

**HYDRORES**  
*INFORMATION*

Anno XXIII, n. 28  
31 dicembre 2008

PESCA MARICOLTURA AMBIENTE

**ANNUARIO 2008**  
**(2006-2007)**



TRIESTE 2009

## INDICE

EDITORIALE .....	PAG. 5
PERCHÈ SÌ ALLA ZONA CROATA ITTICO-ECOLOGICA .....	« 5
ALGERIA: UN MONDO VICINO A NOI, PERÒ QUASI SCONOSCIUTO, PIENO DI VITA, DI CONTRASTI, DI STORIA, DI MITI E DI ... PESCA .....	« 7
MICROELEMENTI INTEGRANTI I MODULI (M.I.M.) STRUTTURE ARTIFICIALI DI BIOARCHITETTURA SOTTOMARINA PER IL RIPOPOLAMENTO DEI LITORALI .....	« 14
RICERCA .....	« 20
CONSIDERAZIONI SULLE EVIDENZE DILUVIALI PLEISTOCENICHE ACCERTATE SUL CARSO TRIESTINO POSTE A CONFRONTO CON SITUAZIONI IDROGEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE PRESENTI IN DIVERSE AREE PREALPINE ED ALPINE .....	« 20
IL COCOMERO ASININO [ <i>ECBALLIUM ELATÉRIUM</i> (L.) A. RICH.], STRAVAGANTE CUCURBITACEA DEISCENTE DEI LUOGHI INCOLTI LITORANEI .....	« 36
ALCUNE OSSERVAZIONI SULLA MISURA DELLA CONCENTRAZIONE DI IONI IDROGENO DELLA PIOGGIA .	« 45
SIMULAZIONI NUMERICHE DEL CAMPO ELETTRICO NEI PESCI E IN ACQUA: STUDIO PROPEDEUTICO ALL'APPLICAZIONE DELLA PESCA ELETTRICA IN MARE .....	« 53
LA TEMPERATURA DEL MARE ALLA STAZIONE MAREOGRAFICA DI TRIESTE (1996-2008) .....	« 61
L'ELIOFANIA A TRIESTE 1886-2005 .....	« 70
SCIENZA E CULTURA NEL MUSEO NAZIONALE DELL'ANTARTIDE FELICE IPPOLITO (SEZIONE DI TRIESTE) . . . .	« 82
LE TREZZE DELL'ALTO ADRIATICO .....	« 91
QUALE SARÀ LA SORTE DELLA NAVE OCEANOGRAFICA UMBERTO D'ANCONA? .....	« 97
DOTTRINA & GIURISPRUDENZA .....	« 98
L'AUTORITÀ GARANTE DELLA CONCORRENZA E DEL MERCATO ACCOGLIE IL RICORSO AVVERSO ALLA DISPARITÀ DI TRATTAMENTO PECUNIARIO, IN FUNZIONE DELLA FORMA SOCIETARIA PRESCELTA, PENALIZZATA PERÒ DA UN DECRETO MINISTERIALE, CHE DISCRIMINA COSÌ MIGLIAIA DI IMPRESE OPERANTI NELLA PESCA E NELLA MARICOLTURA .....	« 98
NECROLOGI .....	« 100
RECENSIONI .....	« 101
LA PESCA IN FRIULI-VENEZIA GIULIA .....	« 101
JADRANSKE BABICE .....	« 102
NARRATIVA .....	« 103
HARRAGÀ .....	« 103

STRAVISI A.\*, SPECOGNA R.\*\*\*, KUTIN S.\*\*, DOZ M.\*\*, TREVISAN F.\*\*\*, D'AGARO E.\*

\* Università di Udine, Dipartimento di Scienze Animali

\*\*\* Università di Udine, Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Gestionale e Meccanica

\*\* Piccola Società Cooperativa Pescatori Lisert

---

## SIMULAZIONI NUMERICHE DEL CAMPO ELETTRICO NEI PESCI E IN ACQUA: STUDIO PROPEDEUTICO ALL'APPLICAZIONE DELLA PESCA ELETTRICA IN MARE

---

### Riassunto

La pesca elettrica, comune come metodo non invasivo di campionamento della fauna ittica nelle acque interne, è scarsamente utilizzata in mare a causa dell'alta conduttività dell'acqua salata. Mediante un modello campistico bidimensionale che simula la conduzione stazionaria in un sistema elettricamente disomogeneo costituito da pesci in acqua marina si è ottenuto l'andamento del campo elettrico sia nel pesce che nell'acqua per una data geometria degli elettrodi e per diverse disposizioni e misure di pesci. Il campo medio che si ottiene mediante la simulazione all'interno del pesce risulta maggiore del campo nominale nell'acqua marina, con un effetto significativo dell'orientamento del pesce nei confronti del campo elettrico.

*MARINE ELECTRIC FISHING: NUMERICAL SIMULATIONS OF ELECTRIC FIELD IN FISH IN SEAWATER*

### Abstract

*Electric fishing is widely used as a non-invasive sampling method in freshwaters, but it is scarcely applied in marine waters due to the high conductivity of seawater. Using a two-dimensional stationary electric conduction field model in the electrically non homogeneous system given by fish in seawater, the electric field distribution in the water and inside the fish have been obtained for a given electrode geometry and for different fish dispositions and sizes. The mean electric field simulated inside the fish is greater than the nominal field in the water, with a significant effect of orientation of the fish towards the electric field.*

### Introduzione

La pesca elettrica è ampiamente utilizzata come metodo di campionamento della fauna ittica nelle acque dolci, in quanto permette la manipolazione ed il successivo rilascio dei pesci vivi. Il principio sul quale si basa è l'instaurarsi di un gradiente di potenziale elettrico nell'acqua, tra uno o più catodi e un anodo. I pesci all'interno del campo elettrico subiscono a loro volta tale gradiente di potenziale che produce nel pesce risposte diverse a seconda della sua intensità e del tipo di corrente utilizzata (Van Harreveld, 1938). Le

correnti utilizzabili (continua, DC, alternata, AC o pulsata, PDC) producono effetti diversi. Solamente la corrente continua e quella pulsata provocano una reazione di galvanotassia, cioè di nuoto attivo verso l'anodo; nel caso della corrente alternata tale fenomeno non è possibile a causa del continuo alternarsi di polarità tra gli elettrodi (Bohlin et al., 1989). I parametri che possono essere modulati, in base alle caratteristiche ambientali (conduttività, temperatura) e dei pesci da attrarre (specie, dimensioni), sono la tensione applicata agli elettrodi e, nel caso di corrente alternata o pulsata, la frequenza e il duty cycle.

L'applicazione della pesca elettrica in acqua marina è limitata dall'elevata conduttività dell'acqua salata che è maggiore di quella dei tessuti animali; questo ostacola il passaggio della corrente attraverso al pesce. In acqua ad elevata conduttività viene solitamente utilizzata la corrente pulsata, in quanto a parità di risultato richiede minor potenza rispetto alla corrente diretta continua (Le Men, 1980; Beaumont et al., 2002), e determina galvanotassia nel pesce (Kurk et al., 1971). Il pesce infatti nuota verso l'anodo per effetto della contrazione muscolare data da ciascun impulso elettrico (elettrorassia) fino ad essere narcotizzato (tetano) (Beaumont et al., 2002).

Studi riguardanti l'applicazione dell'elettropesca in mare risalgono agli anni '70-'80, da parte di Le Men (1980), Kurk et al. (1971), Blancheteau (1971), Diner e Le Men (1971). In tali studi vennero determinate sperimentalmente le soglie di campo elettrico, durata e frequenza dell'impulso elettrico che inducono tassa e tetano per diverse specie e proposti modelli da applicare in mare. Nel presente lavoro si vuole fornire una analisi teorica mediante simulazione numerica dell'andamento del campo elettrico nell'acqua e nel pesce in funzione della disposizione degli elettrodi e della posizione e densità dei pesci stessi. La ricerca è parte di un progetto di studio e realizzazione di un sistema innovativo di elettropesca in mare, finalizzato a migliorare la selettività del pescato e a ridurre lo sforzo di pesca attraverso l'introduzione di quote contingentate di cattura.

## Materiali e metodi

Le simulazioni di campo elettrico sono ottenute mediante un modello campistico bidimensionale della conduzione stazionaria nel sistema elettricamente disomogeneo costituito da pesci in acqua marina, specificamente sviluppato per tale applicazione. Tale modello è in grado di fornire l'andamento della distribuzione della densità di corrente e del campo elettrico sia nel pesce che nell'acqua marina per una data geometria degli elettrodi. Il modello numerico prodotto si basa su una formulazione discreta delle equazioni del campo elettromagnetico in condizione di conduzione

stazionaria ed è parte di un codice numerico denominato GAME (Geometric Approach for Maxwell Equations) (Specogna & Trevisan, 2005; Specogna & Trevisan, 2006; Codecasa et al., 2007). Esso richiede la discretizzazione del dominio di interesse (costituito da pesci in acqua marina) in una coppia di reticoli uno duale dell'altro. Successivamente si associano univocamente le grandezze fisiche agli enti geometrici dei due complessi. Ad esempio il potenziale sarà attribuito ai nodi del complesso primale mentre la corrente elettrica alle facce del complesso duale. In questo modo si evidenziano gli aspetti geometrici a livello discreto e le leggi fisiche si traducono direttamente in forma algebrica senza dover discretizzare equazioni alle derivate parziali. Accoppiando poi le equazioni costitutive approssimate (legge di Ohm nel caso specifico) in forma discreta, si possono scrivere dei sistemi algebrici sparsi di grandi dimensioni che risolti forniscono la soluzione del problema di campo. Tale approccio è alternativo a metodologie classiche quali gli elementi finiti o le differenze finite, e ben si presta anche allo studio di tale problema fisico dove i mezzi sono disomogenei. Il modello permette di ottenere: la corrente agli elettrodi  $I$  e valori relativi al singolo pesce (la differenza di potenziale testa-coda, il modulo del campo elettrico  $E$  all'interno del pesce come media dei valori delle porzioni discrete che lo compongono, il modulo del campo elettrico medio nell'acqua che lo circonda, il modulo del campo elettrico in punti arbitrari di campionamento).

Sono state simulate le condizioni di campo elettrico per una data geometria degli elettrodi, costituita da un anodo e due catodi. L'anodo ed i catodi sono alimentati dai potenziali  $V_1 = 0$  V e  $V_2 = 90$  V rispettivamente. La tensione applicata è stata ricavata mediante l'applicazione della Teoria del Trasferimento di Potenza (Kolz, 1989, Miranda e Dolan, 2003), utilizzando come parametro di minima potenza e di modulo del campo elettrico necessari a determinare tassa nel pesce  $15 \mu\text{W}/\text{cm}^3$  e  $10$  V/m rispettivamente (Miranda e Dolan, 2003). Trattandosi di un modello bidimensionale di conduzione stazionaria, si assume unitaria e pari ad 1 m la profondità del modello. La sezione trasversale della geome-

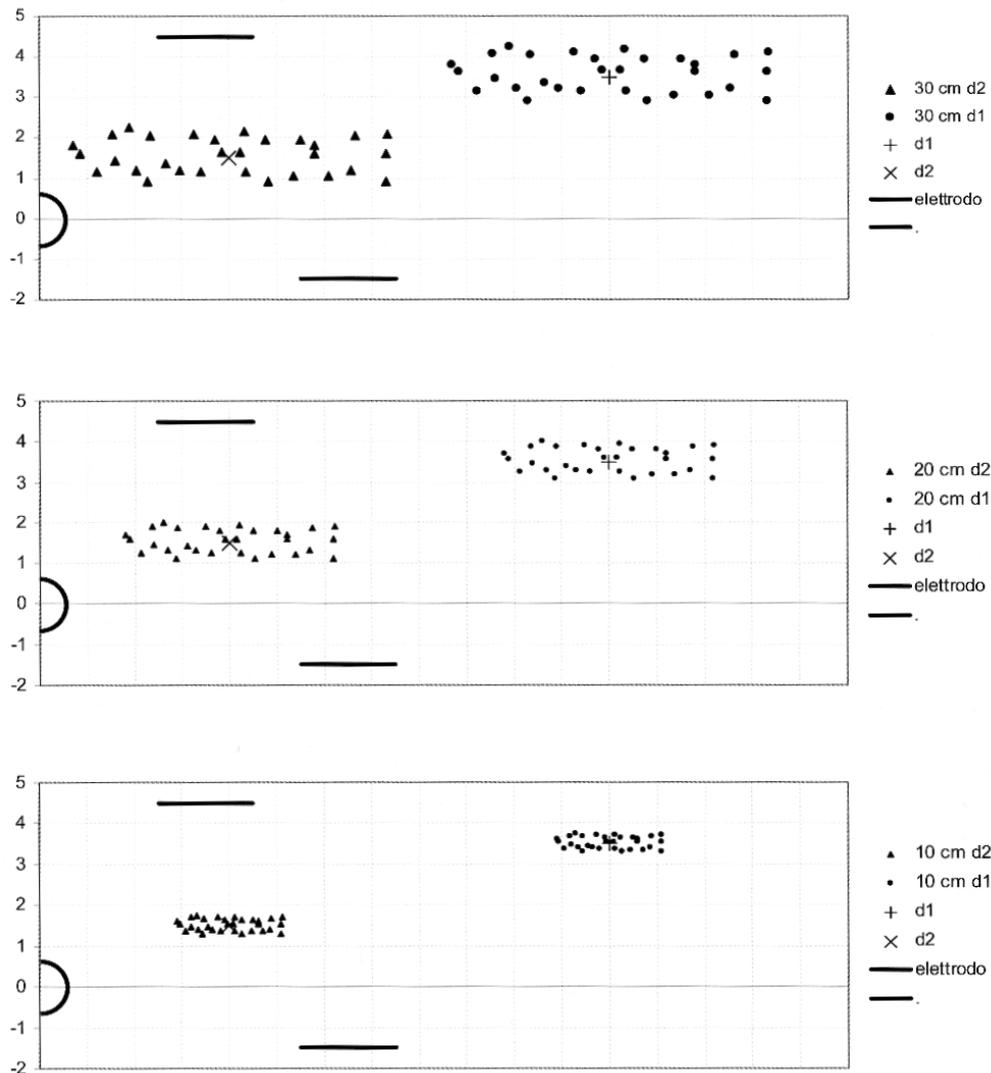


Figura 1 – Disposizione dei gruppi di pesci rispetto agli elettrodi. Distanze in metri; le scale degli assi sono uguali. I punti rappresentano il vertice cefalico di ciascun pesce.

Fig. 1 – Disposition of fish and electrodes. Distances in meters; axes are equal. Points correspond to head vertex of each fish.

tria degli elettrodi in mare (Figura 1) è costituita da un anodo circolare del diametro  $D=1$  m disposto in maniera asimmetrica rispetto ad una coppia di catodi di lunghezza  $B=2$  m. Questa disposizione a triangolo è analoga a quella descritta da Kurk (1972).

Il Golfo di Trieste (Alto Adriatico) ha valori medi mensili di salinità compresi tra 32.3 e 38.1 psu e di temperatura compresi tra 6.6 e 24.2°C (Stravisi, 1983). In base alla

relazione esistente tra salinità, temperatura e conduttività in acqua di mare, considerate a profondità 0 m, tali valori di salinità e temperatura corrispondono ad un intervallo di conduttività compreso tra 3.2 e 5.6 S/m (Stravisi, 1986). Le simulazioni sono state effettuate a conduttività dell'acqua pari a 5.0 S/m. Si è assunto un valore di conduttività del pesce pari a 0.0115 S/m (Miranda & Dolan, 2003).

Le simulazioni sono state condotte in

assenza di pesci e sono state ripetute in presenza di pesci, singoli e in gruppo. Si sono considerati pesci di 10, 20 e 30 cm di lunghezza, sia nel caso di pesci singoli che in gruppo. Il banco di pesci è stato in ogni caso centrato su delle coordinate fisse rispetto agli elettrodi e corrispondenti a due punti d1 ( $x_1=12.0$  m;  $y_1=3.5$  m) e d2 ( $x_2=4.0$  m;  $y_2=1.5$  m) (Fig. 1); i pesci singoli sono stati

estrapolati dal gruppo, mantenendone fissa la posizione.

Il campo è stato descritto, in assenza di pesci, nei punti corrispondenti al vertice cefalico di ogni singolo pesce, per tutte le configurazioni di pesci.

Sono state considerate le seguenti variabili simulate e derivate (in parentesi le corrispondenti unità di misura):

ddp (V): differenza di potenziale testa-coda

Emed\_int (V/m): campo medio interno al pesce

Emin\_int (V/m): campo minimo interno al pesce

E\_max\_int (V/m): campo massimo interno al pesce

Emed\_ext (V/m): campo medio esterno al pesce

Emin\_ext (V/m): campo minimo esterno al pesce

E\_max\_ext (V/m): campo massimo esterno al pesce

E\_acqua (V/m): campo nominale nell'acqua (in assenza di pesci)

Ep/Ea: rapporto tra Emed\_int e E\_acqua

Per le correlazioni si è usato l'indice di correlazione di Pearson.

L'effetto della lunghezza del pesce sulle variabili simulate e dell'orientamento (quadrante e direzione) dei pesci su Emed\_int sono stati valutati con analisi della varianza (One Way ANOVA e Tukey's post hoc test, SPSS 9.05). Emed\_int ed E\_acqua sono stati confrontati con il Wilcoxon signed ranks test (non parametrico).

L'effetto della posizione e dimensioni dei pesci sul rapporto Ep/Ea è stato valutato mediante analisi della varianza (One Way ANOVA, SPSS 9.05).

Il confronto tra il pesce singolo e lo stesso estratto dal gruppo, al fine di valutare un "effetto gruppo" è stato effettuato con il Wilcoxon signed ranks test, considerando tutti i casi insieme e divisi per punto, per dimensione e per singolo banco.

## Risultati e discussione

Applicando una tensione agli elettrodi di 90 V, con conduttività dell'acqua 5 S/m, e assumendo un valore soglia minimo per la tassa anodica di 7.5 V/m (Le Men, 1980), l'area teoricamente efficace per l'attrazione del pesce è di 54.5 m<sup>2</sup>. (Fig. 2). I dati ottenuti con le simulazioni sono riassunti in tabella 1.

A parità di taglia dei pesci, come atteso

la correlazione tra la distanza e i valori simulati è sempre altamente significativa ( $p<0.01$ ) con la diminuzione di tutti i valori all'aumentare della distanza dall'anodo. Emed\_int, Emed\_ext ed E\_acqua diminuiscono esponenzialmente con la distanza (Fig. 3); Beaumont et al. (2002; 2006) hanno descritto un andamento simile per un campo elettrico non uniforme generato in acqua da un anodo circolare e più catodi.

La lunghezza dei pesci in gruppo non ha evidenziato un effetto significativo su nessuna delle variabili simulate. La correlazione tra l'angolo (orientamento nei confronti del campo elettrico) del pesce in gruppo e le variabili simulate non è risultata mai significativa. È invece significativo l'effetto del quadrante corrispondente all'angolazione dei pesci ( $F=3.542$ ,  $df=3$ ;  $p=0.016$ ). In particolare si è notato che nei pesci orientati paralleli al campo Emed\_int è minore rispetto ai pesci perpendicolari al campo, a parità di E\_acqua (Fig. 4); con effetto significativo della direzione (parallela o perpendicolare) ( $F=8.861$ ;  $df=1$ ;  $p=0.003$ ).

Emed\_int e E\_acqua sono significativamente diversi ( $Z=-11.634$ ;  $p<0.01$ ), con Emed\_int in media 3.4 volte maggiore rispetto ad E\_acqua nello stesso punto ( $N=180$ ;  $ds=1.3$ ), senza che ci sia alcun effetto significativo né del punto in cui sono posizionati

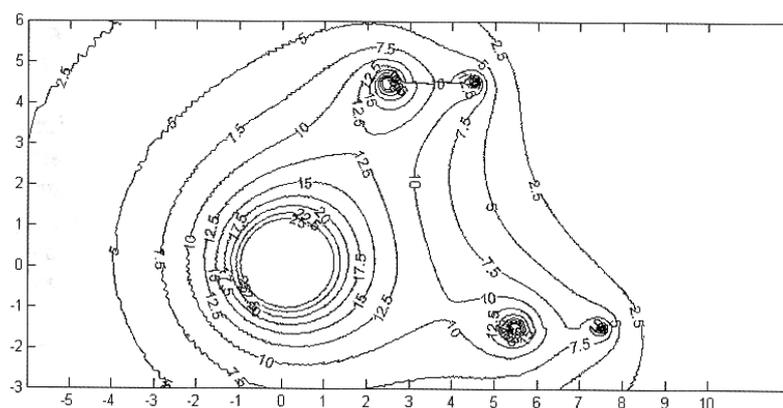


Figura 2 – Distribuzione spaziale delle linee equipotenziali (esprese in V/m) ottenute applicando una tensione di 90V, distanze in metri.

Fig. 2 – Spatial distribution of equipotential lines (V/m), simulated applying a 90V tension; distances in meters.

punto		dist /m	dim /cm	ddp /V	Emed int /V/m	Emax int /V/m	Emin int /V/m	Emed ext /V/m	Emax ext /V/m	Emin ext /V/m	E <sub>acqua</sub>	Ep/Ea
<b>1</b>	<b>media</b>	<b>12.5</b>	<b>30</b>	<b>0.02</b>	<b>0.26</b>	<b>0.32</b>	<b>0.21</b>	<b>0.08</b>	<b>0.23</b>	<b>0.01</b>	<b>0.07</b>	<b>3.71</b>
	ds	1.9		0.01	0.15	0.17	0.13	0.03	0.11	0.01	0.03	1.34
	min	9.5		0.00	0.06	0.08	0.05	0.02	0.06	0.00	0.02	1.24
	max	15.9		0.04	0.63	0.74	0.55	0.18	0.54	0.06	0.15	6.17
	<b>media</b>	<b>12.5</b>	<b>20</b>	<b>0.01</b>	<b>0.21</b>	<b>0.26</b>	<b>0.17</b>	<b>0.06</b>	<b>0.18</b>	<b>0.01</b>	<b>0.06</b>	<b>3.59</b>
	ds	1.3		0.00	0.10	0.12	0.09	0.02	0.07	0.01	0.02	1.28
	min	10.5		0.00	0.04	0.05	0.03	0.03	0.05	0.00	0.03	0.99
	max	14.7		0.02	0.48	0.59	0.42	0.11	0.36	0.05	0.10	6.47
	<b>media</b>	<b>12.5</b>	<b>10</b>	<b>0.00</b>	<b>0.17</b>	<b>0.25</b>	<b>0.14</b>	<b>0.05</b>	<b>0.13</b>	<b>0.01</b>	<b>0.05</b>	<b>3.45</b>
	ds	0.6		0.00	0.08	0.13	0.08	0.01	0.05	0.01	0.01	1.38
	min	11.5		0.00	0.06	0.06	0.01	0.03	0.06	0.00	0.03	1.26
	max	13.6		0.01	0.38	0.63	0.33	0.09	0.28	0.04	0.07	5.57
<b>2</b>	<b>media</b>	<b>4.4</b>	<b>30</b>	<b>2.18</b>	<b>26.59</b>	<b>32.19</b>	<b>21.47</b>	<b>9.50</b>	<b>24.69</b>	<b>1.48</b>	<b>8.34</b>	<b>3.34</b>
	ds	1.8		1.84	20.24	24.29	17.15	6.27	17.31	2.65	5.45	1.18
	min	1.7		0.06	2.89	3.58	1.67	1.07	2.71	0.06	0.93	1.21
	max	7.6		6.72	64.37	79.36	56.72	22.23	60.88	12.32	19.35	5.76
	<b>media</b>	<b>4.3</b>	<b>20</b>	<b>1.34</b>	<b>24.78</b>	<b>31.61</b>	<b>19.89</b>	<b>8.88</b>	<b>22.35</b>	<b>1.30</b>	<b>7.87</b>	<b>3.27</b>
	ds	1.2		0.90	15.70	20.21	13.50	4.20	11.88	1.76	3.75	1.28
	min	2.5		0.10	5.92	7.05	5.10	2.54	6.12	0.16	2.20	1.23
	max	6.5		3.32	62.46	78.22	51.93	17.07	53.57	8.21	14.27	5.71
	<b>media</b>	<b>4.3</b>	<b>10</b>	<b>0.64</b>	<b>24.02</b>	<b>35.17</b>	<b>18.74</b>	<b>8.48</b>	<b>20.12</b>	<b>1.26</b>	<b>7.58</b>	<b>3.23</b>
	ds	0.6		0.32	11.85	18.91	10.56	2.10	7.21	1.46	1.90	1.40
	min	3.3		0.05	6.60	7.82	4.86	4.60	6.99	0.22	4.53	1.26
	max	5.4		1.23	49.56	79.03	41.82	11.88	35.59	6.42	10.74	5.92

Tabella 1 – Valori simulati del campo elettrico nel pesce e nell'acqua marina, applicando una tensione pari a 90 V agli elettrodi e con acqua a conduttività 5 S/m per diverse distanze dal centro dell'anodo (dist) in metri e taglie di pesci (dim) in centimetri.

Tab. 1 – Simulated values of the electric field in fish and seawater, with a 90 V tension impressed to the electrodes and with water conductivity of 5 S/m, for different distances from the anode (dist) in meters and fish sizes (dim) in centimetres.

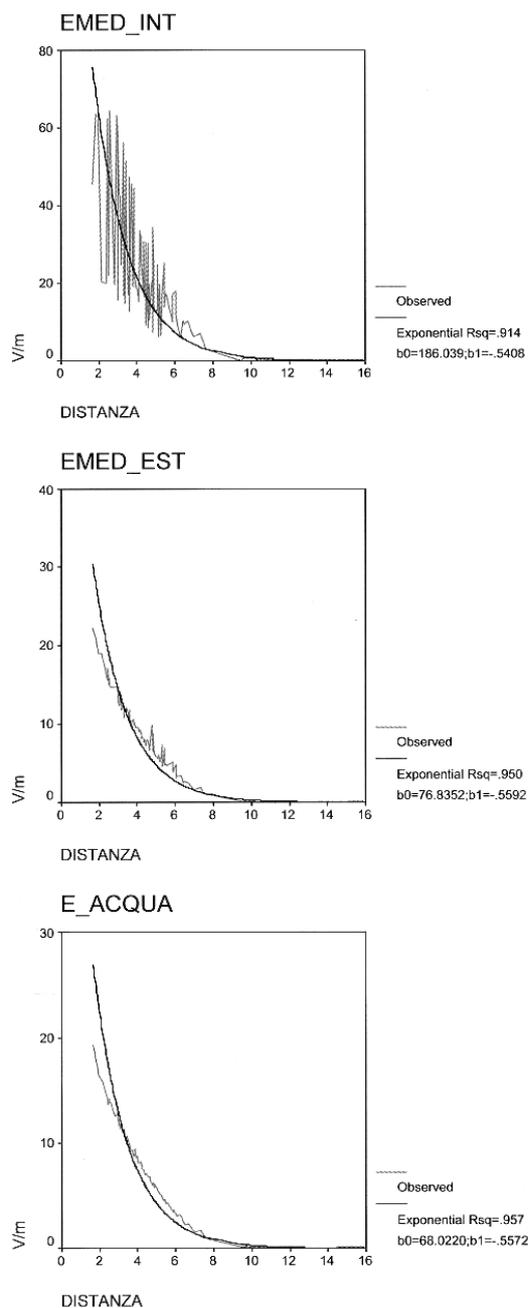


Figura 3 – Andamento del campo elettrico (V/m) interno ed esterno al pesce e nell'acqua) in funzione della distanza in metri. I dati simulati seguono un modello esponenziale ( $p < 0.01$ ).

Fig. 3 – Electric field (V/m) trend over distance in meters: mean field inside (Emed\_int) and outside the fish (Emed\_est) and nominal field in water (E\_acqua). Simulated data are fitted to an exponential model ( $p < 0.01$ ).

i pesci ( $F=2.430$ ;  $df=179$ ;  $p=0.121$ ) né della dimensione dei pesci ( $F=0.291$ ;  $df=179$ ;  $p=0.748$ ) sul rapporto  $E_p/E_a$ .

La differenza riscontrata in termini di campo elettrico interno al pesce e nell'acqua è coerente con i risultati delle simulazioni bidimensionali di Lines & Kestin (2004), anche se tale lavoro è condotto in condizioni idonee all'uccisione dei pesci e non alla loro attrazione (uso di corrente alternata e campi superiori ai 150V/m). Secondo tali autori il campo elettrico all'interno del pesce è maggiore rispetto al campo nominale nell'acqua nel caso di acqua ad alta conduttività, viceversa è minore nel caso di acqua a bassa conduttività. In particolare gli autori riportano valori di campo nel pesce doppi rispetto a quelli nominali di un'acqua a 5 S/m.

Non si nota un effetto gruppo significativo; nel confronto tra il pesce singolo e lo stesso pesce nel gruppo non c'è differenza significativa per nessuna variabile. Comunque, si è notato che tendenzialmente i pesci in gruppo presentano valori medi minori ma con maggiore variabilità dei dati, tendenza sottolineata anche da Lines & Kestin (2004).

Nel caso di applicazione del metodo di elettro-attrazione in acqua marina è rilevante la differenza osservata tra campo nominale nell'acqua e campo medio all'interno del pesce. Questo comporta che le reali soglie di campo che determinano tassi anodici vanno definite in funzione del campo interno al pesce, piuttosto che in funzione del campo applicato all'acqua. Nel nostro caso, in cui la finalità applicativa è l'attrazione del pesce nella pesca professionale in mare, è inoltre di particolare importanza pratica considerare la variabilità nel valore simulato di Emed\_int. Infatti, anche nel caso di campo medio interno del banco idoneo, come ordine di grandezza, all'instaurarsi di tassi anodici, parte dei pesci potrebbe presentare valori troppo bassi (fuga) o troppo alti (tetano e morte). In fase applicativa quindi la tensione applicata va modulata sia in funzione della distanza dei pesci che del loro orientamento nei confronti del campo. Dai dati ottenuti dalle simulazioni teoriche dell'andamento del campo elettrico nei pesci in mare è quindi possibile trarre alcune indicazioni utili, da un lato per la definizione delle prove sperimentali necessarie per la caratte-

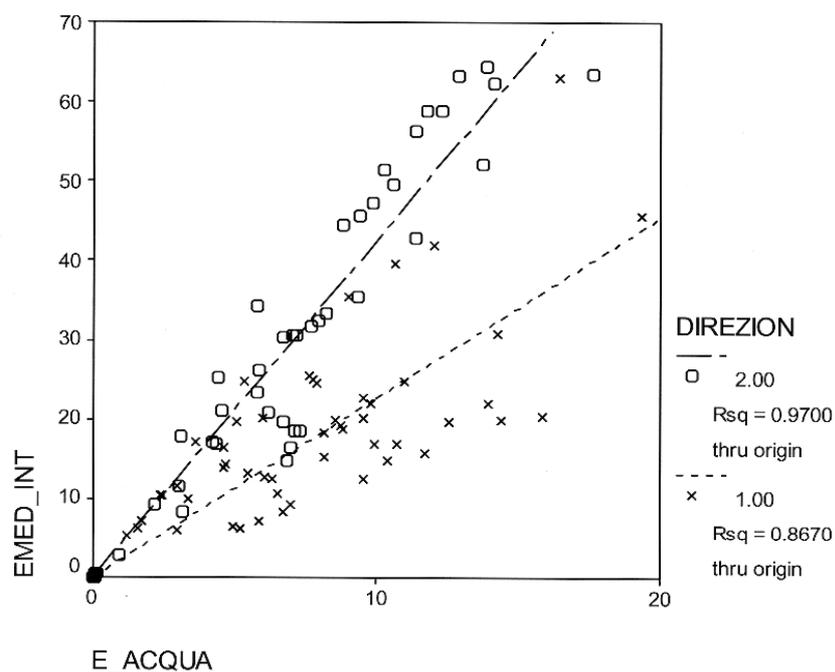


Figura 4 – Regressione tra campo medio nel pesce e campo nominale nell'acqua: pesci perpendicolari (□) e paralleli (x) al campo.

Fig. 4 – Scatter of mean field inside fish and nominal field in water: fish perpendicular (□) and parallel (x) to field.

rizzazione della risposta del pesce al campo elettrico, dall'altro per la progettazione di un sistema di elettropesca in mare. Per le sperimentazioni, si sottolinea l'importanza di abbinare alla risposta osservata nel pesce il dato simulato del campo al suo interno; per la progettazione del sistema di pesca si suggerisce la presenza di un sistema di controllo

continuo del banco e la possibilità di modulazione del campo applicato all'acqua.

Questo lavoro è realizzato nell'ambito del progetto "Studio e realizzazione di un metodo innovativo nel sistema della pesca marina", finanziato dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, LR 26/2005.

### Bibliografia

- BEAUMONT W.R.C, PEIRSON G., LEE M.J. (2006) – Factors affecting the characteristics and propagation of voltage gradient fields from electric fishing anodes. *Fisheries Management and Ecology*, 13: 47-52.
- BEAUMONT W.R.C., TAYLOR A.A.L., LEE M.J., WELTON J.S. (2002) – Guidelines for electric fishing best practice. R&D Technical Report W2-054/TR. Environmental Agency ed., Bristol, UK, 188 pag.
- BLANCHETEAU M. (1971) – La peche électrique en eau del mer. II – choix du stimulus approprié a la peche a l'électricité en mer. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches maritimes*, 35(1): 13-20.
- BOHLIN T., HAMRIN S., HEGGBERGET T.G., RASMUSSEN G., SALVEIT S.J. (1989) – Electrofishing – Theory and practice with special emphasis on salmonids. *Hydrobiologia* 173: 9-43.
- CODECASA L., SPECOGNA R., TREVISAN F. (2007) – Symmetric Positive-Definite Constitutive Matrices for Discrete Eddy-Current Problems. *IEEE Transactions on Magnetics*, 42 (2): 510-515.

- DINER N., LE MEN R. (1971) – La peche électrique en eau del mer: III – Etude du champ électrique nécessaire a la taxie anodique du poisson. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches maritimes*, 35(1): 21-34.
- KOLZ A.L. (1989) – A power transfer theory for electrofishing. In: *Electrofishing, a power related phenomenon*, by A.L. Kolz & J.B. Reynolds, U.S. Fish and Wildlife Service, Technical Report 22: 1-11.
- KURK G. (1971) – La peche électrique en eau de mer: I – Peche a l'électricité avec lumière artificielle et pompe. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches maritimes*, 35(1): 5-12.
- KURK G., (1972) – Device for electric sea-fishing. United States Patent Office, N. 3,693,276.
- LE MEN R. (1980) – Comportement de poissons marins dans un champ électrique – perspectives d'application a la peche. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 44(1): 5-83.
- LINES J., KESTIN S. (2004) – Electrical stunning of fish: the relationship between the electric field strength and water conductivity. *Aquaculture*, 241: 219-234.
- MIRANDA L.E., DOLAN C.R. (2003) – Test of a power transfer model for standardized electrofishing. *Transactions of the American Fisheries Society*, 132: 1179-1185.
- SPECOGNA R., TREVISAN F. (2005) – Discrete constitutive equations in A- $\chi$  geometric eddy-currents formulation. *IEEE Transactions on Magnetics*, 41(4): 1259-1263.
- SPECOGNA R., TREVISAN F. (2006) – Voltage Source in A- $\chi$  discrete geometric approach to eddy currents. *European Physics Journal for Applied Physics*: 97-101.
- SPSS® version 9.05, SPSS inc.
- STRAVISI F. (1983) – The vertical structure annual cycle of the mass field parameters in the Gulf of Trieste. *Bollettino di Oceanologia Teorica e Applicata*, 1 (3): 239-250.
- STRAVISI F. (1986) – Standard Computations of Physical Seawater Properties. *Rapporto interno LC 86/3 (FTC 86/3)*, Laboratorio di Climatologia, Dipartimento di Fisica Teorica, Università di Trieste, 17 pag.
- VAN HARREVELD A. (1938) – On galvanotropism and oscillotaxis in fish. *Journal of Experimental Biology*, 15: 197-208.