

L'attrezzatura da un punto di vista tecnico

L'attrezzatura e le unità di misura tecniche: lessico generale

In questa parte verrà descritta l’attrezzatura (arco tradizionale, moderno e arco storico) e gli attributi tecnici specifici, verranno definite le “parole chiave” per i parametri di valutazione e chiarite le unità fisiche a cui si riferiscono allo scopo di “parlare tutti uno stesso linguaggio”.

Nella Fisica dell’arco ci sono poche ma importanti definizioni che bisogna avere bene in mente. Non è per pedanteria ma comunicare le giuste definizioni (anche se lontane dalla memoria scolastica) ad un allievo fa parte della deontologia dell’Istruttore. Inoltre, probabilmente prima o poi potremmo avere un allievo studente di ingegneria e fare brutte figure non fa bene al nostro lavoro.

Le grandezze fisiche principali con cui abbiamo a che fare sono:

- **Misure di peso, lunghezza, forza ed energia:** nel mondo dell’arco le misure anglosassoni tradizionali (*United States customary units, SCS*) sono ancora le uniche utilizzate. I sistemi di misura internazionali (SI, MKS, CGS) non vengono presi in considerazione.

Misure di lunghezza

Misura SCS	Equivalentente SCS	Equivalentente SI
Pollice (inch)	1/12 piede	2,54 cm
Piede (foot)	12 pollici o 1/3 iarda	0,3048 m
Iarda (yard)	36 pollici = 3 piedi	0,9144 m

- **Velocità:** può essere media e istantanea. La *Velocità media*, esprimibile nella formula Spazio/Tempo, è un valore calcolabile dividendo la misura che ci separa dal bersaglio con il tempo che impiega la freccia a colpirlo. La *Velocità istantanea* è quella misurata in uno spazio molto “piccolo”, ad esempio il valore ottenuto da una freccia scagliata dall’arco e misurata da un cronotachigrafo posto immediatamente a poca distanza dall’arco (in realtà anche questa è una misura di velocità “media” ma essendo rilevata su una distanza di soli 30/40 cm, la possiamo considerare istantanea). Entrambe le velocità si misurano in metri/secondo oppure in piedi al secondo - fps (foot per second). In termini pratici un arco scaglia una freccia a velocità nel range dei 140 -200 fps.

Misure di velocità

Metri al secondo (m/sec)	Piedi al secondo (fps)	Chilometri orari (Km/h)
1	3.28	3.6
0.3	1	1.09
0.27	0.911	1

- **Accelerazione:** L’accelerazione è la variazione della velocità nel tempo. La sua formula è $a=v/t$. La freccia, quando viene rilasciata dalle dita della mano, accelera fortemente per tutto il tratto in cui è spinta della corda. Quando la cocca lascia la corda, la freccia smette di accelerare. In quel momento la freccia “realmente” inizia a decelerare (è una accelerazione negativa) provocata dalla resistenza dell’aria e dalla forza di gravità (che anch’essa provoca una sua accelerazione verso il basso). L’Accelerazione della freccia durante la spinta della corda dura da 0,01 a 0,02 secondi. Le dita rimangono a contatto con la corda per 6/100 di secondo durante il rilascio.
- **Massa e peso:** la massa è una grandezza che indica la “quantità di materia” di un oggetto ed è una proprietà dei corpi materiali che determina il loro comportamento dinamico quando sono soggetti all’influenza di forze esterne. In fisica si distinguono massa e forza peso in quanto grandezze sostanzialmente diverse: mentre la massa di un corpo è una sua proprietà intrinseca, indipendente dalla sua posizione nello spazio e da ogni altra grandezza fisica, il **peso** è l’effetto prodotto su tale massa dalla presenza di un campo gravitazionale. Ne risulta che la massa di un corpo è costante, mentre il suo peso varia a seconda del luogo in cui viene misurato. L’unità di misura della massa è il Kg o la Libbra. L’unità di misura del peso (che è una forza) è il newton (N), uguale a $(\text{Kg m})/\text{sec}^2$

Una massa di un chilogrammo, in prossimità della superficie terrestre, subisce una forza peso di circa 9,81 newton, anche se questo valore varia per pochi decimi di punto percentuale nei vari punti della superficie terrestre. Per contro, su un corpo con una massa di 102 grammi la terra esercita una forza all'incirca di un newton. $1 \text{ kg}_p = 9,81 \text{ N}$

Misure di massa

Misura SCS	Equivalente SCS	Equivalente SI
Grano (grain)	1/7000 pound	64,799 mg
Dram	1/16 oncia	1,7718 g
Oncia (ounce)	16 drams	28,349523 g
Libbra (pound)	16 once	453,59237 g

- **Forza:** è tutto ciò che può indurre una variazione dello stato di quiete o di moto di un corpo, è una grandezza vettoriale. E' ottenuta moltiplicando la massa dell'oggetto per la sua accelerazione ($F=m a$)
Per l'arco: il carico di trazione è una forza, conseguentemente si misura in newton o in libbre – forza (lbf). Ovviamente per semplicità diciamo che un arco è di xx libbre di carico, senza specificare libbre forza... è un peccato veniale!

Altra cosa ostinarsi a dire che la potenza di un arco è xx libbre...nulla di più balordo!

La potenza è energia nell'unità di tempo e si misura in Kw/ora, come l'energia elettrica che consumiamo e paghiamo con le bollette!

Misure di forza

1 newton (N)	0.2247 libbre (lbf)	0.1019 kg (kgf)
1 libbra (lbf)	4.4497 newton (N)	0,45342443 kg (kgf)

- **Quantità di moto:** è una grandezza vettoriale definita come il prodotto della massa dell'oggetto per la sua velocità ($p=m v$). La quantità di moto quantifica la forza necessaria per fermare l'oggetto in un'unità di tempo e risulta pertanto utile quando vengono trattati urti e reazioni. Nel caso nostro, è la grandezza che viene presa in considerazione nella balistica terminale, ovvero lo studio della penetrazione della freccia nel bersaglio generico.
- **Lavoro:** in fisica, il lavoro è il trasferimento di energia cinetica tra due sistemi attraverso l'azione di una forza (o una risultante di forze) quando l'oggetto subisce uno spostamento. Questo avviene solo se la forza (o una risultante di forze) ha una componente non nulla nella direzione dello spostamento. Nel nostro caso, i muscoli del nostro corpo che piegano l'arco per tenderlo. Si misura in Joule (J)
- **Energia elastica potenziale:** è l'energia che "in potenza" accumula l'arco durante la trazione grazie al lavoro fatto dai muscoli dell'arciere. In valore, è uguale al lavoro svolto per tenderlo.
- **Energia cinetica:** è l'energia legata al movimento della freccia. Questa possiede l'energia che l'arco le ha trasferito. Il suo valore è sempre minore dell'energia elastica potenziale accumulata dall'arco.

Misure di energia

1 ft.lb	1.23 newton-metro(Nm)
1 newton-metro (Nm)	0.81t.lb

- **Rendimento:** semplificando, è il rapporto (mai uguale a 1) tra energia cinetica della frecce ed energia elastica potenziale accumulata dall'arco.
- **Massa virtuale:** è la "massa fantasma" – cioè non misurabile direttamente e composta dalla massa della corda e parte di quella dei flettenti – che durante il rilascio si muove alla stessa velocità della freccia sottraendo ad essa energia cinetica. Si misura in grani (grains) come le frecce.
- **Isteresi:** è una percentuale di energia persa dall'arco conseguente dal ritardo con cui parte delle fibre elastiche del legno, una volta compresse, accelerano rilasciando energia cinetica alla freccia.

Analisi introduttiva sulla Dinamica dell'arco: Balistica Interna

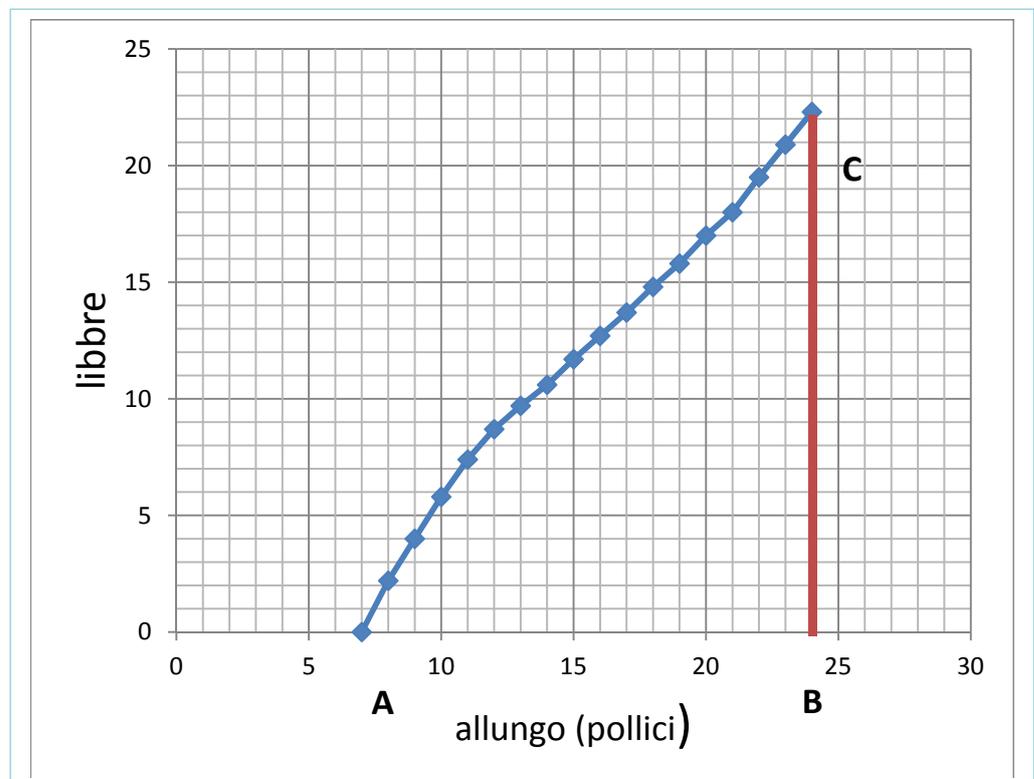
La balistica interna descrive il comportamento di un sistema generico arco-freccia mentre questo viene teso e finché la freccia è connessa alla corda.

Grafici di trazione e loro interpretazioni

Il grafico di trazione è una importantissima guida visuale e concettuale per giudicare il comportamento di un arco, anche in fase preventiva. Viene analizzata la procedura per ottenerlo e i punti salienti che andranno presi in considerazione. Il grafico di trazione è una semplice operazione che si compie con un dinamometro ed una asta graduata in pollici. La procedura è la seguente: per prima cosa l'arco deve poggiare su una superficie piana (se si decide di appenderlo ad un gancio, l'arco deve essere fissato in alto, il dinamometro deve essere "appeso" alla corda. Un sistema di carrucole agevola l'operazione, demoltiplica la forza necessaria per tendere l'arco gradualmente. Si trae la freccia, registrando pollice per pollice il carico in libbre indicato dal dinamometro e si riportano i dati in una tabella. Dalla tabella si può disegnare il grafico.

Il grafico di trazione permette di calcolare l'Energia elastica potenziale accumulata durante la trazione; il suo valore corrisponde all'area ABC sottesa dal valore dell'allungo su X (da A a B) dall'ordinata Y (da C a B) e dalla curva A-C:

allungo	libbre
7	0
8	2,2
9	4,0
10	5,8
11	7,4
12	8,7
13	9,7
14	10,6
15	11,7
16	12,7
17	13,7
18	14,8
19	15,8
20	17,0
21	18,0
22	19,5
23	20,9
24	22,3
25	24,3
26	26,9
27	30,4
28	33,4



L'Energia elastica potenziale si ottiene quindi in modo approssimato (ma sufficiente per i nostri calcoli "pratici") sommando i valori della tabella (colonna libbre) tranne l'ultimo corrispondente al proprio allungo e dividendo la somma ottenuta per 12 (il risultato è in ft-lbs).

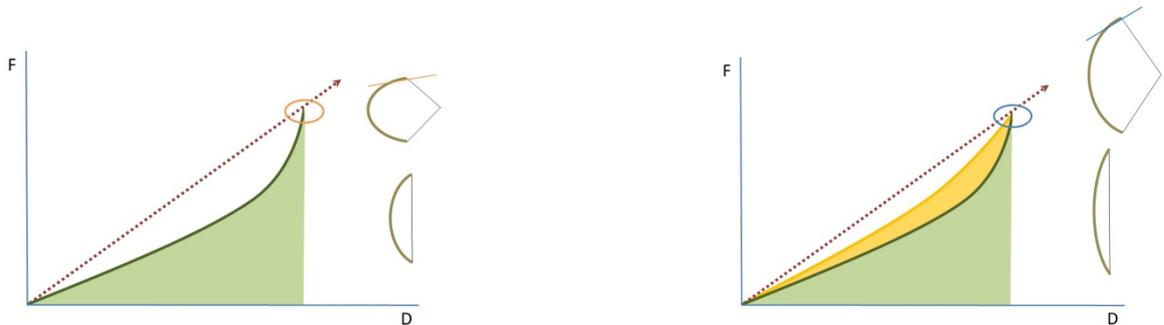
Nota: si divide per dodici perché la somma è espressa in pollici-libbra, la velocità in piedi-libbra e un piede equivale a dodici pollici

Differenziale: L'incremento di carico per unità lineare di tensione (allungo) è chiamato comunemente "differenziale"; da ora in poi adotteremo questo termine.

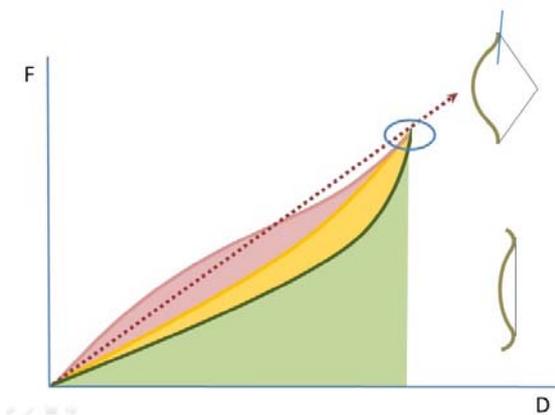
Ad esempio, in tabella, dall'allungo di 7" (0) a quello di 8" (2.2) il differenziale è pari a 2.2 libbre. Da 25" (24.3) a 26" (26.9) il differenziale è 2.6 libbre. Più il valore del differenziale aumenta (differenziale positivo), maggiore pendenza verso l'alto avrà la curva sul grafico. Nei tratti in cui i valori del differenziale sono uguali la curva diventa una retta a pendenza costante (differenziale=0). Ad un certo allungo, la curva potrà impennarsi verso l'alto con un differenziale positivo che via via aumenta. Quando ciò avviene in questa parte della curva, si dice comunemente che l'arco ha uno **stack positivo**. In questa zona del grafico non è bene posizionare il proprio allungo (o meglio, se si allunga nella zona di stack positivo, l'arco non è adatto per noi). Lo stack è critico per l'arciere perché la sensazione di tensione non uniforme può rendere non costante l'allungo.

Come leggere un diagramma di trazione

Ogni diagramma, ottenuto dalla misurazione della progressione del carico, è in grado di comunicare le caratteristiche di base di ogni arco. Naturalmente stiamo parlando del suo comportamento "statico" e non saranno certo determinazioni conclusive. Il comportamento reale di un arco è dato dalle sue caratteristiche dinamiche e finché non viene misurata l'energia cinetica della freccia scagliata non si può prevedere le sue prestazioni. Comunque sia il diagramma ci dice se "potenzialmente" il comportamento sarà orientato verso l'efficienza o meno e soprattutto ci evidenzierà le zone di stack positivo.



Il grafico di sinistra è di un arco dritto ma corto, la cui area verde rappresenta l'energia elastica potenziale immagazzinata durante la trazione. Un arco più lungo che raggiunge il medesimo carico allo stesso allungo ha un grafico più generoso, all'area verde si aggiunge l'area gialla. Conseguentemente la freccia riceverà una spinta maggiore.



A destra di ogni grafico è rappresentato l'arco incordato e teso al massimo allungo. È anche visibile una linea tangente la parte superiore del flettente. Quando la linea forma un angolo superiore a 90°, gli incrementi di carico (differenziali) aumentano sempre di più. La zona del grafico dove la curva diminuisce la sua pendenza è quella in cui è consigliabile identificare l'allungo ottimale. La zona in cui la curva si impenna è quella dove NON è consigliabile posizionare il proprio allungo.

Il grafico di un arco ricurvo moderno.

All'area verde dell'arco dritto corto e a quella gialla dell'arco dritto lungo si aggiunge l'area rosa ottenuta dal ricurvo

Riassunto: il modo con cui l'arco accumula energia viene descritto dal diagramma di trazione. Se il grafico è una **retta** i differenziali sono prossimi a 0 e la trazione è uniforme. Se la curva è **concava**, l'arco accumula poca energia e avrà comunque uno scarso rendimento. Se la curva punta verso l'alto (**convessa**), il differenziale aumenta e rende più "dura" la trazione dell'arco. Se ciò avviene all'inizio della trazione è comunque un buon segno: in questa zona il carico è basso, la si affronta in continuità e l'energia si accumula rapidamente. Se il differenziale aumenta alla fine della trazione, si dice che l'arco ha **stack positivo**, e in quella zona l'allungo è svantaggiato: è la zona in cui si ha raggiunto l'allungo finale e piccole variazioni, a carico pieno, comportano grosse differenze di traiettoria. Bisogna quindi che l'arciere scelga un arco in modo tale che il suo allungo "cada" nella zona in cui la pendenza del grafico è moderata (differenziali negativi). **Il grafico ideale** è quindi quello in cui la curva mostra una convessità iniziale, e successivamente una zona a differenziale positivo in cui viene localizzato il proprio allungo.

Diverse geometrie di archi, diversi grafici

Cultura e ambiente nella storia hanno condizionato l'evoluzione del tiro con l'arco in tutte le sue componenti. L'adattamento all'ambiente (in funzione delle specie disponibili) e la trasmissione culturale (nello stile di tiro e nelle tecnologie) hanno portato ad una grande quantità di tipologie di archi.

*Per **tipologia** si intende prima di tutto la **forma**. La forma dell'arco può essere desunta dal disegno (**geometria**) da scarico (privo della corda) e spesso confermata o smentita dal disegno risultante una volta montata la corda. Ogni geometria di arco è caratteristica di un grafico particolare.*



Fondamentalmente ogni geometria individua un comportamento meccanico, quindi -a livello macroscopico - un proprio diagramma di trazione. In un arco caricato (e ancor più quando è teso) non è sempre possibile capire la geometria reale. Le prime discriminazioni devono essere effettuate ad arco scarico: le informazioni "latenti" emergono dal disegno prima ancora di incordarlo. A grandi linee il profilo dei flettenti e la posizione dell'impugnatura possono fornire le informazioni preliminari. I flettenti (ad arco scarico) sono da osservare per primi.

Quando si rivolgono verso il bersaglio sono detti "riflessi". Quando invece si rivolgono verso l'arciere vengono detti "deflessi". La seconda osservazione deve essere fatta nei confronti dell'impugnatura – o meglio nei confronti dell'area centrale dell'arco dove vi è il "centro" statico della struttura. Negli archi moderni è comunemente chiamato "pivot point" (punto di perno) ed è il punto ideale vicinissimo al quale dovrebbe scorrere la freccia e dove dovrebbe essere posizionata la mano dell'arciere.

Tipologia «spicciola»

Tipologia: significa una **classificazione degli archi** seguendo uno **specifico criterio**, che può essere quello della geometria/disegno/forma (sinonimi) oppure provenienza geografica, oppure funzione della materia prima impiegata, oppure una derivazione dovuta ad un particolare ritrovamento archeologico (es. tipo “Holmegaard, Mary Rose, Qum Daria, ecc). In sostanza, ci possono essere più tipologie, l’importante è che sia chiaro da quale criterio si inizia a classificare.

In funzione della geometria/disegno/forma (e quindi escludendole altre categorie) presentiamo questa classificazione che segue, ampliata dai tipi evidenziati da Rausing e corredata da un grafico di trazione puramente indicativo. Per i nostri usi è sufficiente chiarire i «tipi» più importanti e diffusi in base alla geometria e comprendere le conseguenze meccaniche che essi manifestano in generale. E’ importante notare come nella valutazione di una geometria d’arco sia importante tener presente il rapporto tra forma/geometria ad arco “scarico” e forma/geometria ad arco “solo incordato”. Riconoscere (e quindi classificare) la geometria di un arco come “arco semplice” parte dal presupposto che il raffronto tra l’arco scarico (un segmento lineare) e carico (un arco di cerchio) definisca il “tipo” come tale. Come vedremo, le geometrie espresse dal disegno dell’arco incordato (o teso) non recano sufficienti informazioni per attribuire un “tipo” specifico e quindi possano trarre d’inganno.

In questo sunto vi sono tavole che identificano i tipi sulla base della geometria e forniscono una indicazione di massima per ciò che riguarda la loro balistica interna. Naturalmente il diagramma di trazione esplicitato è approssimativo: viene considerato un carico all’allungo medio standard e uguale per tutte le rappresentazioni.

RAUSING, Gad. *The bow: some notes on its origin and development.* 1967.

Classificazione in base alla geometria

-Tipi principali -

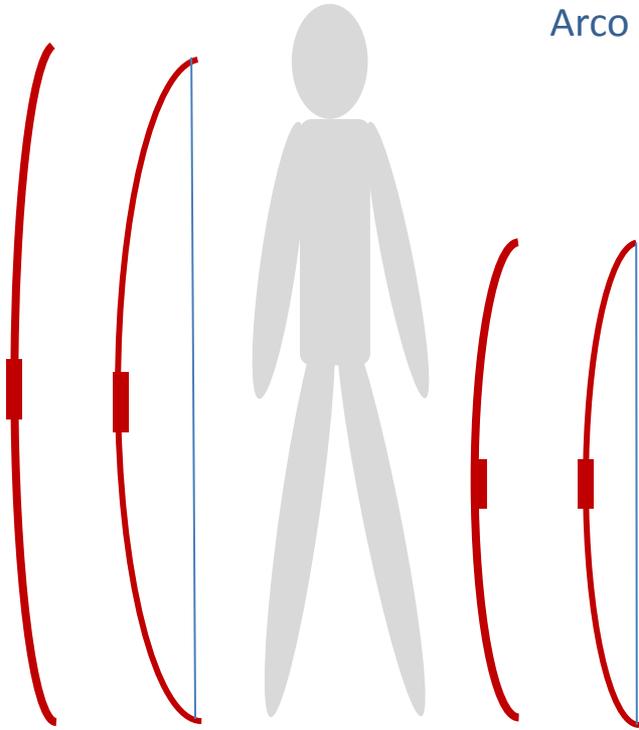
Nei modelli raffigurati, i disegni in **rosso** si riferiscono agli archi di solo legno, quelli in **blu** agli archi compositi (corno, legno e tendine) e in **verde** per gli archi tradizionali moderni laminati in fibra. Gli archi di foggia storica ovviamente sintetizzano le geometrie di quelli in rosso (in legno) e in blu (compositi).

- A. Arco deflesso (da scarico) -> Arco curvo semplice (da carico)
- B. Arco dritto semplice (da scarico) -> Arco curvo semplice (da carico)
- C. Arco riflesso (da scarico) -> Arco curvo semplice (da carico)
- D. Arco a tripla curva con impugnatura riflessa e leve (deflesso-riflesso)
- E. Arco a flettenti riflessi-> Arco a doppia curva (da carico)
- F. Arco triangolare con impugnatura deflessa

- G. Arco dritto composito semplice
- H. Arco composito riflesso (da scarico)
- I. Arco composito triangolare
- J. Arco a tripla curvatura con impugnatura riflessa e leve rigide
- K. Arco a doppia curvatura con impugnatura deflessa e leve rigide

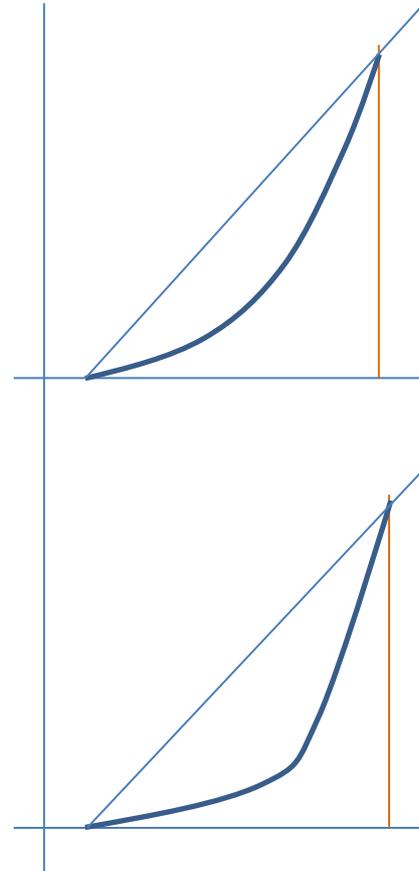
- L. Arco Lungo Tradizionale Moderno
- M. Arco Lungo Reflex-deflex tradizionale moderno
- N. Arco ricurvo tradizionale moderno reflex deflex

Arco deflesso da scarico
Arco curvo semplice da carico



A) Arco Lungo deflesso

A1) Arco corto deflesso

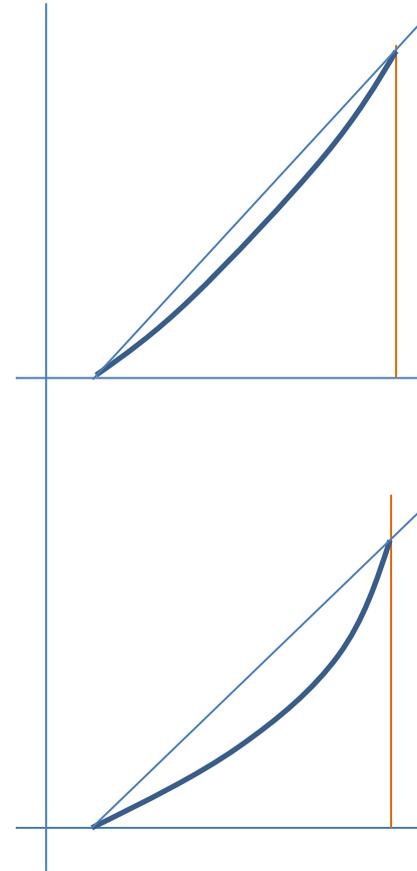
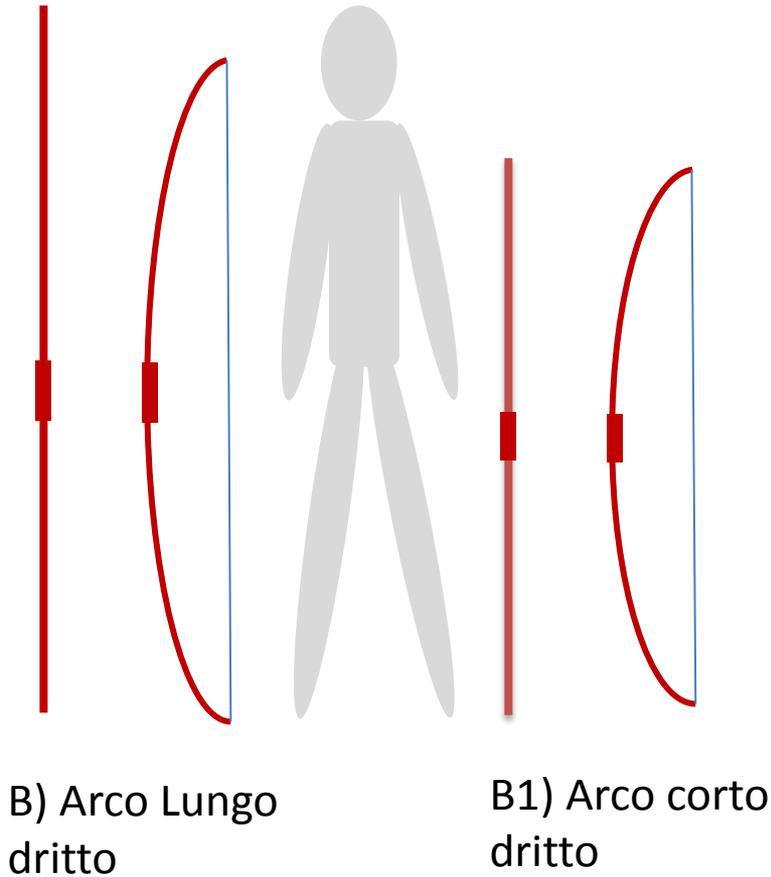


A) l'arco lungo con struttura deflessa ha un grafico concavo e curva si impenna molto ripida alla fine della trazione

A1) l'arco corto ha un grafico estremamente concavo, enfatizzando l'effetto del tipo A)

Entrambi gli archi hanno lo stesso carico al medesimo allungo

Arco dritto semplice



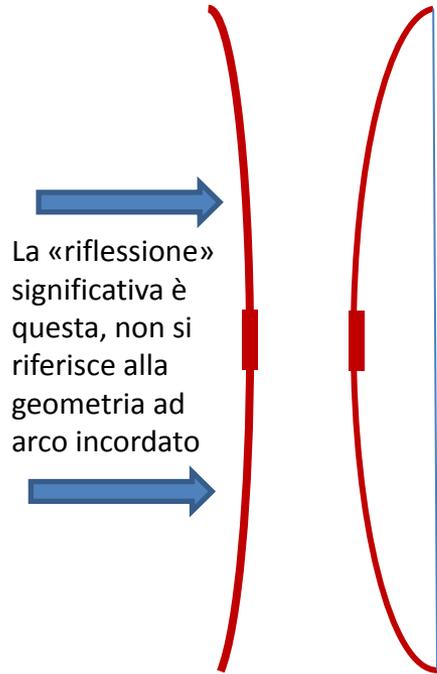
B) l'arco lungo ha un grafico con andamento abbastanza concavo - regolare, la curva si impenna alla fine della trazione

B1) l'arco corto ha un grafico molto più concavo, la curva si impenna già a metà della trazione

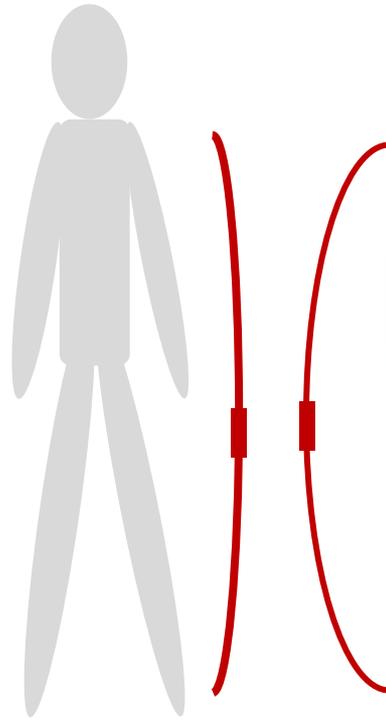
Entrambi gli archi hanno lo stesso carico al medesimo allungo

Arco rifleso da scarico

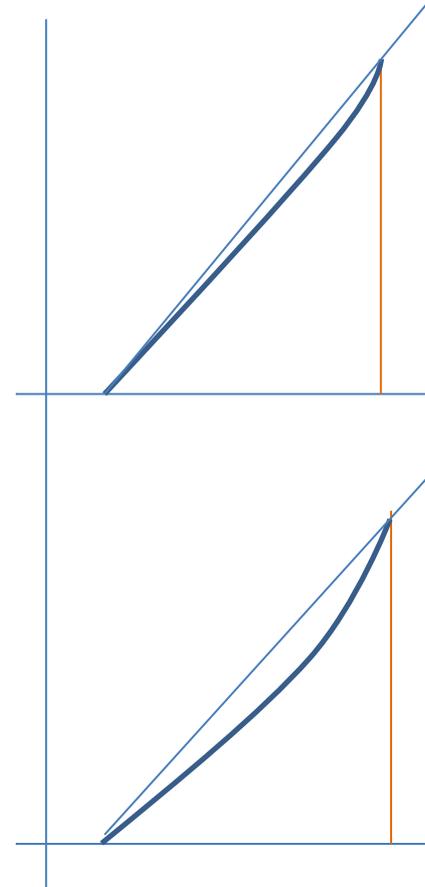
Arco curvo semplice da carico



C) Arco riflesso Lungo



C1) Arco riflesso corto

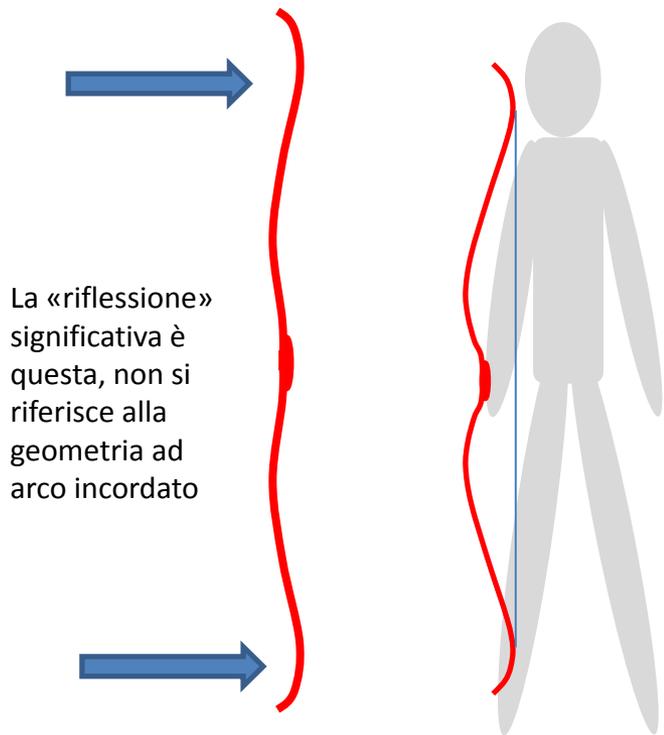


C) l'arco lungo con struttura riflessa ha un grafico con una il primo tratto abbastanza rettilineo, poi la curva si impenna alla fine della trazione

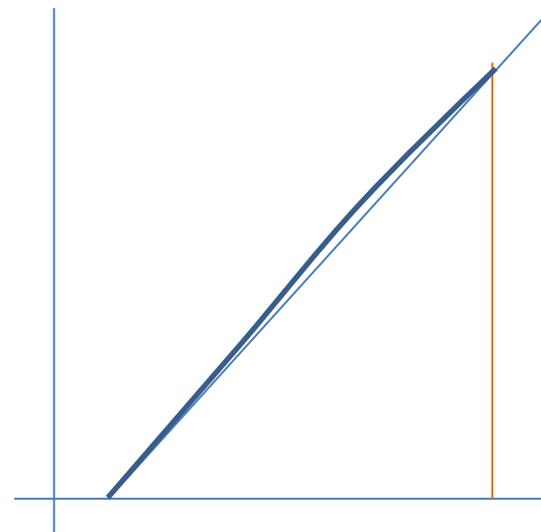
C1) l'arco corto ha un grafico che parte dritto, ma la curva si impenna già a due terzi della trazione

Entrambi gli archi hanno lo stesso carico al medesimo allungo

Arco a tripla curva con impugnatura riflessa e leve (deflesso-riflesso)



D) Arco a impugnatura riflessa e leve

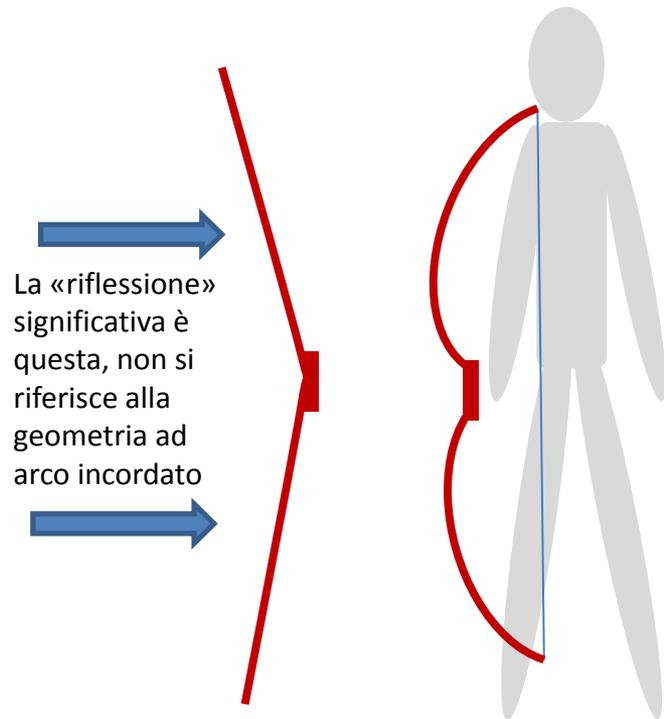


D) l'arco lungo con struttura riflessa ha un grafico con una il primo tratto convesso, poi la curva si impenna nell'ultimo quarto della trazione

*Tutti gli archi hanno lo stesso carico
al medesimo allungo*

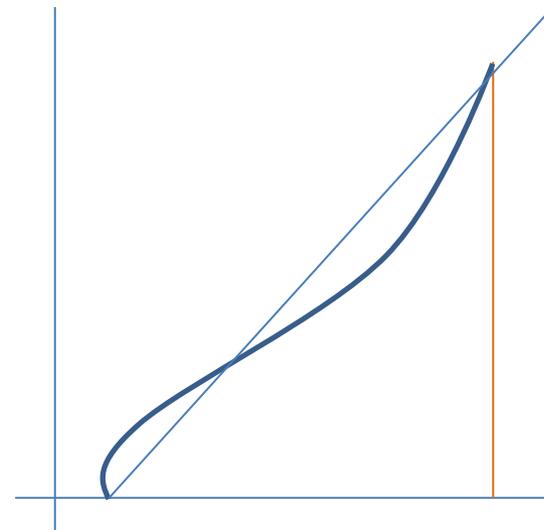
Arco a flettenti riflessi

Arco a doppia curva da carico



La «riflessione»
significativa è
questa, non si
riferisce alla
geometria ad
arco incordato

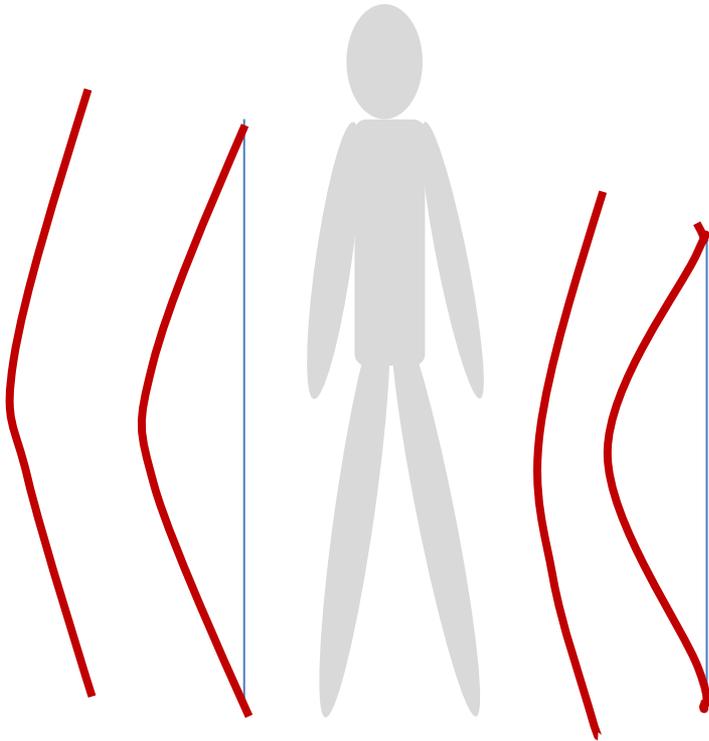
E) Arco a flettenti riflessi



D) l'arco lungo con struttura riflessa ha un grafico con una il primo tratto convesso, poi la curva si impenna nell'ultimo quarto della trazione

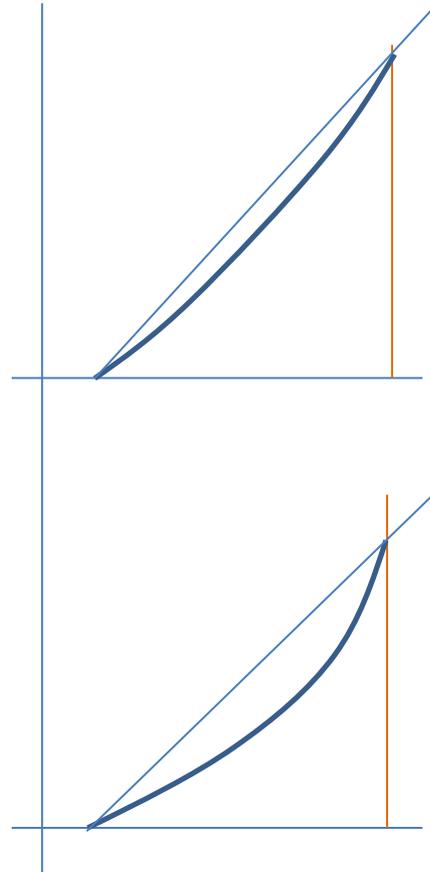
*Tutti gli archi hanno lo stesso carico
al medesimo allungo*

Arco triangolare con impugnatura deflessa



F) Arco Triangolare Lungo

F1) Arco triangolare corto

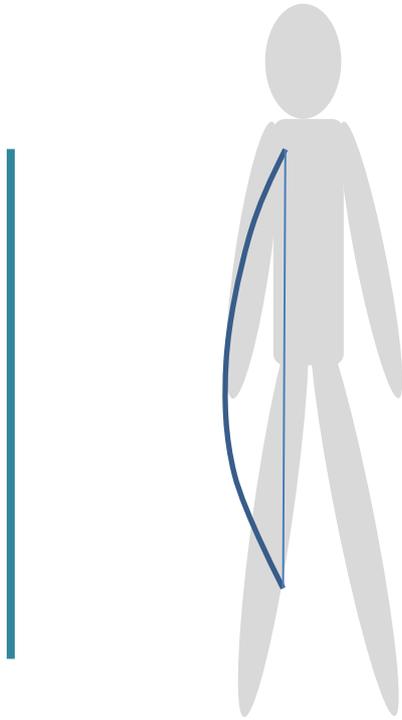


F) l'arco triangolare ha un grafico con andamento concavo -regolare, la curva si impenna alla fine della trazione

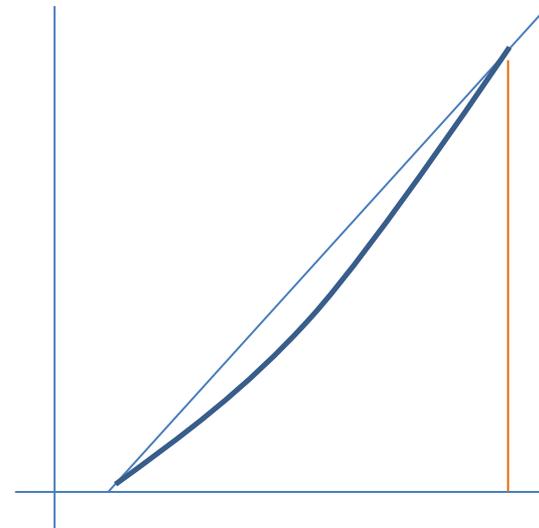
F1) l'arco triangolare corto ha un grafico molto più concavo, la curva si impenna già a metà della trazione

Tutti gli archi hanno lo stesso carico al medesimo allungo

Arco composito semplice



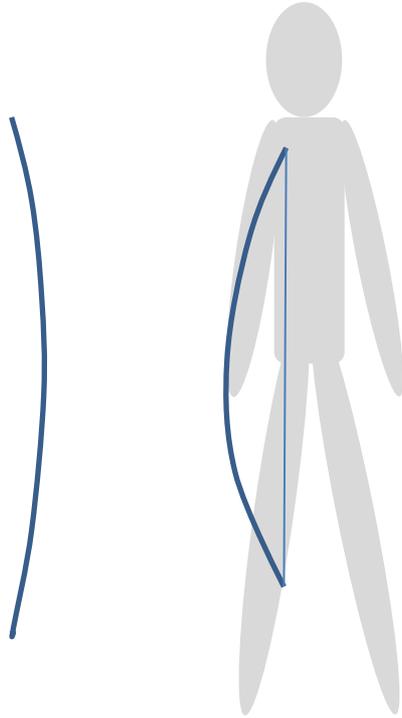
G) Arco Composito dritto



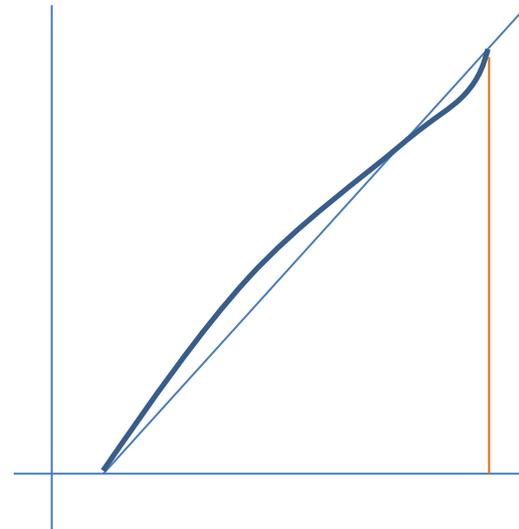
G) l'arco composito dritto ha un grafico con andamento moderatamente convesso, la curva si impenna facilmente se teso ad allunghi cospicui

*Tutti gli archi hanno lo stesso carico
al medesimo allungo*

Arco composito riflesso



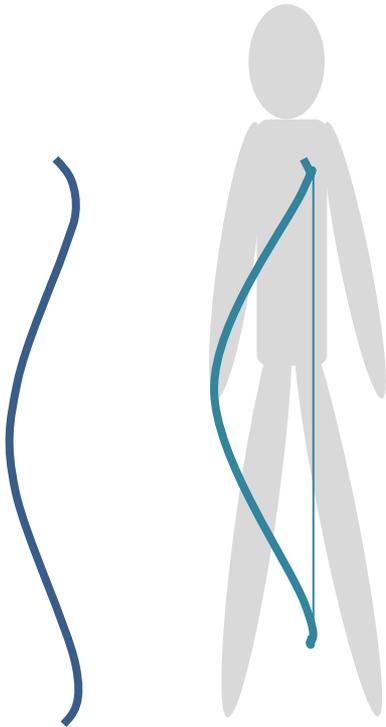
H) Arco Composito riflesso



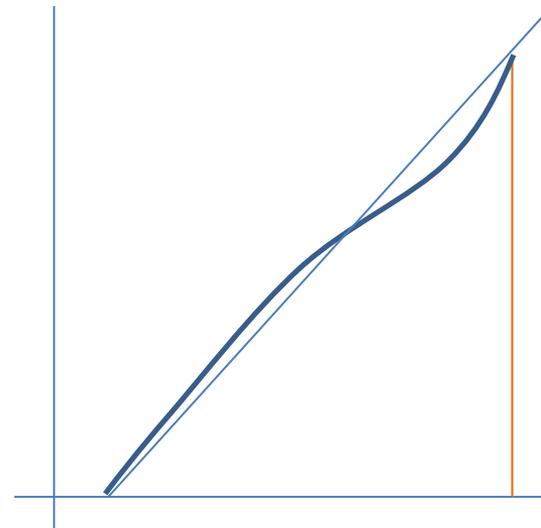
H) l'arco composito riflesso ha un grafico con andamento convesso, la curva si impenna facilmente se teso ad allunghi cospicui

*Tutti gli archi hanno lo stesso carico
al medesimo allungo*

Arco composito triangolare



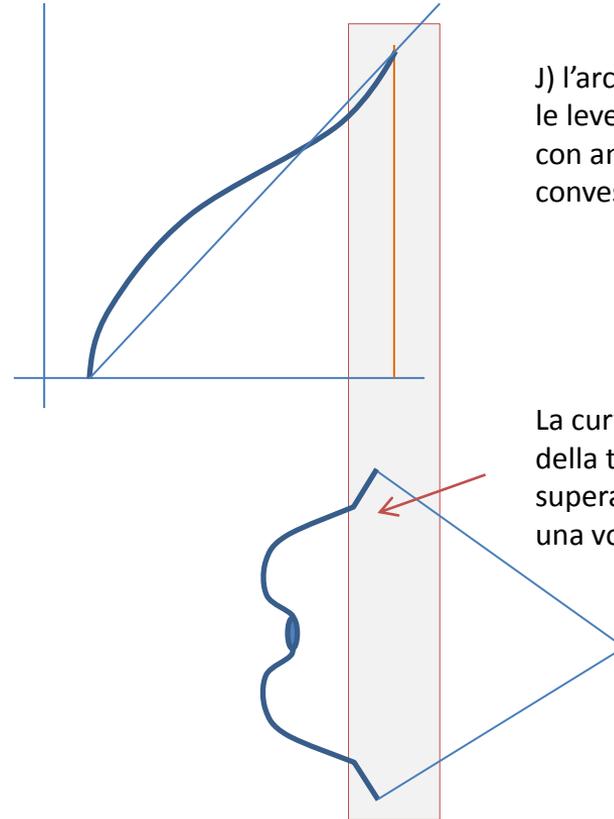
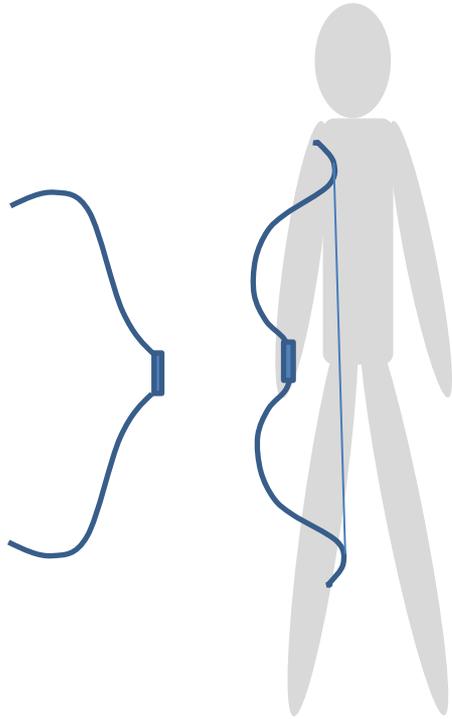
I) Arco composito Triangolare



I) l'arco composito triangolare ha un grafico con andamento moderatamente convesso, la curva si impenna alla fine della trazione

*Tutti gli archi hanno lo stesso carico
al medesimo allungo*

Arco a tripla curvatura con impugnatura riflessa e leve rigide



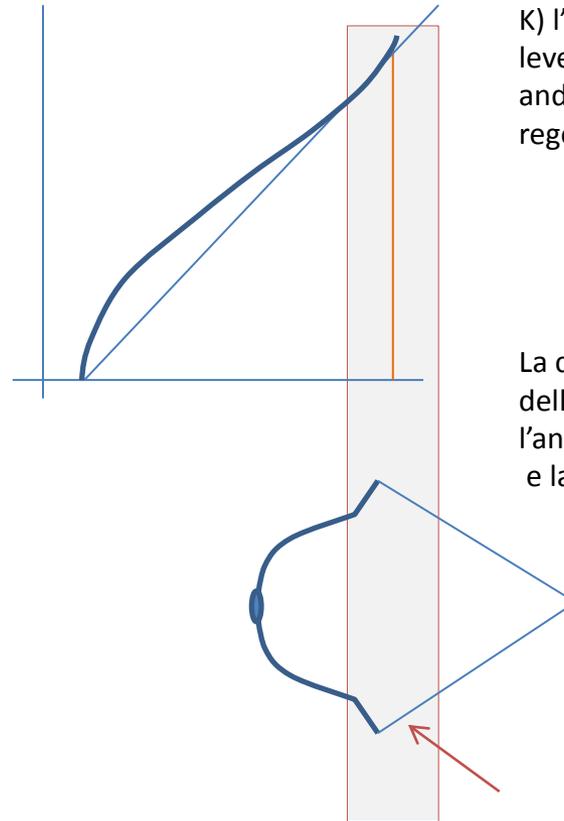
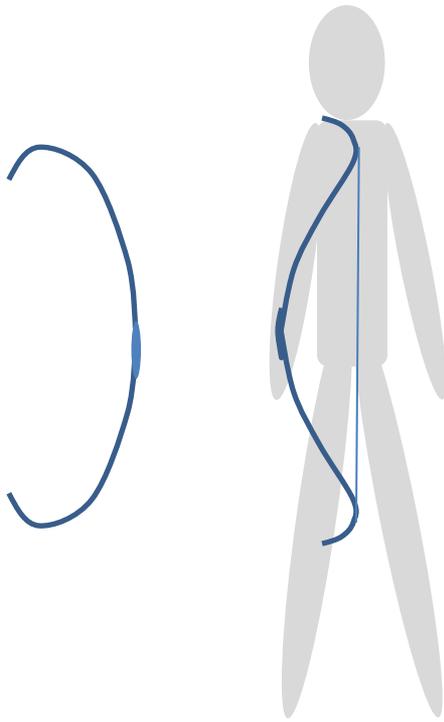
J) l'arco a tripla curvatura con le leve rigide ha un grafico con andamento abbastanza convesso –regolare.

La curva si impenna alla fine della trazione quando le leve superano i 90° con la corda, una volta teso.

J) Arco a Tripla curvatura

Tutti gli archi hanno lo stesso carico al medesimo allungo

Arco a doppia curvatura con impugnatura deflessa e leve rigide



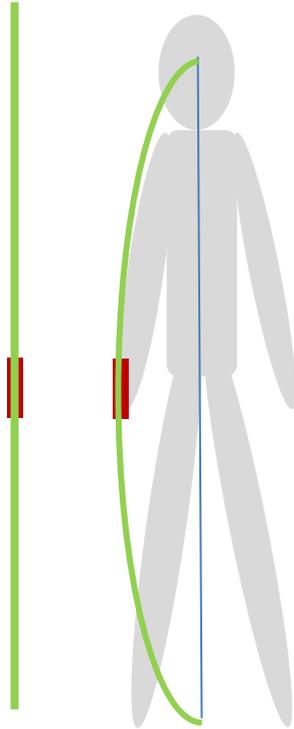
K) l'arco a doppia curva con leve rigide ha un grafico con andamento convesso-regolare.

La curva si impenna alla fine della trazione quando l'angolo tra la corda e la leva supera i 90°

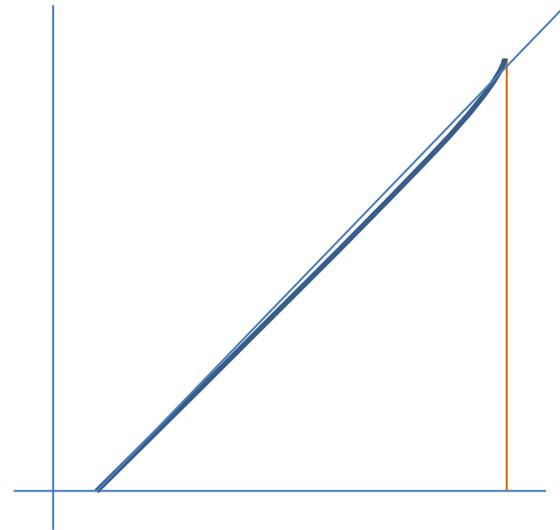
K) Arco a doppia curvatura

Tutti gli archi hanno lo stesso carico al medesimo allungo

American Longbow (Arco dritto moderno)



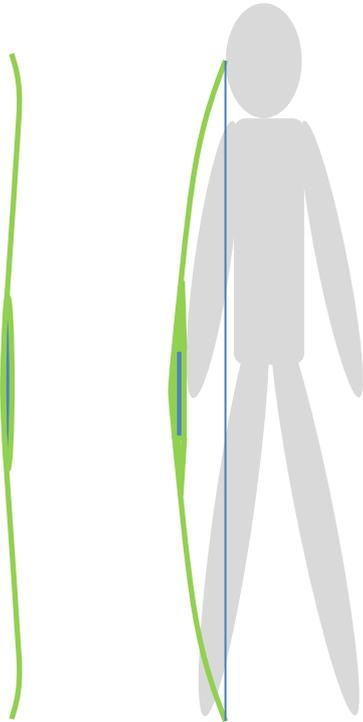
L) Arco lungo moderno



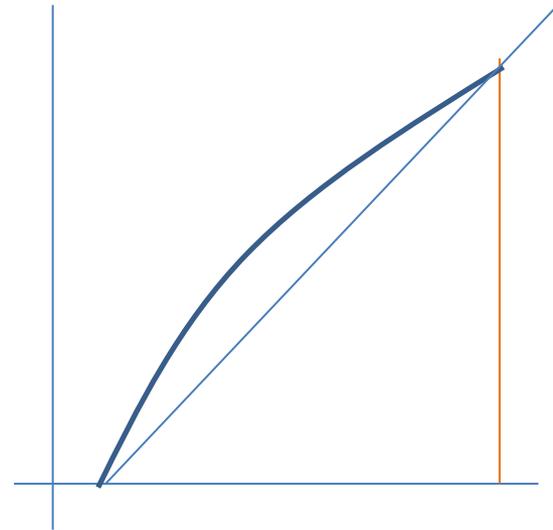
L) l'arco lungo moderno ha un grafico contraddistinto da un andamento regolare in funzione della sua lunghezza

*Tutti gli archi hanno lo stesso carico
al medesimo allungo*

Arco lungo moderno riflesso e deflesso



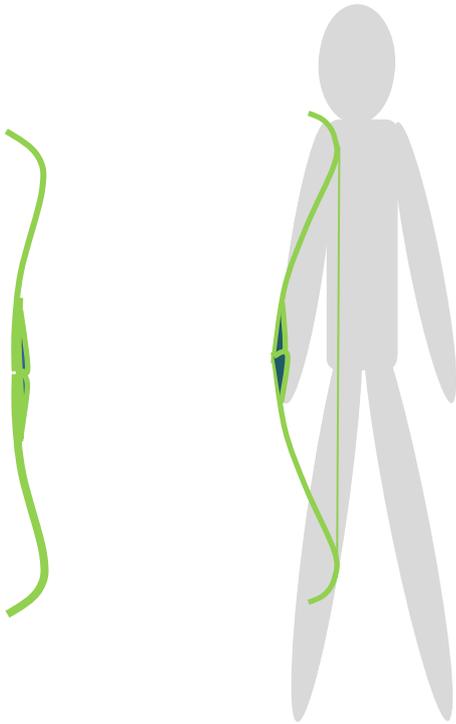
M) Arco Lungo Moderno reflex-deflex



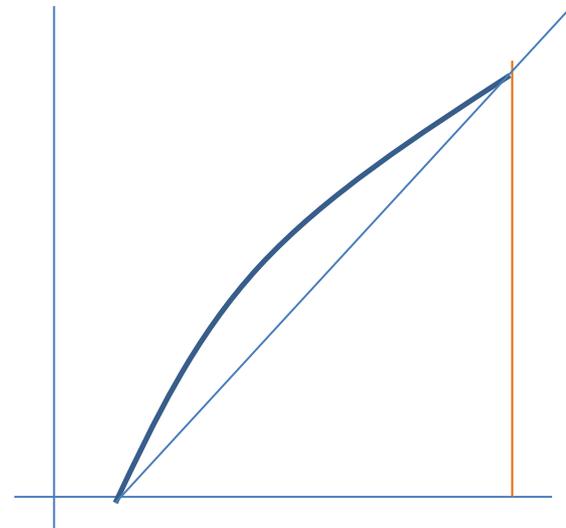
M) l'arco lungo moderno riflesso (e deflesso) ha un grafico contraddistinto da un andamento convesso in funzione della sua lunghezza.

*Tutti gli archi hanno lo stesso carico
al medesimo allungo*

Arco ricurvo moderno



N) Arco lungo moderno



N) l'arco ricurvo moderno riflesso (e deflesso) ha un grafico contraddistinto da un andamento convesso in funzione della sua lunghezza.

*Tutti gli archi hanno lo stesso carico
al medesimo allungo*

Impugnatura riflessa/deflessa nell'arco moderno

FADE OUT: è il punto in cui termina la parte «attiva» dei flettenti e inizia la parte passiva del riser.

