

**Pubblicazioni dell'Ufficio federale per la protezione
dell'ambiente e dell'Ispettorato federale della pesca**

n. 32

INTRODUZIONE ALLA PESCA ELETTRICA

R. Peduzzi, dott. sc. nat.

H. Meng, ing. dipl.

Sezione di ricerche ittiche, EAWAG, Dübendorf - CH

I n d i c e

	pagina
Discorso d' apertura (R. Pedroli, dott. ing. dipl.)	1 - 4
Le basi legali della pesca elettrica (H. Marrer, lic. sc. nat.)	5 - 14
Introduzione alla pesca elettrica (R. Peduzzi, dott. sc. nat.; H. Meng, ing. dipl.)	15 - 72
Esecuzione della pesca elettrica	73 - 82
Primi soccorsi in caso d'infortuni causati da installazioni elettriche	83 - 93
Test	95 - 99
Bibliografia	101 - 102

INTRODUZIONE ALLA PESCA ELETTRICA

R. Peduzzi, dott. sc. nat.; H. Meng, ing. dipl.
Sezione di ricerche ittiche, EAWAG, Dübendorf

I n d i c e

I	<u>Nozioni fondamentali di elettrotecnica</u>	pagina
1	<u>Introduzione</u>	17
2	<u>La corrente elettrica e le sue forme</u>	17
3	<u>Corpi conduttori e isolanti</u>	19
4	<u>Misure e unità della corrente elettrica</u>	20
5	<u>Il campo elettrico</u>	25
II	<u>La reazione del pesce alla corrente elettrica</u>	
1.	<u>Introduzione</u>	31
2	<u>Le reazioni del pesce nel campo elettrico</u>	33
3	<u>L'effetto fisiologico della corrente elettrica</u>	43
4	<u>Il comportamento delle differenti specie di pesci sotto l'influsso della corrente elettrica</u>	51
III	<u>Applicazione della corrente elettrica alla pesca</u>	
1	<u>Introduzione</u>	53
2	<u>La conduttività dell'acqua e del fondo</u>	53
3	<u>I mezzi a disposizione dell'operatore per pescare efficacemente in situazioni diverse</u>	58
4	<u>L'utilizzazione di apparecchi di diverso tipo</u>	63

I Nozioni fondamentali di elettrotecnica

1 Introduzione

Per pesca elettrica si intende l'impiego di una tecnica che permette la cattura dei pesci utilizzando, quale forma di energia, la corrente elettrica.

Per applicare correttamente questa tecnica, cioè:

- per pescare senza che il pescatore e gli operatori che lo aiutano siano messi in pericolo
- per pescare agevolmente i pesci desiderati
- per pescare senza nuocere al pesce

è indispensabile possedere qualche conoscenza sull'energia elettrica e il suo modo di agire. Dunque lo scopo essenziale di questo primo esposto è quello di fornirvi alcune nozioni fondamentali di elettrotecnica.

2 La corrente elettrica e le sue forme

Le 3 specie di corrente più importanti sono:

- la corrente continua
- la corrente alternata
- la corrente a impulsi

La corrente può essere definita come un movimento continuo di elettricità fra due punti di un conduttore che si trovano a diverso potenziale.

21 La corrente continua è una corrente regolare di uguale intensità; un flusso continuo che avviene da un polo all'altro. Forza e direzione rimangono costanti.

Esempi: Corrente proveniente da una batteria d'automobile. Pile della lampadina da tasca.

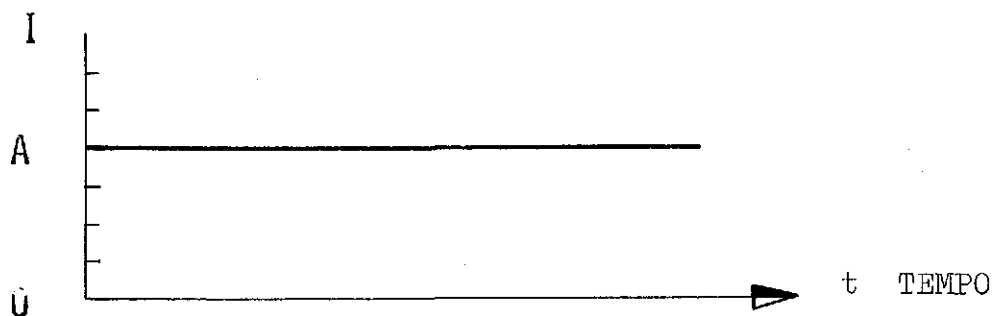


Fig. 1

22 La corrente alternata è una corrente che cambia forza e direzione di propagazione in un uguale periodico spazio di tempo (periodo). Essa è caratterizzata dalla forma ad onda. 1 periodo dura per es. nel sistema della rete elettrica casalinga $1/50$ di secondo. Il numero di periodi al secondo è designato (determinato) come frequenza. L'unità di frequenza è l'Hertz abbreviato Hz. La nostra luce elettrica ha così 50 Hz.

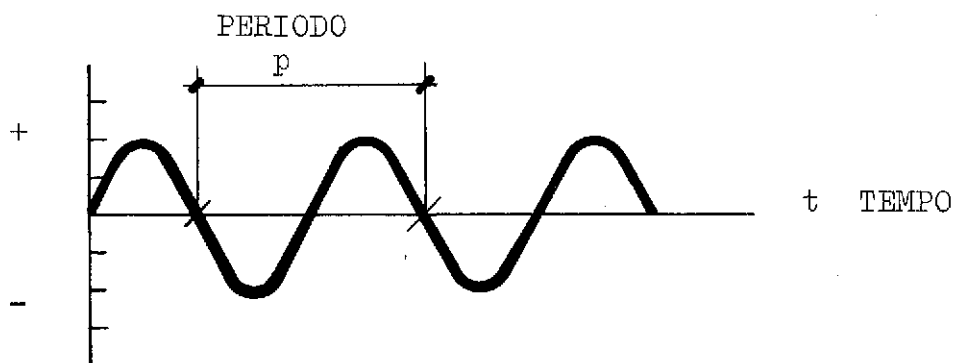
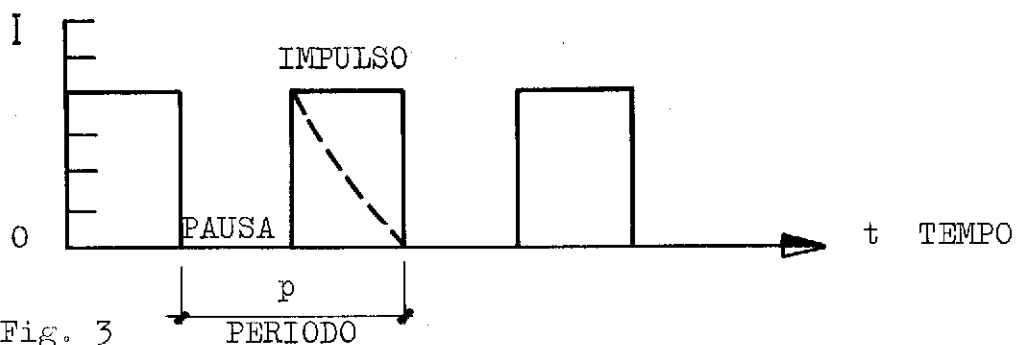


Fig. 2

- 23 La corrente ad impulsi o intermittente è nel caso più semplice una corrente continua interrotta. Questa corrente fluisce sotto forma di soli colpi (impulsi) ed è caratterizzata dalla frequenza di questi impulsi (sono dei periodi per secondo).
Un periodo comprende la durata dell'impulso e la durata della pausa.



3 Corpi conduttori e isolanti

Per propagare la corrente elettrica sono necessari dei conduttori solidi o dei conduttori liquidi.

Conduttori solidi sono p.es. i metalli il carbone. In questo caso gli elettroni sono le particelle che portano e trasmettono le cariche elettriche.

Conduttori liquidi come per es. l'acqua corrente. In questo caso gli ioni sono i portatori delle cariche elettriche. (Ione: particella più o meno grande caricata elettricamente). Se nell'acqua ci sono tanti ioni disponibili (contiene tanti ioni p.es. un'acqua salata con la dissociazione Na^+Cl^-), l'acqua è un buon conduttore; se al contrario nell'acqua ci sono pochi ioni disponibili, l'acqua è un cattivo conduttore (come p.es. l'acqua distillata).

Nei materiali non conduttori o isolanti mancano i portatori di cariche.

Esempi: Vetro, gomma, plastica, legna secca ed asciutta.

4 Misure e unità della corrente elettrica

I concetti inerenti la corrente elettrica, sovente espressi in modo troppo teorico, possono essere spiegati più facilmente comparando il sistema elettrico con un sistema idraulico che conosciamo meglio. Introduciamo quindi le nozioni che seguono entrando in analogia con lo schema della fig. 4.

41 La tensione tra due poli (p.es. le placchette delle batterie, oppure i buchi delle prese elettriche) corrisponde per analogia alla differenza di pressione esistente tra il serbatoio ed il rubinetto dell'acqua. Perciò parlando di tensione possiamo pure utilizzare l'espressione "differenza di potenziale". La tensione è designata con U ed è misurata con un voltmetro. L'unità di misura è il VOLT, abbreviazione V.

Esempi: Una batteria per automobile ha 6 o 12 V.

Il circuito elettrico casalingo ha di regola 220 V.

42 La corrente in un conduttore corrisponde (procedendo sempre con la stessa analogia) alla corrente dell'acqua esistente in una condotta. Essa è designata con I ed è misurata con l'amperometro.

L'unità di misura è l'AMPERE (A).

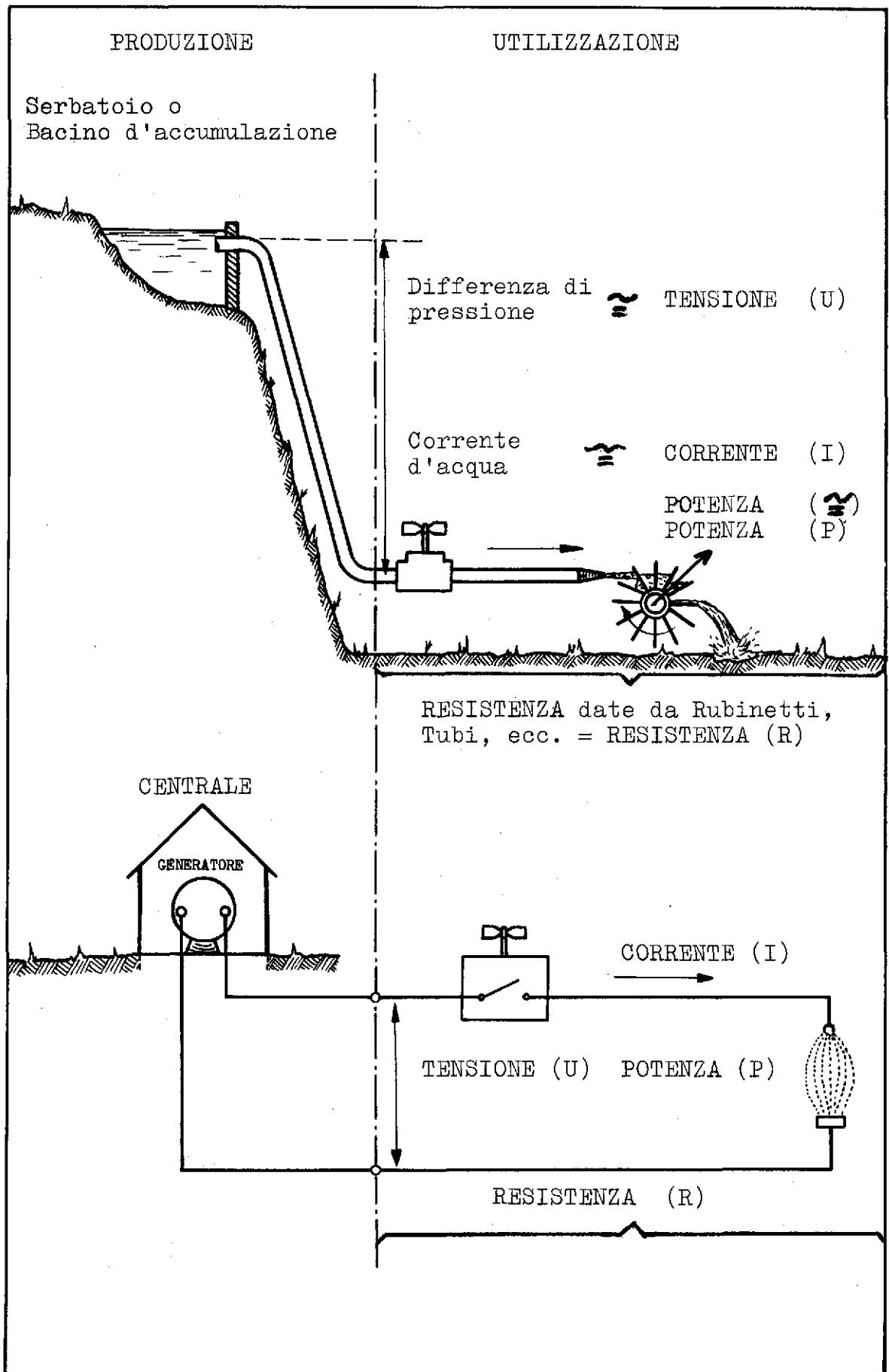
Per permettere ad una corrente di fluire o propagarsi il circuito elettrico deve essere chiuso.

Con la tensione U e la corrente I possiamo facilmente calcolare con una semplice moltiplicazione: la potenza P.

Tensione x Corrente = POTENZA

U x I = P

Fig. 4



43 La potenza è misurata in WATT (W), oppure in KILOWATT (kW)

$$\text{Kilowatt} = 1'000 \text{ W}$$

Esempio: Una lampadina elettrica ha 110 Watt e funziona con una tensione di 220 V. Trovare la corrente (I) necessaria.

Risposta: Corrente $I = \frac{P}{U} = \frac{110}{220} = 0,5 \text{ A}$

E' dato un apparecchio per la pesca elettrica con una potenza massima di 2 kW. Trovare la potenza applicata se è fatto funzionare con 400 V e 4 A.

Risposta: Potenza $P = U \times I = \text{Volt (V)} \times \text{Ampere (A)} = 400 \times 4 = 1'600 \text{ Watt} = 1,6 \text{ kW}$

Un dato molto importante per le batterie è la capacità (la carica massima). La capacità è indicata in Ampere ore = Ah. La durata di funzionamento dipende dalla corrente I (in Ampere) e da questa capacità.

Esempio: Una batteria d'automobile possiede una capacità di 60 Ah. Per quanto tempo può dispensare 3 A ?

Risposta: Durata di funzionamento =

$$\frac{\text{Capacità (Ah)}}{\text{Corrente (A)}} = \frac{60 \text{ Ah}}{3 \text{ A}} = 20 \text{ ore}$$

I produttori di corrente più importanti per noi, nell'applicazione che stiamo discutendo, sono le batterie ed i generatori. Le batterie producono corrente chimicamente (con un procedimento chimico).

I generatori che forniscono la corrente elettrica negli apparecchi per la pesca elettrica sono alimentati da motori a benzina. La potenza massima è quasi sempre indicata in kW. Quella indicata sull'apparecchio di regola non può essere sorpassata.

44 La resistenza

Ogni conduttore di corrente elettrica, come ogni tubo per l'acqua corrente, oppone al passaggio della corrente una resistenza. Questa resistenza è espressa con R ed è misurata per mezzo dell'ohmetro. L'unità di misura è l'Ohm (Ω).

Ogni conduttore sottile - analogamente come ogni condotta stretta per l'acqua, riallacciandoci al nostro modello idraulico iniziale, - oppone al passaggio della corrente una grande resistenza. Al contrario un conduttore grosso oppone una resistenza piccola. Inoltre più un conduttore elettrico è lungo, più la resistenza è grande. Evidentemente, oltre a questi fattori dimensionali, la resistenza dipende dalla natura del materiale utilizzato come conduttore. Ogni materiale possiede infatti la sua resistenza specifica caratteristica.

Si tratta della resistenza di un cubo con un cm di lato del materiale in questione. Esprimiamo questa resistenza specifica in Ohm x cm, Ohmcentimetro (Ω cm).

45 La conduttività è il valore reciproco della resistenza. La conduttività si misura in SIEMENS (S), oppure MICRO-SIEMENS (μ S) (1 S = 1'000'000 μ S). Come è stato già affermato la conduttività specifica è caratteristica per ogni materiale.

Tensione, Corrente e Resistenza sono strettamente legate e sono rette dalla Legge di Ohm, così espressa:

la tensione è uguale alla resistenza moltiplicata per la corrente.

Tensione = Resistenza x Corrente

Volt = Ohm x Ampere

U = R x I (Canton URI) per aiutare la memoria

Da questa equazione possiamo ricavare:

$$\underline{\text{Resistenza R}} = \frac{\text{TENSIONE U}}{\text{CORRENTE I}}$$

$$\underline{\text{Corrente I}} = \frac{\text{TENSIONE U}}{\text{RESISTENZA R}}$$

Esempio:

Un apparecchio per la pesca elettrica è in funzione con una tensione di 400 V e 4 A. Calcolare la resistenza dell'acqua nella quale si pesca in quel momento.

Risposta:

$$R = \frac{400 \text{ V}}{4 \text{ A}} = 100 \text{ Ohm}$$

5 Il campo elettrico

La nozione di campo elettrico è oltremodo importante da capire, poiché da questo fenomeno dipende essenzialmente il comportamento del pesce pescato elettricamente.

Se immergiamo in un liquido 2 elettrodi di carica differente si creano tra i due poli le cosiddette linee di forza.

Lungo queste linee di forza tra l'anodo (polo +) e il catodo (polo -) si propaga la corrente elettrica. Queste linee di forza coincidono pure con le linee di corrente (Fig. 5).

Prendiamo ora come esempio una differenza di potenziale di 400 Volt tra i due poli del campo. Questa differenza di potenziale diminuisce gradatamente partendo dall'anodo (+) andando verso il catodo (-), per raggiungere finalmente il valore di 0 Volt al catodo stesso. Conseguentemente possiamo osservare che sulla stessa linea di forza la tensione varia a seconda del punto dove ci si trova.

Per esempio esisterà su ogni linea di forza del nostro campo un punto che ha il valore di 200 Volt. Possiamo così riunire mediante delle linee i punti che possiedono la stessa tensione, nel caso del nostro esempio tutti i punti del valore di 200 Volt. Se poi da questo punto (esempio: punto 200 V) ci avviciniamo maggiormente al catodo avremo la linea che riunisce i punti del valore di 180 V, 100 V, 50 V e così di seguito è possibile per ogni valore tracciare una linea.

Le linee così ottenute, nel linguaggio tecnico sono dette linee equipotenziali. Linee cioè dove la differenza di potenziale verso il catodo è sempre uguale (equi = uguale) (Fig. 6).

La figura ottenuta assomiglia approssimativamente ad una veduta aerea del campo elettrico dove le linee di ugual tensione corrispondono alle curve di livello.

Si ha cioè un'immagine che rassomiglia ad una carta geografica nella quale sono segnate le linee della stessa altitudine. Come lo spazio tra le linee di altitudine ci dà l'inclinazione del terreno, analogamente la distanza tra le linee equipotenziali ci indica la ripartizione delle tensioni esistenti.

Se procediamo ora ad una sezione (ad un taglio) lungo il tragitto più corto tra i due poli, constatiamo che a metà la curva del nostro profilo si appiattisce. Altrimenti detto a metà la nostra curva di tensione passa per un minimo, in seguito poi più ci ravviciniamo in prossimità di un elettrodo, più la curva riprende a salire di nuovo (Fig. 7).

Questo significa:

Un oggetto posto in un campo elettrico è sottoposto ad una differenza di potenziale. Questa differenza di potenziale varia a seconda del luogo del campo elettrico dove l'oggetto è posto ed è maggiore in prossimità di uno dei due poli (confrontare il commento alla Fig. 6: esempi pratici A e B).

Fig. 5: Linee di forza

Le linee di forza (e di corrente) si formano tra l'anodo (polo +) e il catodo (polo -) immersi in un liquido.

Fig. 6: Linee equipotenziali

Le linee equipotenziali sono ottenute riunendo i punti di uguale tensione. Esempi pratici:

- a) Oggetti di dimensioni diverse, ma sottoposti alla medesima tensione (10 Volt) perchè situati in posti differenti nel campo elettrico: in prossimità di un elettrodo e al centro del campo elettrico.
- b) Oggetti di uguale dimensione (1 m) sottoposti a tensioni diverse perchè situati in posti differenti:
al centro del campo: 5 V
in prossimità di un elettrodo: 40 V

Fig. 7: Curva di tensione tra l'anodo (+) e il catodo (-) posti ad una distanza di 20 m l'uno dall'altro.

I valori delle differenze di potenziale sono misurati lungo una linea di forza.

La differenza di potenziale è massima tra i due elettrodi A e C.

Avvicinandoci al catodo la tensione diminuisce per esempio nel punto B a metà strada tra i due poli si ha $B C = 200 V$.

Avvicinandoci sempre maggiormente esiste una diminuzione progressiva fino a raggiungere il valore 0 al catodo stesso, $C' C = 0 V$.

Riassumendo:

Differenza di potenziale tra A e C = 400 V

Differenza di potenziale tra B e C = 200 V

Differenza di potenziale tra C' e C = 0 V

Fig. 5: LINEE DI FORZA

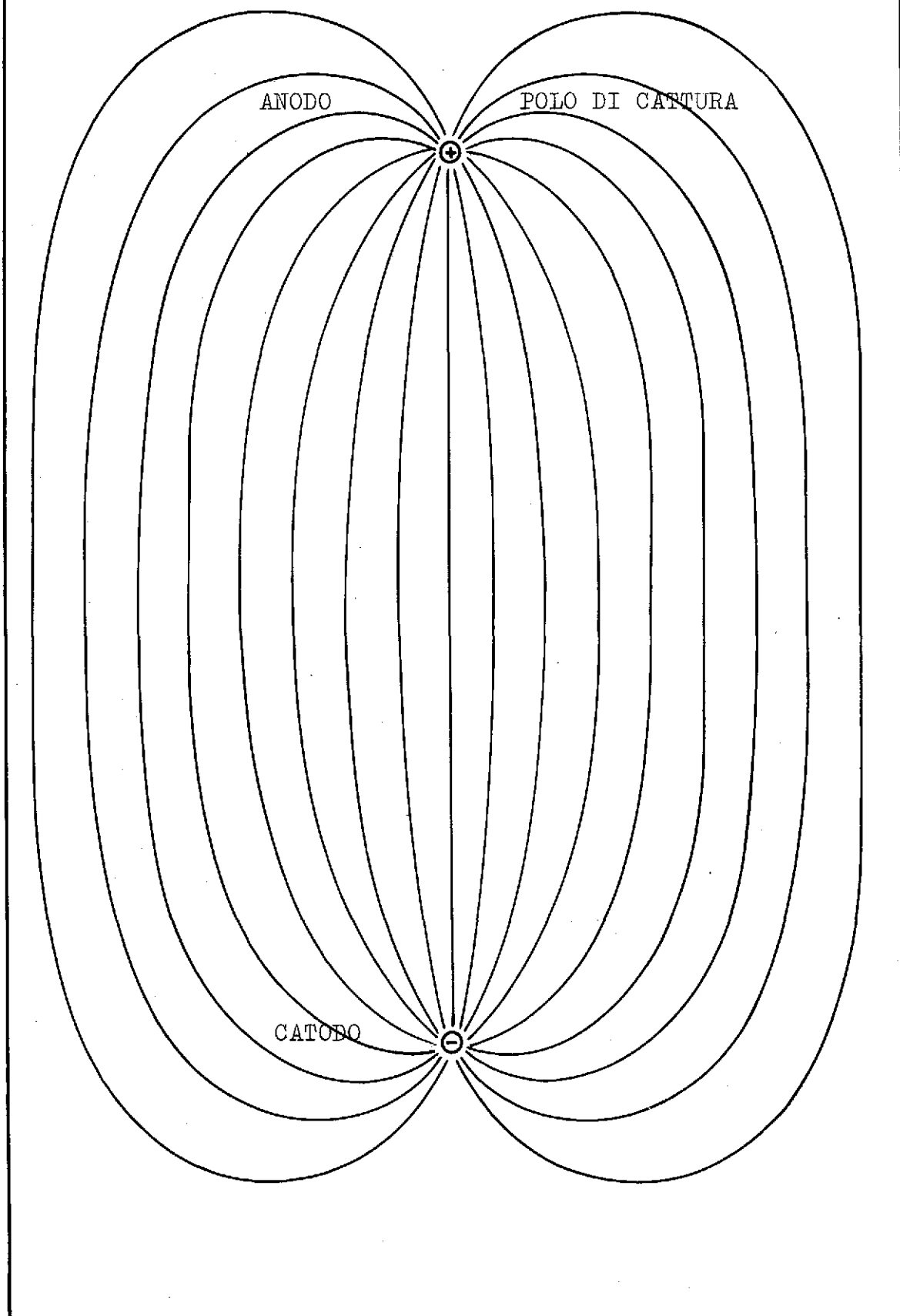


Fig. 6: LINEE EQUIPOTENZIALI

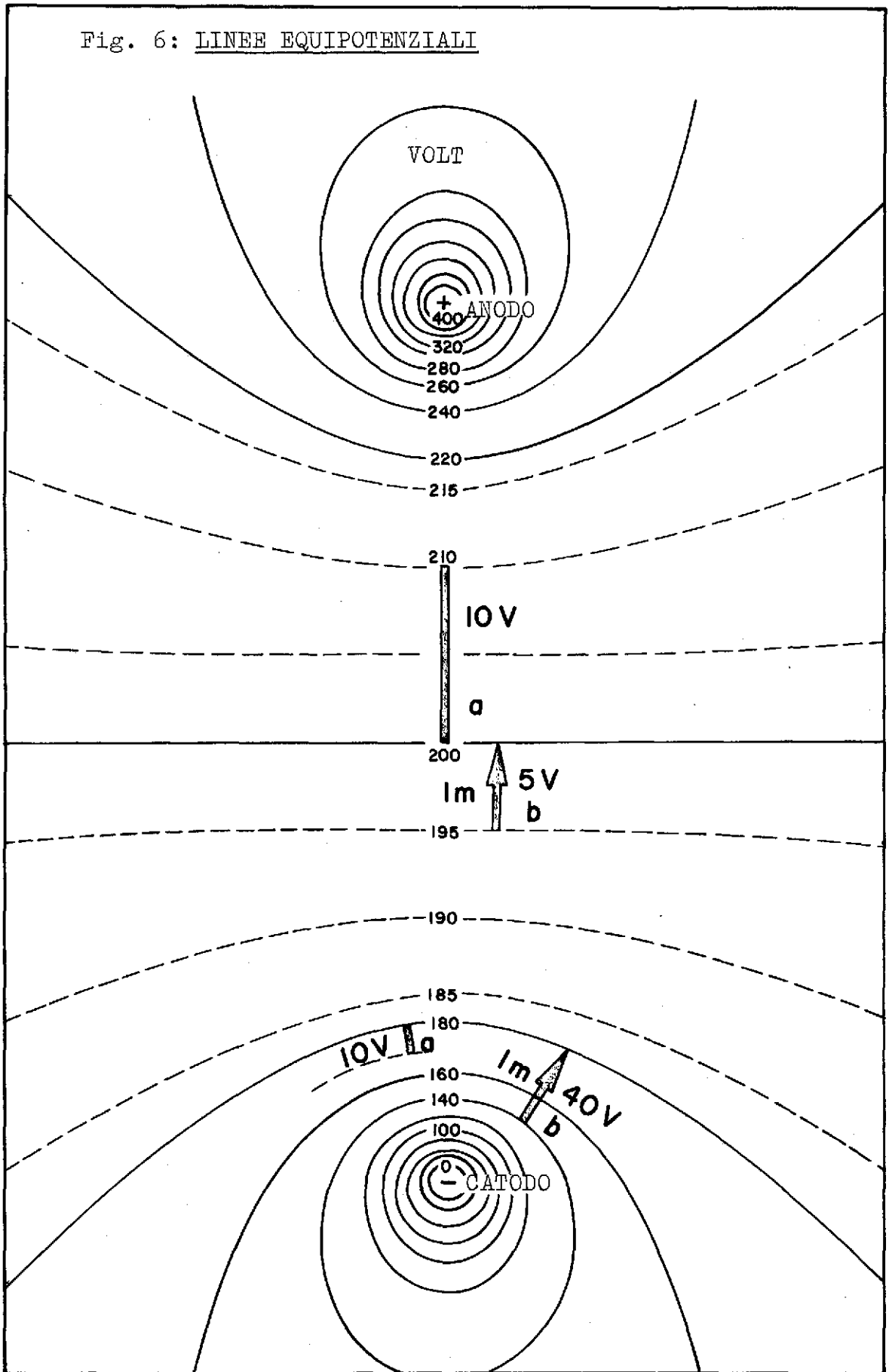
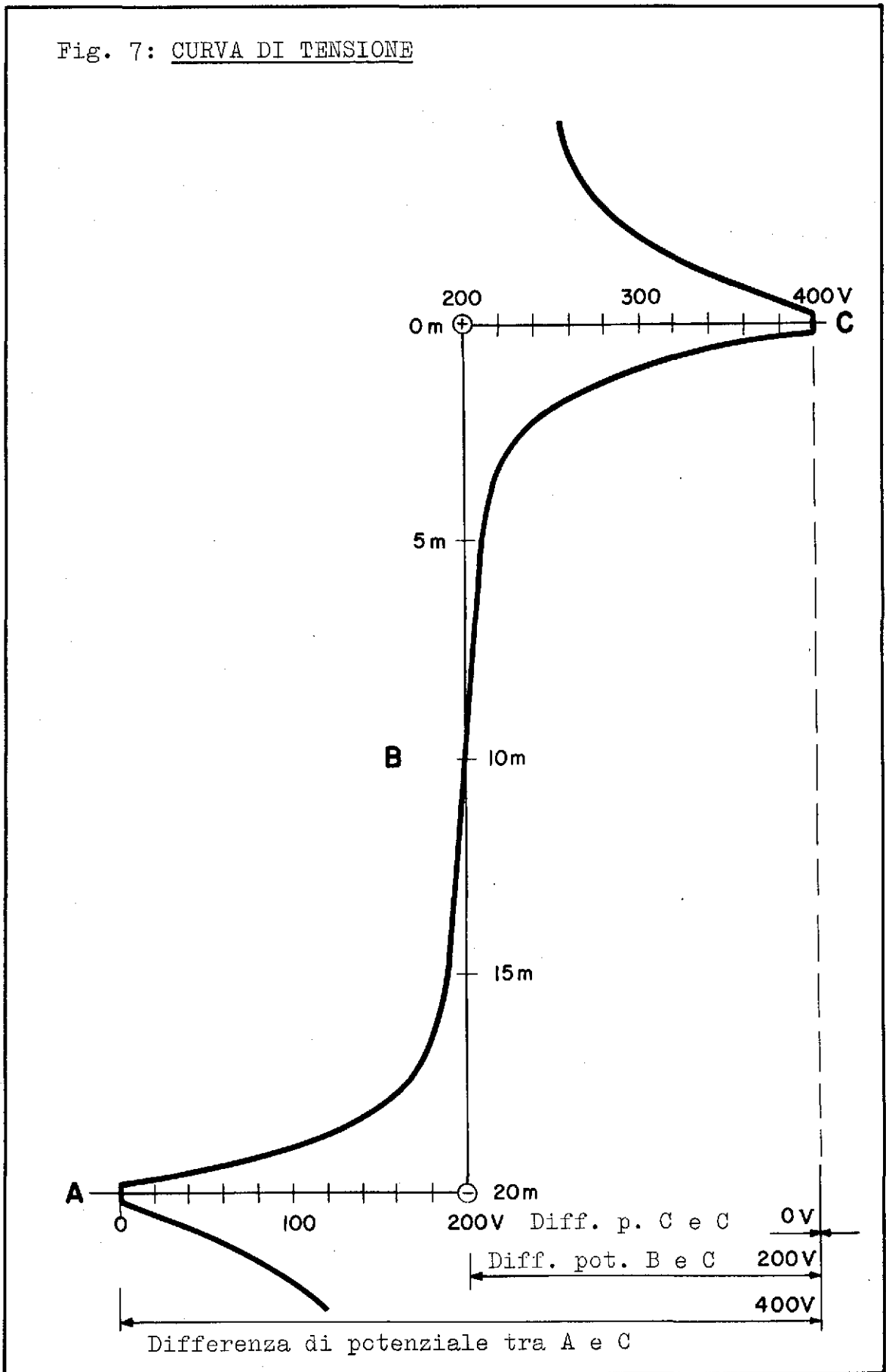


Fig. 7: CURVA DI TENSIONE



II La reazione del pesce alla corrente elettrica

1 Introduzione

La pesca elettrica implica una serie di interazioni legate alle 3 componenti essenziali messe in presenza e che possiamo schematizzare come segue:

- a) l'elettricità quale forma d'energia
- b) il pesce come essere vivente sottoposto alla corrente elettrica
- c) l'ambiente acquatico con le sue caratteristiche fisiche e chimiche nel quale il pesce vive.

Ci troviamo dunque in presenza di un sistema complesso dove le componenti a, b e c sono rette da interazioni multiple che sovente si conoscono solo in modo incompleto. Infatti lo studio delle reazioni elettrofisiologiche del pesce si basa quasi esclusivamente su esperienze di laboratorio eseguite in condizioni esattamente controllate. Per il fatto che non possono rispecchiare contemporaneamente tutte le azioni reciproche esistenti. Questi esperimenti corrispondono solo parzialmente alle reali complesse situazioni naturali.

In questa seconda parte tratteremo in modo molto schematico e semplificato le reazioni fondamentali presentate dal pesce che si trova nel campo elettrico (consideriamo cioè i fattori legati al punto b). All'inizio, per rendere l'approccio più semplice e accessibile, considereremo il pesce posto sotto l'influsso del campo elettrico analizzando separatamente le componenti del fenomeno elettrico. Quindi la reazione del pesce sarà considerata con l'animale messo a confronto: con le diverse forme di corrente; con la densità della corrente e le linee di forza; con l'ottenimento della differenza di potenziale del corpo necessaria per una determinata reazione.

Questi punti verranno poi considerati nella loro prima interazione dinamica considerando lo spostamento del pesce nel campo stesso.

In seguito esamineremo pure molto semplicemente le basi elettrofisiologiche che provocano la reazione del pesce e gli effetti metabolici conseguenti. Concluderemo questa seconda parte con un elenco schematico pratico sul comportamento caratteristico delle più importanti specie di pesci.

2 Le reazioni del pesce nel campo elettrico

21 Reazioni tipiche del pesce alle differenti forme di corrente

Gli effetti sul pesce causati dall'aumento della corrente o causati dalla diminuzione della distanza del pesce dal polo di cattura (anodo), sono analoghi. Conseguentemente a questa operazione dell'aumento graduale della corrente, oppure della diminuzione della distanza del pesce dal polo di cattura, secondo il tipo di corrente applicato si possono osservare le reazioni seguenti:

211 A. Corrente continua: Otteniamo gradualmente le reazioni:

A.1. Prima reazione, manifestazioni spasmodiche convulsive

A.2. Seconda reazione, movimenti natatori diretti verso l'anodo: Galvanotassi (tassi = movimento locomotorio)

A.3. Terza reazione, stato immobile del pesce, risultante da un rilassamento muscolare o narcosi chiamato appunto Galvanonarcosi. In questa condizione i pesci non sono più in grado di muoversi generalmente si mettono sul fianco o si girano sul dorso.

212 B. Corrente alternata: Possiamo osservare le reazioni seguenti:

B.1. Prima reazione, manifestazioni simili ad A.1.

B.2. Seconda reazione, il pesce è immobilizzato da contrazioni muscolari e crampi, non può notare in nessuna direzione per il fatto che la direzione stessa di propagazione della corrente varia continuamente. Il pesce non si dirige verso l'anodo come con gli altri tipi di corrente (corr. continua e corr. alternata), perchè non può essere polarizzato verso l'anodo, i suoi movimenti sono ostacolati e rimane

immobile. In generale i pesci in questa situazione prendono una posizione trasversale alla direzione delle linee di forza del campo elettrico, così da essere sottoposti ad un minimo di differenza di potenziale. Questa reazione B.2. è chiamata:

Oscillotassi.

B.3. Terza reazione, stato immobile del pesce, paragonabile ad A.3. Si tratta di una paralisi, sovente seguita dalla morte: Oscillonarcosi.

213 C. Corrente intermittente (ad impulsi):

La corrente intermittente provoca delle reazioni analoghe a quelle prodotte dalla corrente costante; evidentemente in questo caso dipendono però dalla frequenza (dal numero di impulsi nell'unità di tempo).

C.1. Prima reazione, analoga ad A.1., cioè spasmi e convulsioni la cui intensità dipende dal numero di impulsi elettrici (spaziati o frequenti secondo la frequenza della corrente).

C.2. Seconda reazione, in questo caso la Galvanotassi dipende dalla forma degli impulsi.

Esiste pure una dose minima di impulsi affinché il pesce si orienti e nuoti verso l'anodo.

C.3. Terza reazione, come per A.3. Galvanonarcosi.

Il movimento natatorio diminuisce bruscamente e il pesce è immobilizzato.

Dopo questa elencazione delle differenti reazioni possibili con le 3 forme di corrente, dobbiamo subito rilevare:

Con la corrente alternata e precisamente negli stadi B.2. e B.3. le contrazioni muscolari prodotte possono provocare dei danni irreversibili ai pesci (infatti otteniamo una specie di crampi violentissimi). Questa è una delle

ragioni per cui l'utilizzazione della corrente elettrica alternata è proibita dalla nuova Legge Federale sulla pesca.

Risulta pure chiaro da questi esempi che lo scopo ultimo di una pesca elettrica ben condotta è il raggiungimento della Galvanotassi, cioè dello stadio (o situazione) in cui il pesce è orientato verso l'anodo ed ha la possibilità di dirigersi attivamente verso questo elettrodo.

E' pure evidente che il raggiungimento del terzo stadio per tutte le forme di corrente (A.3., B.3., C.3.) è perfettamente inutile, perchè si genera una reazione nella quale il pesce non può più nuotare attivamente.

Per questo l'operatore che manipola l'anodo (polo di cattura) deve sempre osservare attentamente il comportamento dei pesci e soprattutto permettere al secondo operatore di reperire i pesci che sono in galvanotassi, così da poterli catturare.

22 L'importanza della densità della corrente elettrica e le linee di forza del campo

La densità della corrente elettrica è l'elemento di base per definire le reazioni del pesce.

La densità della corrente alla quale il pesce è sottoposto dipende per esempio dalla grandezza del corpo del pesce stesso e dalla costituzione dell'epidermide (funzione di membrana). Per stabilire questo parametro bisogna considerare i fattori che costituiscono una resistenza al passaggio della corrente. Come è già stato detto nella prima parte, esiste pure una resistenza dell'acqua (cfr. la parte). Nelle nostre condizioni la resistenza specifica del corpo del pesce è più piccola di quella dell'acqua dolce. (Menzioniamo solo per completezza che nell'acqua marina (salata) si opera in una situazione inversa).

A causa di questa minore resistenza offerta dal pesce in confronto con l'ambiente acquatico che lo circonda, risulta che le linee di forza del campo elettrico si concentrano nel corpo del pesce.

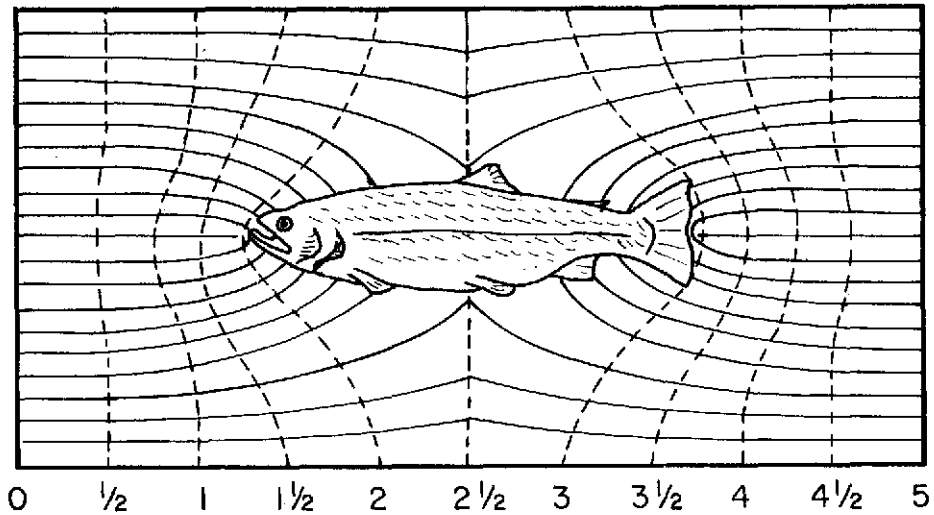


Fig. 8 L'acqua dolce possiede una conduttività minore di quella del corpo del pesce, quindi le linee di forza del campo elettrico deviano e si concentrano nel pesce.

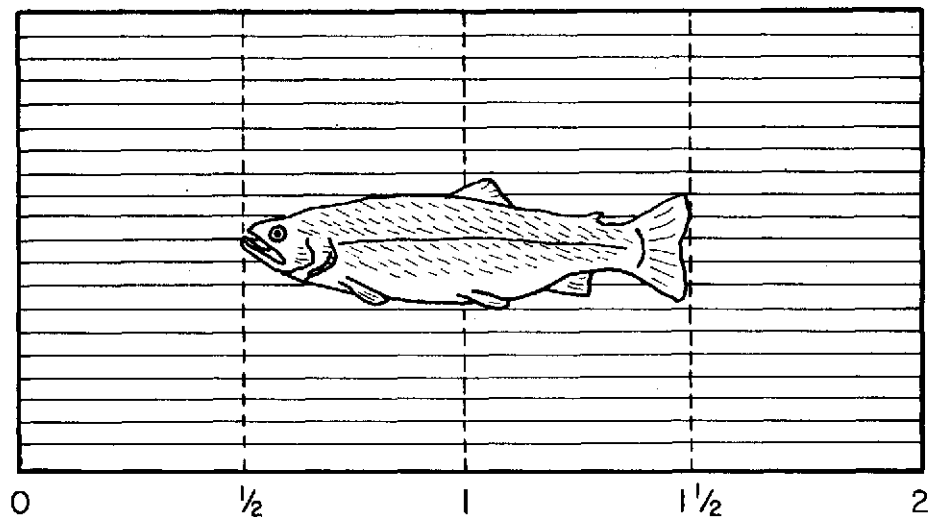


Fig. 9 Il pesce è immerso in un'acqua che possiede la stessa conduttività del suo corpo. In questo caso non esiste nessuna deviazione delle linee di forza.

Altrimenti detto la conduttività dell'acqua è inferiore a quella del corpo del pesce. Come è illustrato nella figura 8 tutte le linee di forza sono dirette verso il corpo del pesce che presenta una migliore conduttività. A titolo comparativo alla Fig. 9 è dato un esempio dove la conduttività dell'acqua e la conduttività del corpo del pesce sono identiche.

Abbiamo bisogno di una densità di corrente ben determinata per ottenere una data reazione del pesce. Possiamo quindi definire un valore minimo (una soglia) per la reazione desiderata. La densità della corrente che in parte abbiamo già definita si misura in A / m^2 (Ampere per metro quadrato) oppure in $\mu A / mm^2$ (microampere per millimetro quadrato). Per definizione si tratta dell'intensità di corrente che attraversa un'unità di superficie perpendicolare alle linee di forza del campo elettrico. Questa densità di corrente, necessaria per l'ottenimento di una determinata reazione nel pesce è abbastanza costante e caratteristica per ogni specie di pesce.

Per esempio per l'ottenimento della galvanotassi nella trota, la densità della corrente necessaria è di 0,8 Ampere/m². Tramite esperimenti di laboratorio si sono potute definire quali densità di corrente bisogna utilizzare per una data specie e una data lunghezza di pesce.

Prendiamo l'esempio degli esperimenti eseguiti sulla Sanguinerola (*Phoxinus phoxinus*), i risultati dei quali sono raggruppati nella tabella qui sotto.

Tabella 1

Relazione tra la lunghezza del corpo ed i valori minimi (soglie) di densità di corrente necessari per l'ottenimento della 1^a reazione, della Galvanotassi e della Galvanonarcosi

Risultati sperimentali ottenuti con la specie Sanguinerola

Lunghezza media in mm	Minimi di densità di corrente per:					
	1 ^a Reazione		Galvanotassi		Galvanonarcosi	
	A/m ²	Unità relative	A/m ²	Unità relative	A/m ²	Unità relative
19	0,19	1	3,30	17	4,74	25
24	0,18	1	3,13	17	4,74	26
36	0,13	1	3,32	18	3,94	30
57	0,11	1	1,43	13	2,50	23
66	0,13	1	1,28	10	2,15	17

(modificato da Scheminzky)

Per la stessa specie Sanguinerola è data la relazione tra la lunghezza media del corpo e i valori minimi, espressi in Ampere per m² e in unità relative, necessari per l'ottenimento delle tre reazioni:

- 1^a manifestazione, galvanotassi, galvanonarcosi.

E' facile mettere in evidenza soprattutto utilizzando le unità relative, che con l'aumento della lunghezza del pesce il valore di densità di corrente necessario diminuisce. Ritornando all'applicazione pratica dell'elettropesca, questo significa che la regione di cattura per i pesci grossi (o di una certa lunghezza) è più vasta che per i pesci piccoli. Ed è per questo che i pesci di modeste dimensioni sono più difficili da prendere.

23 Differenza di potenziale del corpo del pesce

Si tratta della differenza di potenziale che si forma tra la testa e la coda del pesce. Questa differenza di potenziale (o potenziale corporeo) è necessaria per provocare le diverse reazioni del pesce possibili nel campo elettrico.

Con degli esperimenti opportuni si è potuto trovare che questa differenza di potenziale del corpo è costante e caratteristica per ogni specie di pesce. Questo valore è simile ad una costante fisica caratteristica della specie ed indipendente dalla lunghezza del corpo.

Riassumendo questi 2 ultimi concetti concernenti la densità della corrente e la differenza di potenziale, messi in relazione con la lunghezza del corpo, possiamo osservare:

Per l'ottenimento di una reazione determinata,

- Se la lunghezza del corpo aumenta,
 - la densità della corrente necessaria diminuisce, ma
 - la differenza di potenziale del corpo necessaria ri-

mane invariata (perchè costante per la specie considerata).

Prendendo ora un esempio pratico per quanto concerne la trota abbiamo:

- la 1^a reazione è ottenuta con 0,4 V
- la 2^a reazione galvanotassi è ottenuta con 1,2 V
- la 3^a reazione galvanonarcosi è ottenuta con 2 V

A questo punto se vogliamo considerare una situazione pratica dell'applicazione della pesca elettrica dobbiamo richiamare quanto illustrato nella 1^a parte inerente le linee equipotenziali del campo elettrico e l'importanza delle dimensioni e della posizione degli oggetti sottoposti alle differenze di potenziale.

Analogamente a quanto visto in generale per gli oggetti, nel caso presente possiamo affermare:

Siccome una grossa trota in un campo elettrico subisce una differenza di potenziale più elevata di una trota piccola, sarà pure influenzata più facilmente dalla corrente elettrica e con delle densità di corrente più deboli. (Confrontare anche nella 1^a parte il commento teorico alla Fig. 6).

Conseguenza generale di ordine pratico per la pesca elettrica: In una data specie di pesci gli esemplari grossi reagiscono meglio dei piccoli esemplari alla corrente elettrica. In altre parole, riprendendo l'esempio delle trote, la differenza di potenziale del corpo di 1,2 V necessaria per la galvanotassi (2^a reazione) sarà raggiunta più rapidamente negli esemplari grossi. Inoltre le trote che subiscono delle tensioni inferiori a 0,4 V possono fuggire; saranno in gran parte le trote piccole che si trovano in questa situazione.

Questi concetti sono ulteriormente illustrati con la Fig. 10. Le diverse possibili reazioni dei pesci possono essere schematicamente riassunte nel modo seguente:

Tabella 2

Riassunto schematico delle reazioni nel campo elettrico

1. Ai limiti del campo il pesce si allarma e si allontana
2. Il potenziale del corpo supera un certo limite (nell'esempio 0,4 Volt), il corpo del pesce vibra:
1^a manifestazione-reazione
3. Con un potenziale del corpo crescente (es. 1,2 Volt) il pesce nuota verso l'anodo:
Elettrotassi
4. Il potenziale del corpo aumenta ulteriormente (es. 2 Volt) il pesce rimane paralizzato:
Elettronarcosi
5. Con un potenziale del corpo ancora più elevato oppure esposizione prolungata alla corrente il pesce viene ucciso:
Elettrocuzione (fulminato)

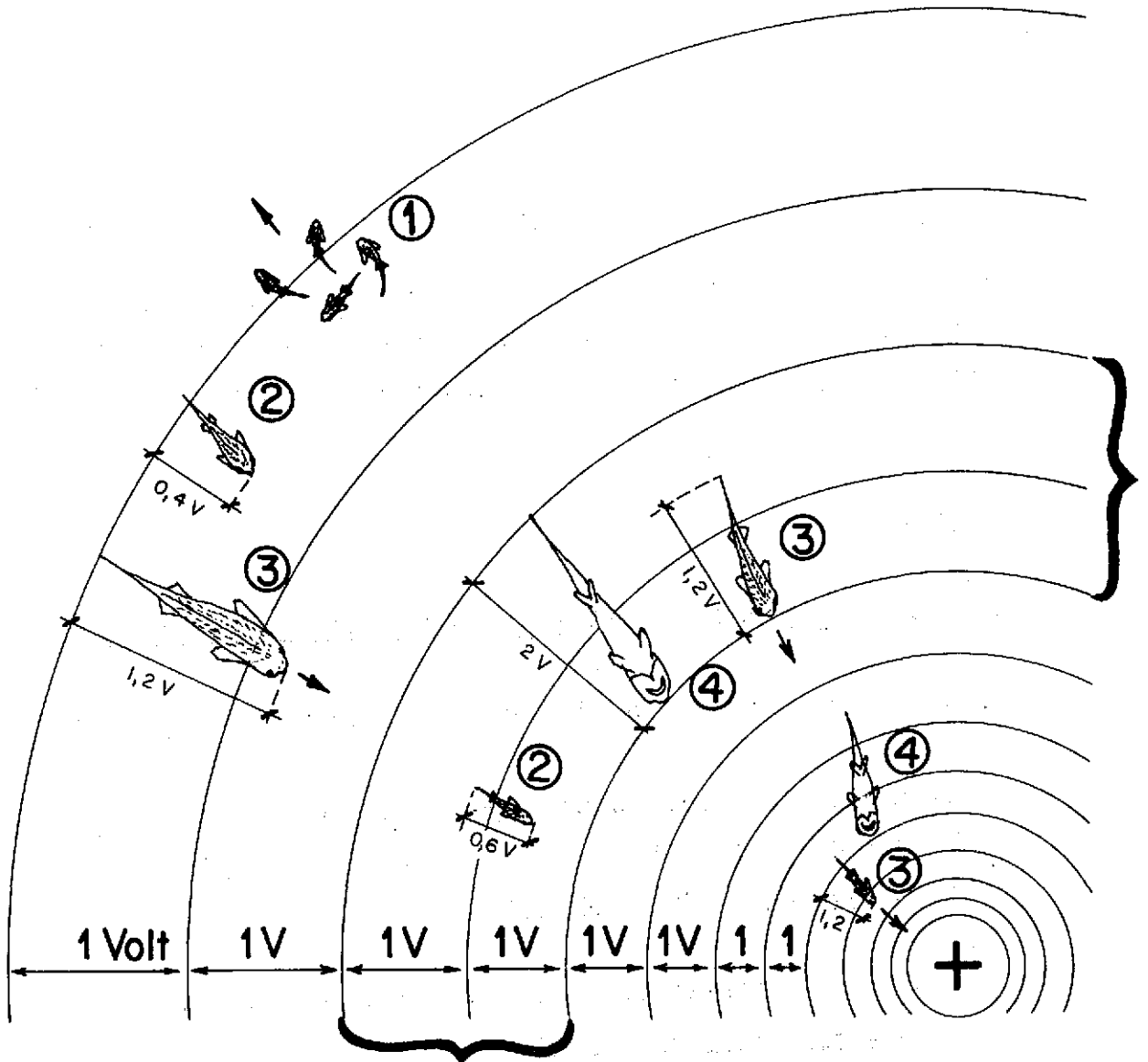






Fig. 10: Reazioni di trote di differenti dimensioni in un campo elettrico. Si osservi nello stesso posto del campo elettrico le 3 diverse reazioni presentate dai pesci di 3 differenti dimensioni considerate A, B e C.

Leggenda, dall'esterno verso l'interno (verso l'anodo) troviamo:

- | | | |
|---|----------------|------------------------|
|  | fuga | (1) |
|  | 1ª reazione | (2) ottenuta con 0,4 V |
|  | galvanotassi | (3) ottenuta con 1,2 V |
|  | galvanonarcosi | (4) ottenuta con 2,0 V |

3 L'effetto fisiologico della corrente elettrica

Richiamo : Quando una corrente elettrica passa in un acquario possiamo osservare che quasi tutti i pesci nuotano verso l'anodo.

Abbiamo già considerato a questo proposito la galvanotassi.
Def. TASSI, movimento locomotorio di un organismo o di una cellula.

Vogliamo ora analizzare questa reazione all'anodo del pesce (r. anodica).

Le reazioni che i pesci hanno in un campo elettrico possono essere suddivise in :

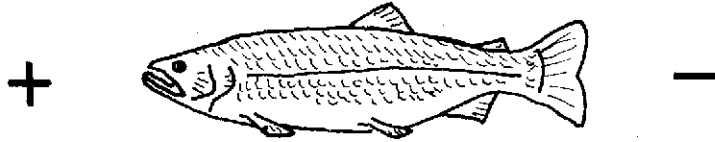
- Reazioni volontarie
- Reazioni involontarie

La reazione involontaria è costituita dal primo movimento o contrazione anodica che il corpo del pesce presenta all'immissione della corrente elettrica (chiusura del circuito elettrico). Questa incurvatura (piegatura) del corpo del pesce è seguita immediatamente da un contraccolpo volontario del pesce nel senso opposto (ciò che costituisce la reazione volontaria).

31 A questo punto dobbiamo prendere in considerazione 3 possibilità differenti concernenti l'orientamento del pesce nel campo elettrico.

1^a Possibilità

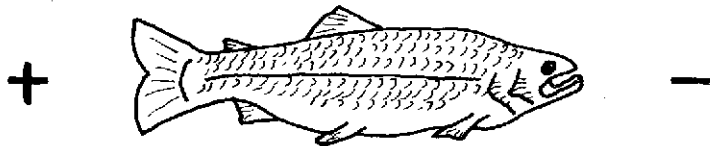
Se il pesce è orientato con la testa verso l'ANODO (cioè il polo +) questa prima curvatura origina il movimento della coda, con i contraccolpi volontari come conseguenza logica, il pesce nuota attivamente verso l'anodo.



Il pesce nuota attivamente verso l'anodo solo fino a quando il suo movimento può essere comandato del suo sistema nervoso centrale, [quando questo comando è impossibile cade in elettro-narcosi]. Infatti procedendo verso l'anodo ad un certo punto il pesce non è più in condizione di nuotare. Cioè quando lo stimolo elettrico produce sul pesce dei crampi che lo bloccano ed il movimento natatorio volontario si trasforma così in spasmi verso l'anodo [movimenti involontari].

2^a Possibilità

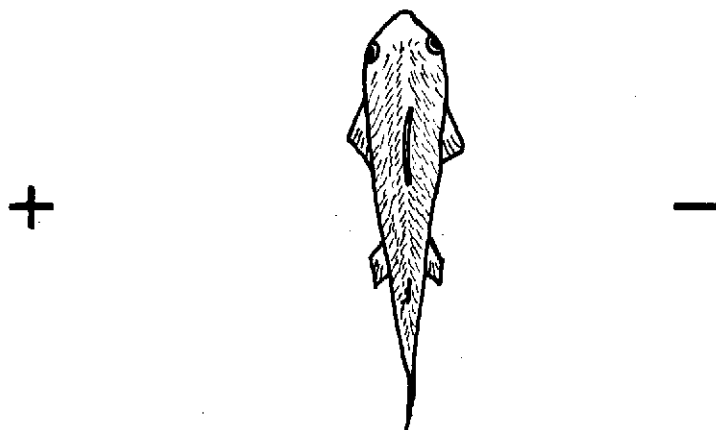
Se il pesce è orientato verso il CATODO, all'immissione della corrente elettrica la parte anteriore del pesce è sottoposta ad uno spasmo che lo fa girare verso l'anodo. Bisogna qui rilevare che le ragioni elettrofisiologiche di questo "mezzo giro verso l'anodo" non sono ancora completamente elucidate.



Comunque dopo il primo movimento l'influsso elettrico può essere ripartito lungo il corpo e completare la "curvatura anodica". Dopo l'orientamento verso l'anodo ricadiamo nella dinamica della 1^a possibilità.

3^a Possibilità

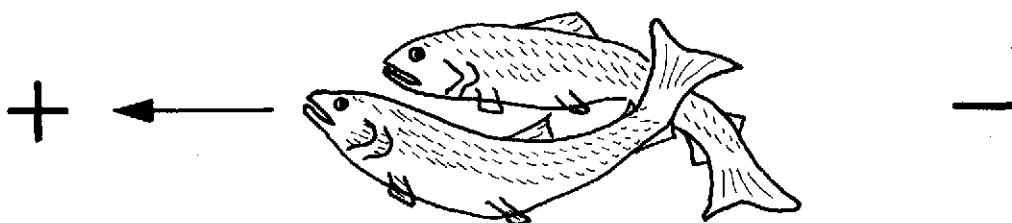
Se il pesce è posto perpendicolarmente alle linee di forza del campo [posizione di traverso] ha pure una "curvatura anodica".



Dopo la curvatura anodica e il nuovo orientamento del pesce ricadiamo nella 1^a possibilità. Ma in questa 3^a possibilità può anche darsi che riesca ancora ad allontanarsi.

Riassumendo:

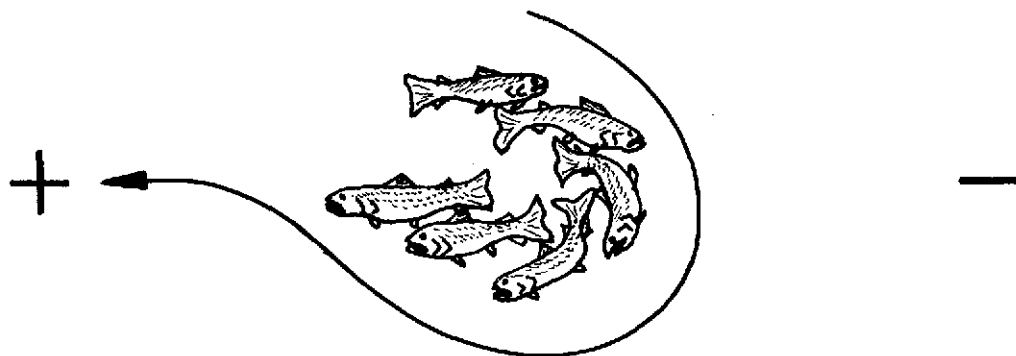
1^a Possibilità: testa girata verso l'ANODO



inv. reazione involontaria

vol. reazione volontaria
contraccolpo

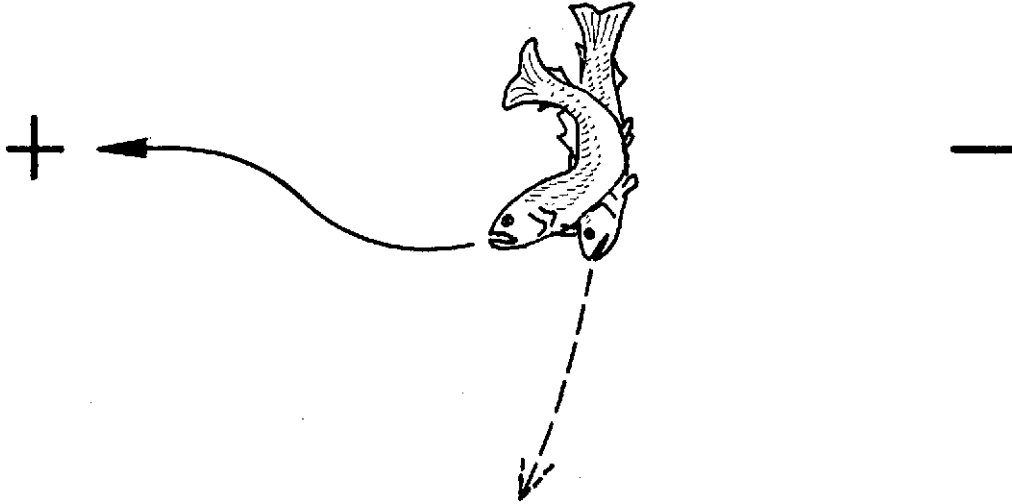
2^a Possibilità: testa orientata verso il CATODO



- mezzo giro verso l'ANODO o - curvatura anodica

3^a Possibilità: posizione trasversale alle linee di forza

- curvatura anodica



Le 3 possibilità d'orientamento del pesce nel campo elettrico.

32 L'effetto della corrente intermittente (ad impulsi)

Procedendo a diverse ricerche si è potuto constatare che è soprattutto alla chiusura del circuito elettrico o immissione della corrente che il sistema nervoso e muscolare del pesce è stimolato. Praticamente infatti possiamo osservare una reazione nel pesce all'inizio dell'operazione, quando cioè si immerge l'anodo nell'acqua. Dall'effetto provocato da questi "colpi" di corrente possiamo trarre la prima importante conseguenza pratica, cioè: non esiste nessuna utilità a lasciar immerso per lungo tempo nello stesso posto, l'anodo. L'applicazione di alcuni impulsi di corrente si è dimostrata molto più efficace della pratica di lasciar fluire la corrente per lungo tempo.

"Frequenti impulsi elettrici separati agiscono più energicamente sul sistema nervoso del pesce di quanto agisce una corrente continua". Infatti se gli impulsi sono scelti con delle durate e emessi a intervalli appropriati da non disturbare il movimento del pesce verso l'anodo, danno un risultato di cattura ottimo.

Un altro vantaggio di questo modo di procedere è quello di poter utilizzare dei generatori di corrente relativamente bassa e di poter utilizzare una quantità minore di corrente.

321 Numero degli impulsi

Il numero degli impulsi è molto importante per l'efficacia della corrente intermittente (richiamo: il numero degli impulsi al secondo - nell'unità di tempo - = frequenza). Sperimentalmente si è potuto determinare il numero degli impulsi di corrente con i quali si può raggiungere un effetto di stordimento narcosi (3^a reazione) per le diverse specie di pesci. Nella tabella seguente sono date le frequenze di impulsi, valori liminari provocanti la narcosi.

Tabella 3

Numero minimo di impulsi al secondo necessari per l'ottenimento della narcosi in diverse specie di pesci.

Specie	Lunghezza (in cm)	Frequenza liminare d'impulsi (impulsi/sec.)
Trota iridea (Salmo gairdneri)	15-17	80
Carpa (Cyprinus carpio)	12-15	50
Anguilla (Anguilla anguilla)	20-22	50
Tinca (Tinca tinca)	16-18	40
Pesce persico (Perca fluviatilis)	12-14	70
Spinarello (Gasterosteus aculeatus)	6-7	100

Questo numero costituisce il riferimento che permette di dosare gli impulsi a seconda della reazione desiderata.

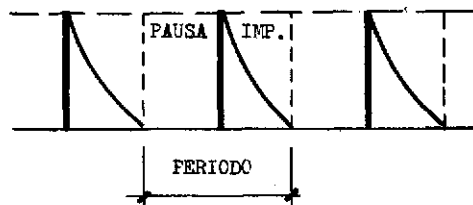
Evidentemente se si vuol ottenere un'elettrotassi [2^a Reazione] il numero di impulsi applicato deve essere inferiore a quello indicato dalla tabella.

Bisogna pure menzionare la possibilità di provocare la fuga dei pesci con degli impulsi in generale molto spaziatati nel tempo. [Principio dello sbarramento elettrico per scacciare i pesci].

322 Forma degli impulsi

La forma degli impulsi ha una grande importanza per l'efficacia stessa dell'impulso.

La forma più efficace per ottenere una galvanotassi è quella "a triangolo" con salita rapida seguita subito da una discesa lenta.



Le cifre date nella tabella 3 si riferiscono a questo tipo di scarica. Molto interessante da notare: la similitudine di questo tipo di impulso con quelli prodotti in natura dai pesci elettrici. Ciò ne conferma l'efficacia.

Tutti questi esperimenti che hanno permesso la determinazione del numero di impulsi provocanti la narcosi sono stati fatti in laboratorio con delle condizioni ben precise e controllate. Bisogna pure osservare che questi valori sono dipendenti:

- dalla temperatura dell'acqua
- dalla specie del pesce
- dalla lunghezza del pesce
- dallo stato fisiologico del pesce, ecc.

A causa di tutti questi parametri che ne influenzano l'utilizzazione, l'applicazione della corrente elettrica intermittente in natura è molto difficile.

33 Effetto sul metabolismo (sul ricambio)

Evidentemente la corrente elettrica influisce sul metabolismo (ricambio) del pesce.

Da esperimenti effettuati e secondo le condizioni di ricerca adottate, i diversi tipi di corrente influiscono il metabolismo nel modo seguente:

- Corrente intermittente aumento del metabolismo del 12 %
- Corrente continua aumento del metabolismo del 35 %
- Corrente alternata aumento del metabolismo del 48 %

Queste cifre sono di un'importanza pratica estrema. Infatti bisogna tener conto di questi dati soprattutto per il trasporto dei pesci dopo la cattura con l'elettricità.

A questo proposito, dobbiamo tener presente che l'aumento del metabolismo vuol dire anche aumento del bisogno e del consumo di ossigeno, questo può provocare degli incidenti e anche la morte dei pesci per asfissia durante il trasporto, se quest'ultimo fosse mal organizzato.

34 Effetti dannosi sui pesci

Da approfondite ricerche risulta che l'applicazione della pesca elettrica effettuata con i giusti criteri non provoca danni sui pesci. Unicamente con delle applicazioni inopportune, adoperando delle correnti troppo forti, delle tensioni troppo alte e per dei periodi troppo lunghi si generano degli inconvenienti seri.

Si possono per esempio provocare dei danni ai prodotti genitali (spermatozoi e ovuli) dei pesci oppure agli animali che servono normalmente da nutrimento ai pesci. Pure degno di rilievo è il fatto che l'applicazione frequente della pesca elettrica nello stesso corso d'acqua provoca nei pesci una specie di apprendimento per cui riescono a fuggire alla prima percezione di una scossa elettrica.

4 Il comportamento delle differenti specie di pesci sotto l'influsso della corrente elettrica (da Rehbronn)

- La Trota e il Salmerino sono relativamente facili da pescare con l'elettricità. Queste specie salgono in superficie e si lasciano facilmente dirigere all'anodo.

- Il Temolo ha un comportamento analogo, ma essendo più sensibile alla corrente elettrica entra più facilmente nello stadio di Galvanonarcosi.
Di conseguenza deve essere catturato con una corrente più debole di quella utilizzata per catturare la trota.

- La Carpa è difficile da prendere. Se non è completamente investita dal campo elettrico va in profondità dove non è più possibile catturarla.

- La Tinca è ancora più difficile da catturare della carpa. Infatti si rifugia nella melma da dove non si riesce più a farla uscire, tanto più che nell'acqua torbida non è più visibile.

- Il Cavedano e la Scardola per contro sono più facili da pescare. Possiedono una buona reazione anodica, si dirigono molto bene verso l'anodo e vi si mantengono fino a quando si prendono con la reticella.

- La Savetta, dal momento in cui si trova presa nel campo elettrico si mette subito sul fianco. La corrente dell'acqua la trasporta allora facilmente, bisogna quindi prevedere e disporre uno sbarramento del corso d'acqua a valle, oppure lavorare con diverse reticelle.

- Il Barbo se non investito interamente dal campo elettrico, riesce a fuggire in qualche rifugio. Se si riesce a reperirlo di nuovo, bisogna levare e riimmergere l'elettrodo nell'acqua prima di poter far risalire l'animale in superficie.

- Il Luccio deve essere sorpreso dall'immersione dell'elettrodo. Il suo slancio gli permette sovente di attraversare il campo elettrico. Perciò è raccomandabile di pescarlo con l'aiuto di 2 anodi. Di solito se il luccio riesce a scappare, ritorna nuovamente al suo posto iniziale.

- Il Lucioperca entra facilmente in narcosi. Risulta quindi molto difficile di farlo risalire alla superficie.

- Il Pesce persico in generale è di taglia più piccola del lucioperca, possiede una migliore reazione anodica e cade meno facilmente in narcosi.

- La Bottatrice deve essere fatta uscire dal suo nascondiglio e ciò non è facile. Bisogna immergere l'elettrodo una sola volta per un tempo assai lungo. In questo modo l'animale può seguire l'anodo con la bocca spalancata.

III Applicazione della corrente elettrica alla pesca

1 Introduzione

Nella prima parte del mio esposto ho illustrato brevemente i principi fondamentali di elettrotecnica necessari per spiegare i meccanismi che reggono l'elettropesca:

La nozione certamente più importante messa in risalto è quella del campo elettrico.

Nel secondo esposto è stato esaminato il comportamento del pesce nel campo elettrico.

Così riprendendo le componenti essenziali che intervengono nell'applicazione della pesca elettrica:

- a) l'elettricità,
- b) il pesce sottoposto alla corrente elettrica,
- c) l'ambiente acquatico,

dopo la conoscenza della forma di energia adoperata e del comportamento del pesce visti rispettivamente nella 1^a e nella 2^a parte, riteniamo ora importante esaminare l'ambiente nel quale si utilizza la tecnica. Scopo quindi di questa terza parte sarà quello di stabilire le influenze dell'ambiente. Oltre il completamento della trattazione delle componenti essenziali, menzioneremo i mezzi dei quali l'operatore dispone per l'utilizzazione efficace della tecnica in situazioni differenti; i diversi tipi di apparecchi e da ultimo accenneremo ad altre applicazioni dell'elettricità in acquicoltura.

2 La conduttività dell'acqua e del fondo

La conduttività dell'acqua è un concetto essenziale che è già stato introdotto nella prima parte (cfr. pg. 3). La sua im-

portanza può essere così enunciata:

"La forma e l'effetto di cattura del campo elettrico dipendono essenzialmente dalla conduttività dell'acqua".

Possiamo definire la conduttività specifica dell'acqua come la conduttività di un cubo di acqua di 1 cm di lato. Questa conduttività specifica dipende dai materiali disciolti e dalla temperatura dell'acqua.

L'acqua dissociata nelle sue componenti chimiche risulta formata da particelle ioniche (ioni OH^- e H^+ provenienti dalla scissione della sua stessa molecola H_2O). Queste particelle grazie alla loro carica permettono la trasmissione della corrente (confrontare 1^a parte: conduttori liquidi). Inoltre, più alto è il contenuto salino dell'acqua, maggiore sarà il contenuto di ioni e di conseguenza più grande sarà la conduttività. (Esempio del sale di cucina NaCl dissociato negli ioni Na^+ e Cl^-). Siccome la maggior parte dei materiali disciolti nell'acqua provengono dall'ambiente circostante dove l'acqua scorre, le caratteristiche geologiche del bacino imbrifero influenzeranno in maniera preponderante il tenore salino del corso d'acqua e di conseguenza il tenore ionico e la conduttività. (Tab. 4)

Uno dei materiali più importanti che possono venir disciolti nell'acqua delle nostre regioni è il carbonato di calcio (CaCO_3), comunemente chiamato calcare.

Oltre ad essere l'elemento più frequentemente disciolto nell'acqua dalle nostre parti, il calcare è pure una delle componenti più importanti della durezza carbonica (che esprime appunto il tenore in sali di calcio o di magnesio).

Un'acqua dura possiede da noi una conduttività relativamente alta, un'acqua dolce una conduttività debole.

Altri cambiamenti transitori o permanenti possono influenzare

la conduttività dell'acqua. Per citare solo qualche esempio: gli inquinamenti, lo scioglimento delle nevi, le sostanze disciolte che vengono trasportate dalle acque in occasione di piene, la caduta delle foglie nei corsi d'acqua, ecc. costituiscono dei fattori che provocano dei cambiamenti sostanziali della conduttività e dei quali bisogna sovente tener conto.

Anche la temperatura dell'acqua influenza la sua conduttività infatti gli ioni con una temperatura alta aumentano la loro mobilità mentre la diminuiscono con una temperatura bassa. La conduttività specifica diminuisce del 2,5 % per ogni grado (1°C) di abbassamento della temperatura.

Tenendo conto di questi elementi esiste dunque la possibilità di applicare la pesca elettrica in un determinato luogo scegliendo i momenti meno sfavorevoli.

Tabella 4

RESISTENZE SPECIFICHE

Materie	Ohm	x	cm
Acqua piovana, distillata			50'000'000
Roccia cristallina	30'000	a	1'000'000
Calcare e gesso	10'000	a	300'000
Acqua di torrenti differenti	500	a	15'000
Sabbia e ghiaia in acqua dolce	500	a	10'000
Suolo melmoso	100	a	1'000
Acqua di un corso d'acqua inquinato	100	a	500
Acqua marina	1	a	10
Acciaio			0,00001

La conduttività specifica si misura con il conduttometro. Abbiamo già visto che questa conduttività specifica è misurata in $\mu\text{S/cm}$ (microsiemens per cm). La resistenza specifica e la conduttività specifica sono rette dalla relazione:

$$1 \text{ Ohm x cm} = \frac{1'000'000}{\mu\text{S/cm}}$$

Limiti per pescare con la corrente continua:

- Conduttività specifica 70 - 2'000 $\mu\text{S/cm}$
- Resistenza specifica 15'000 - 500 $\Omega \text{ cm}$

Non solamente la conduttività del corso d'acqua è importante per la propagazione della corrente, ma oltremodo importante è anche la composizione del letto del fiume e della riva.

Nella tabella seguente sono date alcune resistenze specifiche concernenti alcuni tipi di fondo importanti per la pratica dell'elettro-pesca. (Tab. 5)

Possiamo subito osservare p.es. che il fondo del fiume di tipo cristallino è molto favorevole, mentre al contrario un fondo melmoso è sfavorevole.

Secondo questi tipi di fondo avremo all'applicazione della pesca elettrica i seguenti casi pratici:

- a) Nei luoghi dove il letto del fiume appartiene al primo gruppo il campo elettrico rimane circoscritto al corso d'acqua.
- b) Nel secondo gruppo il campo elettrico si propaga anche nel terreno circostante.
- c) Nel terzo gruppo il campo elettrico è ripartito uniformemente nell'acqua e nel suolo circostante. Le condizioni di quest'ultimo caso sono analoghe a quelle che possono esistere per la pesca elettrica in un lago grande e profondo.

Tabella 5

Suddivisione dei tipi di fondo

Conduttività del fondo
(0,1 - 3 μ S/cm)
FAVOREVOLE alla pesca el.

Fondo crystallino
Fondo roccia compatta
Fondo con sale min. comp.

Conduttività specifica del fondo
(1 - 100 μ S/cm)
A. MEDIA

Fondo calcario
gesso
sabbia e ghiaia

Conduttività
(100 - 10'000 μ S/cm)
A. NON FAVOREVOLE

Fondo in argilla
suolo melmoso, fango
sabbia umida fino in prof.

Da quanto detto, le migliori condizioni per pescare elettricamente sono:

- una conduttività dell'acqua media o alta
- una conduttività del letto del fiume debole o molto bassa

La forma del campo elettrico dipende essenzialmente dalla conduttività dell'acqua e del fondo (alveo). D'altra parte la forma del campo elettrico e la densità della corrente nel campo dipendono dalla dimensione e dalla forma del corso d'acqua, dalla forza del generatore di corrente, dalla forma degli elettrodi e dalla distanza esistente tra i due elettrodi.

Di tutti questi dati variabili, il pescatore, per adattarsi alle condizioni del corso d'acqua, ha solamente la possibilità di variare la tensione e la corrente; la dimensione e la forma degli elettrodi. Evidentemente, sempre con lo scopo ultimo di ottenere una densità di corrente tale da provocare la galvanotassi nei pesci.

3 I mezzi a disposizione dell'operatore per pescare efficacemente

Consideriamo ora un certo numero di situazioni pratiche (designate: a, b, c, d), prendendo un apparecchio di cui conosciamo la tensione e la potenza (Fig. 11).

- a) Con un anodo di una certa grandezza e per una corrente definita otteniamo un raggio di cattura definito. Questo raggio di cattura è suddiviso in 2 zone distinte:
la prima dove il pesce presenta la galvanotassi
la seconda dove ha luogo la galvanonarcosi; zona dove la densità di corrente è tale da narcotizzare il pesce. La zona di galvanonarcosi è quindi indesiderata per la nostra operazione.

b) Mantenendo la stessa tensione, ma operando con un anodo di dimensioni più piccole il raggio di cattura diminuisce, la densità della corrente vicino all'anodo cresce e la zona di galvanonarcosi diventa più grande in proporzione al raggio della zona di cattura.

c) Mantenendo ancora la stessa tensione iniziale, ma adoperando un anodo di dimensioni più grandi, la corrente che fluisce aumenta quale conseguenza alla diminuita resistenza dell'anodo aggrandito, così anche il raggio di cattura diventa più ampio.

$$\begin{array}{ccccccc} & & \text{COSTANTE} & & & & \\ & & U^* & = & \downarrow R & \times & \uparrow I \\ \text{Tensione} & & & & \text{Resist.} & & \text{Corrente} \end{array}$$

Da notare che dopo tale operazione questo apparecchio sarà sottoposto ad uno sforzo maggiore.

$$\begin{array}{ccccccc} & & \text{COSTANTE} & & & & \\ & & W & = & \text{Volt}^* & \times & \text{Amp.} \uparrow \\ \text{Potenza} & & \text{Tensione} & & & & \text{Corrente} \end{array}$$

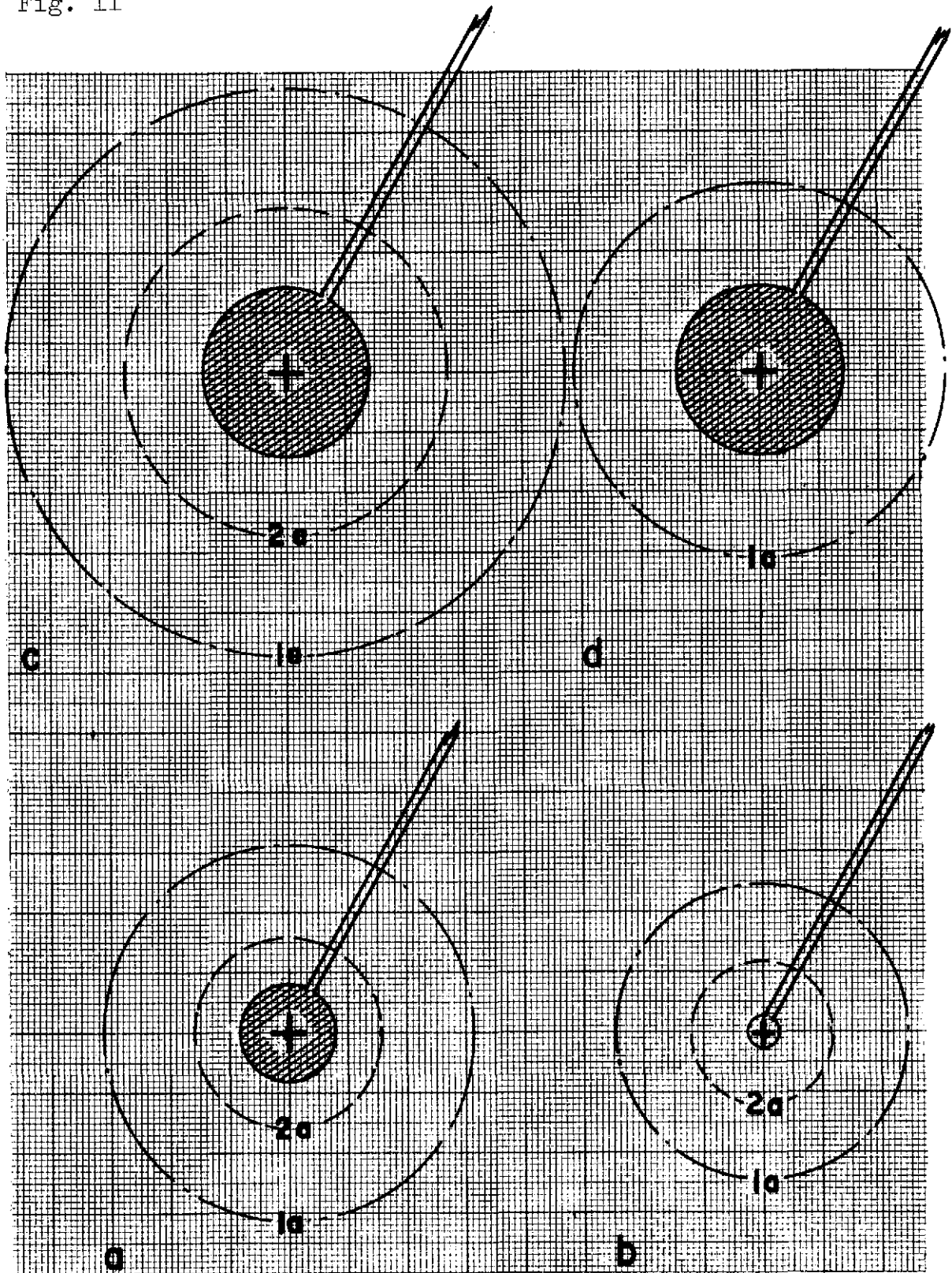
d) Facciamo ora variare la tensione:

- Diminuendo la tensione, mantenendo l'anodo uguale (dunque resistenza costante), la densità della corrente e il raggio di cattura diminuiscono e in particolare la zona di galvanonarcosi scompare.

$$\begin{array}{ccccccc} & & \text{COSTANTE} & & & & \\ & & \downarrow U & = & R & \times & \downarrow I \\ & & & & & & \end{array}$$

- Aumentando la tensione con anodo costante produciamo un raggio di cattura più grande, ma la zona di galvanonarcosi aumenta pure in proporzione.

Fig. 11



Se non riusciamo a provocare una risposta negli animali in maniera da "farli venire" o "attirarli", è possibile che stiamo operando con una corrente troppo forte ed una tensione troppo alta: in questo caso i pesci sono già narcotizzati anche fuori dalla zona controllabile. Di conseguenza non possono avere nessuna reazione anodica nel raggio della zona raggiungibile dagli operatori. In generale si utilizzano delle tensioni che variano tra 200 e 500 V.

32 Interazione anodo - catodo

Nella prima parte abbiamo già introdotto le nozioni di curva di tensione e di gradiente di potenziale. Con degli elettrodi di uguale dimensione la curva di tensione ha la forma seguente.

Fig. 12: Curva di tensione; gli elettrodi hanno la stessa dimensione. Da questa figura si può dedurre che l'effetto di cattura dell'anodo ha la stessa portata dell'effetto di "spavento" generato dal catodo. E' quindi evidente che se si riesce a spostare il gradiente di potenziale verso l'anodo si ha il vantaggio di aumentare l'effetto di cattura dell'anodo. Questo è possibile utilizzando un catodo di grandi dimensioni. Infatti utilizzando un catodo più grande dell'anodo la curva si trasforma nel modo seguente:

Fig. 13: Curva di tensione; il catodo è più grande dell'anodo.

CURVE DI TENSIONE

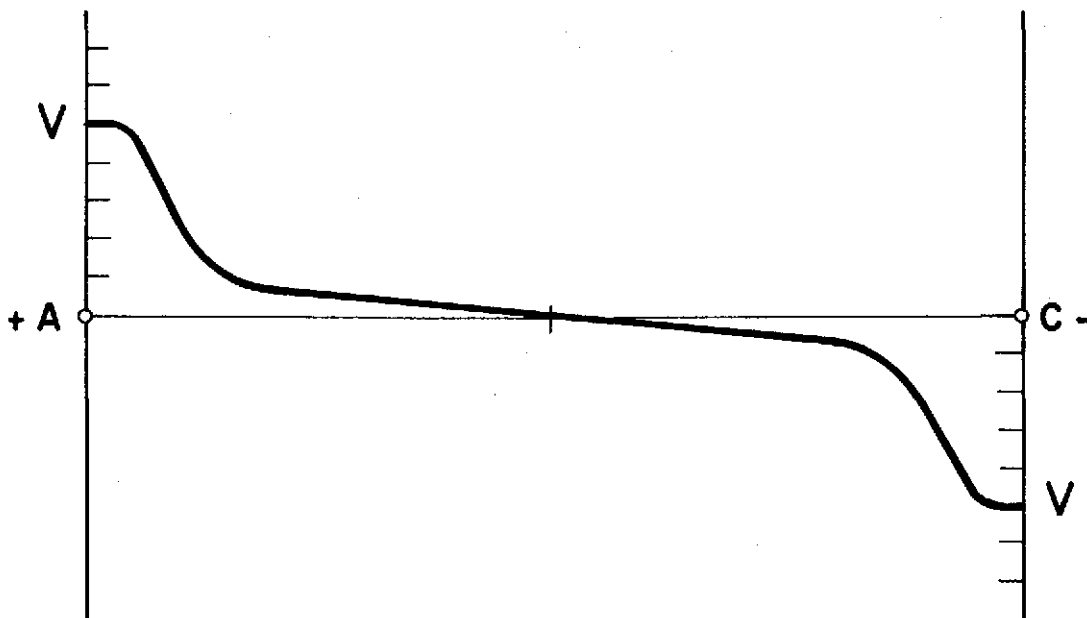


Fig. 12: DIMENSIONE DELL'ANODO = DIMENSIONE DEL CATODO

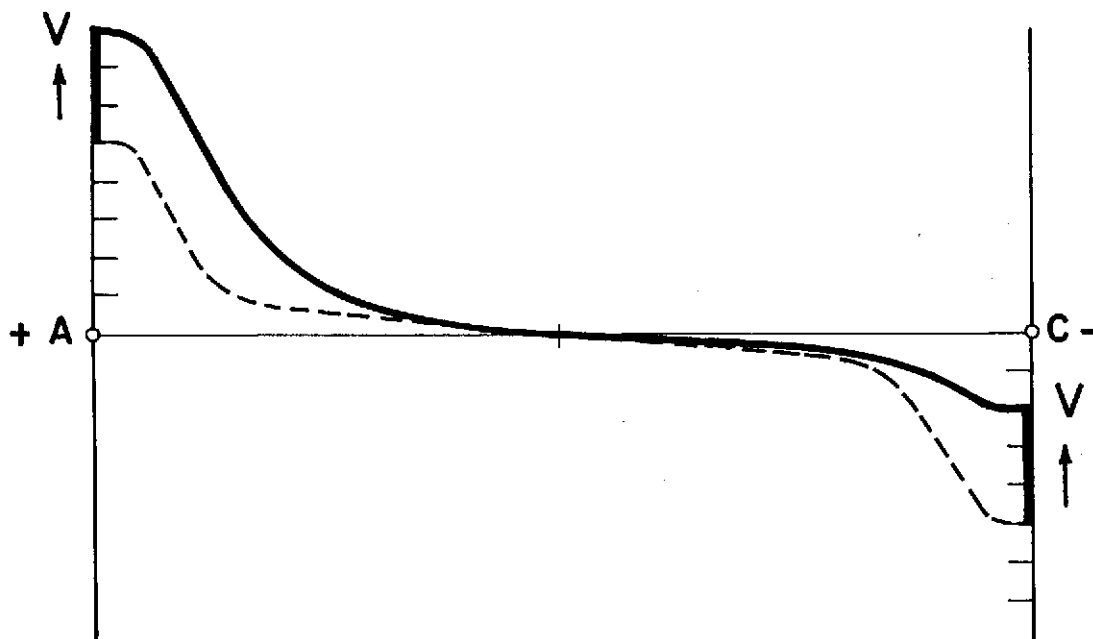


Fig. 13: DIMENSIONE DELL'ANODO > DIMENSIONE DEL CATODO

Direttamente in rapporto con l'interazione anodo - catodo qui esaminata risulta essere il caso seguente.

- Nelle acque dove la conduttività è buona, cioè quando la resistenza esistente è piccola, la corrente elettrica potrebbe risultare all'impiego troppo forte, con la conseguenza di sovraccaricare l'apparecchio, sorpassandone la capacità. Diminuendo le dimensioni del catodo possiamo cercare di ovviare a questo inconveniente così da poter utilizzare ugualmente con questo accorgimento lo stesso apparecchio.

33 La distanza tra gli elettrodi

Giovandoci di quanto è stato detto fin qui, possiamo mettere in evidenza un altro punto essenziale:

- La maggior parte della potenza di un apparecchio si esaurisce in prossimità degli elettrodi, cioè nelle regioni dove le tensioni diminuiscono rapidamente. Al contrario la zona "piatta" compresa tra queste 2 regioni è insignificante per quanto concerne la consumazione di energia. Ne deriva che la dimensione di questa zona non costituisce un fattore importante nel bilancio energetico del funzionamento dell'apparecchio. Per questo tale distanza potrà essere indifferentemente di 20, 200, 500 o più metri.

4 L'utilizzazione di apparecchi di diverso tipo

Per la pesca elettrica esistono degli apparecchi:

- a corrente continua
- a corrente intermittente (a impulsi)
- a corrente alternata

(l'utilizzazione di quest'ultimi sarà proibita dalla nuova Legge Federale sulla pesca).

41 Apparecchi a corrente continua

Sono generalmente composti da un motore a benzina e da un generatore elettrico (dinamo).

Un apparecchio di buona qualità è munito di un amperometro e di un voltmetro. Teoricamente questi "aggregati" potrebbero essere costruiti con delle potenze enormi, ma bisogna considerare il fatto che diventerebbero così pesanti da impedire la manipolazione.

Gli apparecchi a batterie possono fornire delle potenze corrispondenti alla capacità delle loro batterie o dei loro accumulatori. Se le loro batterie sono leggere avranno una potenza piccola e una durata limitata. Teoricamente è possibile costruirne di più potenti con lo stesso principio, ma diverrebbero molto pesanti e di conseguenza impossibili da manipolare.

42 Con gli apparecchi a corrente intermittente (ad impulsi)

si può risparmiare sul consumo di corrente elettrica dato che la si lascia fluire solo a colpi.

La frequenza deve poter essere regolata in modo da ottenere la reazione voluta nel pesce basandosi sui valori liminari stabiliti. Questi apparecchi sono però di costruzione complicata e molto difficili da utilizzare in maniera adeguata.

Gli elettrodi costituiscono il collegamento tra il generatore di energia e l'acqua, bisogna quindi situarli in maniera da permettere all'apparecchio di funzionare nelle condizioni ottimali.

L'anodo o polo di cattura è composto da una rete (la grandezza delle maglie di circa 10 mm) tesa su di un'ansa metallica di 30 - 60 cm di diametro. Ci si può servire anche di una rete metallica oppure di una griglia. Deve pure essere manegge-

vole, leggero, con delle maniglie in materia isolante. L'elettrodo non deve mai essere utilizzato come reticella per i pesci.

Con un catodo di grandi dimensioni un apparecchio può più facilmente essere adattato alla conduttività specifica di un corso d'acqua. Il catodo ideale dovrebbe essere flottante e di forma allungata. Qualche volta è composto di una griglia; di tubi che possono essere avvitati l'uno all'altro secondo il bisogno; oppure anche di catene, rendendolo così allungabile.

REGOLA: Le proporzioni della dimensione dell'anodo e del catodo devono essere rette dalla frazione.

$\frac{\text{ANODO}}{\text{CATODO}}$ da 1 : 4 fino a 1 : 10

L'efficacia degli elettrodi è maggiore quando sono opposti l'uno all'altro dalla parte della loro maggiore superficie.

Per scegliere un apparecchio "ideale" i punti seguenti devono essere presi in considerazione:

Apparecchio con:

Per acqua con bassa conduttività	Grande tensione
Per acqua con buona conduttività	Grande potenza
Per piccoli corsi d'acqua	Piccola potenza
Per grandi corsi d'acqua	Grande potenza
Quando il fondo del corso d'acqua possiede una buona conduttività	Grande potenza
Fondo con una cattiva conduttività	Piccola potenza

Tabella 6

CONDUTTIVITÀ DELL'ACQUA	Resistenza in Ohm cm	Conduttività in microSiemens/cm	Potenza necessaria dell'apparecchio in Kilowatt	Tensione per il funzionam./vuoto in Volt
Bassa	fino 15'000	70	0,5 - 1,0	400 - 500
Media	15'000-2'000	70 - 500	1,0 - 2,0	300
Alta	2'000	500	2,0	200 - 250
Molto alta	900 - 150	1'000 - 7'000	E' necessario l'uso dell'apparecchio a corrente intermittente [a impulsi]	

Ulteriori applicazioni dell'elettricità in acquicoltura

Concludendo citiamo ancora qualche applicazione della corrente elettrica in acquicoltura.

- La costruzione di cinte elettriche davanti a centrali elettriche per impedire l'entrata ai pesci nelle turbine.
In generale sono fatte funzionare con la corrente ad impulsi e hanno l'effetto di scacciare il pesce.
- Anche delle reti da pesca fisse possono essere combinate con dei congegni elettrici, soprattutto per indirizzare i pesci.
- Nell'industria alimentare piscicola sono state introdotte delle installazioni che permettono l'uccisione di grandi quantità di pesci con l'"elettroschock".

IV Esecuzione degli esperimenti pratici

Dimostrazioni pratiche eseguite durante il corso; inerenti alla teoria della III parte

1. La conduttività dell'acqua (sperimentale)

Determinare la conduttività di 3 soluzioni di carbonato di sodio (NaHCO_3).

Materiale: 4 bottiglie di Erlenmeyer
1 conduttometro
3 fiale contenenti risp.: 16,8; 168 e 1680 mg di sale (quantità calcolate in base al volume di 200 ml)
- acqua distillata
- agitatore magnetico

Esecuzione: - In ogni bottiglia di Erlenmeyer si introducono 200 ml d'acqua distillata e vi si aggiunge un campione di sale
- Agitare fino a completo discioglimento del sale
- Effettuare la lettura al conduttometro

Risultati:

Lettura:

la 1^a lettura è effettuata con l'acqua distillata senza aggiunta di sale:

NaHCO_3 mg/l	$\mu\text{S/cm}$	Ohm x cm	mval/l	Gradi franc.	Nei Campioni mg/200 ml
84	100	10'000	1	5	16.8
840	800	1'250	10	50	168
8400	7000	140	100	500	1680

Osservazione:

Tra la conduttività e la resistenza specifica esiste la relazione seguente:

$$\frac{1'000'000}{\mu\text{S/cm}} = 1 \text{ Ohm x cm}$$

2. Conduttività (acque naturali della regione di Airolo)

Determinare la conduttività di 3 acque naturali provenienti da 3 diversi corsi d'acqua.

Materiale: 4 bottiglie di Erlenmeyer
- conduttometro
- agitatore magnetico

Esecuzione: - Versare in ogni bottiglia di Erlenmeyer 300 ml di acqua proveniente dai diversi prelievi
- Agitare
- Effettuare la lettura al conduttometro

Risultati:

Campioni	Provenienza	$\mu\text{S/cm}$	Ohm x cm
No. 1	Foss (Bedrina)	68	14'705
No. 2	Ticino (Airolo)	290	3'448
No. 3	Riale secco (Ambri-sotto)	440	2'272

3. Misura della durezza dell'acqua (durezza dovuta ai carbonati)

Misuriamo la durezza delle stesse acque naturali della regione di Airolo.

Materiale: 4 bottiglie di Erlenmeyer
1 flacone con una soluzione di arancio di metile: 0,5 g/100 ml
1 bottiglia di acido cloridrico 0,1 N
3 pipette (graduate) (10 ml, 5 ml, 1 ml)

Esecuzione: - Versare 100 ml di acqua in ogni bottiglia di Erlenmeyer
- Aggiungere in ogni campione 2 gocce di arancio di metile, fino ad ottenere una colorazione arancione
- Titolare i 3 campioni aggiungendo acido cloridrico (HCl) fino a quando il colore vira al rosso-arancione
- Serbare un campione per la comparazione

Risultati:

Campioni	Provenienza	ml HCl = mval/l	Durezza in Gradi francesi (mval/l x 5)
No. 1	Foss	0,58	2,9 gradi franc.
No. 2	Ticino	1,20	6 " "
No. 3	Riale secco	1,90	9,5 " "

Interpretazione:

La durezza dell'acqua, espressa in gradi francesi, si ottiene moltiplicando per 5 la quantità di acido cloridrico in ml che è stata necessaria per ottenere il cambiamento di colore nel campione.

Un grado francese di durezza corrisponde a 10 mg/l di CaCO_3 (Carbonato di calcio). Secondo la graduazione francese che riteniamo utile riportare qui sotto, i nostri campioni possono essere classificati come segue:

No. 1 e No. 2 durezza molto bassa

No. 3 dolce.

Tabella semplice per la classificazione delle acque. Ripresa da: "Biologia e protezione delle acque", Dipart. federale dell'interno, 1970.

<u>Specificazione:</u>	<u>Graduazione francese:</u>
- durezza molto bassa	0 - 7
- dolce	7 - 14
- durezza media	14 - 22
- abbastanza dura	22 - 32
- dura	32 - 54
- molto dura	superiore a 54

4. Influenza della temperatura sulla conduttività

Una variazione termica di 1°C comporta una variazione della conduttività del 2,5 % $\mu\text{S}/\text{cm}$. Un aumento di 20°C comporta per esempio una conduttività raddoppiata.

Materiale: 1 campione di acqua naturale
1 bottiglia di Erlenmeyer
- conduttometro
- agitatore magnetico

Esecuzione: - Versare 300 ml di acqua naturale in una bottiglia di Erlenmeyer
- Agitare

- Eseguire la 1^a lettura
- Riscaldare
- 2^a lettura
- Riscaldare
- 3^a lettura e così di seguito

Risultati: Misure effettuate con l'acqua del canale,
campione No. 3:

	Temperatura in °C	μS/cm	Ohm x cm
1 ^a lettura	15 °C	440	2'272
2 ^a lettura	30 °C	560	1'785
3 ^a lettura	40 °C	665	1'503
4 ^a lettura	50 °C	780	1'282

ESECUZIONE DELLA PESCA ELETTRICA

1. Preparazione e pianificazione

Il successo della pesca elettrica dipende da un'accurata preparazione e pianificazione, che implicano la conoscenza

- delle caratteristiche delle acque in cui s'intende applicarla,
- dell'attrezzo appropriato,
- dell'equipaggiamento necessario e
- della composizione e dell'effettivo della squadra.

1.1 Caratteristiche delle acque

Bisogna dapprima accertarne

- l'estensione, la profondità e la portata
- l'aspetto, la configurazione della riva e del fondo
- la conduttività e la temperatura come
- l'accessibilità.

1.2 Scelta dell'apparecchio opportuno

In base agli accertamenti di cui alla cifra 1.1, si procede alla scelta dell'apparecchio appropriato (vedi esposto "Introduzione alla pesca elettrica", la ripetizione dell'indicazione è superflua).

Nella fase di preparazione che precede ogni singola operazione di pesca, bisogna controllare gli attrezzi e il materiale per quanto riguarda il loro funzionamento.

Il materiale a cui provvedere è il seguente:

- attrezzo con anodo e catodo
- rotolo di cavi
- presa di terra con cavo di raccordo
- bidone di benzina, pieno

- guadino
- secchio in plastica con manico isolato
- recipiente per il trasporto dei pesci
- bottiglia di ossigeno o pompa d'aria
- borsa degli attrezzi, contenente: cacciavite, chiave registrabile, coltello
- prova-fase, nastro isolante, pinza piatta, martello, ecc.
- farmacia da tasca
- stivali di gomma
- guanti di gomma

1.3 Composizione del gruppo di lavoro

In tutti i casi il gruppo operante dev'essere composto di un minimo di almeno 2 persone, segnatamente da un addetto che manipola il polo di cattura e da un aiutante.

Generalmente però sono necessari almeno 4 operatori, cioè:

- l'addetto al polo di cattura, che è anche responsabile di tutta l'operazione della pesca elettrica
- l'aiutante dell'addetto al polo di cattura; persona il cui compito è di catturare con il guadino i pesci
- il sorvegliante dell'apparecchio il quale si trova sempre presso l'apparecchio in funzione ed è responsabile del corretto funzionamento
- la persona che prende cura dei pesci catturati.

Bisogna pure rilevare che unicamente le persone in perfetta salute possono prendere parte alla pesca elettrica. Devono soprattutto rinunciare a questo lavoro individui malati o deboli di cuore.

L'addetto al polo di cattura ha pure il compito di impartire le istruzioni al proprio gruppo operante. La stessa persona è pure responsabile della manipolazione dei dispositivi e dei provvedimenti necessari in caso di incidente.

E' certamente un vantaggio se si possono formare dei gruppi di lavoro fissi tra i cui componenti regni un buon affiatamento.

Chi maneggia il polo di cattura deve possedere un'assicurazione responsabilità civile, gli altri partecipanti devono essere assicurati contro gli infortuni.

In acque di notevoli dimensioni o in acque nelle quali è difficile pescare il numero delle persone addette alle specifiche funzioni (all'infuori dell'addetto al polo di cattura), può essere raddoppiato o triplicato a seconda delle esigenze. Per assicurare la conduzione del cavo durante gli spostamenti spesso è pure raccomandabile di disporre di una persona supplementare.

2. Esecuzione

2.1 Misure di sicurezza preventive

L'addetto al polo di cattura ed il suo aiutante portano stivaloni alti o pantaloni da guado come pure guanti di gomma, tutti gli altri collaboratori devono portare almeno gli stivali fino al ginocchio. Questi capi d'abbigliamento devono avere una impermeabilizzazione garantita a tenuta d'acqua. Spettatori, in modo particolare bambini, sono da tener lontani (eventualmente utilizzare un cartello ammonitore).

Bisogna accendere e spegnere l'apparecchio solo quanto i due poli si trovano in acqua.

La presa di terra a partire dal telaio dell'apparecchio è necessaria per deviare tutte le correnti che possono eventualmente entrare in contatto con parti dell'apparecchio che non appartengono al circuito elettrico operante.

2.2 La pesca elettrica in piccoli corsi d'acqua, ruscelli e fossati

Apparecchio: di potenza media o debole, molte volte sono pure adatti gli apparecchi portatili a batteria.

2.3 La pesca elettrica nei corsi d'acqua nella zona della trota

Apparecchio: scelta da stabilire caso per caso.

Con delle crescite di erbe acquatiche siamo in presenza di una conduttività diminuita, perciò bisogna circuire lo strato erboso prendendolo di fianco con il polo di cattura.

Fare attenzione alla conduzione del cavo, eventualmente utilizzare un bastone a forma di forcella.

Pescare sempre risalendo contro corrente, così i pesci storditi e scacciati possono essere catturati più facilmente.

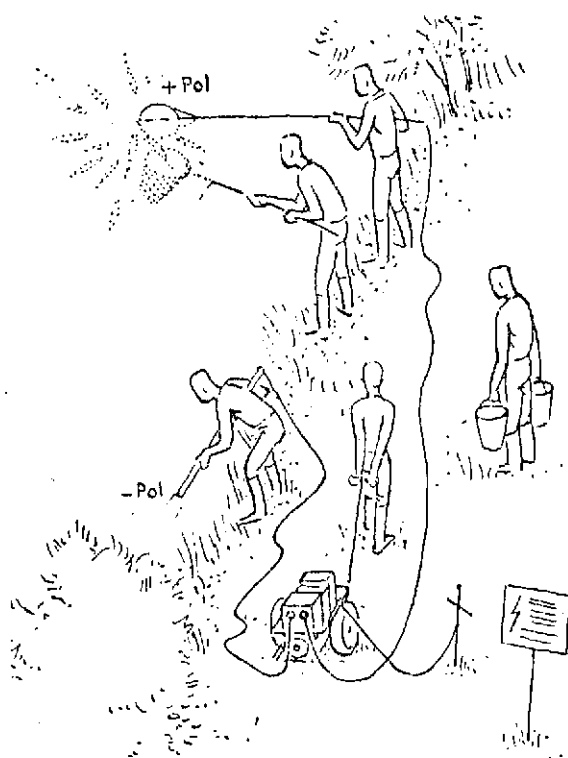


Fig. 1:
Pesca eseguita dalla riva.
L'apparecchio per la pesca elettrica, la presa di terra e il catoio vengono trainati.

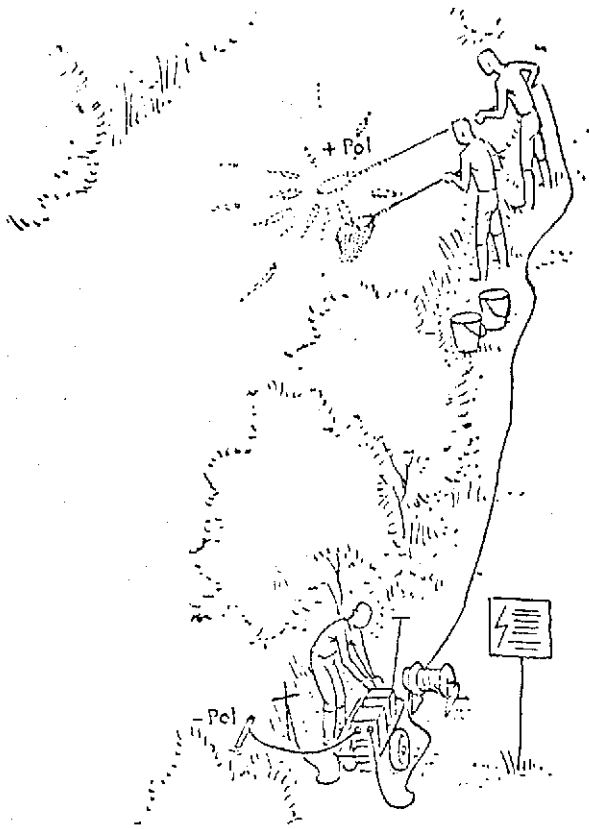


Fig. 2:

Pesca eseguita dalla riva. L'apparecchio per la pesca elettrica ed il catodo non vengono spostati. Il cavo del polo di cattura deve essere il più lungo possibile.



Fig. 3:

Pesca eseguita "a guado". L'addetto al polo di cattura e l'operatore con il guadino entrano in acqua. L'apparecchio per la pesca elettrica resta sulla riva senza essere trainato.

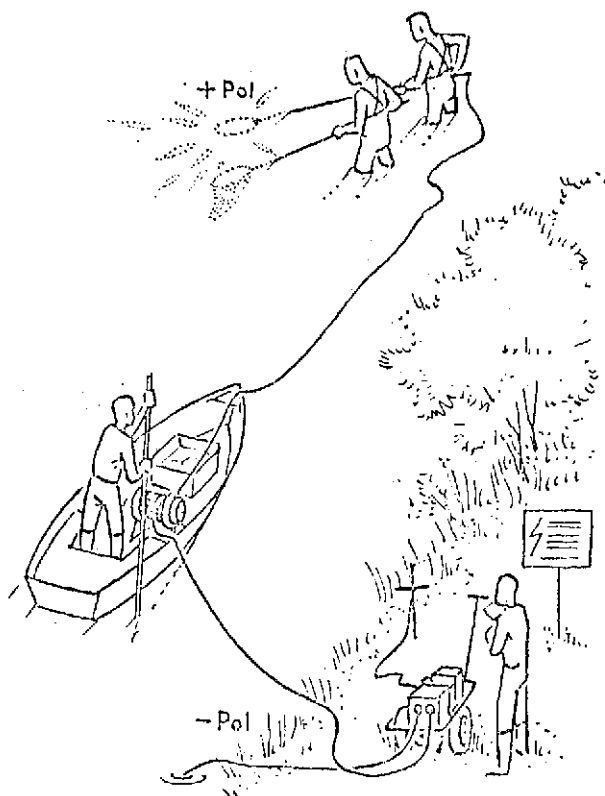


Fig. 4:

Con una riva resa impraticabile da alberi, da arbusti o da sterpi, il cavo è condotto da una barca che segue l'addetto al polo di cattura che guada l'acqua. I pesci vengono caricati sulla stessa barca. L'apparecchio resta a terra.



Fig. 5:

In corsi d'acqua larghi popolati da trote e da temoli la cattura è eseguita, nelle condizioni migliori, utilizzando una barca a fondo piatto. Il gruppo di lavoro e l'apparecchio prendono posto sulla barca come segue: l'addetto al polo di cattura a prua, dietro l'apparecchio un contenitore per riporre i pesci. La corta distanza esistente tra i due poli rappresenta un inconveniente. Per una pesca di ripulitura totale dei pesci si possono utilizzare delle reti di sbarramento che sono stese da riva a riva. La prima rete nel posto più a valle del tratto d'acqua da ripulire, la seconda più in alto e la terza più a monte con una più grande distanza. Dopo la pesca di ripulitura del tratto più a valle la prima rete in basso viene ritirata e stesa di nuovo più a monte tra la seconda e la terza. Si esegue in seguito la ripulitura nel tratto successivo risalendo, ecc.

2.4 Pesca elettrica nei corsi d'acqua nella zona del barbo

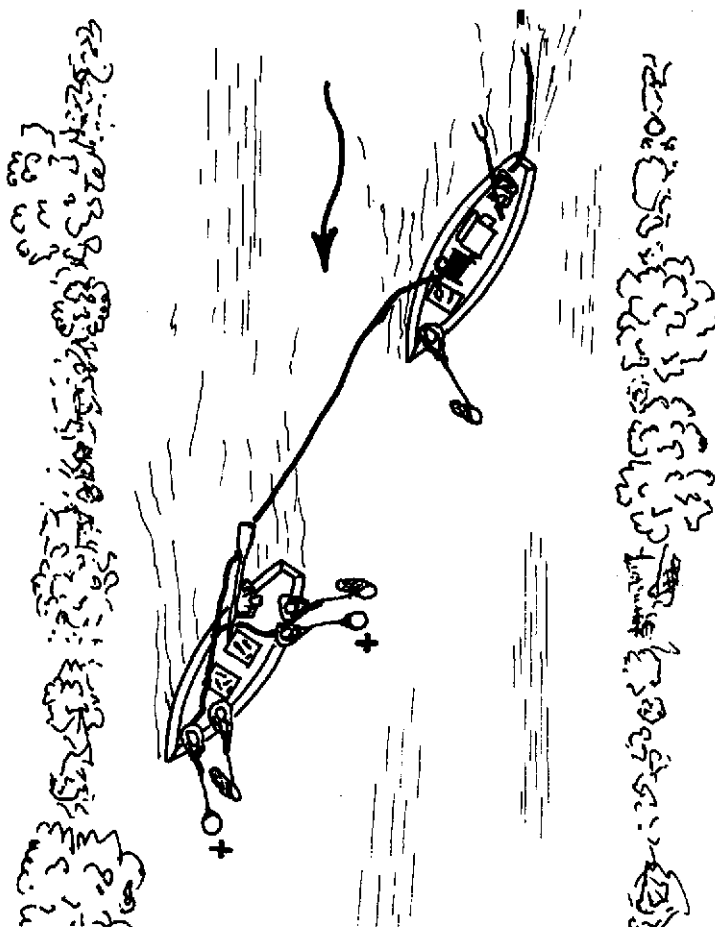


Fig. 6:

Pesca con l'apparecchio elettrico e con due barche.

A causa della forza della corrente dell'acqua bisogna pescare seguendo il senso della corrente, scendendo lungo il corso d'acqua.

Solamente barcaioli molto abili possono effettuare questo lavoro. Bisogna utilizzare lunghe barche di legno. Nella prima barca c'è un barcaiolo e posti sia davanti che dietro si trovano: un addetto al polo di cattura e un aiutante.

Nella seconda imbarcazione è posto un apparecchio elettrico potente (2-3 kW) da prua e da poppa pendono due poli negativi; se è possibile, cioè se non esistono vibrazioni del fondo, nella stessa barca possono prendere posto: un barcaiolo, un sorvegliante dell'apparecchio e uno o due addetti muniti di guadino.

L'impiego di reti di sbarramento non è possibile a causa della forte corrente dell'acqua.

2.5 La pesca elettrica nei corsi d'acqua nella zona dell'abramide

Si proceda come descritto nel paragrafo 2.4, pertanto possono essere utilizzate le reti di sbarramento.

2.6 Sbarramenti deterrenti (con effetto dissuasivo e di intimorimento provocato dallo spavento)

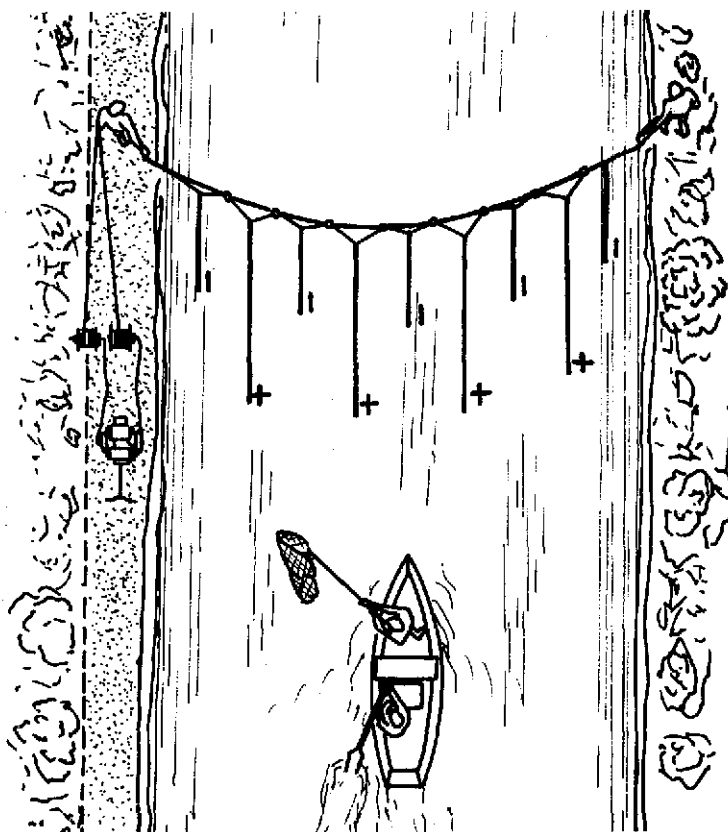


Fig. 7:

Sbarramenti deterrenti per la pesca di ripulitura di stagni con trote, di canali o di acque stagnanti. Il catodo è formato da bande di acciaio larghe 2-3 cm, che sono fissate ad un cavo di acciaio su tutto il profilo della profondità dell'acqua. Queste bande tramite il galleggiamento si mantengono sulla superficie dell'acqua. L'anodo è pure composto da bande d'acciaio che galleggiando seguono di 2-3 m il catodo. A monte viene utilizzata una rete di sbarramento. Dietro lo sbarramento elettrodeterrente segue la barca di cattura.

2.7 La pesca elettrica in corpi d'acqua di considerevoli dimensioni

L'effetto di cattura e di intimorimento dell'apparecchio elettrico è combinato con diversi congegni di reti.

Non ci dilungheremo oltre in questa sede poichè lo svolgimento di questo tema costituirebbe la materia di un corso completo.

2.8 Trasporto dei pesci catturati

Bisogna prendere in considerazione:

la temperatura massima dell'acqua che generalmente è sopportata senza inconvenienti:

- per le trote 15°
- per le carpe e
il pesce bianco 18°

la quantità d'acqua richiesta per ogni kg di pesce da trasportare:

- per le trote "di misura" 6 l
- per le trotelline 12 l
- per il pesce bianco circa
la metà di queste quantità

quantità di ossigeno richiesta per ogni kg di pesce:

- per trote grosse 1 litro di ossigeno
oppure 5 litri di aria ogni ora
(con una temperatura dell'acqua di
circa 10°C)
- per trote piccole 1,6 litri di ossigeno
o 8 litri di aria
- per il pesce bianco circa la metà delle
quantità indicate per le trote.

Per piccoli trasporti di pesci possono anche essere utilizzati sacchi di plastica robusti. Questi sacchi vengono riempiti con l'acqua e i pesci fino ad un terzo della loro capacità, il secondo terzo è riempito con ossigeno. Il resto serve alla chiusura ermetica.

3. Comportamento in caso di incidenti

L'intrattenimento accurato del materiale (nessun cavo senza protezione isolante), delle istruzioni senza malintesi chiaramente impartite al gruppo di lavoro limitano il pericolo d'incidenti al minimo.

Ciò malgrado è indispensabile possedere una permanente disponibilità per essere pronti ad affrontare l'insorgere di casi imprevisti.

Il pericolo di incidenti è particolarmente grande vicino al polo di cattura. L'aiutante può scivolare e così facendo entrare in contatto con il polo senza isolazione. Il manipolatore del polo di cattura rispettivamente il custode dell'apparecchio devono tentare di togliere immediatamente la corrente. Se una persona rimane presa nel circuito elettrico è sufficiente levare il polo di cattura dall'acqua. Il sorvegliante dell'apparecchio deve disinserirlo subito se nota un funzionamento irregolare.

Da parte sua l'individuo che per caso finisce sotto l'influenza del circuito elettrico deve cercare da solo di sottrarsi uscendo dalla zona pericolosa p.es. con un salto. Nel caso venisse subito colpito da crampi muscolari, un altro aiutante con un oggetto isolante deve cercare di allontanare il conduttore elettrico spingendolo con forza oppure cercare di strappare l'infortunato dalle parti sotto tensione afferrandolo in un posto asciutto dei suoi abiti.

Se l'infortunato ha perso conoscenza, si deve tentare di rianimarlo praticando la respirazione artificiale, analogamente a come si fa con gli annegati.

Le piaghe dovute a bruciature devono essere coperte con della garza. Il ferito deve essere posto al riparo mentre si chiama un medico. Un trasporto è da considerarsi solo se il ferito respira di nuovo completamente.