

BALISTICA COMPARATA DELLE ARMI SUBACQUEE

Ing. Filippo Anglani

SECONDA PARTE

SOMMARIO

1	Debiti venatori e preferenze.....	1
2	Balistica	2
3	Balistica esterna	2
3.1	Gittata e Traiettorie	2
3.1.1	<i>La gittata utile</i>	4
3.2	Forza di Gravità	4
3.3	Il tiro verticale	4
3.4	L'influenza della corrente marina	5
3.5	Forze resistenti al moto dell'asta e loro cause	5
3.6	Calcoli della resistenza idrodinamica	6
3.7	Die away curve	6
4	Balistica terminale	7
4.1	Penetrazione dell'asta nei tessuti del pesce	7
4.2	Influenza dell'angolo di impatto sul bersaglio	8
4.3	Perdite di velocità nell'attraversamento dei tessuti	8
4.4	Penetrazione nell'osso	8
4.5	Penetrazione nelle squame	9
4.6	Penetrazione nei tessuti molli	9
4.7	Penetrazione nel legno	10
4.8	Energia letale minima	10
5	Conclusioni – Tavole riassuntive - Tabelle di balistica comparata Arbalete-Pneumatico	10
5.1	Note per l'utilizzo del foglio Excel Fucili.xls	11

1 Debiti venatori e preferenze

Ogni popolo di pescatori subacquei ha un debito nei confronti di un determinato tipo di arma.

I Francesi e gli Spagnoli hanno usato ed useranno sempre armi ad elastico. Il progetto degli arbalete è rimasto praticamente immutato per 50 anni.

Nella foto della pagina seguente (del 1950) si vede mio padre (al centro, che regge la cernia con un raffio) ed il suo fucile ad elastico (che viene brandito a mò di spiedo dall'amico sulla destra), un Beuchat da 90 con fusto da 25 mm di diametro, gomme da 14 mm e asta tahitiana da 7 mm, ordinato direttamente per posta da Parigi quando ancora in Italia all'epoca si utilizzava il CERNIA SPORT, (visibile sempre nella foto) fucile a molla lunghissimo, lento ed ingombrante.

Papà era l'unico (in Puglia?) a sparare anche a spigole e cefali, un vero innovatore...



L'arbalete è un oggetto meraviglioso, affascinante e ci avvicina allo spirito primordiale della pesca, richiamando immagini istintive di antichi cacciatori con fionde e cerbottane.

I pescatori italiani invece devono molto al fucile pneumatico, un'arma innovativa creata negli anni 60 dall'intelligenza di un uomo.

Intere generazioni di subacquei hanno pescato con un semplicissimo fuciletto caricato a 22 atmosfere con il quale è stato preso veramente tutto: il **MEDISTEN**.

Il Medisten ha fatto la storia della pesca subacquea in Italia. Per oltre 20 anni, sino alle nuove strategie commerciali ed al ritorno degli arbalete è stato il vero dominatore di tutti i mari della penisola. E' stato anche il responsabile dell'incredibile sviluppo della pesca in tana dell'epoca: poter disporre di un'arma così piccola e maneggevole ma allo stesso tempo abbastanza potente induceva i sub italiani ad infilarci sempre più dentro le tane, al contrario degli altri pescatori del resto del mediterraneo che per via delle armi più lunghe erano "costretti" (beati loro) a sparare al libero con tecniche già simili all'aspetto e all'agguato.

La difficoltà nello scambio di informazioni e di comunicazione fece sì che solo pochissimi in Italia sapessero pescare utilizzando tali raffinate metodologie, che si guardavano bene dal diffondere.

La diffusione dell'arma pneumatica è un fenomeno tipicamente italiano che non è mai attecchito fortemente presso le altre culture, al quale dobbiamo *comunque* tutti un grande riconoscimento.

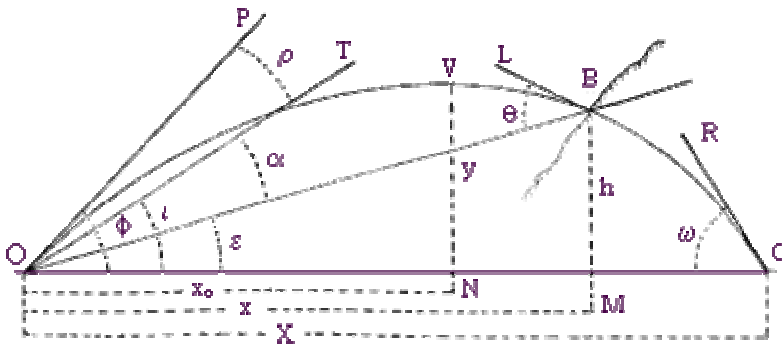
2 Balistica

La balistica è quel ramo della fisica che studia il moto dei proiettili che avviene all'interno della canna dell'arma (balistica interna), nello spazio esterno (balistica esterna) e, infine, entro il bersaglio colpito (balistica terminale).

3 Balistica esterna

3.1 Gittata e Traiettorie

Si definisce traiettoria la linea curva percorsa nello spazio dal centro di gravità di un proiettile durante il suo movimento.



Lo studio della traiettoria di un proiettile è più complesso su grandi distanze e per calcoli in aria. Per le nostre applicazioni semplificheremo la curva percorsa dall'asta con una linea retta, ricordando però che l'asta percorre una traiettoria che è il risultato di cinque distinte forze:

- 1) L'impulso iniziale che le imprime un moto uniforme e rettilineo;
- 2) La resistenza dell'acqua che si oppone all'avanzamento dell'asta;
- 3) La forza di gravità che tende a far cadere l'asta verso il fondo con moto uniformemente accelerato;
- 4) La spinta di galleggiamento che, seppur molto modesta, spinge l'asta verso l'alto;
- 5) L'effetto idrodinamico dell'aletta che, a seconda della sua posizione può portare a deviazioni nel tiro (il fenomeno è stato analizzato estesamente da **Fabrizio D'Agnano** in maniera sperimentale ed i risultati ottenuti sono interessanti): come per i flap di un aereo l'aletta per "sostenere" l'asta nella sua corsa deve essere messa in basso!

La gittata X si ottiene dalla formula

$$X = \frac{V^2 \sin 2\varphi}{g}$$

da cui si deduce che la gittata massima si ottiene con un angolo di partenza di 45° quando il valore del seno dell'angolo è eguale ad uno.

Per noi l'angolo di partenza ha poco senso visto che si spara col fucile puntato direttamente sul bersaglio e quindi con $\varphi = 0$; per questo motivo non utilizzeremo questa espressione, valida per i tiri inclinati di balistica terrestre (che ci darebbe $x = 0$), ma un'altra di tipo sperimentale.

In linea generale la traiettoria è tanto più curva quanto più lenta è l'asta per il fatto che la forza di gravità agisce più a lungo. Il peso dell'asta, **a parità di velocità**, non incide sulla maggiore o minore curvatura della traiettoria ed in teoria, a parità di forma e di velocità iniziale, il maggior peso rende più tesa la traiettoria, sia pure in misura trascurabile alle nostre distanze. In pratica però **l'asta più pesante viene sparata a velocità inferiori** rispetto a quella più leggera, con la conseguenza che la sua traiettoria sarà meno tesa.

Un altro fenomeno interessante è il confronto di aste dello stesso peso ma di diverso diametro, quindi di lunghezze diverse, montate sullo stesso fucile: anche qui **Fabrizio D'Agnano** ha condotto delle prove sperimentali molto interessanti che hanno portato al seguente risultato: **aste di diametro maggiore ma di lunghezza minore scagliate dallo stesso fucile hanno penetrazioni nel legno maggiori**.

Prendendo ad esempio un **arbalete 100** con un'asta standard da 140 cm e 6 mm di diametro ed un'altra asta da 130 cm e 6,5 mm di diametro (utilizzata standard sul 90), le quali hanno all'incirca lo stesso peso, nelle *stesse* condizioni di tiro (fucile 100, stessa distanza, ecc...) l'asta più corta penetra almeno 2 cm in più nel legno. Questo comportamento si spiega principalmente con la minore deformazione elastica e il minore attrito che possiede l'asta più corta, che quindi "spreca" meno energia per la generazione delle "onde" già analizzate precedentemente.

Il problema è semmai la difficoltà di puntamento che si avrebbe nell'utilizzare aste più corte, per cui ***tale accorgimento migliorativo è applicabile con efficacia sui fucili senza testata...***

Questo studio ci fa finalmente capire come sia ***concettualmente errato utilizzare aste più lunghe sullo stesso fucile*** (es. aste da 150 cm sul 100).

3.1.1 La gittata utile

Non è possibile indicare una semplice formula matematica che consenta di calcolare con buona approssimazione la gittata utile di un'asta, cioè la massima distanza a cui l'asta può arrivare nella migliore delle ipotesi, avendo ancora energia cinetica sufficiente per trapassare un pesce. Ciò dipende da diversi fattori, primo fra tutti *la dimensione del pesce stesso*, per cui anche in questo caso i risultati non possono che essere indicativi.

Ad ogni modo, in via molto approssimata può usarsi la mia formula, riportata nel foglio Excel:

$$G_u = P V^2 / (i 40000 d^2)$$

in cui P è il peso dell'asta in grammi, V la velocità in [m/s], d il diametro in millimetri ed i il fattore di forma (v. par. 9.6.).

Ad esempio nel caso del pneumatico di cui al par. 3.5 (Cyrano 110), con asta da 7 [mm] si ha:

$$G_u = 6,07 \text{ [m]}$$

Mentre per l'arbalete 120 è:

$$G_u = 6,22 \text{ [m]}$$

Questo non deve stupire se si pensa che essa è sì proporzionale alla velocità al quadrato ed alla massa ma è anche inversamente proporzionale al quadrato del diametro (e quindi aste all'incirca uguali in peso e velocità arrivano più distanti se hanno diametro inferiore).

3.2 Forza di Gravità

Tale forza, già richiamata nel par. 9.1., è applicata nel baricentro del corpo ed esercita un tiro costante verso il basso. La gravità produce sempre una accelerazione verticale uniforme pari a

$$g = 9,81 \text{ [m/sec}^2\text{]}$$

3.3 Il tiro verticale

In virtù della forza di gravità un'asta sparata verticalmente verso l'alto raggiunge un'altezza pari a circa **il 70%** della gittata massima, mentre sparata verso il basso la accelerazione di gravità nella stessa direzione del moto ne aumenta velocità e gittata. Questo è il motivo per cui ***i tiri in caduta*** sono sempre molto più performanti di quelli in diverse condizioni di orientamento.

3.4 *L'influenza della corrente marina*

L'influenza della corrente che spira a favore o contro l'asta **può essere trascurata** per le normali distanze d'impiego dei nostri fucili.

Può invece avere una minima influenza quando spira trasversalmente alla traiettoria, con forte intensità. Il calcolo (che non eseguiremo) può essere solo molto approssimativo poiché la corrente non è costante, ma spira a "raffiche" e non ha velocità costante poiché essa varia in relazione ad ostacoli ed alla distanza dal fondo. In definitiva *in presenza di forte corrente* è meglio pescare (anche per una serie di motivi legati alla risalita del pesce in senso opposto) con *le spalle rivolte a suo favore* (anche se questa non è una regola generale).

3.5 *Forze resistenti al moto dell'asta e loro cause*

La resistenza dell'acqua assume un ruolo importantissimo per la pesca subacquea poiché come visto al par. 3.4. essa è proporzionale al quadrato della velocità delle aste:

$$F = c * S * \rho * v^2$$

Con :

c = coefficiente che dipende dalla **forma** del corpo (lunghezza e tipo di punta);

S = area della sezione dell'asta (dipendente quindi dal diametro);

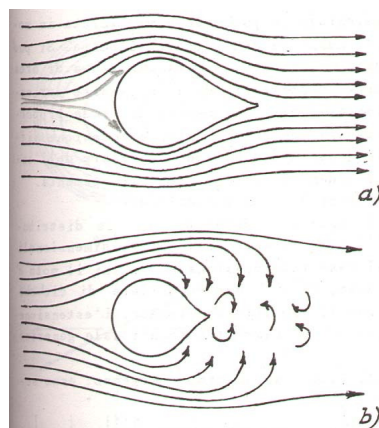
ρ = densità del fluido;

v = velocità dell'asta.

Il calcolo della resistenza dell'acqua è influenzato essenzialmente da tre cause.

La prima è l'attrito fra i filetti fluidi e lo strato di liquido che aderisce al corpo e viene trasportato da questo. La seconda sta nella deviazione dei filetti in corrispondenza della parte frontale dell'asta; il contributo di questa causa può essere ridotto dando una forma opportuna alla punta. La terza causa è lo stato di moto che si stabilisce in corrispondenza della *parte posteriore* dell'asta; infatti la pressione che l'acqua esercita sull'asta nella regione posteriore, e che è sempre inferiore a quella sul fronte, può variare notevolmente. Questa pressione posteriore è l'elemento che principalmente determina l'intensità della forza resistente che si esercita sull'asta, per effetto delle pressioni distribuite sulla sua superficie. Il contributo di questa terza causa alla resistenza totale è sempre ragguardevole, in regime di moto turbolento è pari a circa 2/3 del totale. Questa forza dovuta alla terza causa può essere ridotta se la forma della parte posteriore dell'asta è ben studiata (rastremata).

Nella figura seguente è indicato l'andamento delle linee di corrente nel caso di due profili uguali in punta ma diversi in coda. Nel secondo caso il profilo non è ben studiato e nella parte posteriore le linee di corrente si spezzano e si generano vortici nella scia, dietro il corpo. In tal caso la pressione nella parte posteriore può essere notevolmente più bassa e la resistenza al moto incontrata dal corpo aumenta considerevolmente. L'energia cinetica dei vortici che avvengono nella scia è naturalmente sottratta all'asta in moto.



3.6 Calcoli della resistenza idrodinamica

Risultati precisi per il calcolo della resistenza idrodinamica si possono ottenere solo su basi sperimentali, redigendo per ogni freccia apposite tavole di tiro, (cosa che ad esempio fanno le artiglierie degli eserciti).

Per calcoli di una certa approssimazione, ho studiato delle leggi generali di resistenza dell'acqua, più che sufficienti per scopi pratici: dopo aver tracciato sperimentalmente le curve della resistenza dell'acqua riferite a diversi tipi di aste, ho ricavato una curva intermedia teorica o riferita ad un'asta tipo; da questa, introducendo un coefficiente (coefficiente balistico, ricavato dal suo calibro e dal suo peso, integrato dal coefficiente di forma "i", ricavato dalla forma dell'asta), che indica il rapporto tra asta tipo e asta in esame, si risale ai valori reali.

La formula per il coefficiente balistico è data da

$$Cb = \frac{C^2 \cdot 3,14 \cdot i}{40000}$$

in cui il calibro C (diametro) è espresso in millimetri. Il valore di i (fattore di forma) è il dato più difficile da calcolare anche perché varia in relazione alla velocità; in via di prima approssimazione si può ritenere che esso sia pari a:

$i = 0,0494$ (utilizzando le Unità di misura del Sistema Internazionale).

Il calcolo di una traiettoria di un proiettile moderno in acqua è comunque estremamente complicato e richiede l'impiego di matematiche superiori.

Per evitare inutili difficoltà nel calcolo della resistenza dell'acqua, all'interno del foglio Excel allegato è già presente la formula necessaria, che si ricava dalla legge seguente.

3.7 Die away curve

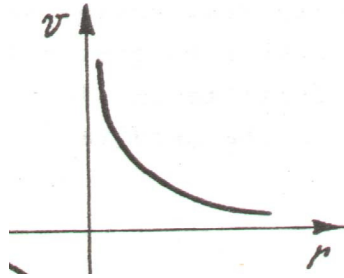
Nel calcolare gli effetti della resistenza idrodinamica sull'energia cinetica dell'asta, è agevole esprimere l'energia E'_c rimanente dopo la distanza r [m] come una parte della energia cinetica E_c iniziale.

La legge (chiamata "die away curve") che governa tale perdita di energia è la seguente:

$$E'_c = E_c * e^{-((2Kr)/Cb)}$$

Che è una funzione esponenziale (ramo di iperbole) che possiamo ben comprendere se diagrammiamo la velocità dell'asta in funzione della distanza percorsa.

Per basse distanze la velocità si mantiene elevata ma aumentando la gittata essa decresce rapidamente:



I coefficienti che compaiono nella formula sono:

e = numero di Nepero = 2,718 (costante)

K = costante funzione della temperatura, densità dell'acqua e velocità = $2*10^{-5}$ (dato ricavato da me *più o meno* sperimentalmente);

C_b = coefficiente balistico che è espresso dalla formula già vista in precedenza e che ricavato sperimentalmente (*indovinate da chi*) vale:

$$C_b = 0,00019 \text{ (asta da 7 mm)}$$

$$C_b = 0,00020 \text{ (asta da 6,5 mm)}$$

$$C_b = 0,00022 \text{ (asta da 6 mm)}$$

Nella cella del foglio excel che contiene la formula basterà inserire il diametro dell'asta e la distanza per avere come output la velocità dell'asta alla distanza stessa.

4 Balistica terminale

La balistica terminale studia il comportamento del proiettile nel bersaglio. Qui ci occuperemo solo di quei pochi problemi di balistica terminale che possono essere oggetto di interesse subacqueo.

4.1 Penetrazione dell'asta nei tessuti del pesce

Uno dei fenomeni che meglio si presta ad uno studio scientifico è quello della penetrazione dell'asta nei vari mezzi, pur considerando che la diversità dei materiali e la diversità di comportamento delle singole aste, a seconda della loro struttura e della velocità al momento dell'impatto, non consentono il ricorso ad un modello matematico generale, ma soltanto a formule empiriche. Accade infatti che aste molto veloci non facciano a tempo in alcuni casi a trasferire la loro energia al bersaglio.

Punto di partenza per calcolare la penetrazione della freccia nella maggior parte dei materiali è la sua *energia cinetica*, già calcolata in precedenza (utilizzare il foglio Excel).

$$E_c = \frac{1}{2} M v^2$$

4.2 *Influenza dell'angolo di impatto sul bersaglio*

Le formule che proporremo sono state elaborate per aste con punta conica e presuppongono un impatto sul bersaglio ad angolo retto. Se l'asta colpisce il pesce con un angolo minore, il che può accadere per effetto dei movimenti dell'animale, la sua capacità di penetrazione sarà naturalmente minore fino a giungere, oltre un certo angolo, al rimbalzo.

Nell'attraversare i tessuti in più strati (squame, epidermide, muscoli) può infatti accadere che l'asta, che inizia a penetrare già inclinata, venga ulteriormente deviata nell'attraversamento del primo strato, così da non essere più in grado di attraversare il secondo su cui scivola semplicemente (è all'incirca il fenomeno per cui un raggio di luce viene rifratto quando dall'aria penetra nell'acqua).

E' quello che avviene nel video "l'agguato profondo" del Maestro Dapiran quando spara la grossa ricciola che scoda via.

4.3 *Perdite di velocità nell'attraversamento dei tessuti*

Nelle formule che seguono i simboli sono usati, salvo diversa indicazione, con il seguente significato:

- P: penetrazione in cm riferita alla punta dell'asta
- V: velocità di impatto [m/s]
- M: massa dell'asta [gr]
- d: diametro dell'asta [mm]
- S: sezione dell'asta [cm²]

4.4 *Penetrazione nell'osso*

La formula che fornisce i migliori risultati è

$$P = 0,15 \frac{M}{d} \left(\frac{V - 60}{25} \right)^2$$

Dalla velocità al momento dell'impatto vengono detratti 6 m/s che rappresentano la perdita di velocità per effetto del solo impatto; ciò significa, in altre parole, che un'asta con velocità inferiore a 6 m/s produce sull'osso solo un effetto contusivo, ma non ne spezza il tessuto (pesce di dimensioni medio-grandi).

Se l'asta attraversa altri tessuti (squame, epidermide, muscolo), bisognerà ovviamente tenerne conto.

4.5 Penetrazione nelle squame

Il limite di velocità a cui un'asta è ancora in grado di bucare le squame di un grosso pesce risulta dato dalla formula:

$$V_{\text{lim}} = (125 * 1 / D_s) + 4$$

in cui D_s rappresenta la densità sezionale. Questa è data dal rapporto M/S (massa/sezione).

Dalla formula si ricava, ad esempio, che un'asta da 6 mm di diametro non riesce a perforare le squame, ma procura solo una contusione, se non raggiunge la velocità di almeno 4 m/s.

4.6 Penetrazione nei tessuti molli

Per evitare complicazioni dovute al calcolo di diverse formule valide ognuna per un determinato tipo di tessuto, sulla base di studi militari compiuti sulla gelatina balistica dal Sellier sono pervenuto ad una formula valida per le armi subacquee che tenga conto di tutti e tre i fattori e che vale:

$$P = 0,007 * M^{1,3} / d * ((v - 10) / 25)$$

Che viene come al solito riportata nel foglio di calcolo e che fornisce un risultato valido nel campo di tolleranza della gittata utile; non è cioè precisa per distanze superiori.

Le formule sopra riportate non sono solamente delle curiosità matematiche, ma possono orientare nella soluzione di problemi di balistica subacnea, di cui si riportano alcuni esempi.

1) Una **ricciola** è stata colpita da un'asta da circa 4 metri di distanza che ha forato la testa da parte a parte per complessivi cm. 1 di osso; è possibile che sia stata usato un fucile ad aria compressa? A quanti $[kg/cm^2]$ minimo doveva essere caricato?

Dal foglio di calcolo del cyrano110, con una precarica di 35 $[kg/cm^2]$ un'asta da 7 mm ha velocità iniziale di circa 40 m/s, a 4 metri dalla punta del fucile ha ancora una velocità di 26 m/s. Le perdite di velocità che subisce all'impatto sono di 3 m/s per impatto ed attraversamento di pelle e muscolo e di 6 m/s per l'impatto sull'osso; 1 m/s li perde nella perforazione dei primi 5 mm di osso ed entra quindi nel cervello alla velocità di 16 m/s; a questa velocità perfora 10 cm di tessuti molli perdendo altri 3 m/s; ulteriori 6 m/s li perde all'impatto con la parete opposta della testa ed altri 1 m/s per la sua perforazione. Residuano quindi circa 6 m/s, sufficienti per una completa perforazione.

2) Una **cernia** viene colpita in caduta da un'asta da 6,5 mm da circa 3 metri di distanza, sulla schiena, con perforazione della spina dorsale e fuoriuscita dell'asta dalla parte opposta. È sufficiente un colpo di arbalete 90 ($V= 30,7$ m/s) o deve ipotizzarsi un colpo di pneumatico ($V= 40$ m/s) ?

Dal foglio di calcolo dell'arbalete 90, a 3 metri con asta da 6,5 e gomme da 20 mm la velocità residua è di circa 26 $[m/sec]$; le perdite di velocità sono di 3 m/s per impatto e attraversamento squame, pelle e tessuti, 6+4 m/s per impatto e completa perforazione dell'osso spesso 2 cm, rimangono 13 m/s che sono sufficienti per perforare tutta la pancia e i tessuti della parte sottostante. Si può quindi ipotizzare che il colpo sia stato sparato con l'arbalete.

4.7 Penetrazione nel legno

La penetrazione nel legno di abete è presa comunemente, nella balistica terrestre, come indice dell'efficacia di un proiettile.

Per noi risulta di grande importanza per le prove sperimentali in piscina, utilizzando bersagli di questo materiale.

Essa può essere calcolata con la formula di Weigel, opportunamente *da me* modificata:

$$P = 0,001 * M^{1,8} * (v^{1,3} / (d * 100))$$

Che viene come al solito riportata nel foglio di calcolo e che fornisce un risultato valido nel campo di tolleranza della gittata utile; non è cioè precisa per distanze superiori.

4.8 Energia letale minima

Come regola generale, la vulnerabilità del pesce ai danni causati dall'asta in moto dipende dall'energia cinetica residua posseduta dall'asta stessa.

Mediante la legge della "die away curve" (par. 9.7) è possibile calcolare questa energia residua.

Quando ad esempio *la velocità è diventata 1/3 di quella iniziale, l'energia cinetica residua è solo l'11% del suo valore originario.*

Sulla base di numerose prove balistiche, *l'energia cinetica letale minima per una persona è stata calcolata essere pari a 100 [J].* Tale valore è basato sui parametri di penetrazione dei proiettili nei tessuti del corpo, dalla distanza degli organi interni e dal loro grado di protezione.

Siccome non vogliamo ammazzare nessuno ma solo avere dei riferimenti, sulla base di opportune similitudini per i pesci a seconda della dimensione (peso maggiore o uguale a 10 kg) si può ritenere che tale valore oscilla fra 30 e 50 [J], *per cui pesci di medio-grandi dimensioni si possono ancora teoricamente "fermare" ad una distanza di 4-5 metri.* Si noti che la legge non è proporzionale direttamente al peso.

Pesci con grosse squame o pelle spessa e dura possono richiedere valori di E_c superiori. E' chiaro che il tiro deve essere diretto in un punto vitale.

5 Conclusioni – Tavole riassuntive - Tabelle di balistica comparata Arbalete-Pneumatico

La balistica delle armi subacquee è una scienza ancora largamente inesplorata. Ciascuno di voi potrà utilizzare i calcoli qui riportati sia per verificare le prestazioni dei propri fucili (solo da un punto di vista di configurazione e non costruttivo) sia per progettarne di nuovi a seconda delle caratteristiche che si vogliono ottenere (lunghezza elastici vs. velocità, massa asta, ogiva, gomme vs. penetrazione, ecc...).

In generale si può dire che per la pesca alle comuni specie del Mediterraneo un ottimo arbalete di ultima generazione con una sola coppia di elastici da 20 mm, asta da 6 o 6,5 mm è già largamente sufficiente alle varie necessità, che sono sempre un compromesso fra tutte le caratteristiche che si desiderano.

Arriverete quindi alla conclusione che *il fucile ideale esiste*, ed è quello con il quale già vi trovate meglio...

Se poi andrete a pesca con **Dapiran** lui anche con il mini-saetta a molla prenderà più di voi...

5.1 Note per l'utilizzo del foglio Excel Fucili.xls

Il file è una cartella di lavoro nella quale sono contenuti tanti fogli, uno per ogni tipologia di fucile. Per ogni foglio ho raccolto una prima parte di base dati con il materiale che utilizzo normalmente: aste, gomme, ogive, mulinelli, fusti, ecc...(zona delle celle B17;H34). Potete inserire in questa zona del foglio i dati relativi ad altri fucili.

In seguito è presente una parte (celle B34;H40) dove viene richiesto di inserire la configurazione del fucile che si desidera verificare, quindi prendendo i dati dalla zona superiore oppure inserendone di nuovi, per progettare soluzioni diverse.

Infine sono forniti i risultati, sia energetici (celle B43; H53) che balistici (celle B55 ; H 61).

I fogli sono protetti nella zona delle formule per evitare errori accidentali: ***buon divertimento!***

NOTA: alcuni coefficienti delle formule di balistica sono ricavati sperimentalmente ed i risultati, pur se soddisfacenti, devono essere confermati dalle prove in vasca. Possono seguire pertanto alcune variazioni e/o aggiornamenti.

Filippo Anglani