazione della posizione dell'ingresso o, in alternativa, il Waypoint.

La fotografia e la descrizione dell'ingresso.

G6977 Non d'appu agattara mancu oi
Cagliari - San Benedetto





Federazione Speleologica Sarda
Regione Autonoma della Sardegna
CATASTO SPELEOLOGICO REGIONALE



SCHEDA CATASTO

Ultimo aggiornamento: 21/03/2013

Numero Catastale: G 6977 SA/CA - Scheda primo piano Scheda primo piano
 Aggiornamento: Grotte collegine: Nessuna

Nome: Non d'appu agittara mancu ol

Sinonimi: Aundi di sa: stochia Ambito Catastale: Cagliariano

Comune: Cagliari Località: Rione San Benedetto

Area Classica: Calcare edificabile

Coordinate Geografiche dell'ingresso: Latitudine N (WGS84): 39° 13' 33.3" Longitudine E (WGS84): 9° 07' 36.8"

Coordinate Piano dell'ingresso: Y (WGS84 UTM53 N): 4347831 Y (Gauss Boaga): 4341836 Quota m. slm.: 23
X (WGS84 UTM53 N): 570951 X (Gauss Boaga): 1510883 Scheda posizionamento

Punto-Carta Waypoint File voc Cartaceo Lucido Finito Vettoriale poligonale

Swisp: 117,2 SvLassa princ.: 115,9 Swift: 87,7 Distieg: 17,4 DistPos: 18,2 DistTot: 35,6

Ingresso: Morfo logia: ampio portale Idrologia: cavità neutra

Progressione: Appena entrati si prosegue in discesa fino ad una parete verticale.
Si risale in artificiale e poi si prosegue quasi in orizzontale fino ad un pozzo.
Si scendono, su corda, i circa 16 metri di pozzo.
Si arriva in un grande salone.

Età geologica: Miocene inferiore Litologia: Pirene gornite

Interessanti: Geologia Idrogeologia Paleontologia Biogeologia
 Archeologia Storia Doc. fotografica Altro

Tipologia cavità: Grotta chi usa Grotta marina Grotta a rischio ambientale

Rilevatori: Paolo Salimbeni

Gruppo: Speleo Club di Cagliari

Compilatore: Paolo Salimbeni Data rilievo: 01/07/1948 Data comp.: 01/08/1948

Descrizione: Piccola cavità di grande interesse

Itinerario: Partendo da piazza S. Benedetto, imboccare la via Dante dirigendosi verso la piazza Giovanni XXIII. Arrivare alla quarta traversa a destra. Girare il, in via F. Todde e proseguire fino al semaforo. Da lì, proseguendo in avanti, inizia via P. Cavano. L'ingresso è al n° 73, a fianco del bar Pasticceria "Primavera" che fa angolo tra via P. Cavano e via Bolardo.

Bibliografia: Catalogo Regionale Fabbricati

Nota: Non suonare né prima delle sette (7) del mattino né dopo le ventitré (23) di sera. I dati riportati in questa scheda sono solo indicativi del modo in cui deve essere compilata, ma alcune affermazioni non devono essere prese troppo sul serio.

Punto Carta



Indicazione del **Punto Carta** sulla cartografia alla scala 1:10 000

Fotografia dell'ingresso



Fotografia
Scattata il 15 gennaio 2013

Riepilogando e aggiungendo

In seguito sono state riportate le stesse indicazioni presenti nella **Scheda Catasto** appena presentata, nella quale, forse, non sono bene leggibili.

Sono state aggiunte, inoltre, alcune informazioni che l'Autore ritiene dovrebbero essere presenti, sempre nella **Scheda Catasto**.

Ultimo aggiornamento: 01 / 02 / 2018

G6977 SA/CA Aggiornamento

Grotte: collegate: Nessuna

Primo nome: Non d'appu agattara mancu oi

Secondo nome: Aundi ti ses sticchia

Ambito catastale: Cagliari

Comune: Cagliari

Località: Rione S. Benedetto

Area carsica: calcare edificabile

Elemento cartografico **IGM** serie 25 (o 25DB): Foglio 557 Sezione III Cagliari
(scelta non prevista)

Corodinate geografiche dell'ingresso:

Coordinate geografiche ellissoidiche WGS84

Lat.: 39° 13' 32.5" N Long.: 9° 07' 36.8" O

Coordinate piane ortogonali UTM32 WGS84

Elemento cartografico **CTR Sardegna**: Sezione 557140 Cagliari
(scelta non prevista)

N 4341831 E 510951

Coordinate piane ortogonali UTM32 Gauss-Boaga

N 4341836 E 1510983

Quota 23 m (slmm)

Scheda posizionamento: ✓

Punto carta: ✓

Rilievo: Cartaceo Contro lucido

Lunghezza 61.4 m (opzione non prevista)

Sviluppo spaziale 117.2 m

Sviluppo dell'asse principale 115.9 m

Sviluppo planimetrico 87.7 m

Dislivello negativo 17.4 m

Dislivello positivo 18.2 m

Dislivello totale 35.6 m

Ingresso Morfologia: ampio portale Idrologia: cavità neutra

Progressione: Appena entrati si prosegue in discesa fino ad una parete verticale.

Si risale in artificiale e poi si prosegue quasi in orizzontale fino ad un pozzo.

Si scendono, su corda, i circa 16 metri di pozzo.

Si arriva in un grande salone.

Età geologica: Miocene inferiore

Litologia: Perdigonite

Interessi: abitazione dell'Autore (opzione non prevista, ma è giusto che sia così)

paleontologia

storia

Documentazione Fotografica

altro

Tipologia cavità: Grotta chiusa

Rilevatori: Paolo Salimbeni

Gruppi: Speleo Club di Cagliari

Compilatore: Paolo Salimbeni

Data rilievo: 01 / 07 / 1948

Data di compilazione: 01 / 09 / 1948

Descrizione: Piccola cavità di grande interesse

Itinerario: Partendo da piazza S. Benedetto, imboccare la via Dante dirigendosi verso piazza-Giovanni XXIII, arrivare alla quarta traversa a destra e girare lì, in via F. Todde e proseguire fino al semaforo; da lì, proseguendo in avanti, inizia via P. Cavaro. L'ingresso è al n° 73, a fianco del "Bar Primavera" che fa angolo tra via P. Cavaro e via Boiardo.

Bibliografia: Catasto Regionale Fabbricati

Note: Non suonare né prima delle sette (7) del mattino né dopo le ventitré (23) di sera

I dati riportati in questa scheda sono solo indicativi del modo in cui deve essere compilata, ma alcune informazioni non devono essere prese troppo sul serio.

Ulteriori dati, per mera curiosità

Elemento cartografico CTR Sardegna: Sezione 557140 Cagliari
(scelta non prevista)

Elemento cartografico IGM serie 25/v:

Foglio 234 Quadrante IV Orientamento SE Cagliari

Coordinate *geografiche ellissoidiche* **Roma40**
Lat.: 39° 13' 30,0" N Long.: -3° 19' 30,3" O

Elemento cartografico IGM serie 25:

Foglio 557 Sezione I I I Cagliari

Coordinate *geografiche ellissoidiche* **ED50**
Lat. 39° 13' 35,8" Long. 9° 07' 40,4"

Coordinate piane ortogonali UTM32 WGS84
N 4341819 m E 510952 m

Coordinate piane ortogonali UTM32 Gauss-Boaga
N 4341824,3 E 1510983,2

Coordinate *piane or togonali* UTM32 **ED50**
N 4342004,1 m E 511038,6 m
Designazione del punto: 32SNJ1103742015

La conversione dei valori delle coordinate nei vari Sistemi di riferimento, a partire da quelle del Sistema geodetico WGS84 fornita dal ricevitore GPS **etrex summit** dell'Autore, è stata eseguita avvalendosi del programma presente in **SardegnaGeoportale**.

La Scheda di progressione

Premessa

Rispetto alle indicazioni che ho fornito, nella versione del 06 / 2018, sulle schede informative da presentare al **Catasto speleologico regionale della Sardegna**, in questa versione vi è una novità: *La Scheda di progressione*.

Presentazione

La Scheda di progressione è un'idea originale, nuova nell'ambito dei Catasti speleologici italiani; è stata pensata e strutturata in collaborazione con il Soccorso Alpino e Speleologico della Sardegna (**SASS**) per accrescere le informazioni delle cavità censite dal **Catasto Speleologico Regionale (CSR)** fornendo ulteriori elementi utili a una migliore e più sicura fruizione speleologica dei rilievi.

Essa è una sorta di itinerario ipogeo, naturale estensione dell'itinerario apogeo già richiesto nella **Sezione descrittiva – documentale**, nella quale si devono indicare aspetti peculiari della cavità che necessitano di tecniche di progressione particolari, e solo quelli.

A tal uopo sono state individuate, nella **Parte Tabellare**, sette *tipologie di progressione*, ognuna con le sue caratteristiche:

- Progressione in pozzo
- Progressione in traverso
- Progressione in ambiente di crollo
- Progressione in ambienti angusti
- Progressione in tratti allagati
- Progressione in tratti sommersi
- Progressione con criticità generiche

Tutto il resto deve essere considerato *normale progressione speleologica* e, pertanto, non è stato ritenuto necessario richiederne una descrizione.

La *Scheda*, molto ben strutturata prevede, per ogni *tipologia di progressione* una serie dedicata di *campi* che permettono, redigendone una descrizione, di meglio e individuare e inquadrare e focalizzare la situazione.

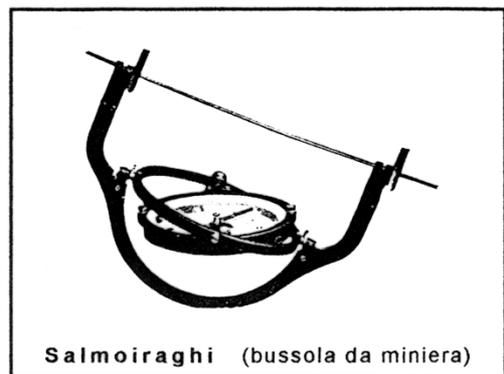
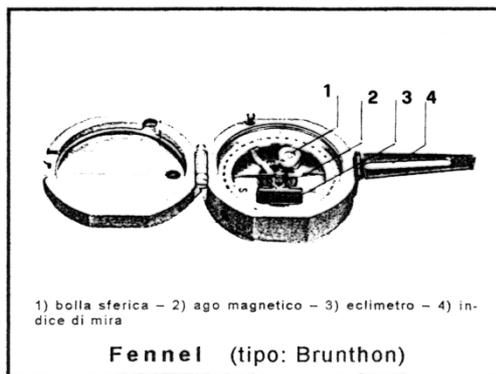
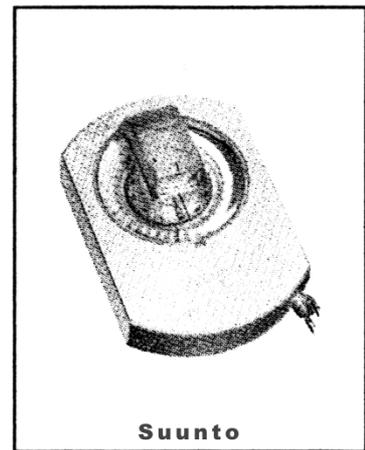
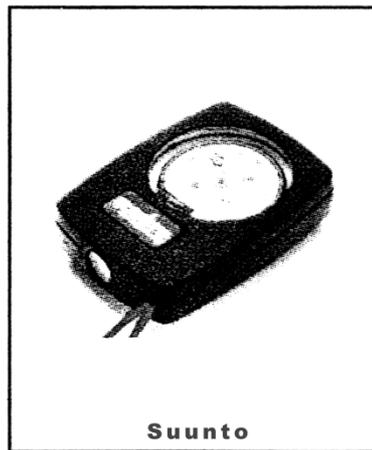
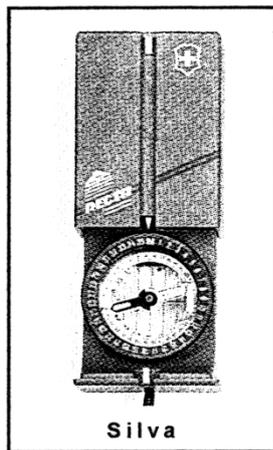
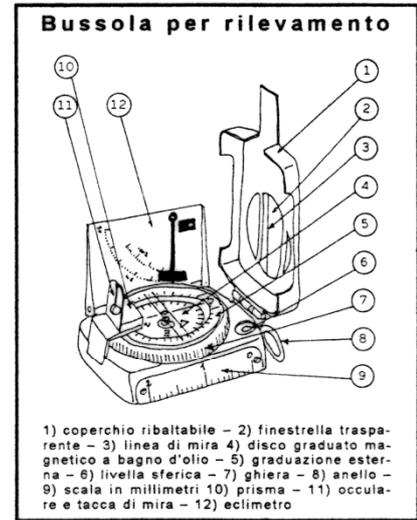
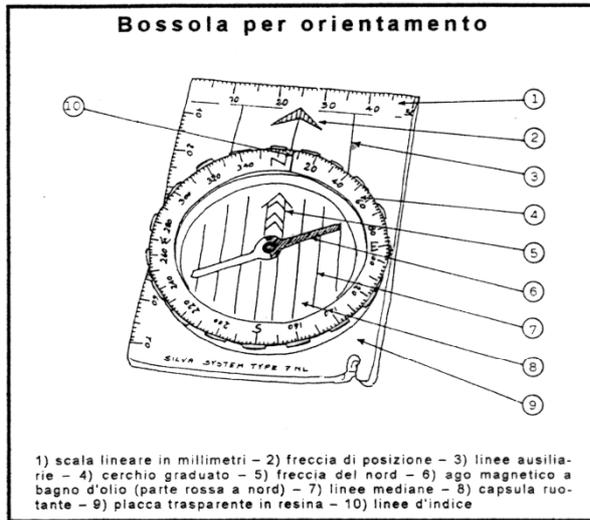
Vi è, inoltre, una **Parte Grafica** nella quale viene riportata la localizzazione delle informazioni, direttamente sul rilievo.

Qui, però, mi fermo, perché sarebbe inutile copiare pedissequamente la **Guida alla compilazione** quando qualsiasi speleologo la può richiedere al **Catasto Speleologico Sardo**.

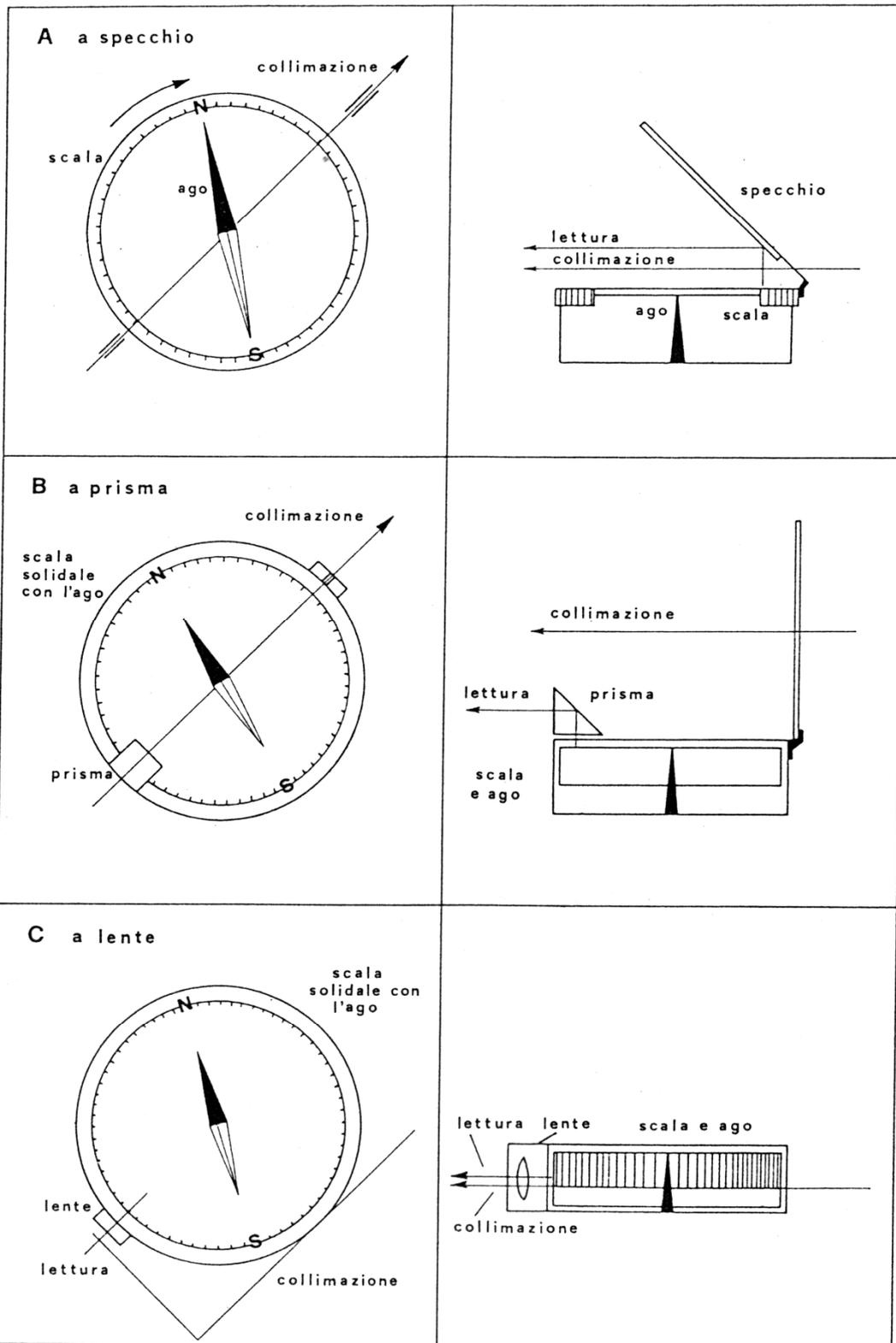
Appendici

Appendice «a»

Alcuni tipi di declinatori magnetici (bussole)

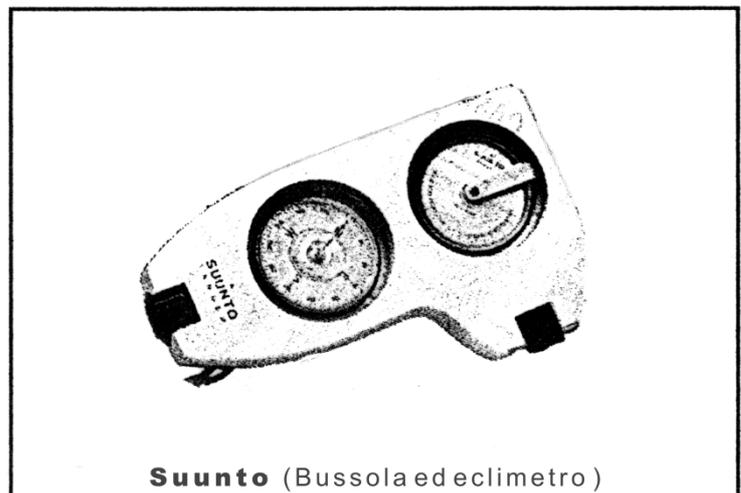
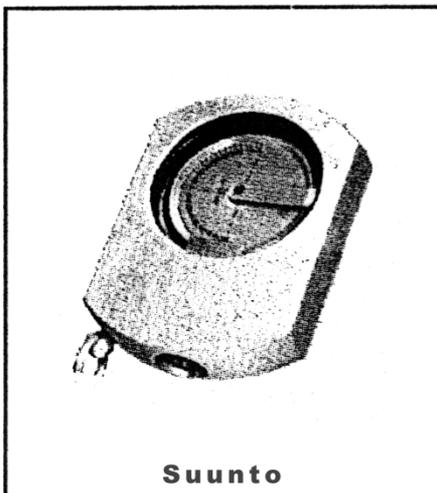
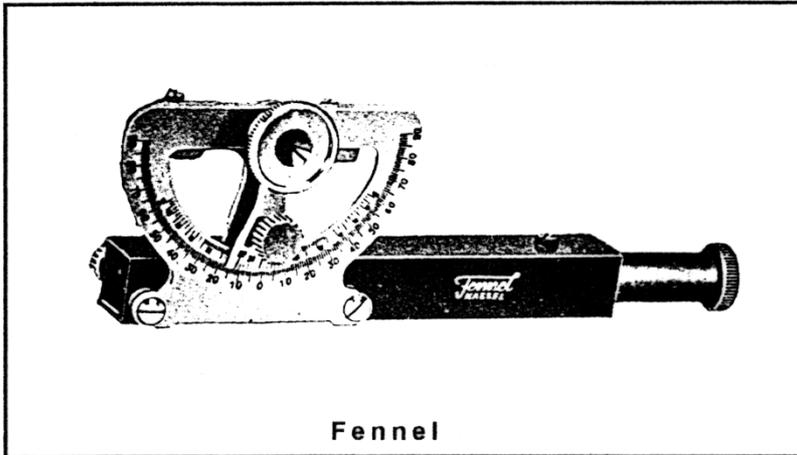
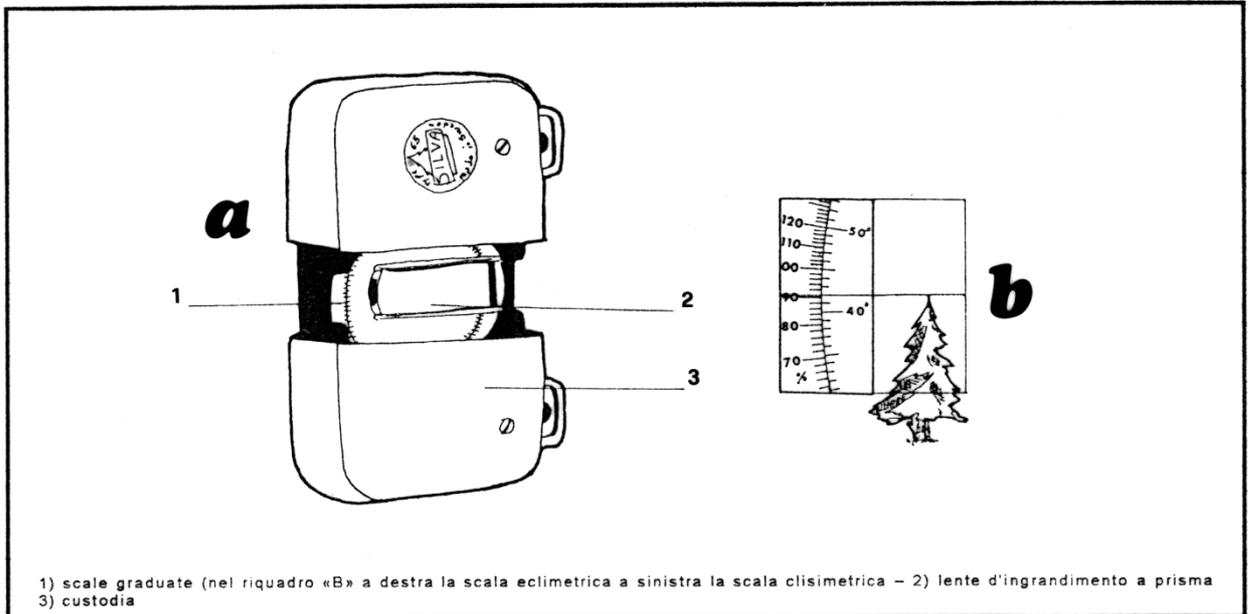


Schema di alcuni sistemi di collimazione e lettura



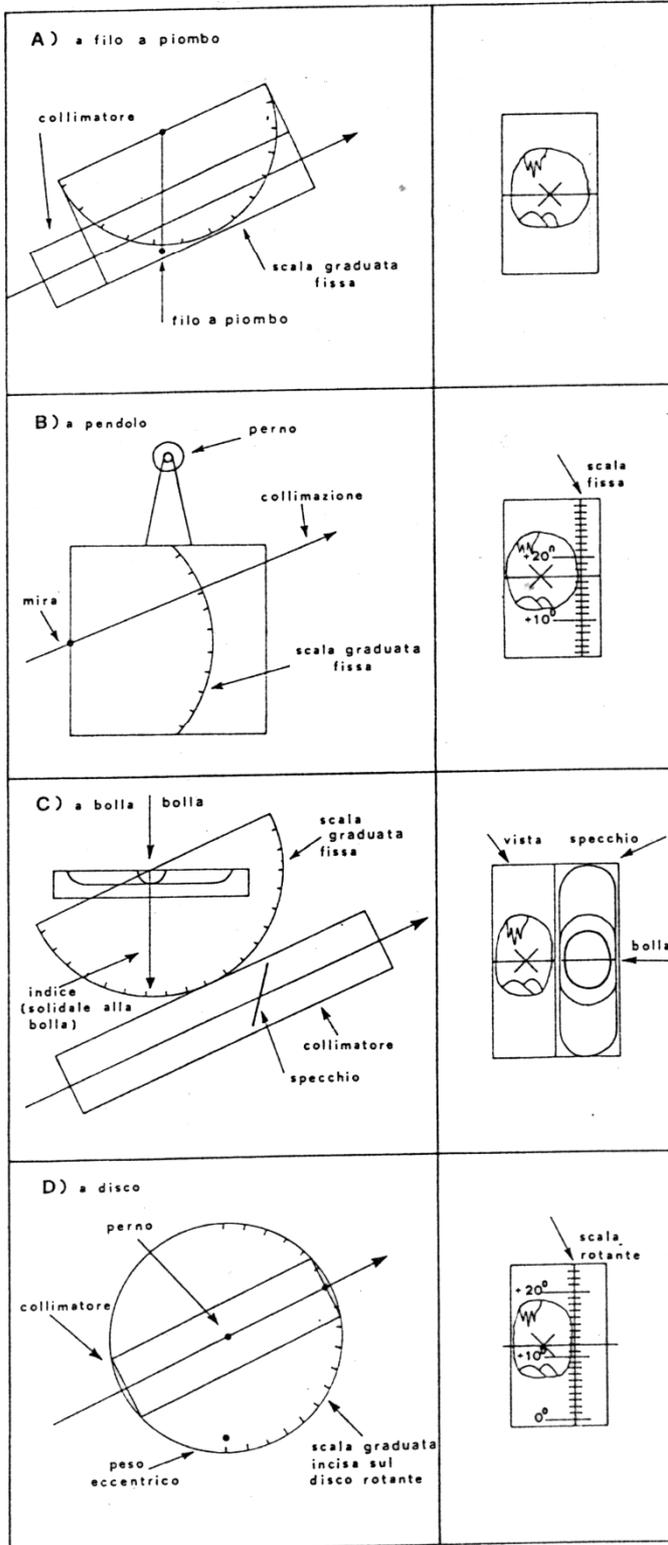
Appendice «b»

Alcuni tipi di eclimetri (clinometri)



Schema di alcuni sistemi di collimazione e lettura

Note d'uso



Il più rudimentale e meno preciso (non consente la lettura contemporaneamente alla mira). Durante la collimazione il piombo si dispone sulla verticale e occorre bloccarlo (col dito) per leggere la pendenza

Si prende in mano il perno e lo strumento si dispone sulla verticale. Si riguarda attraverso la mira e si legge direttamente. Occorre mano molto ferma

Durante la collimazione si posiziona anche la bolla, guardandola per mezzo dello specchio inclinato. La procedura richiede mano molto ferma e sensibile se non si dispone di un modello dotato di vite micrometrica. L'indice solidale con la bolla (che deve essere illuminata dall'alto) non si sposta dopo la collimazione e la lettura può essere fatta a posteriori adoperando anche il nonio

Il disco, sospeso in bagno d'olio per diminuire gli attriti e insieme smorzare le oscillazioni, si dispone da solo sulla verticale. Si legge direttamente sulla scala graduata rotante. Richiede luce sulla scala graduata

Appendice «c»

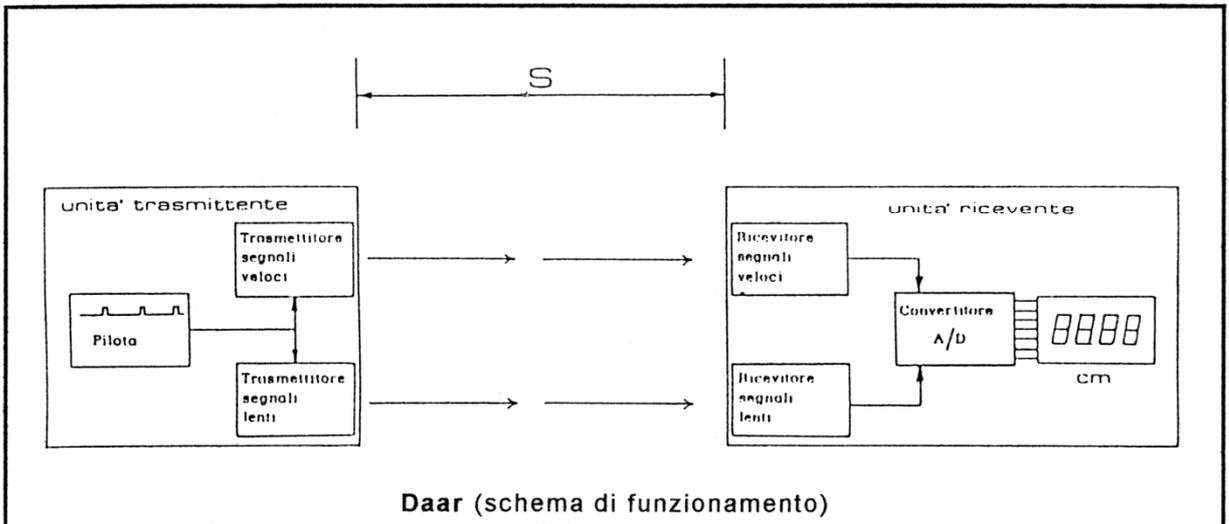
Alcuni tipi di longimetri e distanziometri



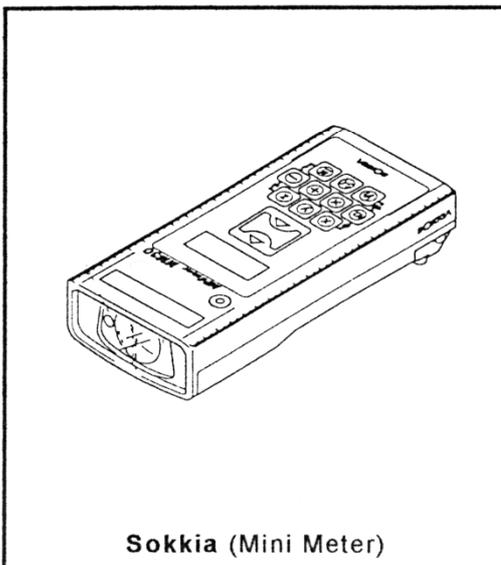
Nastro metrico (metallico)



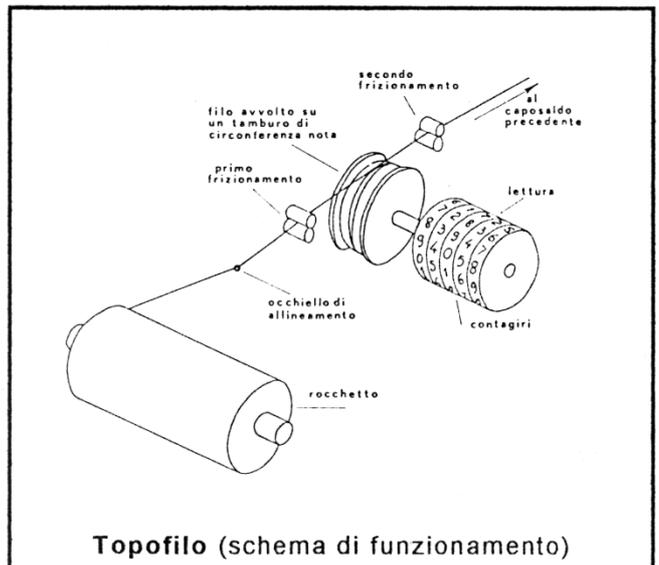
Nastro metrico (plastica o tela)



Daer (schema di funzionamento)

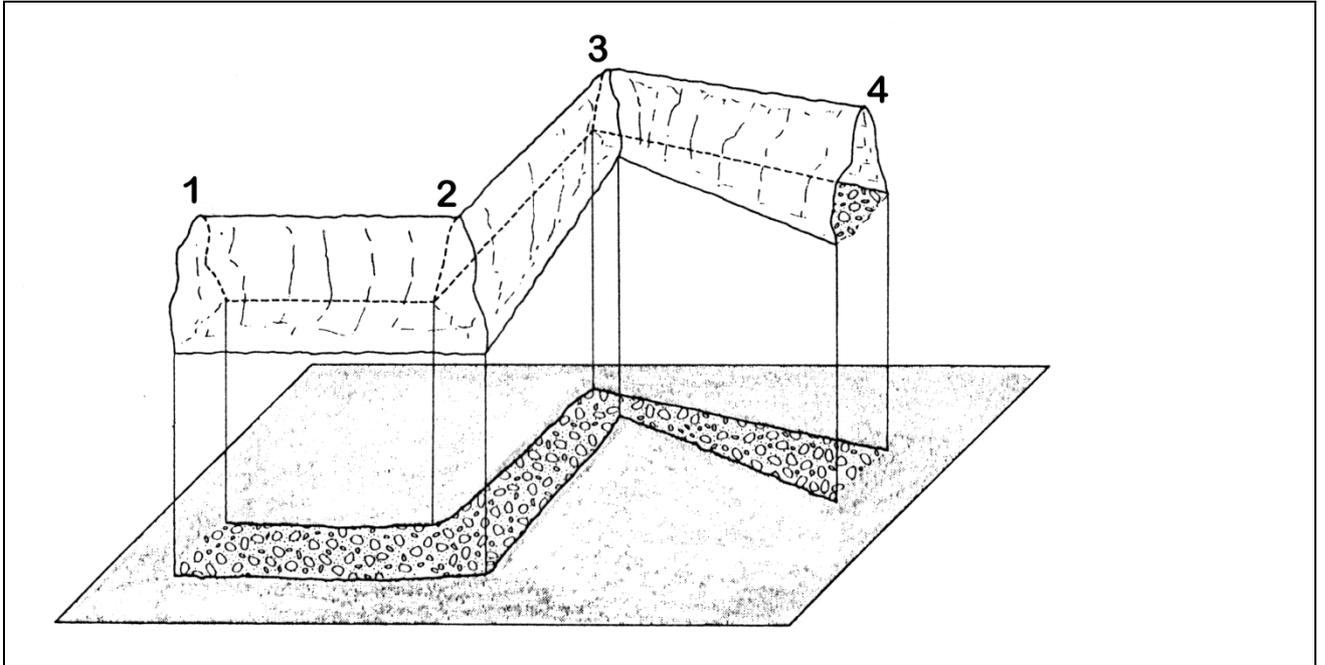


Sokkia (Mini Meter)

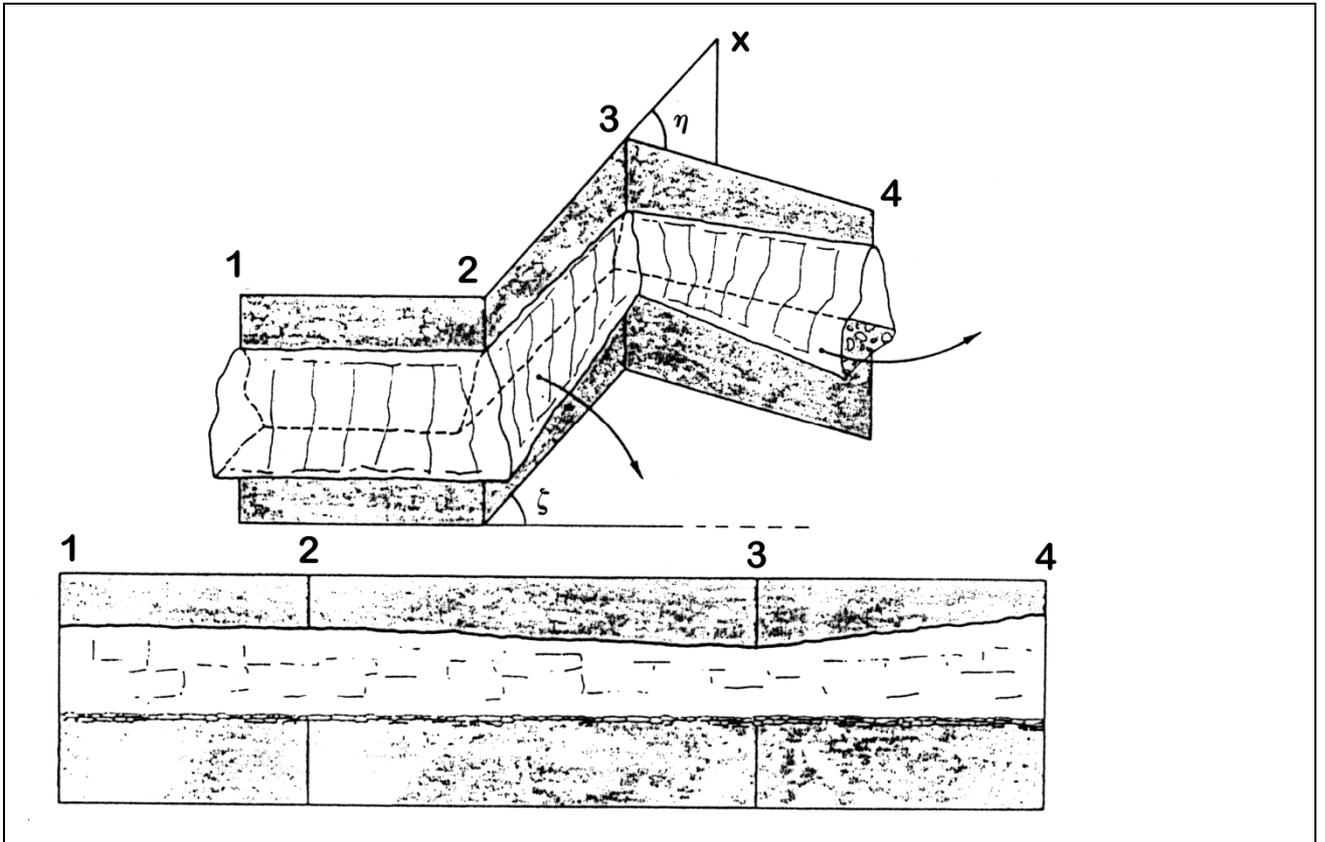


Topofilo (schema di funzionamento)

Disegni



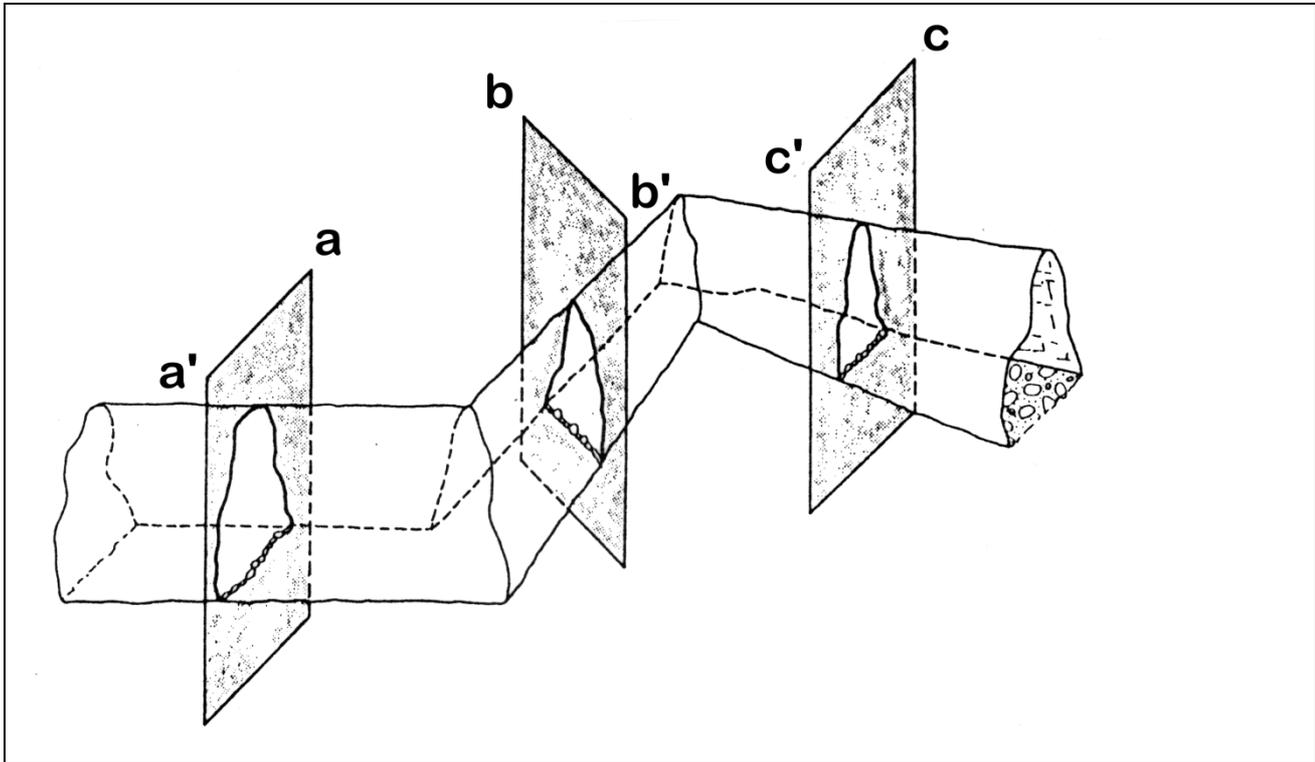
[dis. 01]



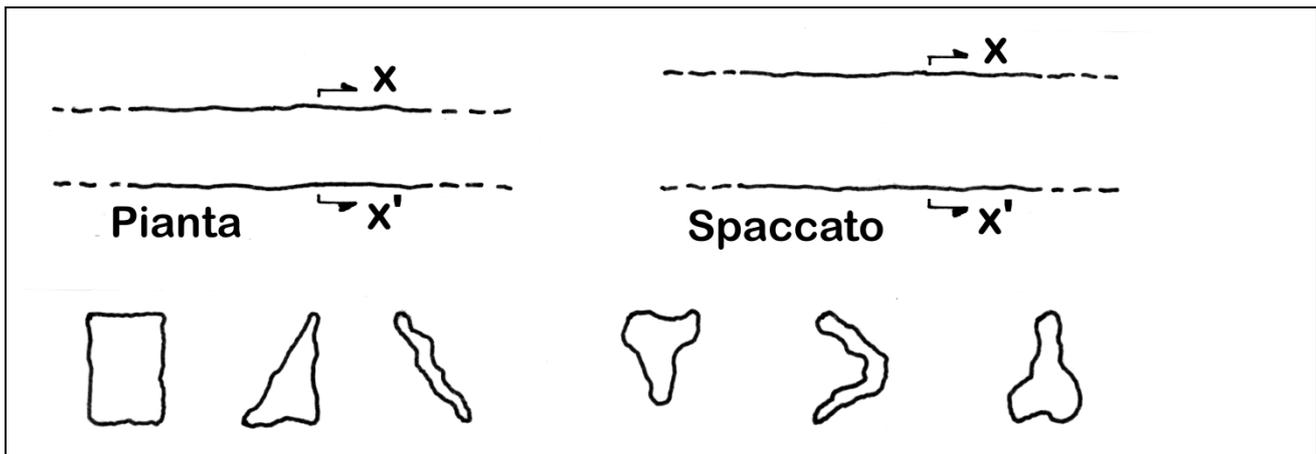
[dis. 02]

[dis. 01] Pianta

[dis. 02] Spaccato (Sezione longitudinale)



[dis. 03]



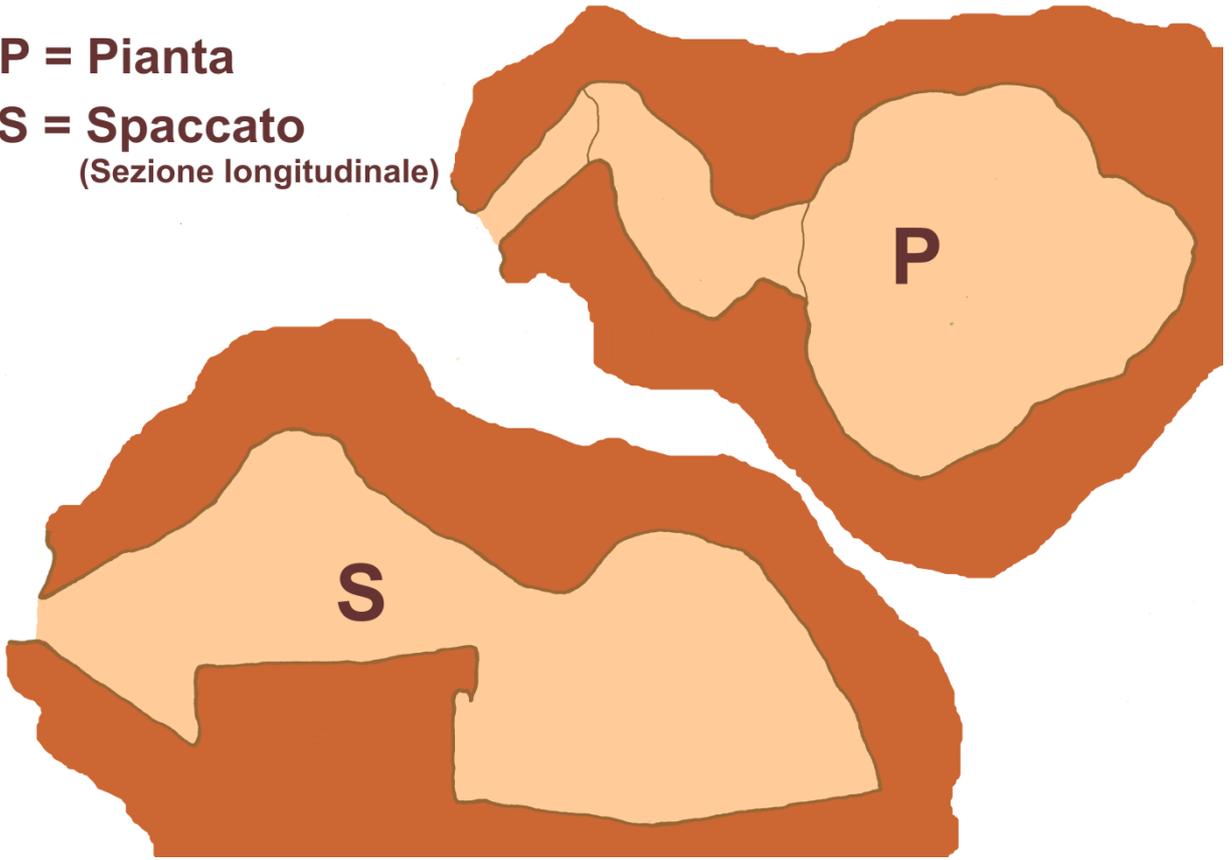
[dis. 04]

[dis. 03] Sezioni trasversali

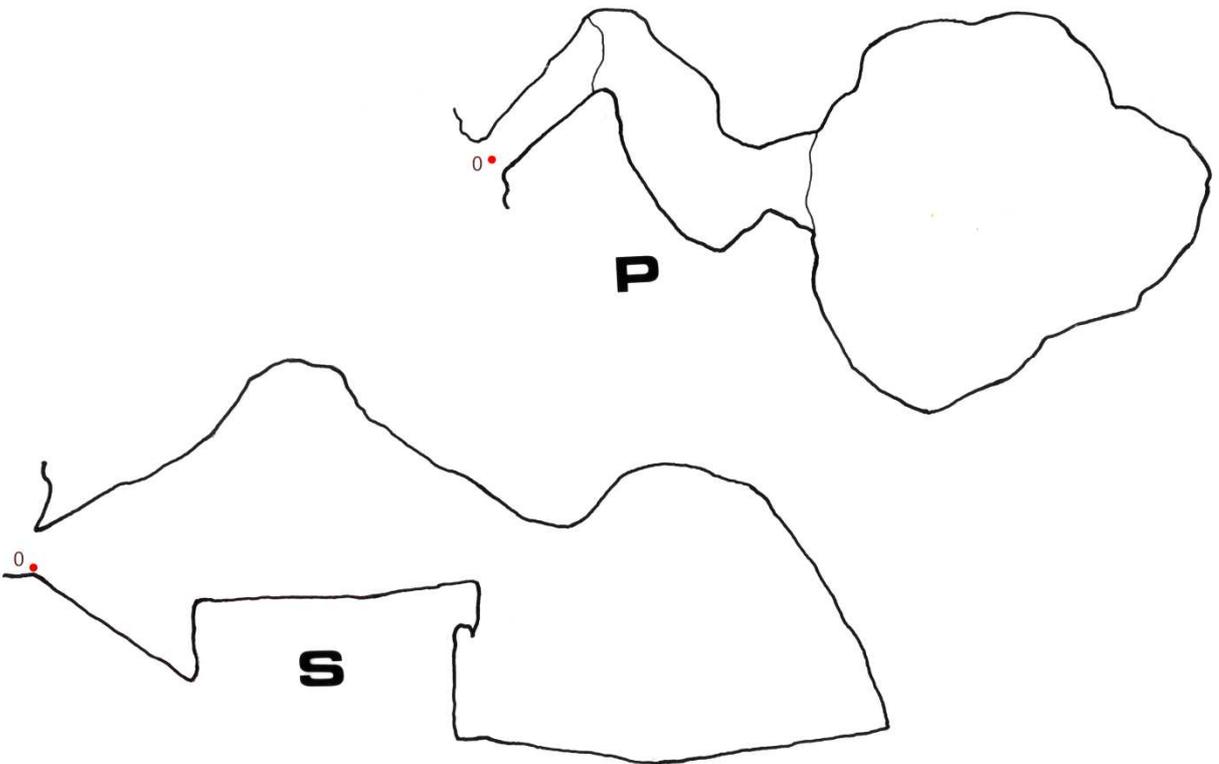
[dis. 04] esempi di possibili Sezioni trasversali, riferite ad una certa Pianta e ad un certo Spaccato

P = Pianta

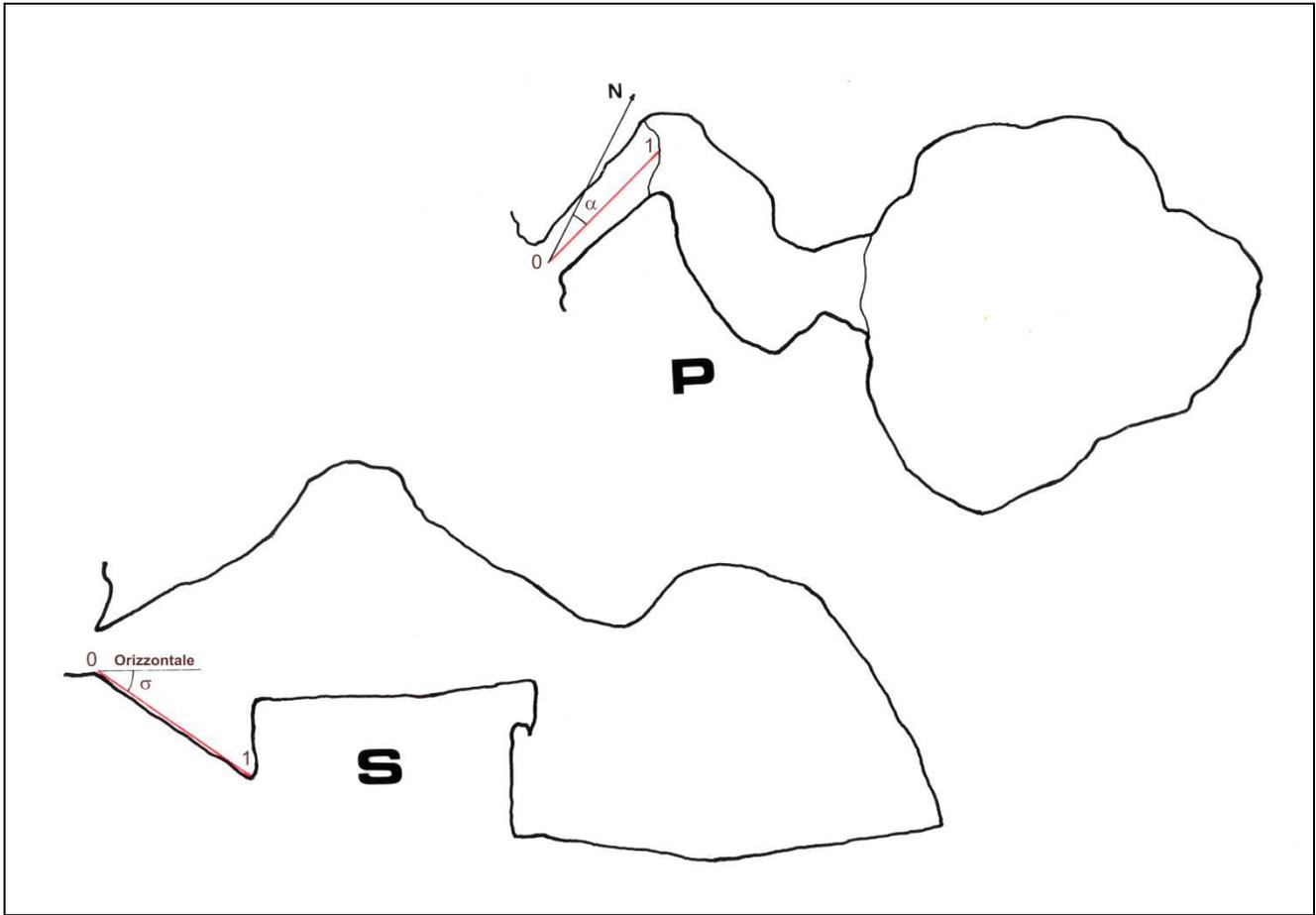
S = Spaccato
(Sezione longitudinale)



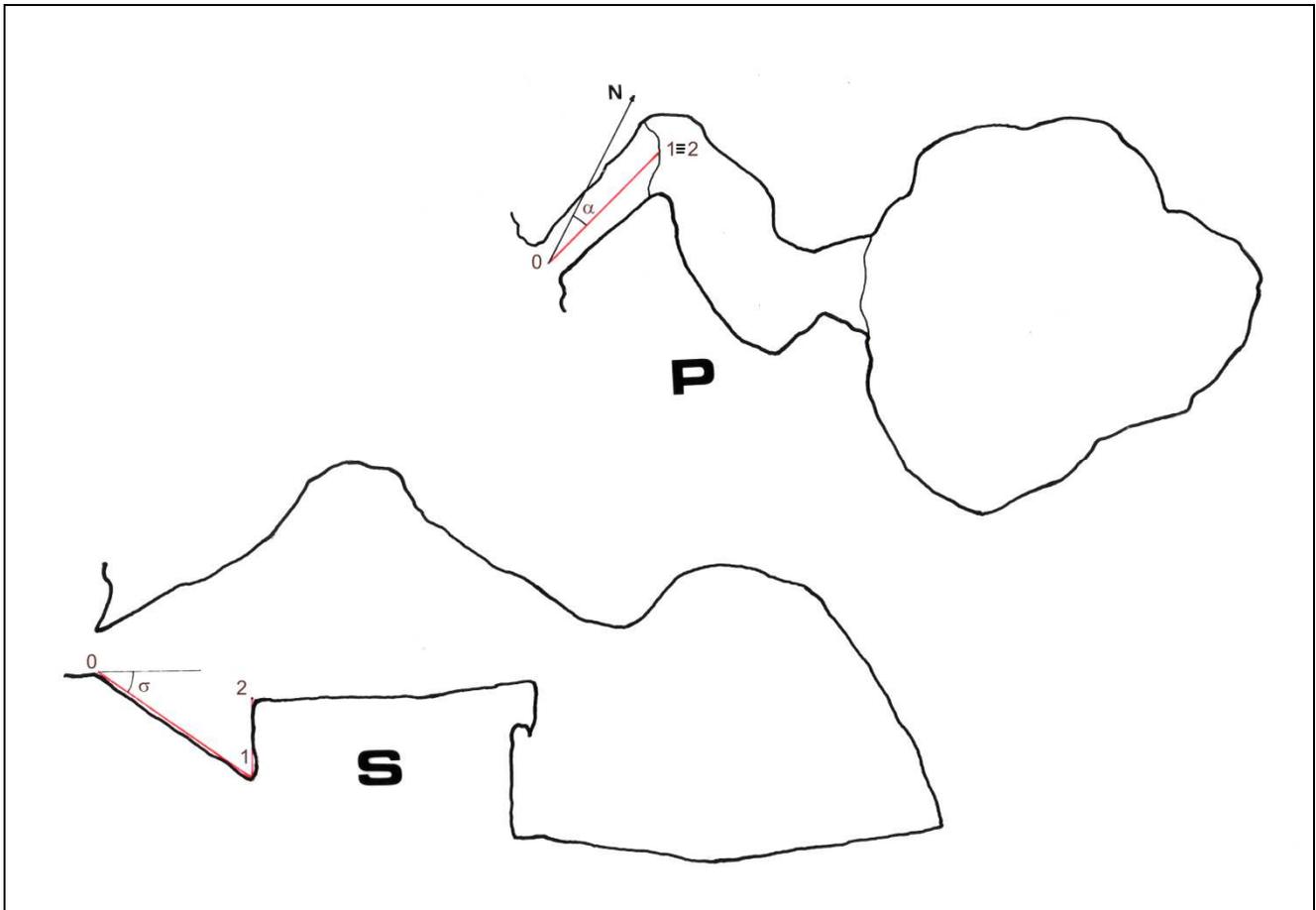
[dis. 05]



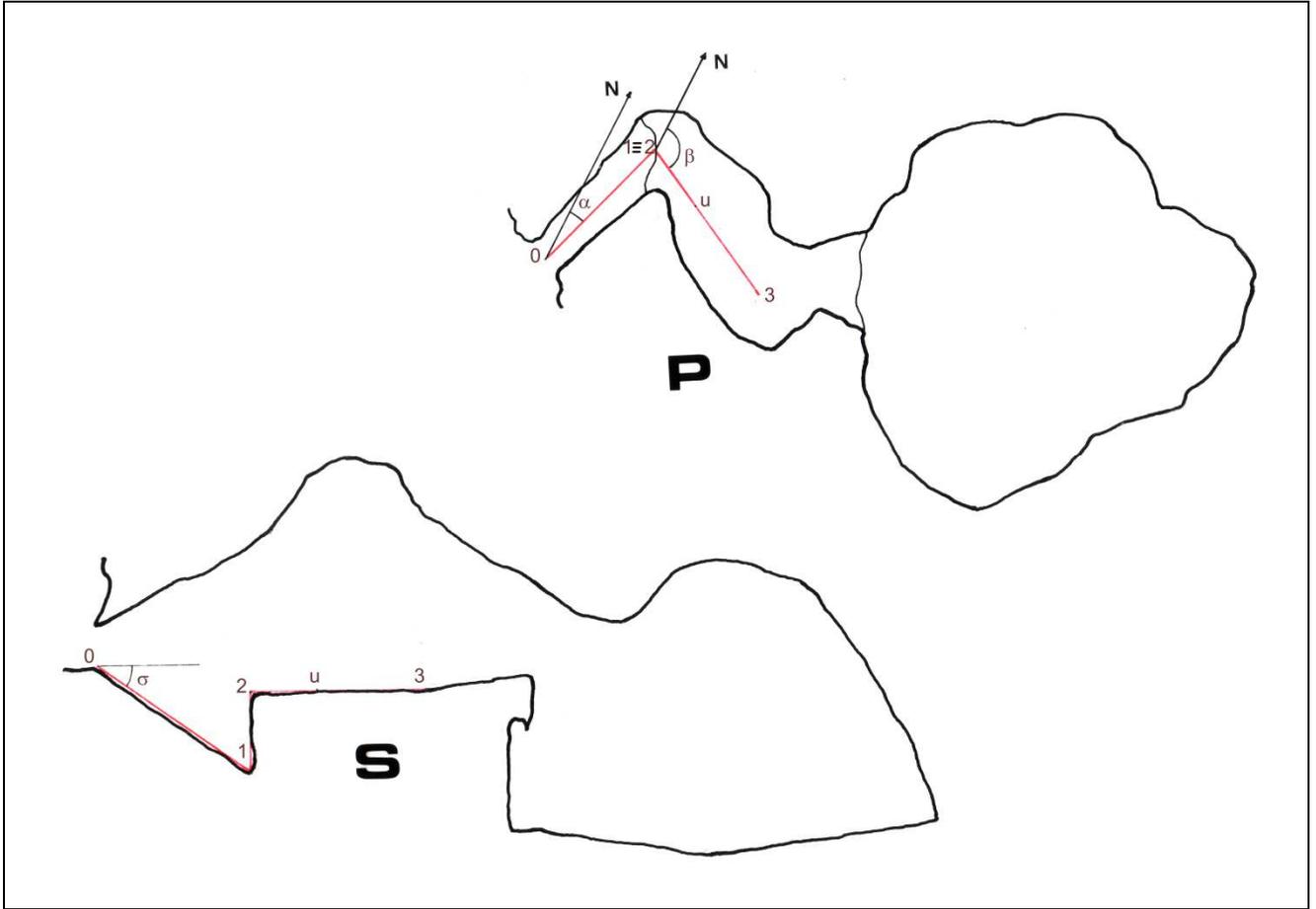
[dis. 06]



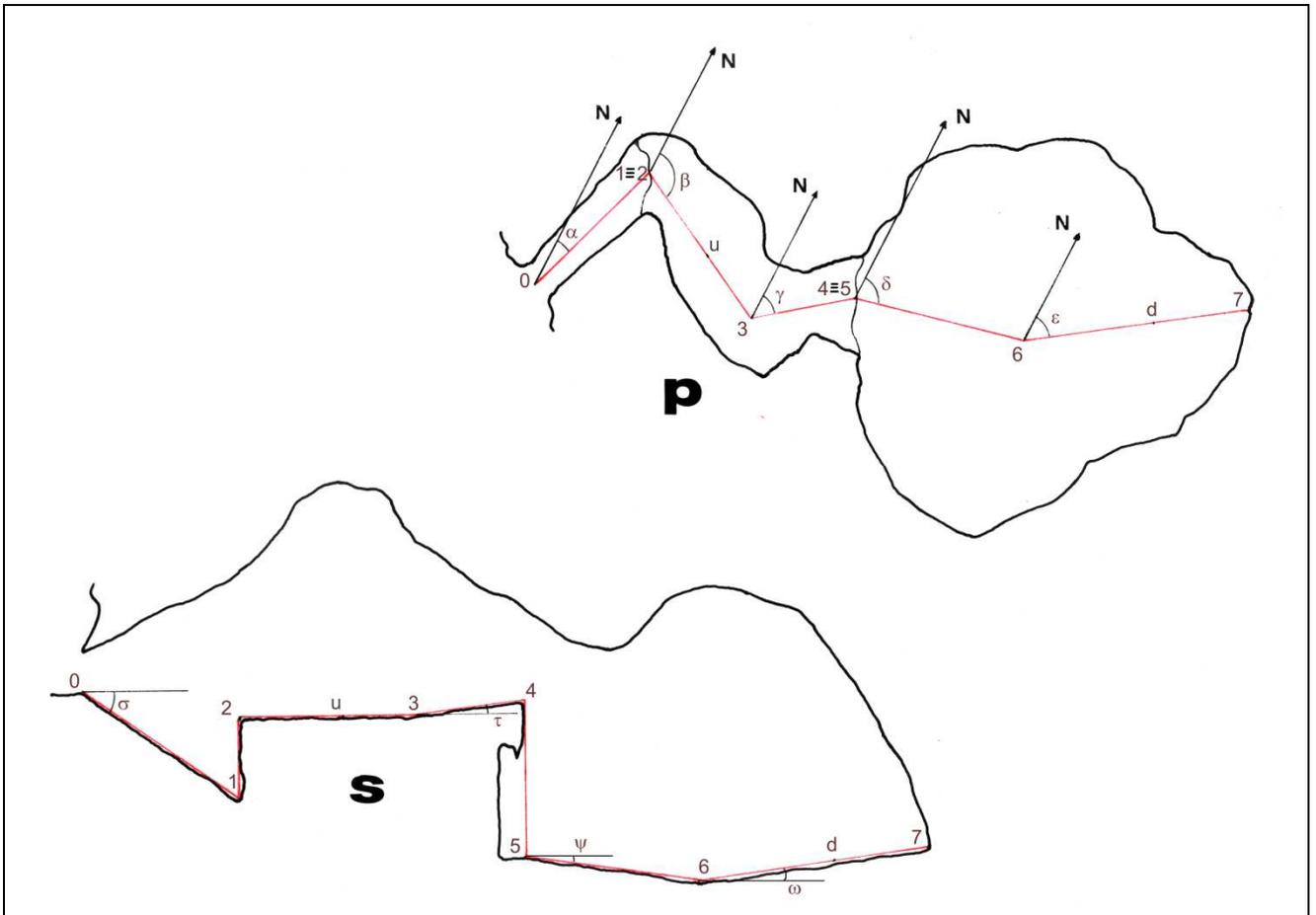
[dis. 07]



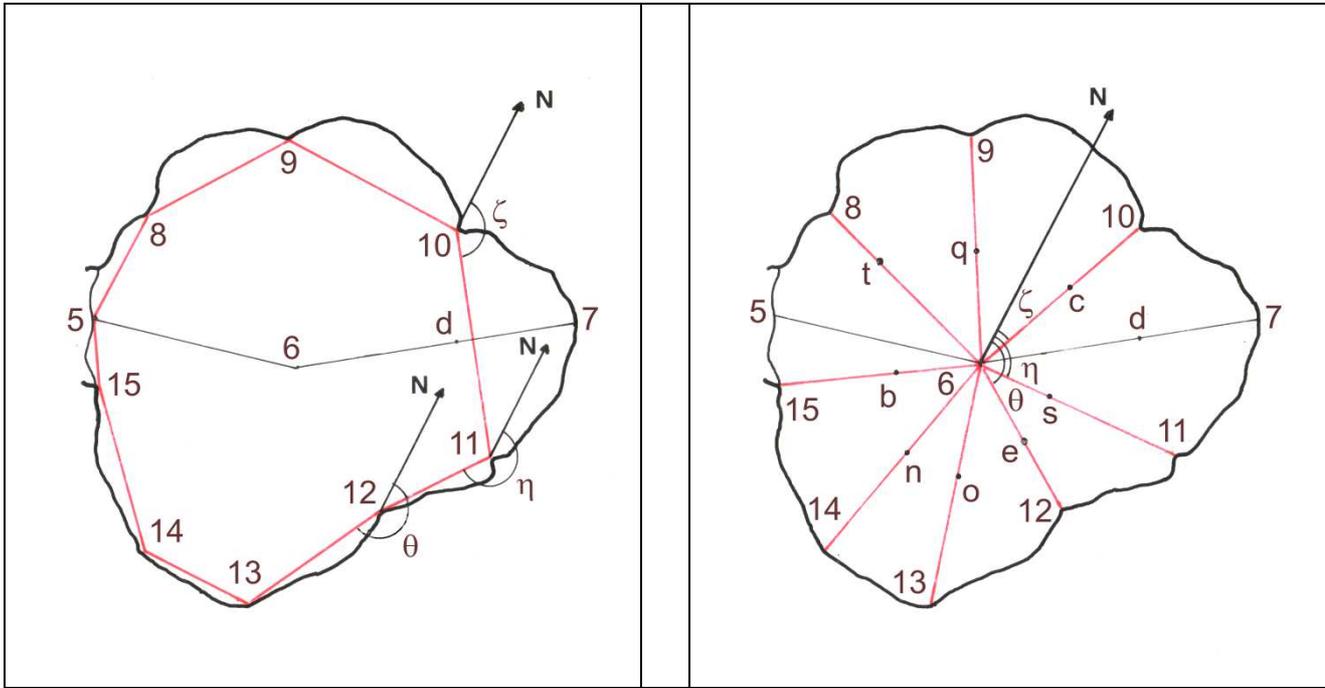
[dis. 08]



[dis. 09]

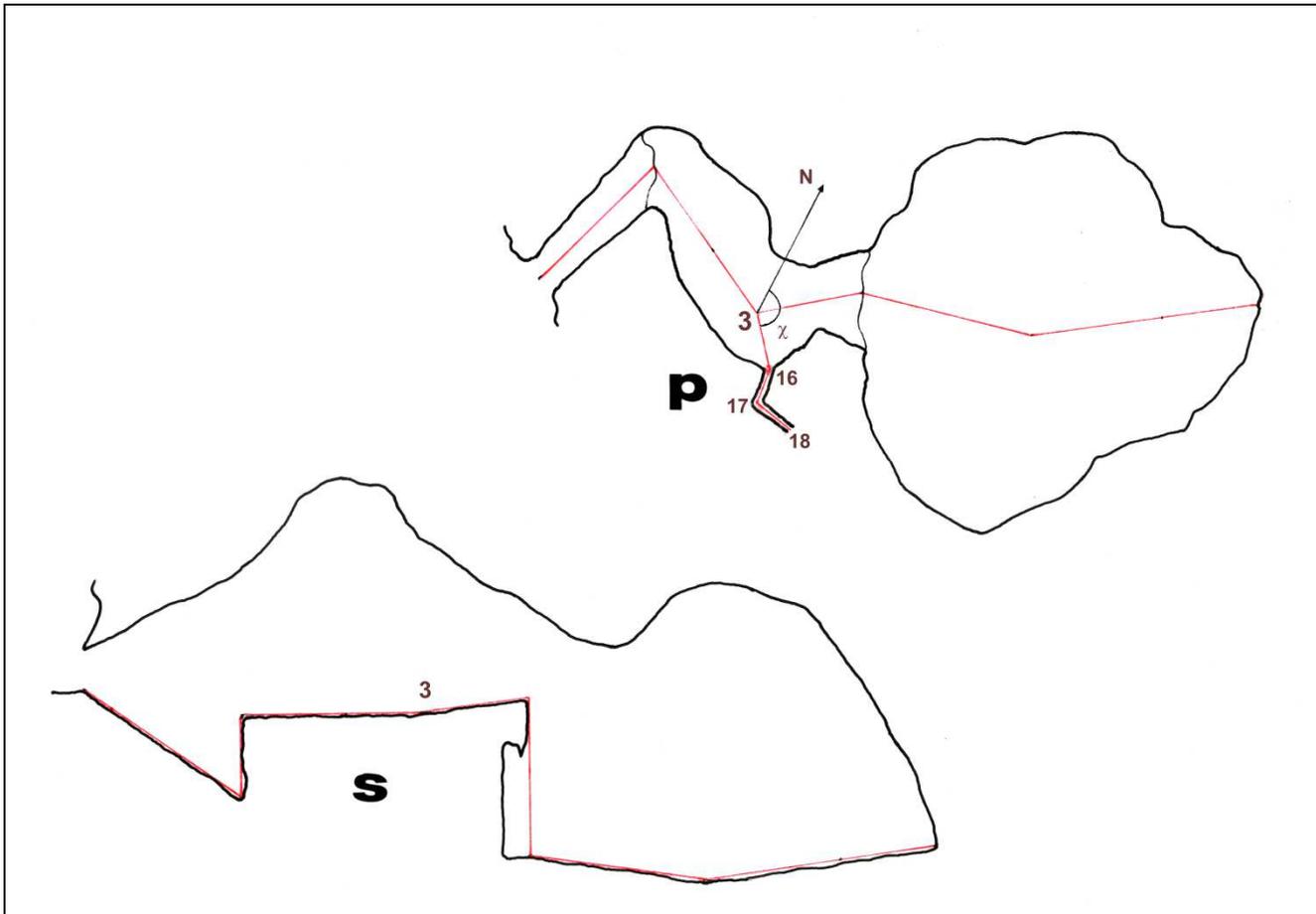


[dis. 10]

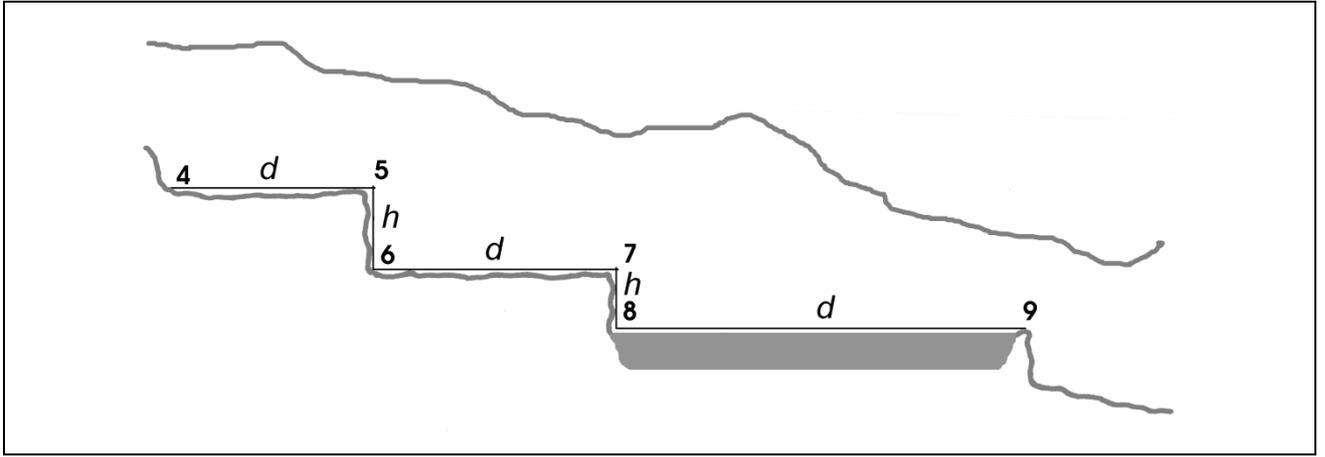


[dis. 11]

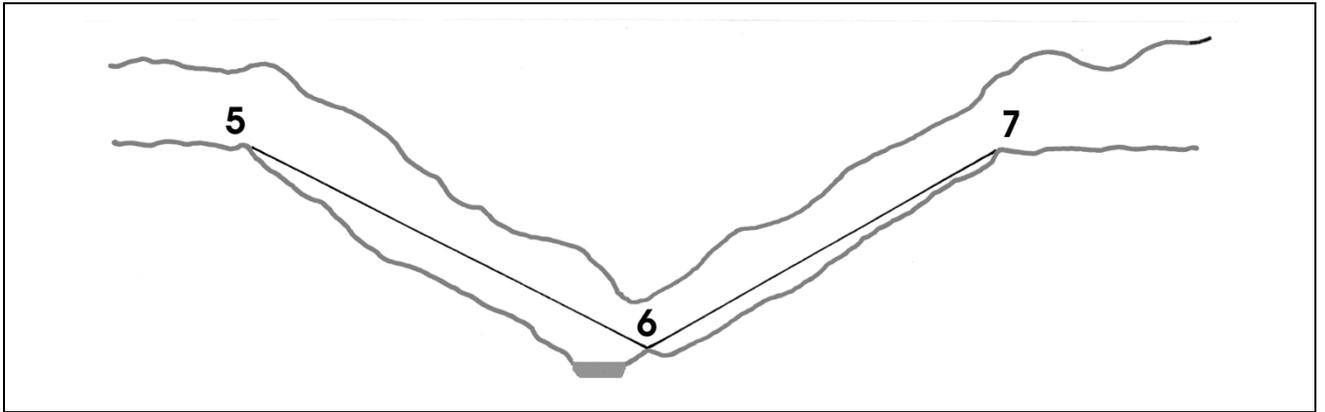
[dis. 12]



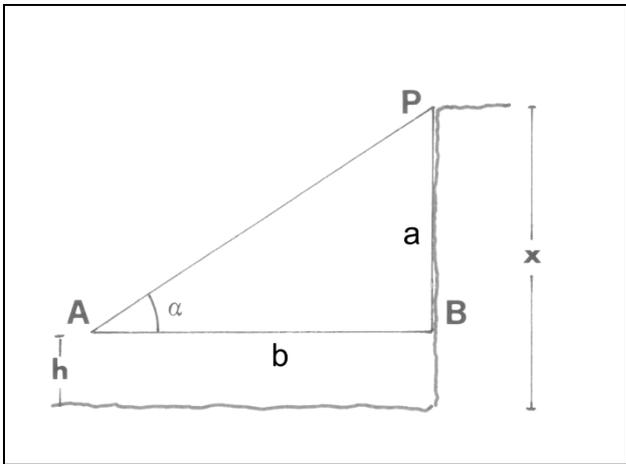
[dis. 13]



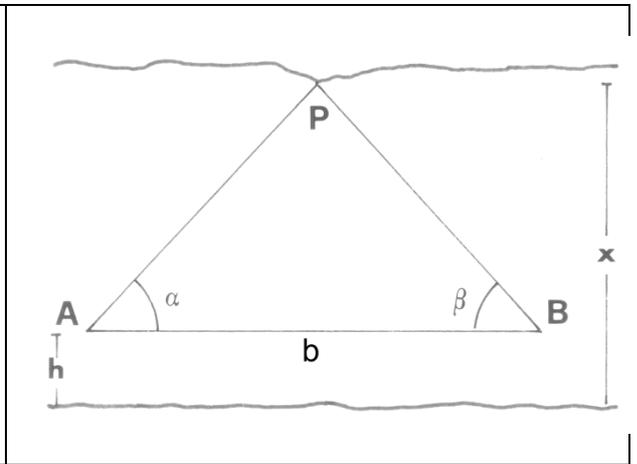
[dis. 14]



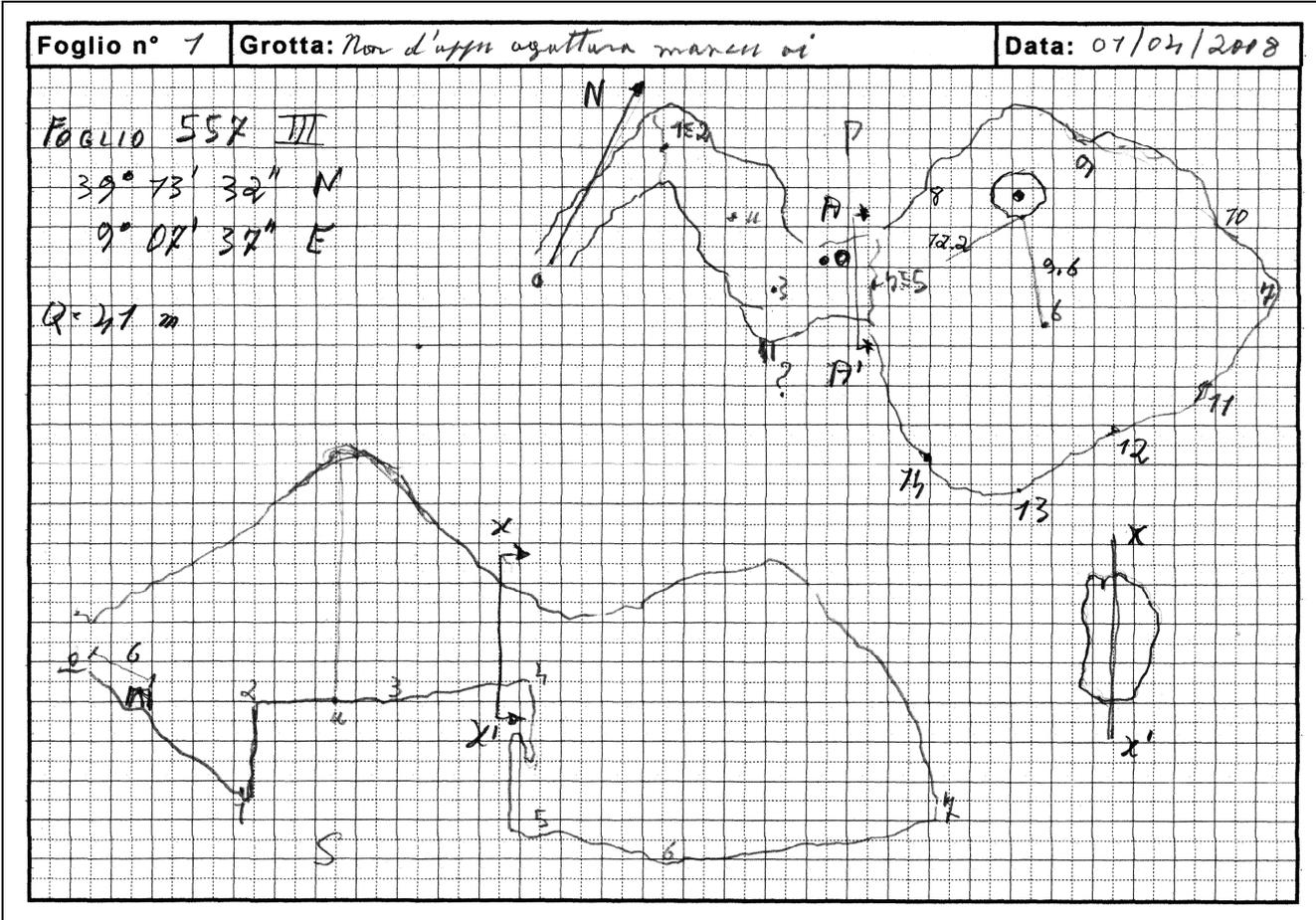
[dis. 15]

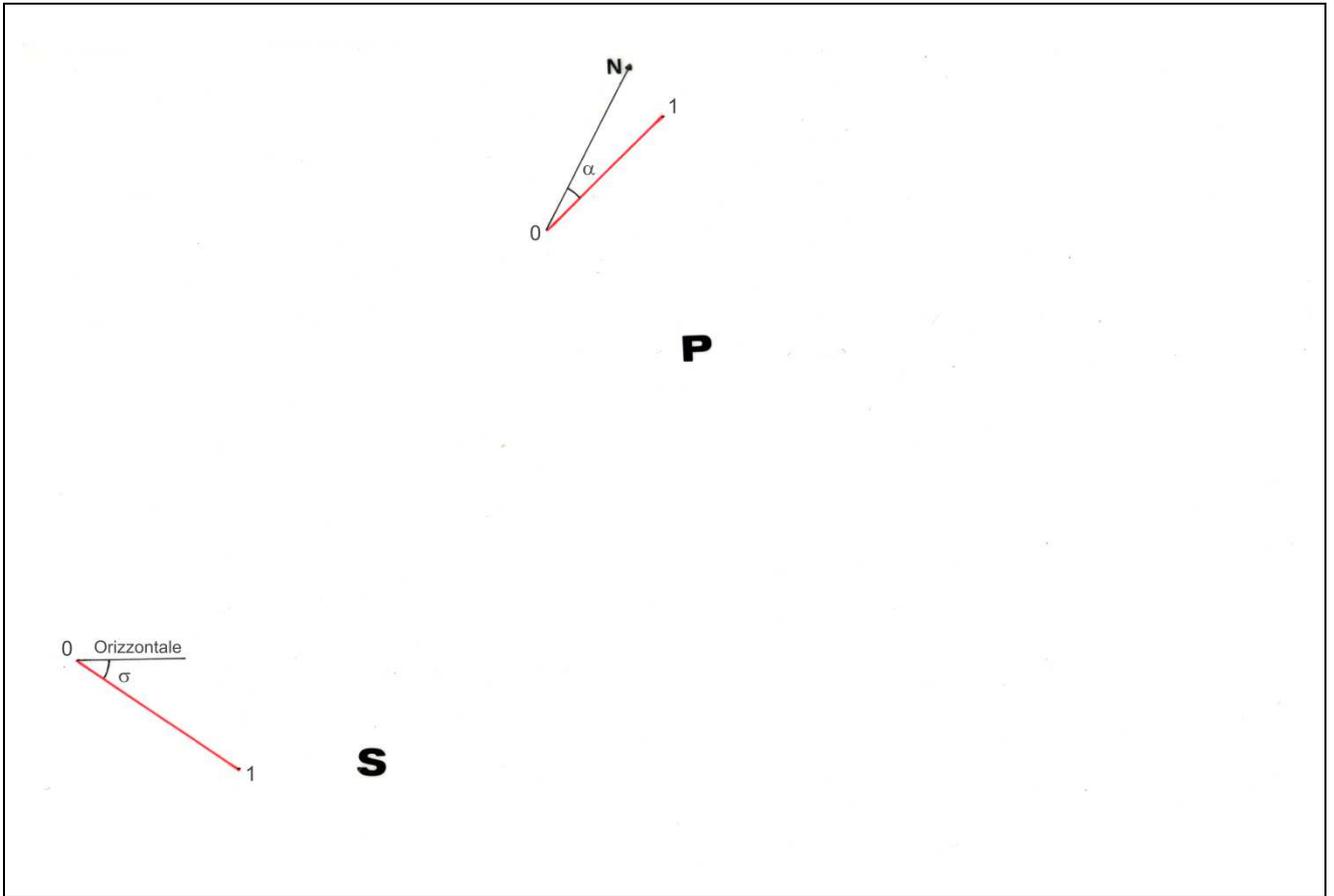


[dis. 16]

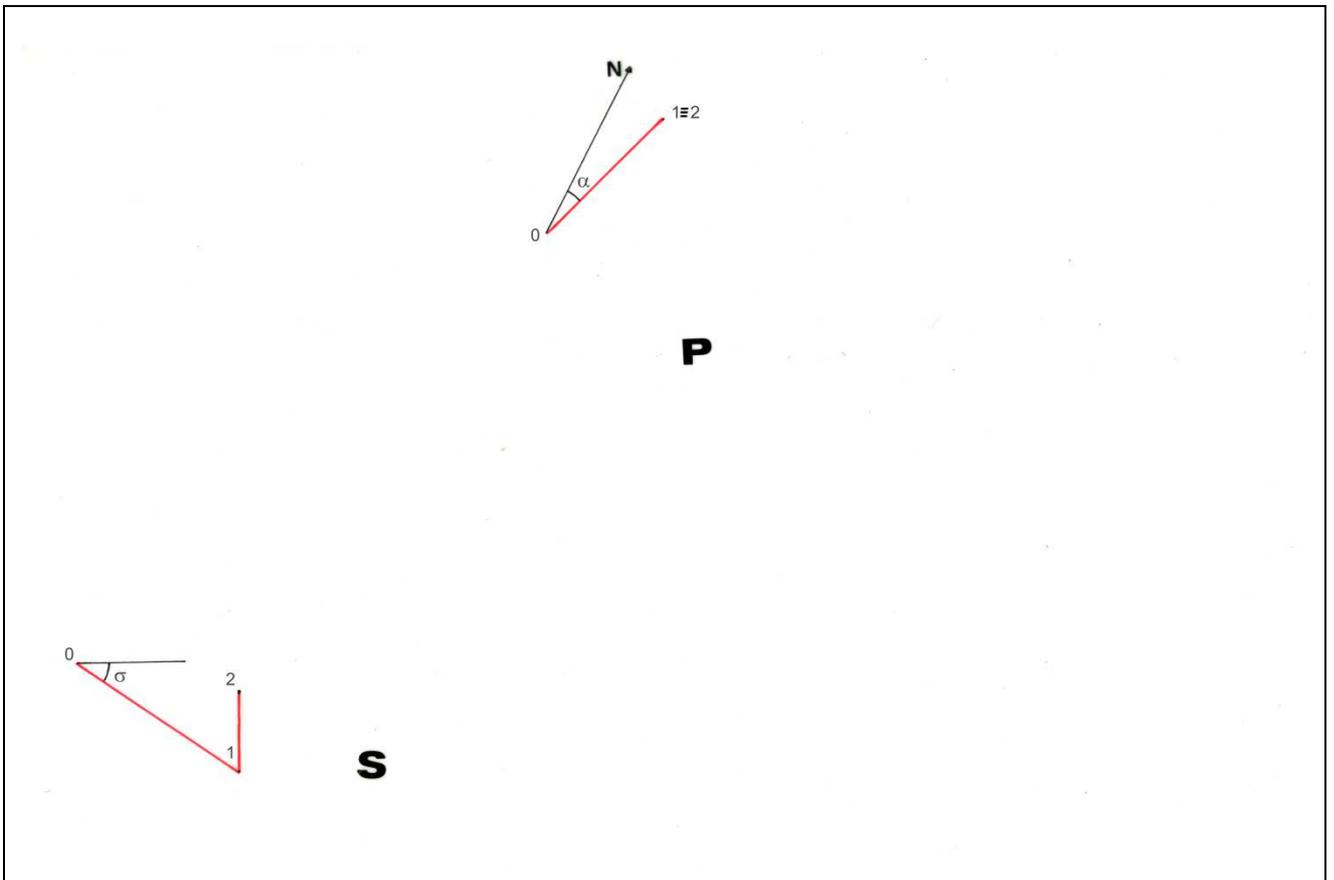


[dis. 17]

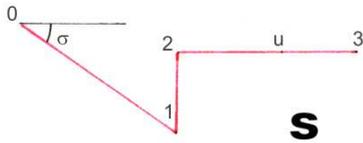
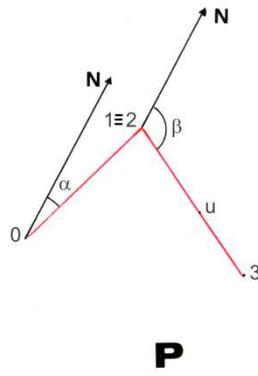




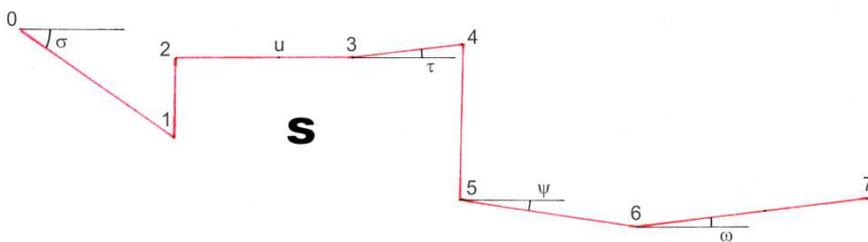
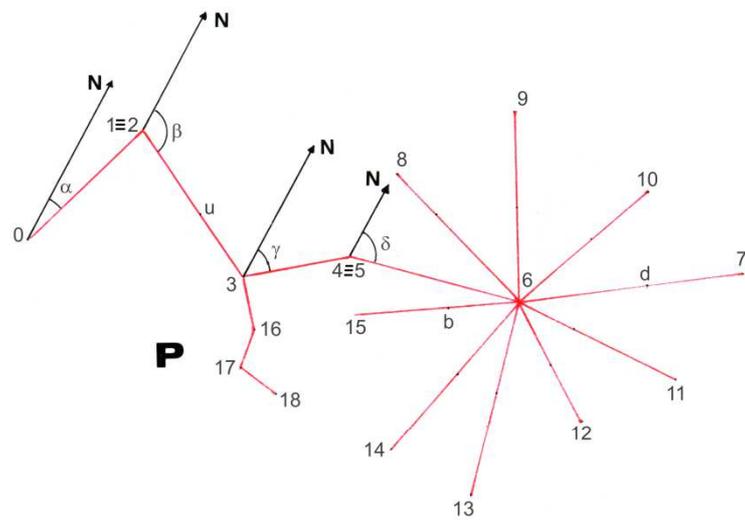
[dis. 19]



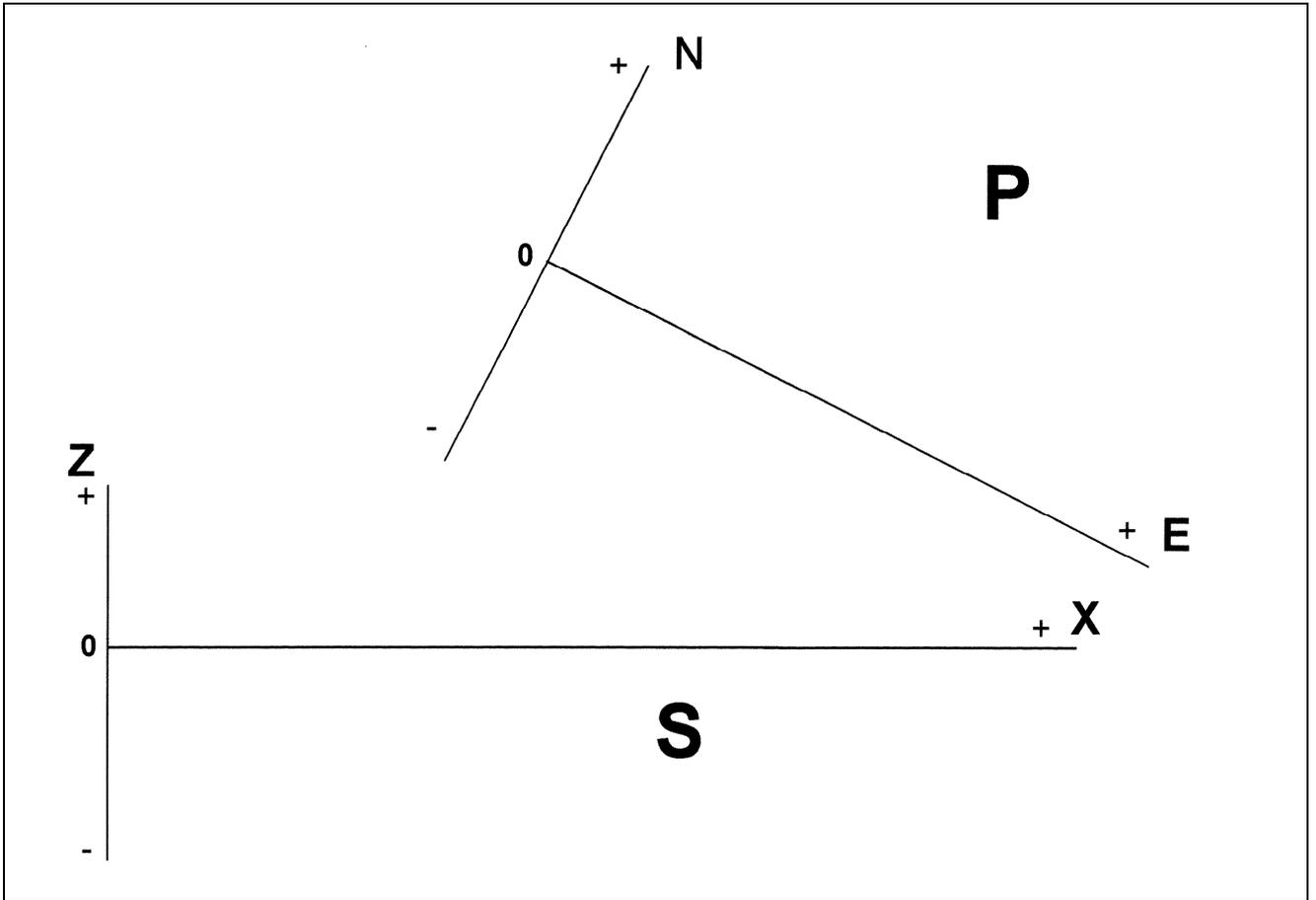
[dis. 20]



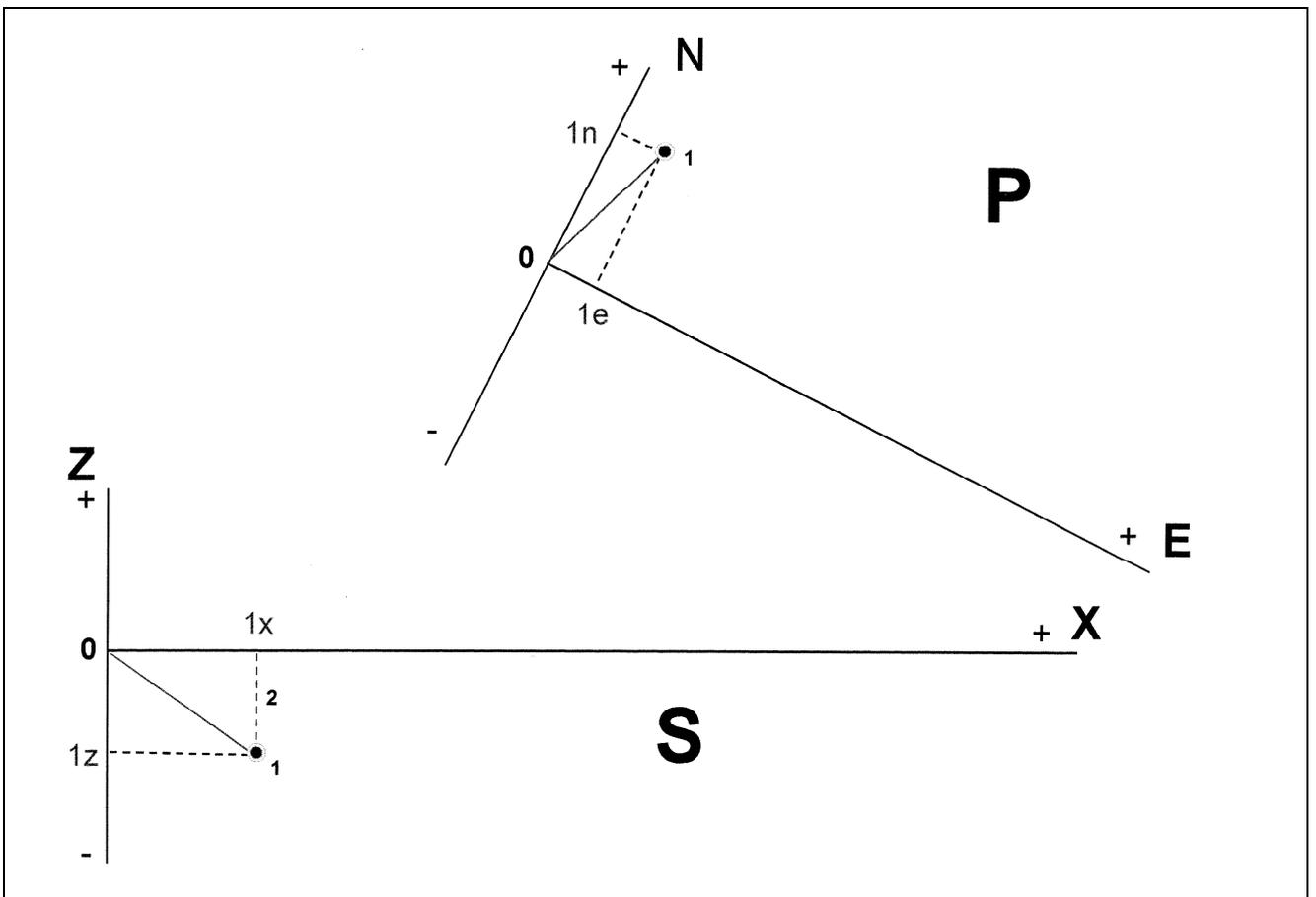
[dis. 21]



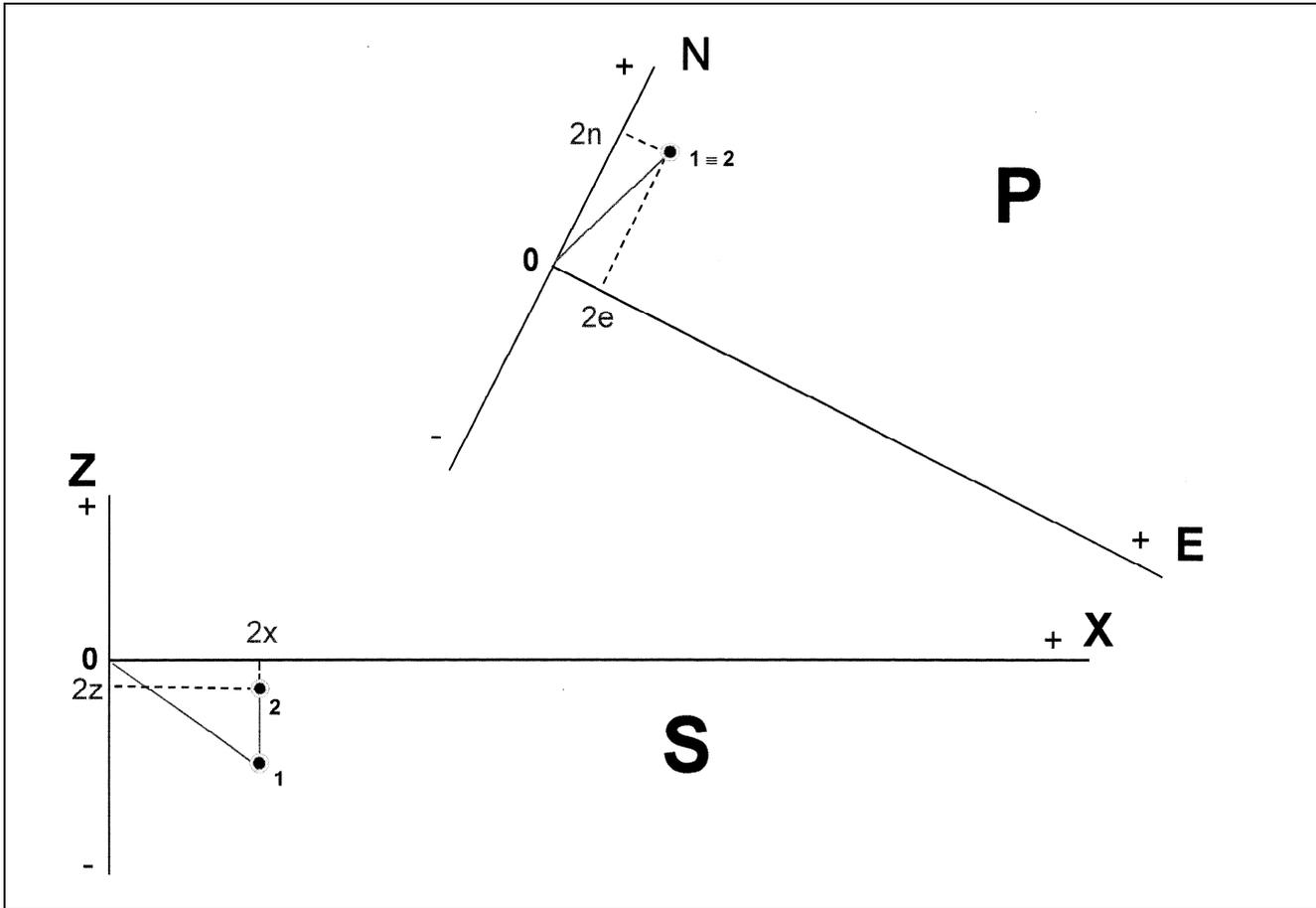
[dis. 22]



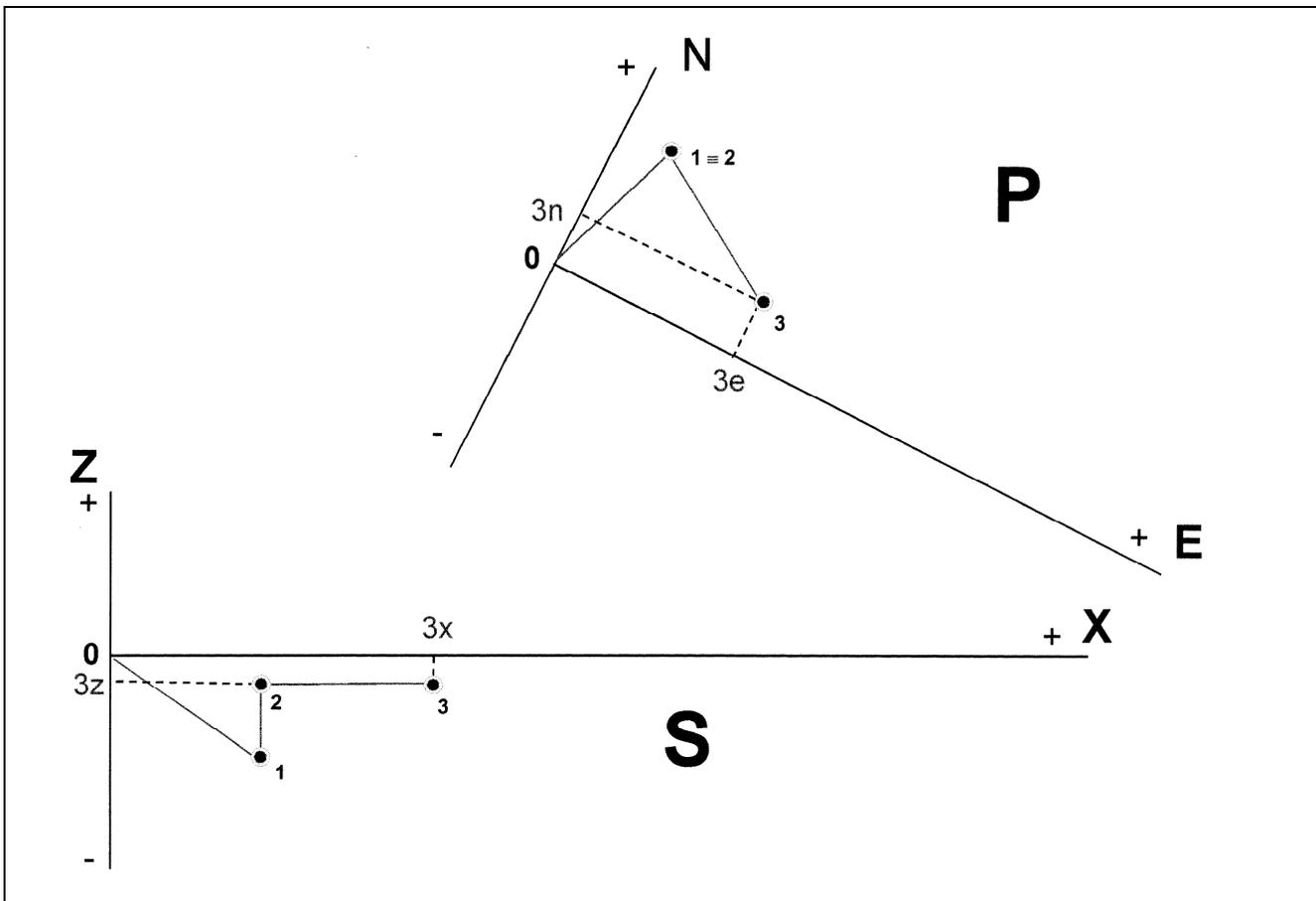
[dis. 23]



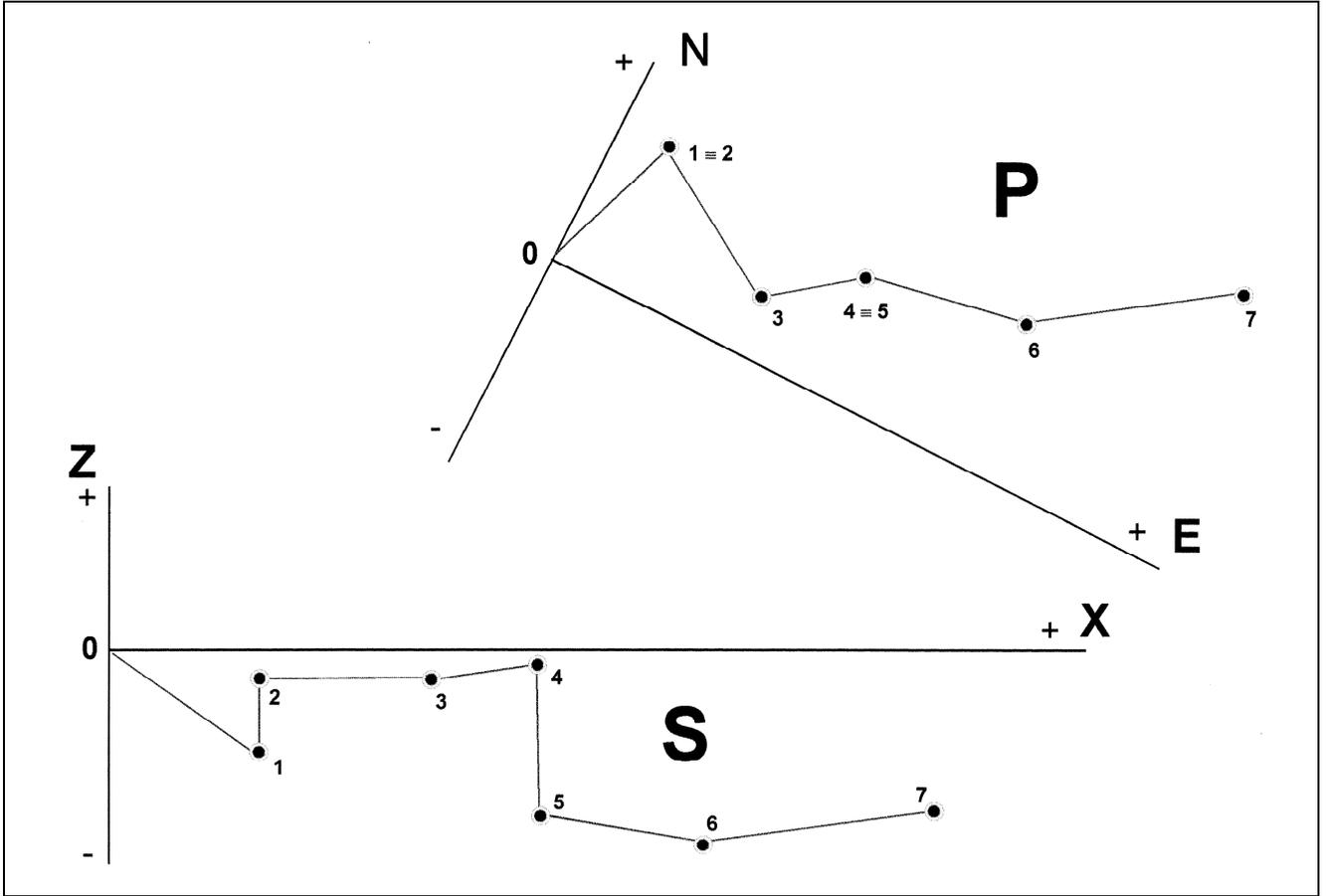
[dis. 24]



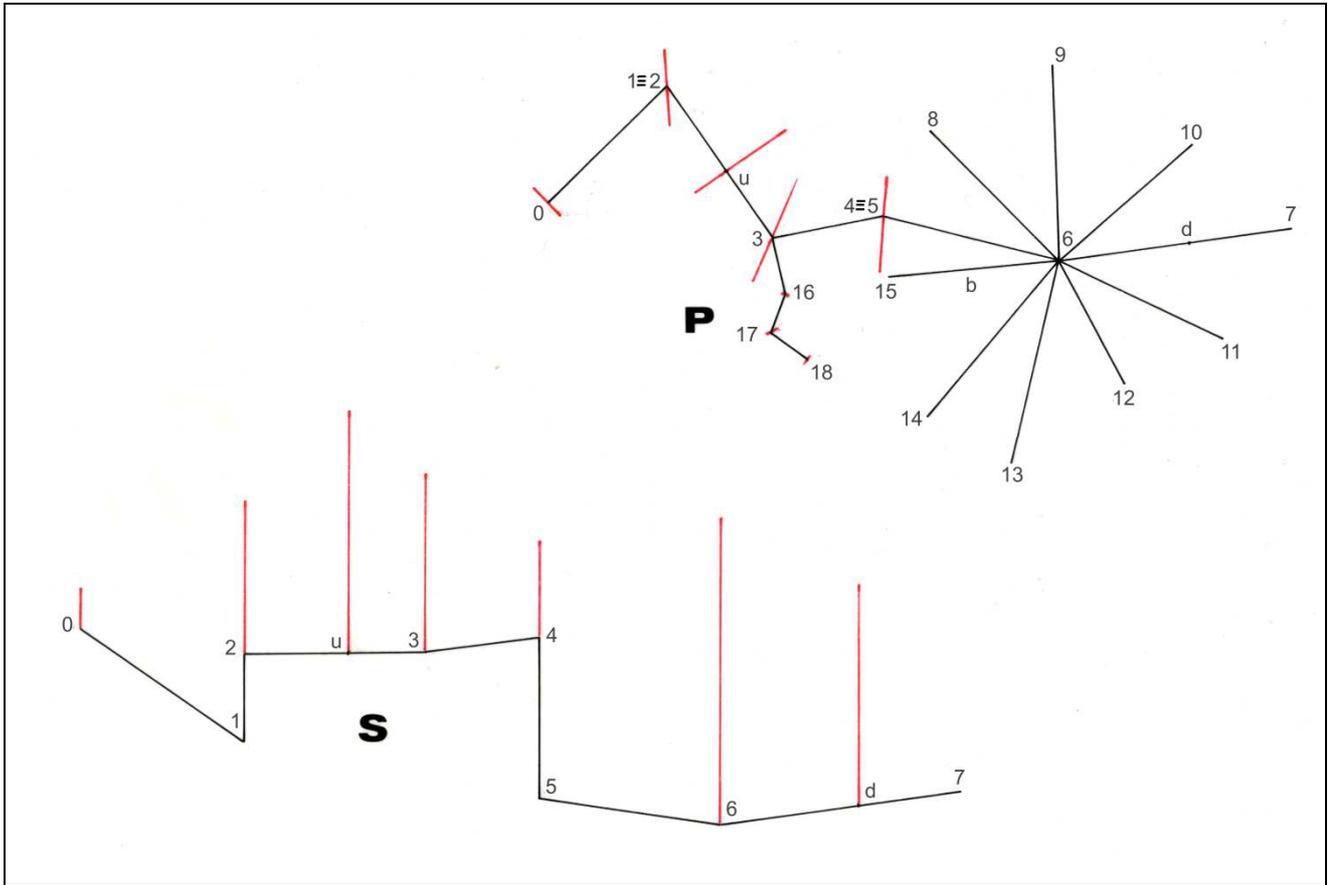
[dis. 25]



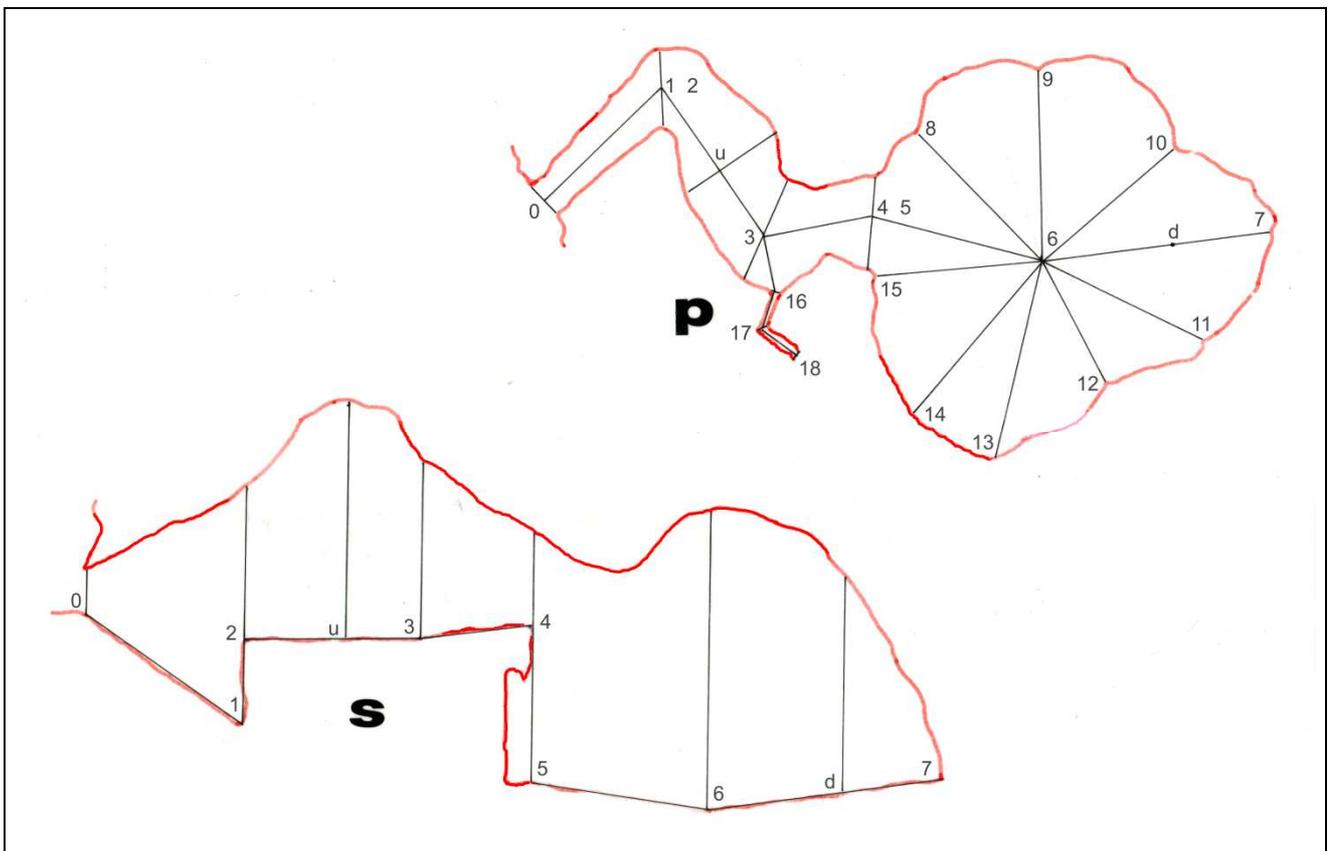
[dis. 26]



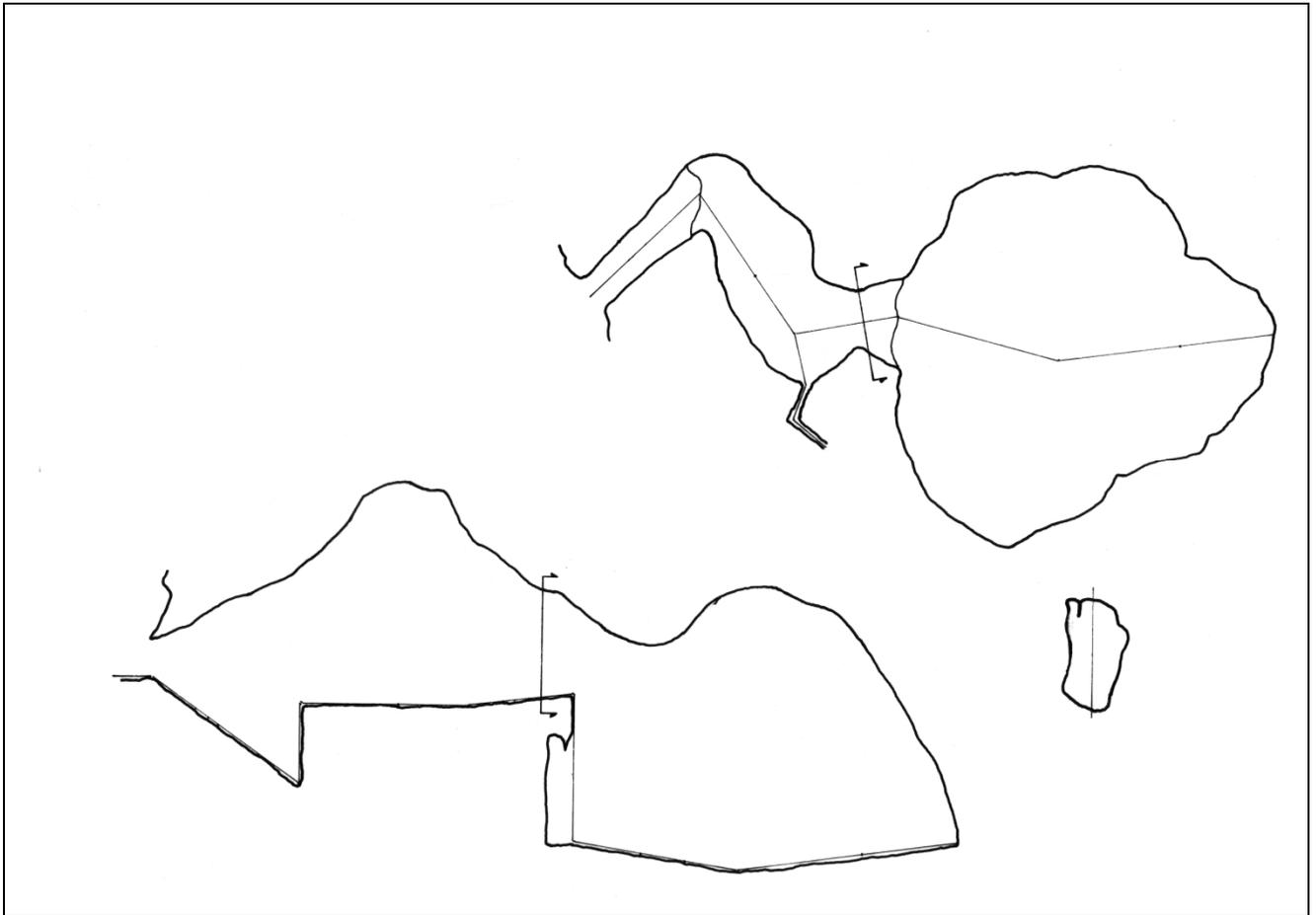
[dis. 27]



[dis. 28]

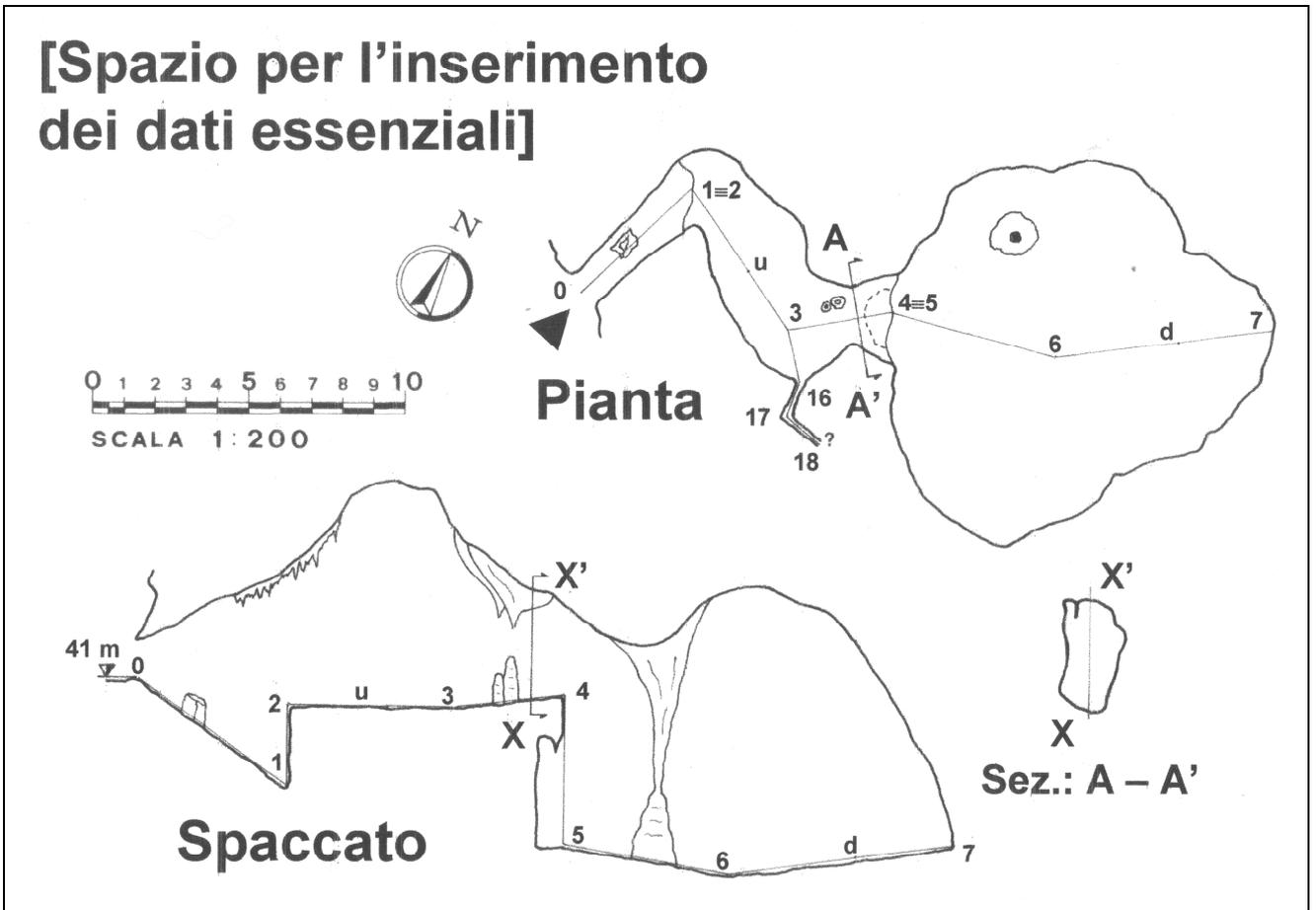


[dis. 29]

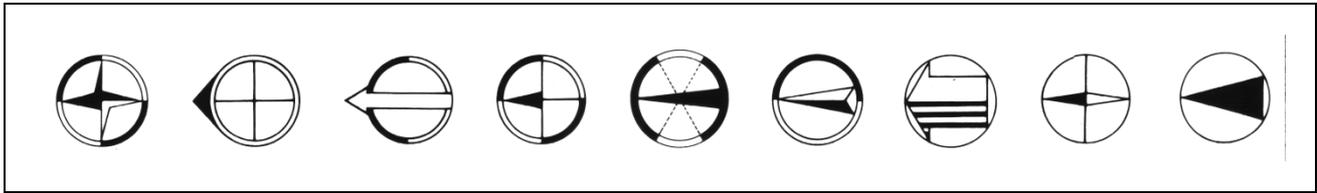


[dis. 30]

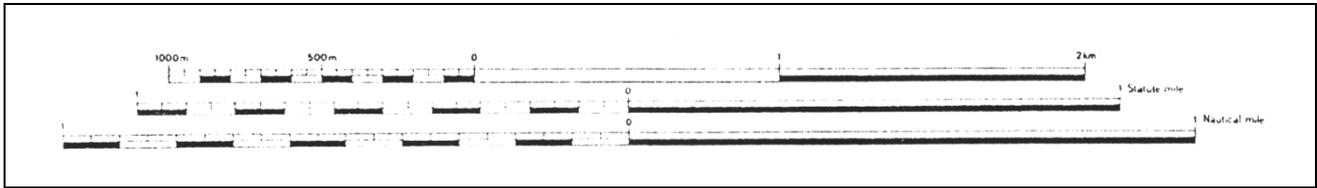
[Spazio per l'inserimento
dei dati essenziali]



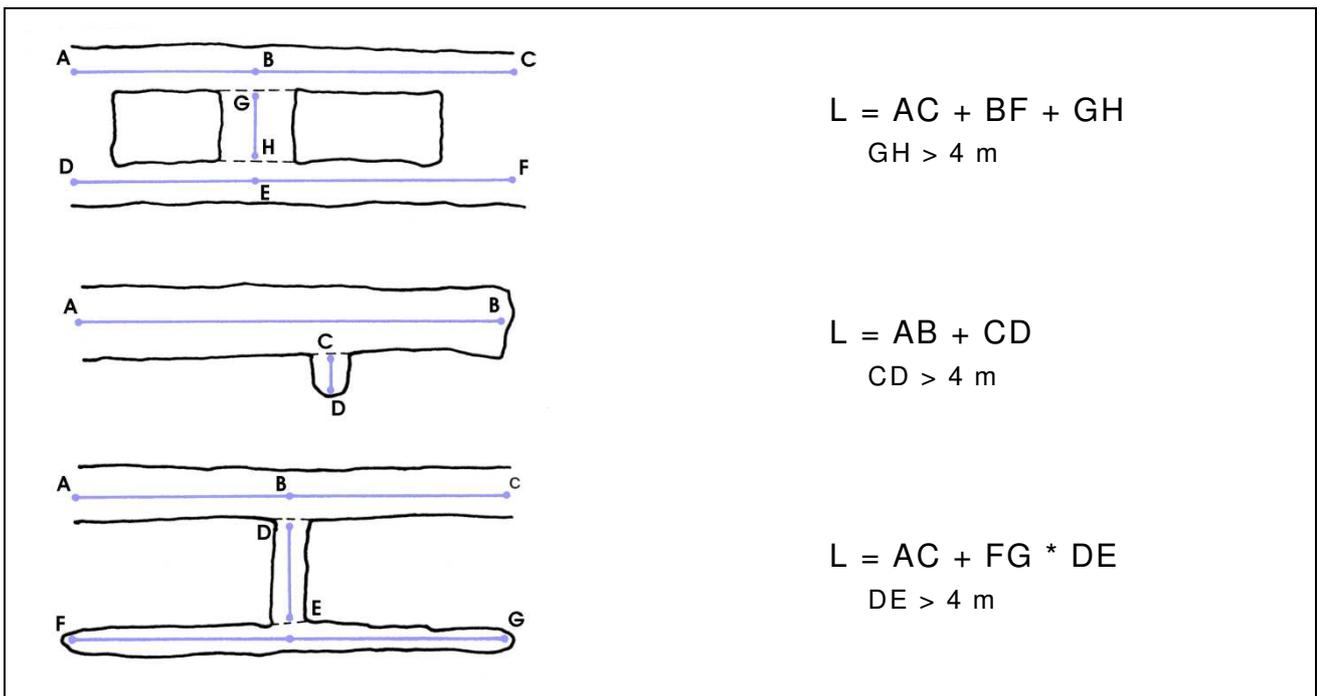
[dis. 31]



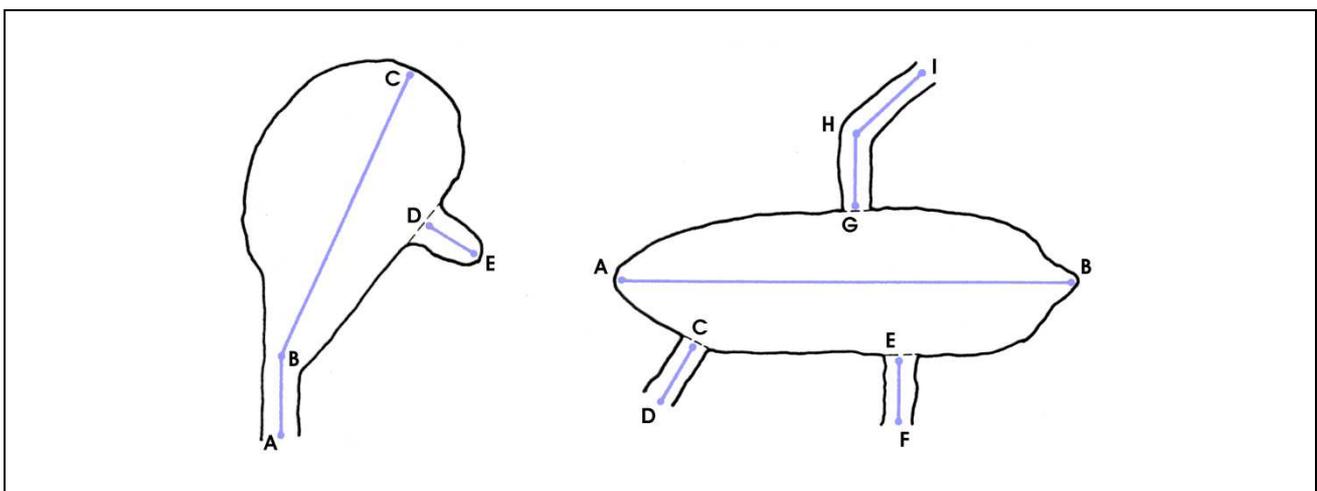
[dis. 32]



[dis. 33]



[dis. 34]



[dis. 35]

Le cinque grotte più «in!»

Al gennaio 2018

Le grotte più profonde

Nel mondo

| Nome | Continente | Nazione | m |
|---|-------------------|------------------|----------|
| Veryovkina | Asia | Abcazia, Georgia | -2 204 |
| Krubera | Asia | Abcazia, Georgia | -2 197 |
| Illyuzia-Mezhonnogo-Snezhnaya | Asia | Abcazia, Georgia | -1 753 |
| Lamprechtsofen - Verlorenen Weg Schacht | Europa | Austria | -1 632 |
| Gouffre Mirolida – Lucien Bouclier | Europa | Francia | -1 626 |

In Italia

| Nome | Regione | Comune (Provincia) | m |
|-----------------------------------|----------------|----------------------------|----------|
| Abisso Paolo Roversi | Toscana | Minucciano (LU) | -1 350 |
| Complesso del Releccio-W Le donne | Toscana | Massa (MS) | -1 313 |
| Abisso Olivifer | Toscana | Massa (MS) | -1 215 |
| Complesso del Grignone | Lombardia | Esino, Mandello Lario (LC) | -1 190 |
| Complesso dell'Antro del Corchia | Toscana | Stazzema (LU) | -1 187 |

In Sardegna

| Numero catasto | Nome | Comune (Provincia) | m |
|-----------------------|--|------------------------------|----------------------|
| 2642 | Grotta di Lovettecannas | Baunei (NU) | -502 |
| 2778 | Su Eni e Istettai | Urzulei (NU) | -484 |
| 12-966-1988 | Sistema carsico della Codula di Ilune (Su Palu-Grotta'e Monte Lngos-Bue Marino-Su Molente) | Urzulei- Dorgali-Baunei (NU) | -361 -225 +136 |
| 2777 | S'Orale su Mudrecu | Urzulei (NU) | -336 |
| 3299 | Gutturu'e Murgulavò (Murgulavò) | Baunei (NU) | -310 |

Le grotte con maggiore sviluppo

Nel mondo

| Nome | Continente | Nazione | m |
|---------------------|-------------------|----------------|----------|
| Mammoth Cave System | America | USA | 563 500 |
| Optimisticheskaja | Europa | Ucraina | 208 000 |
| Holloc | Europa | Svizzera | 182 540 |
| Jewel Cave | America | USA | 177 634 |
| Lechuguilla Cave | America | USA | 161 700 |

In Italia

| Nome | Regione | Comune (Provincia) | m |
|--|-----------------------|-----------------------------|----------|
| Sistema carsico della Codula di Ilune (Su Palu-Grotta'e Monte Lngos-Bue Marino-Su Molente) | Sardegna | Urzulei-Dorgali-Baunei (CO) | 70 000 |
| Complesso della valle del Nosè | Lombardia | Sormano, Zelbio3 (CO) | >61 000 |
| Complesso del Monte Corchia | Toscana | Stazzema (LU) | >57 000 |
| Complesso di Piaggia Bella | Piemonte | Briga alta CN) | 43 000 |
| Complesso del Col delle Erbe | Friuli Venezia Giulia | Chiusaforte (UD) | 40 000 |

In Sardegna

| Numero catasto | Nome | Comune (Provincia) | m |
|-----------------------|---|-----------------------------|----------|
| 12-966-1988 | Sistema carsico della Codula di Illune (Su Palu-Grotta'e Monte Lngos-Bue Marino-Su Molente) | Urzulei-Dorgali-Baunei (NU) | 70 000 |
| 104-105 | Grotta di Su Bentu-Sa Oche (grotta de sa sennora) | Oliena (NU) | 17 000 |
| 82-229-344 | San Giovanni su Anzu-Ispinigoli-Sos Jocos | Dorgali (NU) | 14 320 |
| 588 | Sa Rutt'e S'edera (Grotta dell'Edera) | Urzulei (NU) | 12 931 |
| 4 | Grotta de Is Angurtidorgiu | Villaputzu-Ulassai (CA-NU) | 10 890 |

Appendice «a»

Sugli strumenti di misura

Prefazione

In *metrologia*, si può definire **Strumento di misura** qualunque dispositivo che ha la funzione specifica di effettuare una misurazione, intendendo con essa, ed in fisica ed in ingegneria, il processo di riportare una grandezza fisica o ad eventi o a fenomeni o ad oggetti del mondo reale.

Gli strumenti di misura possono essere o **analogici** o **digitali**:

in uno *strumento analogico* il valore della misura si legge su una scala graduata.

in uno *strumento digitale* il valore della misura appare come una sequenza di cifre.

Componenti fondamentali degli Strumenti di misura

Elemento rivelatore

L'**elemento rivelatore** dello strumento è costituito da un apparato sensibile alla grandezza da misurare; in generale l'elemento rivelatore interagisce con la grandezza in esame e può venire modificato o nella forma o in un'altra sua caratteristica.

Osservazioni

Altre volte, per contro, è l'elemento rivelatore stesso che, interagendo con la grandezza in esame, la modifica creando non pochi problemi allo sperimentatore che deve accorgersi della modifica introdotta e di conseguenza deve cercare o di eliminarla o di stimarla per ottenere una misura corretta.

Trasduttore

Il **trasduttore** è quella parte dello strumento atta a trasformare l'informazione ottenuta dal rivelatore in una grandezza di più facile utilizzazione da parte dello sperimentatore; esso, in genere, agisce sulla grandezza di partenza trasformandola in una di un'altra specie.

Dispositivo di visualizzazione

Questo componente ha lo scopo di fornire o visivamente o graficamente il risultato della misura sintetizzando così le operazioni svolte e dal rivelatore e dal trasduttore.

Ad esempio, sono dispositivi di visualizzazione lo schermo per un oscilloscopio, l'insieme e dell'ago e della scala graduata per un generico strumento ad ago come nei *declinatori magnetici*, mentre per gli strumenti di tipo digitale è costituito dalla mostra numerica (*numeric display* in inglese).

Ripetibilità

Con il termine **ripetibilità** si intende la capacità dello strumento di fornire misure uguali della stessa grandezza entro la sua risoluzione, anche in condizioni di lavoro o difficili o variabili (vibrazioni, sbalzi di temperatura, . . .).

In pratica lo strumento deve risultare ben isolato rispetto agli effetti dell'ambiente esterno, escluso ovviamente l'effetto dovuto alla grandezza in esame.

La ripetibilità implica anche una buona **affidabilità** intesa come robustezza di funzionamento nel tempo; questa peculiarità viene espressa o come *vita media* o come *tempo medio* statisticamente prevedibile fra due guasti successivi in condizioni normali di utilizzo.

Vita media o tempo medio

La **vita media** o il **tempo medio**, *fra i guasti* (in inglese *mean time between failures*, spesso abbreviato in **MTBF**), è un parametro di affidabilità applicabile a dispositivi e meccanici ed elettrici ed elettronici e ad applicazioni software.

Prontezza

La **prontezza** è una caratteristica dello strumento legata al tempo necessario affinché questo risponda ad una variazione della grandezza in esame.

Per alcuni, quanto minore è questo tempo, detto *tempo caratteristico*, tanto maggiore è la prontezza, mentre per altri la prontezza è rappresentata dal tempo impiegato dallo strumento per dare la risposta, cioè il risultato.

In generale la prontezza rappresenta *la rapidità con cui lo strumento è in grado di fornire il risultato di una misura*.

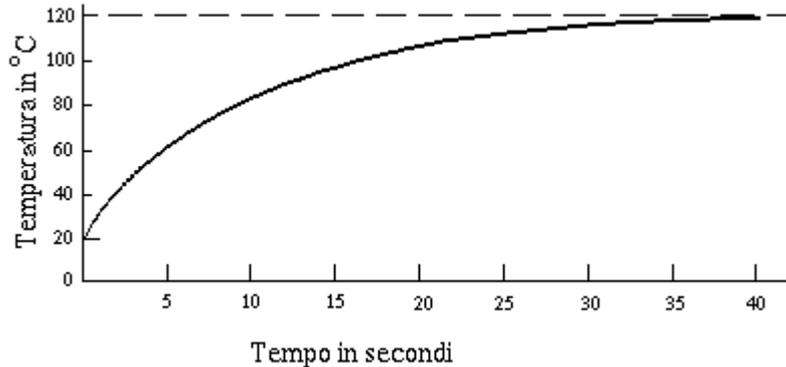
Per chiarire quanto detto finora vediamo un esempio: consideriamo un termometro a mercurio, quello che si può trovare in un comune laboratorio, che sia inizialmente alla temperatura ambiente di 20 °C.

Se ora lo immergiamo in un bagno di liquido alla temperatura di 120 °C osserviamo che il mercurio comincia a salire lungo la scala prima velocemente poi più lentamente fino ad ar-

rivare al valore di temperatura corrispondente: approssimativamente il tempo impiegato affinché il mercurio raggiunga la posizione relativa alla temperatura misurata è dell'ordine di qualche decina di secondi (diciamo 40 s).

Questo intervallo di tempo ci dà un'indicazione sulla prontezza dello strumento: in particolare se andiamo ad osservare l'andamento della temperatura misurata graficata rispetto al tempo, il fenomeno descritto appare ancora più chiaro.

C'è anche chi definisce la prontezza come il tempo impiegato dall'indice dello strumento (nel nostro caso il livello della colonnina di mercurio) ad effettuare il «63,2 %» dell'escursione che esso deve compiere, partendo dalla posizione iniziale di riposo fino a raggiungere il valore effettivo della grandezza: tale tempo è definito come *coefficiente di ritardo*.



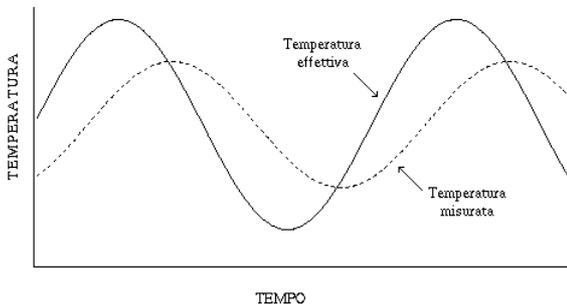
Osservazioni

Attraverso questa definizione si potrebbe avere un coefficiente di ritardo variabile con il valore della grandezza applicata: per ovviare a questo inconveniente occorre fissare un valore di riferimento della grandezza, le modalità d'uso e tutte le altre caratteristiche strumentali in modo tale che la prontezza così definita rispecchi un'effettiva caratteristica dell'apparecchio.

Riflessioni

Molto spesso accade che la proprietà di uno strumento di *dare in fretta* il risultato della misurazione venga erroneamente chiamata, e quindi confusa, con la *sensibilità*, confondendo così la propensione dello strumento a rilevare celermente la misura con la capacità di apprezzare piccole quantità.

Se la grandezza da misurare varia nel tempo, la misura ottenuta è affetta da un *errore dinamico*: tale errore varia per diversi valori della prontezza.



Per capire meglio questo fenomeno osserviamo il seguente grafico che ci mostra cosa può succedere quando lo strumento non ha una sufficiente prontezza per rilevare in modo corretto l'andamento effettivo della grandezza.

Come si può notare dal grafico, l'errore dinamico è sempre in difetto quando la grandezza aumenta e sempre in eccesso quando questa diminuisce.

Se la frequenza con cui la grandezza varia nel tempo aumenta sensibilmente rispetto alla capacità strumentale di ottenere la risposta, allora si verifica che la misura ottenuta si discosta sempre più dal valore effettivo fino al punto in cui lo strumento, non essendo più in grado di *seguire* l'andamento della grandezza in esame, dà come risposta la media temporale di quest'ultima.

Osservazioni

Questo è quello che si verifica quando si prova a misurare il valore della tensione alternata (quella di una comune presa da appartamento per intenderci) con un multimetro predisposto per la misura di una tensione continua.

Poiché la tensione alternata oscilla in modo simmetrico rispetto allo zero, il tester dà come risultato proprio zero che è la media temporale della grandezza misurata.

Sensibilità

La *sensibilità* di uno strumento è costituita dalla più piccola grandezza in grado di generare uno spostamento apprezzabile rispetto all'inizio della scala dello strumento.

Così definita, la sensibilità determina il limite inferiore del campo di misura dello strumento, mentre il limite superiore è dato dal fondo scala: i due determinano insieme l'*intervallo di funzionamento*.

Intervallo di funzionamento

L'*intervallo di funzionamento* è dato dal valore massimo (*portata*) e minimo (o *soglia* o *sensibilità*) della grandezza in esame che lo strumento è in grado di fornire.

Eseguendo misure al di fuori di questo intervallo si rischia di danneggiare lo strumento e l'eventuale misura ottenuta non è più legata all'effettivo valore della grandezza in modo noto o riproducibile.

In genere gli strumenti hanno una portata limitata mentre sono rari quelli con soglia diversa da zero (ad esempio i termometri clinici); altri invece, come gli ohmetri, hanno soglia nulla e portata infinita.

Riflessioni

La **sensibilità** può essere definita anche in altro modo; prima, però, dobbiamo introdurre alcune grandezze che ci saranno utili.

Innanzitutto chiamiamo la *grandezza*, che ci accingiamo a misurare, «G»; sia poi «R(G)» la *risposta* dello strumento ed, infine, sia «E(G)» il *valore effettivo* della grandezza in questione.

A questo punto definiamo la sensibilità «S» come il rapporto tra la variazione di «R(G)» e la corrispondente variazione di «E(G)» quando questa sia molto piccola; tali variazioni sono espresse dai differenziali di tali grandezze per cui in definitiva si ha:

$$S = \frac{dR(G)}{dE(G)}$$

Si presti infine attenzione a due aspetti importanti:

R(G) può anche non variare linearmente rispetto a E(G) (esistono ad esempio strumenti con scala non lineare, ma logaritmica), per cui in generale la sensibilità è una funzione di E(G); dato un certo E(G), esiste una quantità $\Delta E(G)$ detta *errore di sensibilità* tale per cui, se il valore della grandezza oggetto di studio varia nell'intervallo:

$$E(G) \pm \Delta E(G)$$

lo strumento non è in grado di registrare tale variazione, non è cioè sensibile nell'intervallo suddetto. Nella scale graduate degli strumenti si fa sì che la suddivisione corrisponda al doppio della quantità $\Delta E(G)$, cioè a « $2 \cdot \Delta E(G)$ », in modo tale che, oltre al valore, si legga immediatamente il corrispondente errore di sensibilità

Risoluzione

La **risoluzione** di uno strumento rappresenta la minima variazione apprezzabile della grandezza in esame attraverso *tutto* il campo di misura: essa rappresenta il valore dell'ultima cifra significativa ottenibile.

Se la scala dello strumento parte da zero ed è lineare la risoluzione è costante lungo tutto il campo di misura e risulta numericamente uguale alla sensibilità.

Osservazioni

Non sempre *sensibilità* e *risoluzione* coincidono; la loro differenza risiede nella definizione delle due grandezze, infatti, la sensibilità è relativa all'inizio del campo di misura, mentre la risoluzione è considerata sull'intero campo di misura dello strumento.

Portata

La **portata** o il **fondo scala** rappresenta il limite superiore del campo di misura e prende anche il nome di *fondo scala* dello strumento: insieme alla *sensibilità* ne delimita l'*intervallo di funzionamento*.

Precisione

Come abbiamo già detto, ad ogni misura è associata inevitabilmente una incertezza; più piccola è l'incertezza associata alla misura, migliore sarà la misura.

Ma cosa significa *più piccola*?

Quando noi forniamo un risultato, lo dobbiamo sempre corredare, oltre che del valore della misura, anche dell'errore associato: tale errore è detto *errore assoluto* e rappresenta l'intervallo di indeterminazione entro il quale si suppone che il risultato sia compreso.

Se ora consideriamo il rapporto tra l'errore assoluto e il risultato stesso otteniamo una grandezza adimensionale (un numero, privo cioè di unità di misura), molto utile nell'analisi degli errori, che prende il nome o di *precisione* o di *errore relativo*.

Errore assoluto ed errore relativo

L'**errore assoluto** è in genere definito come la differenza tra il valore misurato « V_{mis} » e il valore esatto « V_{es} », pertanto:

$$Ea = V_{mis} - V_{es}$$

In cui: Ea = errore assoluto - V_{mis} = valore misurato - V_{es} = valore esatto.

$$Ea = \frac{V_{max} - V_{min}}{2}$$

In cui: Ea = errore assoluto - V_{max} = valore massimo misurato - V_{min} = valore minimo misurato

L'*errore assoluto* è un valore con segno, che si esprime nell'unità di misura della grandezza esaminata; non deve essere confuso con l'incertezza, che è un maggiorante del modulo dell'errore assoluto.

L'**errore relativo** di una misura è generalmente definito come il rapporto tra l'*errore assoluto* «Ea» e la *miglior stima per il valore vero*, chiamato anche *valore medio* «Xm»:

$$Er = \frac{Ea}{Xm}$$

In cui: Er = errore relativo - Ea = errore assoluto - Xm = valore medio.

L'errore relativo è una grandezza algebrica (cioè con segno), ma, essendo il rapporto fra due grandezze omogenee, è *adimensionale*.

L'*errore relativo* nasce dall'esigenza d'interpretare velocemente se un errore è o piccolo o grande (dunque se è o più o meno tollerabile) confrontandolo direttamente con la grandezza misurata; minore è il valore dell'errore relativo, maggiore sarà la precisione della misurazione effettuata.

In quest'ottica, per evitare di aver a che fare con numeri decimali poco pratici, l'errore relativo viene comunemente riportato con la notazione percentuale (in questo caso viene chiamato **errore percentuale**), cioè:

$$Er\% = Er \cdot 100$$

In cui: Er% = errore relativo percentuale - Er = errore relativo.

Esempio

Una lunghezza viene misurata come «600 cm», con un errore assoluto «Ea» di «3 cm»; questa misura può essere riportata come:

$$\begin{aligned} 600 \text{ cm} \pm 3 \text{ cm} \\ 600 \text{ cm} \pm 0,02 \quad \left(\frac{3}{600}\right) \\ 600 \text{ cm} \pm 2\% \quad (0,02 \cdot 100) \end{aligned}$$

A questo punto appare evidente che la misura con l'errore relativo minore è quella più precisa; si noti bene che si è parlato di *errore relativo* e non di *errore assoluto*.

Esempio

Siano date due misure nel modo seguente:

$$\begin{aligned} A &= (10 \pm 1) \text{ kg} \\ B &= (100 \pm 1) \text{ kg} \end{aligned}$$

Entrambe hanno lo *stesso errore assoluto* ($\Delta A = \Delta B = 1 \text{ kg}$), mentre hanno *differenti errori relativi*.

Nella prima misura abbiamo un errore di un'unità su *dieci*, nella seconda abbiamo un errore di un'unità su *cento*; si è allora soliti dire che la prima è una misura *precisa al «10%»*, mentre la seconda è *precisa all'«1%»*.

Precisioni di questo ordine di grandezza sono molto simili a quelle che si possono ottenere in un laboratorio o di fisica o di chimica: si deve tenere però conto che nei laboratori di ricerca le precisioni raggiunte devono essere di parecchi ordini di grandezza superiori.

Per questo si è soliti usare la **notazione scientifica**, onde evitare la scomodità di espressioni con troppi zeri.

Precisazioni

Con **notazione scientifica** si intende quella rappresentazione numerica secondo la quale i numeri vengono espressi con una sola cifra prima della virgola, moltiplicati per l'adeguata potenza di dieci; ad esempio:

La massa della Terra, in notazione *non* scientifica è di:

$$\approx 5\,980\,000\,000\,000\,000\,000\,000 \text{ kg}.$$

In notazione scientifica, la massa della Terra si esprime come « $\approx 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ».

Errore di lettura

L'**errore di lettura**, nella misurazione, si compie nell'apprezzare la posizione relative dell'indice rispetto alla scala ed è dato dell'errore dovuto e al potere risolutivo dell'occhio umano ed all'errore di parallasse ed all'interpolazione ed al rumore di fondo.

Potere risolutivo dell'occhio umano

Partiamo col chiarire che l'unità di misura (i pixel) utilizzati per definire la risoluzione dei dispositivi elettronici ha poco significato se comparata alla complessa anatomia del nostro organo di senso.

Secondo lo scienziato e fotografo **Roger Clark**, la risoluzione dell'occhio umano è di «576 megapixel»: se si pensa che una semplice fotocamera posteriore di uno *smartphone* possiede solamente sui «48 megapixel», si tratta di un numero molto elevato.

Errore di paralasse

L'**errore di paralasse** è dovuto al fatto che l'indice e la scala sono su piani diversi, per evitarlo occorrerebbe che la direzione dello sguardo dell'operatore fosse sempre perpendicolare alla scala; per favorire ciò si usano indici a coltello a specchi posti sul piano della scala; tale errore vale

$$E_p = d \cdot \tan \varphi$$

Quando la scala è lineare, l'**incertezza di interpolazione** si ammette essere dell'ordine del «10%» della distanza tra due divisioni successive; se non è lineare può aumentare notevolmente; per ridurlo si possono usare sistemi di lettura con o nonii o viti micrometriche o scale ticoniche.

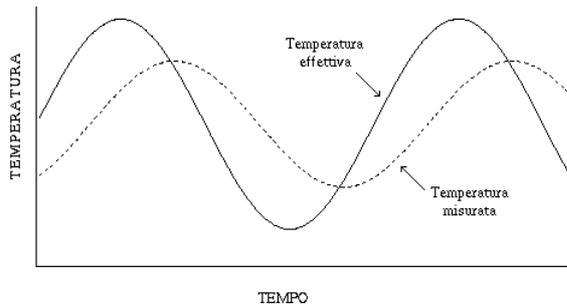
Rumore di fondo

Il **rumore di fondo** è dovuto a tutte quelle cause che impongono movimenti all'indice sovrapponendosi allo spostamento prodotto dalla grandezza in misura; nei casi semplici, cioè quando si tratta di apprezzare il valor medio del segnale od osservato o registrato, si ammette pari al «±10%» calcolato sulla doppia ampiezza dell'oscillazione.

Riflessioni

Molto spesso accade che la proprietà di uno strumento di *dare in fretta* il risultato della misurazione venga erroneamente chiamata, e quindi confusa, con la **sensibilità**, confondendo così la propensione dello strumento a rilevare celermente la misura con la capacità di apprezzare piccole quantità.

Se la grandezza da misurare varia nel tempo, la misura ottenuta è affetta da un **errore dinamico**: tale errore varia per diversi valori della prontezza.



Per capire meglio questo fenomeno osserviamo il seguente grafico che ci mostra cosa può succedere quando lo strumento non ha una sufficiente prontezza per rilevare in modo corretto l'andamento effettivo della grandezza:

Come si può notare dal grafico, l'errore dinamico è sempre in difetto quando la grandezza aumenta e sempre in eccesso quando questa diminuisce.

Se la frequenza con cui la grandezza varia nel tempo aumenta sensibilmente rispetto alla capacità strumentale di ottenere la risposta, allora si verifica che la misura ottenuta si discosta sempre più dal valore effettivo fino al punto in cui lo strumento, non essendo più in grado di *seguire* l'andamento della grandezza in esame da, come risposta, la media temporale di quest'ultima.

Questo è quello che si verifica quando si prova a misurare il valore della tensione alternata (quella di una comune presa da appartamento per intenderci) con un multimetro predisposto per la misura di una tensione continua.

Poiché la tensione alternata oscilla in modo simmetrico rispetto allo zero, il tester dà come risultato proprio zero che è la media temporale della grandezza misurata.

Indice analitico

Prefazione 02

Il rilievo delle cavità sotterranee

| Paragrafi | pagina |
|---|-----------|
| Definizione | 03 |
| Perché non rilievo | 03 |
| I Sistemi di riferimento | 03 |
| <i>Coordinate cartesiane ortogonali sul piano euclideo</i> | <i>04</i> |
| <i>Coordinate polari sul piano euclideo</i> | <i>04</i> |
| <i>Coordinate polari nello spazio euclideo</i> | <i>04</i> |
| Trasformazione fra coordinate piane | 05 |
| <i>fra le Coordinate cartesiane e le Coordinate polari</i> | |
| Le poligonali | 05 |
| <i>Il rilievo</i> | <i>05</i> |
| <i>Le poligonali</i> | <i>05</i> |
| <i>La lunghezza spaziale «ρ»</i> | <i>05</i> |
| <i>Il nord magnetico «Nm»</i> | <i>05</i> |
| <i>L'azimut magnetico «Θ»</i> | <i>05</i> |
| <i>l'angolo zenitale o d'elevazione «ϕ»</i> | <i>05</i> |
| <i>La strumentazione di base</i> | |
| Premessa | 07 |
| <i>Per la misura delle distanze</i> | <i>07</i> |
| <i>Per la misura degli angoli orizzontali</i> | <i>07</i> |
| <i>Per la misura degli angoli verticali</i> | <i>08</i> |
| <i>La modulistica necessarie</i> | |
| <i>Il libretto delle misure o libretto di grotta</i> | <i>09</i> |
| <i>I fogli quadrettati</i> | <i>09</i> |
| <i>Il libretto degli appunti</i> | <i>10</i> |
| Riepilogo del corredo minimo consigliato. | 10 |
| <i>Composizione della squadra di rilevatori</i> | |
| Premessa | 11 |
| Come operare | 11 |
| <i>Gli elaborati grafici</i> | |
| <i>La Pianta</i> | <i>12</i> |
| <i>Lo Spaccato o Sezione longitudinale</i> | <i>12</i> |
| <i>Le Sezioni trasversali</i> | <i>12</i> |
| <i>Prima digressione</i> | |
| <i>Analizziamo la procedura per il rilievo dello spaccato</i> | <i>13</i> |
| <i>Analizziamo la procedura per il rilievo della Pianta</i> | <i>13</i> |
| <i>Il procedimento per l'acquisizione dei dati</i> | |
| Premessa | 14 |
| Le situazioni particolari | 17 |
| <i>Per poligonazione o camminamento</i> | <i>17</i> |
| <i>Per irraggiamento od irradiazioni</i> | <i>17</i> |
| Eventualità | 18 |
| Casi particolari | 18 |
| Le misurazioni anomale | 18 |
| La misura indiretta delle distanze | 19 |
| Il disegno a vista | 20 |

| | | |
|--|--|-----------|
| Gli errori nell'acquisizione dei dati | | 20 |
| <i>Gli errori grossolani</i> | | 20 |
| <i>Gli errori sistematici</i> | | 20 |
| <i>Gli errori accidentali o casuali o aleatori</i> | | 20 |
| <i>Seconda digressione</i> | | |
| Premessa | | 21 |
| Esempio | | 21 |
| <i>Il procedimento per la restituzione dei dati</i> | | |
| L'esecuzione degli elaborati grafici | | 22 |
| Per coordinate polari | | 22 |
| <i>La Pianta</i> | | 23 |
| <i>Lo Spaccato</i> | | 24 |
| Per coordinate piane ortogonali. | | 24 |
| <i>La Pianta</i> | | 25 |
| <i>Lo Spaccato</i> | | 26 |
| Elucubrazioni non necessarie | | 27 |
| Procedendo con gli elaborati grafici | | 27 |
| <i>La Pianta</i> | | 28 |
| <i>Lo Spaccato</i> | | 28 |
| Attualmente | | 28 |
| <i>Terza digressione</i> | | |
| Premessa | | 29 |
| <i>Eseguiamo il disegno utilizzando il metodo per coordinate polari</i> | | 29 |
| <i>Eseguiamo il disegno utilizzando il metodo per coordinate polari</i> | | 30 |
| <i>La compensazione delle Poligonalì chiuse</i> | | |
| Verifica e compensazione: angolare, lineare | | 31 |
| <i>Il completamento degli elaborati grafi</i> | | |
| Indicazioni indispensabili | | 33 |
| <i>Pianta, Spaccato (sezione longitudinale), ingresso, sezioni trasversali, nord geografico, nord magnetico, scala numerica, scala grafica</i> | | |
| Altre informazioni | | 34 |
| Errori nella restituzione dei dati. | | 34 |
| La precisione dei rilievi | | 35 |
| <i>Classificazione della precisione delle poligonalì</i> | | 35 |
| <i>Classificazione della precisione dei dettigli</i> | | 35 |
| <i>L'iconografia ipogea</i> | | |
| Premessa | | 36 |
| <i>Il Catasto regionale delle grotte della Sardegna e i dati catastali</i> | | |
| Premessa | | 37 |
| La Scheda catastale | | 37 |
| <i>Sezione anagrafica</i> | | 37 |
| <i>Sezione inquadramento e posizionamento geografico</i> | | 38 |
| <i>Sezione morfometrica</i> | | 40 |
| <i>Sezione geomorfologica e ambientale</i> | | 41 |
| <i>Sezione rilevatori</i> | | 41 |
| <i>Sezione descrittiva – documentale</i> | | 41 |
| Osservazioni | | 41 |
| <i>In ultima analisi</i> | | |
| Documentazione da presentare | | 43 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| Scheda Catasto (prima di copertina) | 44 |
| Scheda catasto (quarta di copertina) | 45 |
| Punto carta | 46 |
| Fotografia dell'ingresso | 46 |
| Riepilogando e aggiungendo | 47 |
| Ulteriori dati, per mera curiosità | 48 |

La Scheda di progressione

| | |
|---------------|----|
| Premessa | 49 |
| Presentazione | 49 |

Appendici

| | |
|--|----|
| «a» Alcuni tipi di declinatori magnetici (bussole) Schema di alcuni sistemi di collimazione e lettura | 53 |
| «b» Alcuni tipi di eclimetri (clinometri) Schema di alcuni sistemi di collimazione e lettura | 55 |
| «c» Alcuni tipi di longimetri o distanziometri | 57 |

| | |
|----------------|----|
| <i>Disegni</i> | 59 |
|----------------|----|

Le cinque grotte più «in!»

| | |
|--|----|
| Le grotte più profonde | 77 |
| <i>Nel mondo</i> | 77 |
| <i>In Italia</i> | 77 |
| <i>In Sardegna</i> | 77 |
| Le grotte con maggiore sviluppo | 77 |
| <i>Nel mondo</i> | 77 |
| <i>In Italia</i> | 77 |
| <i>In Sardegna</i> | 78 |

| | |
|----------------------|----|
| Appendice «a» | 79 |
|----------------------|----|

| | |
|----------------------------------|----|
| Sugli strumenti di misura | 79 |
|----------------------------------|----|

Prefazione

Componenti fondamentali degli strumenti di misura

Elemento rivelatore

| | |
|--|--------------------|
| <i>Trasduttore</i> | 79 |
| <i>Dispositivo di visualizzazione</i> | 79 |
| <i>Ripetibilità</i> | 79 |
| <i>Vita media o tempo medio</i> | |
| <i>Prontezza</i> | 79 |
| | Riflessioni |
| <i>Sensibilità</i> | 80 |
| <i>Intervallo di funzionamento</i> | 80 |
| | Riflessioni |
| <i>Risoluzione</i> | 81 |
| <i>Portata</i> | 81 |
| <i>Precisione</i> | 81 |
| <i>Errore assoluto ed errore relativo</i> | 81 |
| <i>Errore di lettura</i> | 82 |
| <i>Potere risolutivo dell'occhio umano</i> | 82 |
| <i>Errore di paralasse</i> | 83 |
| <i>Rumore di fondo</i> | 83 |
| | Riflessioni |

| | |
|-------------------------|----|
| Indice analitico | 84 |
| Bibliografia | 87 |

Bibliografia

- [R. 01] A. Agostini (1957)
Topografia volume secondo (Planimetria e Agrimensura)
Ed. Enrico Hoepli (Milano)
- [R. 02] A. Agostini (1957)
Topografia volume terzo (Altimetria, Metodi completi di rilevamento
e applicazioni di Topografia)
Ed. Enrico Hoepli (Milano)
- [R. 03] U. Bartorelli (1975)
Introduzione alla Topografia
Ed: Cooperativa Libreria Editrice degli Studenti dell'Università di Padova (Padova)
- [R. 04] G. Bezoari – C. Monti – A. Selvini (1978)
Topografia e cartografia
Ed. Cooperativa Libreria Universitaria del Politecnico (Milano)
- [R. 05] A. Bini & G. Cappa (1974)
Proposte di ammodernamento sulla simbologia per rilievi di cavità naturali sotterranee
Estratto: Bollettino n°31, 32 – Associazione Italiana di Cartografia
- [R. 06] C. Bonfigli & L. Solaini (1967)
Disegno topografico
Ed: Felice le monnier (Firenze)
- [R. 07] G. Folloni (1982)
Principi di topografia
Ed. Pàtron (Bologna)
- [R. 08] G. Fabre & M. Audetat (1978)
Signes Speleologiques Conventionnels
(*Speleological Conventional Signe – Signaturen fur Hohlenplane*)
Ed: C.E.R.G.A.
- [R. 09] G. Marbach – J. L. Rocourt (1980)
Techniques de la Speleologie Alpine
Ed. Techniques Sportives Appliquees (Choranche)
- [R. 10] Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia (1992)
Manuale di rilevamento ipogeo
Ed: Tipografia Centralgrafica (Trieste)
- [R. 11] G. Rondina (1958)
Iconografia Speleologica
Segni convenzionali Speleologici
Estratto: Memoria IV – Rassegna Speleologica Italiana