

30/9/1996

דו"ח ביניים למחקר:

**פיתוח שיטה של שימוש בסמנים ביוכימיים בדגי גרם לשם
ניטור שאריות של תרכובות מסרטנות ורעלי עצב במאגרי
מים מתוקים**

**מוגש לנציבות המים
מנהלת מחקר ופיתוח של משק המים**

ע"י

**ד"ר עמינדב יעבץ
ורמי מנליס**

**המכון לחקר שמירה הטבע
הפקולטה למדעי החיים
אוניברסיטת תל אביב**

חוקרים משתתפים:

**ד"ר בני טלטש, מקורות
מר יונתן רוז, רשות נחל ירקון**



60513883

30/9/1996

דו"ח ביניים למחקר:

**פיתוח שיטה של שימוש בסמנים ביוכימיים בדגי גרם לשם
ניטור שאריות של תרכובות מסרטנות ורעלי. עצב במאגרי
מים מתוקים**

מוגש לנציבות המים
מנהלת מחקר ופיתוח של משק המים

ע"י

ד"ר עמינדב יעבץ
ורמי מנליס

המכון לחקר שמירת הטבע
הפקולטה למדעי החיים
אוניברסיטת תל אביב

חוקרים משתתפים:

ד"ר בני טלטש, מקורות
מר יונתן רוז, רשות נחל ירקון

שיטות העבודה.

א. בעלי-חיים.

האורגניזמים הנבדקים ואשר עליהם נעשו הניסיונות הם דגים מהמשפחות: אמנוניים (Cichlidae), קרפיוניים (Cyprinidae) וקיפונייים (Mugilidae). הדגים התקבלו ממדגה של קיבוצים, והיו בגודל אחיד. הדגים הוחזקו עד הניסוי במכלים של כ- 120 ליטר עם פילטר חיצוני. הדגים הוחזקו בזמן האקלימציה שלפני הניסוי וכן בזמן הניסוי בטמפרטורה של 25°C .

ב. הכנת החומר הביולוגי לאנליזה.

הדגים מוגדרים, נשקלים ונמדד אורכם. בעזרת משור חשמלי פותחים את קופסית המוח והמוח מועבר בשלמותו, לאחר שנשקל, להומוגניזר עם בוכנת טפלון שם הוא עובר הומוגניזציה בבופר: $0.1\text{M K}_2\text{HPO}_4$, $\text{pH} = 7.4$, ביחס 0.1 גרם מוח ל-1 ml בופר מקורר ל- 0°C . ההומוגנט השלם משמש כמקור לקביעת פעילות האנזים brain-acetylcholinesterase. בניסויים הקינטיים השתמשנו בנוזל העליון המתקבל לאחר צנטריפוגציה של ההומוגנט המוח ב- $1000\times\text{g}$, במשך 10 דקות. פעילות האנזים נקבעה עם הסובסטרט acetylthiocholine לקביעת פעילות האנזים -acetylcholinesterase gills, הוכן ההומוגנט של הזימים כפי שתואר עם ההומוגנט המוח.

ג. האנליזה הביוכימית.

האנליזה הביוכימית של פעילות האנזים אצטילכולינאסטרז ברקמות המוח והזימים נעשתה בהתאם לשיטה הספקטרופוטומטרית של Ellman (1961). תערובת הראקציה כללה את המרכיבים: $4.5\cdot 10^{-4}\text{M acetylthiocholine}$, $7.5\cdot 10^{-5}\text{M 5,5-dithiobis-(2-nitrobenzoic) acid}$ ב- 2.5 ml של בופר פוספט ($\text{pH} = 8.0$, 0.1M). הריאקציה החלה ע"י הוספה של $50\ \mu\text{l}$ מהומוגנט זימים או לחילופין $25\ \mu\text{l}$ מהומוגנט מוח. מעקב אחר התפתחות הראקציה נעשה באורך גל של 412 nm בעזרת ספקטרופוטומטר ממוחשב בעל קרן כפולה מסוג: UVidec- 610, תוצרת JASCO, יפן.

תוצאות

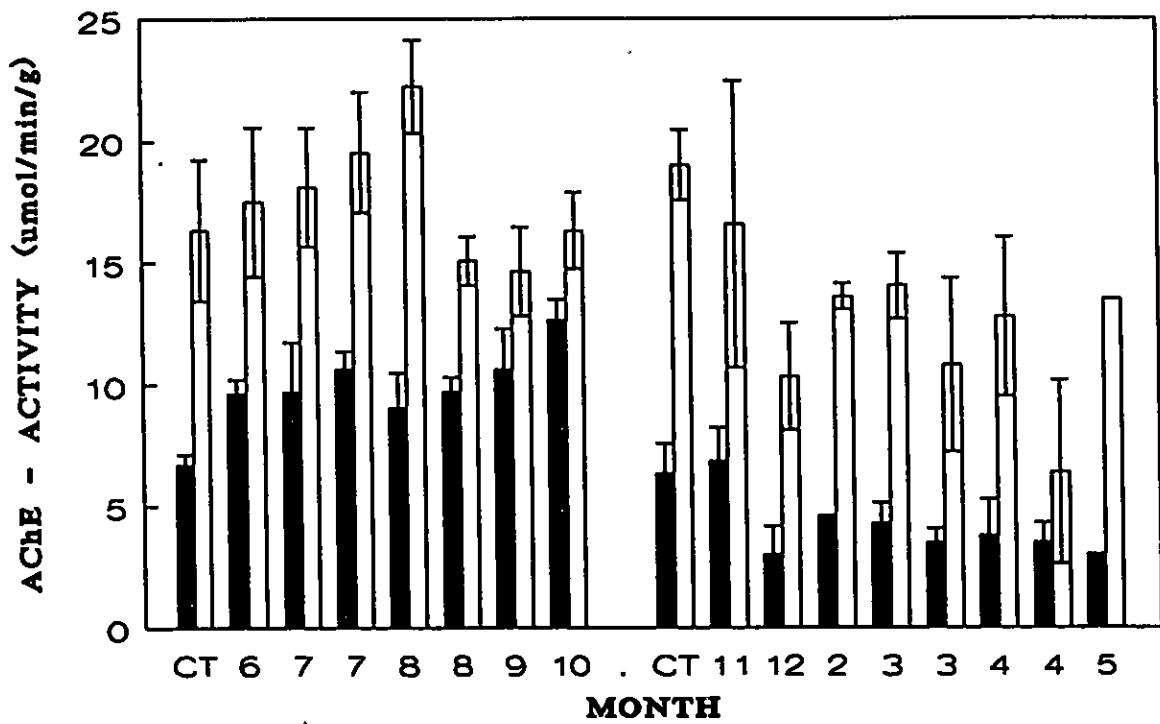
1. מערכת חשיפה רציפה לניטור שאריות אורגנוזרחניים וקרבמטים במאגר אשכול.

כפי שניתן לראות באיור 1, בתקופה שבין סוף שנת 1995 עד יוני 1996, נמצאה באמנונים שבמערכת החשיפה הרציפה שבאתר אשכול ירידה ממוצעת של כ- 50% בפעילות אצטילכולינאסטרז בזימים ושל כ- 30% בפעילות אצטילכולינאסטרז במוח.

בשל הסבירות הנמוכה של זיהום מי המאגר באורגנוזרחניים וקרבמטים נבחנו יחד עם אנשי מקורות אפשרויות שונות של פגיעה בלתי ספציפית בדגים. מאחר והתופעה נמשכה ולא נמצא הסבר אחר מאשר חשיפה לרעלי עצב, נשלחו מדגמים של רקמות הדגים ששהו במערכת לאנליזה כימית בעזרת גז - כרומטוגרף - ספקטרוסקופ מסות. הממצאים העידו על מציאות שאריות נמוכות של הזרחנאורגנים: azinphos-ethyl ו-malathion וכן שאריות של קוטלי חרקים פריטרואידיים ואורגנוכלורנינים.

FIG. 1: AChE OF TILAPIA FROM "ESHKOL MONITORING SYSTEM" 14.6.95 - 17.5.1996

■ GILL □ BRAIN



בישיבה שהתקיימה באוניברסיטת תל-אביב בתאריך 15.8.96 השתתפו:

- ד"ר נחמן מרכוס - מנציבות המים
- ד"ר יעקב ארן - ממקורות
- ד"ר בני טלטש - ממקורות
- ד"ר אביטל לירן - ממקורות
- ד"ר עמינדב יעבץ - מאוניברסיטת תל - אביב
- מר מנליס רמי - מאוניברסיטת תל - אביב

בישיבה זו מסר ד"ר עמינדב יעבץ מידע המעלה חשד לגבי איכות מי מאגר אשכול מבחינת מציאות שאריות של רעלנים מסוג זרחנאורגנים וקרובמטים במי המאגר. המסקנות שהתקבלו היו לבצע ניטור איכות מי המוביל מאתר שאיבת המים מהכנרת ועד מוצא מאגר אשכול. שיטת הניטור מפורטת להלן:

א. הצבת כלובים עם דגי אמנון, באתרים מוגדרים בעונות שונות לתקופת זמן קבועה. יעשה שימוש בשיטת פרופיל אצטילכולינאסטרז ברקמות המוח והזימים של דג האמנון לניטור מציאות שאריות זרחנאורגנים וקרובמטים במים.

ב. כדגי המחקר ישמשו דגי אמנון מיכלוא שיתקבלו מגידול מסחרי, כשהם אחידי גודל ומשקל. הדגים יעברו איקלוס במעבדה באוניברסיטת תל-אביב, ותקבע הרמה הבסיסית של פעילות אצטילכולינאסטרז ברקמות המוח והזימים. מאוכלוסיות אילו ילקחו הדגים לכלובים.

ג. הכלובים יהיו כלובי רשת באורך של כ- 100 ס"מ וקוטר של כ- 50 ס"מ. בכל כלוב יאוכלוסו כ- 8-12 דגי אמנון מיכלוא מקבוצת דגי הבקורת. הכלובים יוצבו באתרים מוגדרים כשהם שקועים במים כשהם קשורים מגזות המאגר וטבולים בעומק מקסימלי בגוף המים מבלי לגעת בקרקעית.

אתרי הצבת הכלובים יפורטו בהמשך. הכלובים יושארו באתר במשך 3-4 שבועות. בתקופה זו יבדוק איש מקורות את תקינות הדגים והמערכת. בתום תקופת החשיפה יאספו הדגים מהאתרים בשקיות נפרדות, שקית עם סימון ורישום נפרד לכל אתר. השקיות עם הדגים יוכנסו מיד לצדניות עם קרח ויועברו באחריות אנשי מקורות ובמהירות האפשרית להקפאה במקפא ב- 20°C , באתר אשכול. תוך זמן קצר ילקחו הדגים ע"י חוקרי אוניברסיטת תל-אביב, ויוקפאו בטמפרטורה של 80°C עד הבדיקות הביוכמיות.

תקופת המחקר: 1.9.97 - 1.10.96. הצבת הכלובים תהה במחזורים הקשורים לעונות השנה, בהתאם למפורט להלן:

- א. מחזור סתיו - ספטמבר עד דצמבר 1996.
- ב. מחזור חורף - ינואר עד מרץ 1997.
- ג. מחזור אביב - אפריל עד יוני 1997.
- ד. מחזור קיץ - יולי עד אוגוסט 1997.

אתרי הצבת הכלובים:

1. מוצא הירקון ליד גשר אריק
2. בריכת הביניים אתר ספיר (טבתה) - איזור שאיבת מי הכנרת.
3. הכניסה למאגר צלמון (סוף תעלת ירדן).
4. יציאה מצלמון
5. מפלג 1, סוף תעלת נטופה בכניסה למאגר השיקוע.
6. מוצא מאגר השיקוע סמוך לכניסה לאשכול.

2. בדיקת איכות מי המאגרים של מוביל המים הארצי ומי הכנרת מבחינת מציאות שאריות של קוטלי חרקים זרחנאורגניים וקרבמטים.

א. תוצאות מידגמי דגים שנדוגו במאגר לב הנגב

מספר	תאריך	מקום	מין	אורך	משקל	מוח	זימים
1	31.12.95	לב הנגב	קרפיון	140	21.1	8.088	1.348
2	31.12.95	לב הנגב	קרפיון	148	34	9.265	2.941
						8.676	2.145
						0.832	1.127
							ממוצע
							סטית התקן

מספר	תאריך	מקום	מין	אורך	משקל	מוח	זימים
1	31.12.95	לב הנגב	כסיף ק.	240	133.4	9.314	0.809
2	31.12.95	לב הנגב	כסיף ק.	222	106.7	9.191	0.858
3	31.12.95	לב הנגב	כסיף ק.	290	240.9	10.784	0.797
4	31.12.95	לב הנגב	כסיף ק.	300	313.5	9.020	0.797
5	31.12.95	לב הנגב	כסיף ק.	300	253.2	10.907	0.650
						9.843	0.782
						0.922	0.078
							ממוצע
							סטית התקן

מספר	תאריך	מקום	מין	אורך	משקל	מוח	זימים
1	31.12.95	לב הנגב א.הגליל		140	58.1	11.275	6.189
2	31.12.95	לב הנגב א.הגליל		141	79.8	11.765	5.699
3	31.12.95	לב הנגב א.הגליל		155	92.9	12.623	5.208
4	31.12.95	לב הנגב א.הגליל		140	66.9	14.583	6.618
5	31.12.95	לב הנגב א.הגליל		162	106.1	13.971	6.311
						12.843	6.005
						1.412	0.555

ממוצע

סטית התקן

מספר	תאריך	מקום	מין	אורך	משקל	מוח	זימים
1	31.12.95	לב הנגב א.ירדן		175	83	13.848	5.699
2	31.12.95	לב הנגב א.ירדן		148	60.8	13.358	5.760
3	31.12.95	לב הנגב א.ירדן		135	51.9	13.235	6.066
4	31.12.95	לב הנגב א.ירדן		140	54.7	14.583	4.657
5	31.12.95	לב הנגב א.ירדן		125	36.1	13.235	5.821
						13.652	5.600
						0.579	0.546

ממוצע

סטית התקן

מספר	תאריך	מקום	מין	אורך	משקל	מות	זימים
1	31.12.95	לב הנגב בורי	425	608.1	7.966	1.507	
2	31.12.95	לב הנגב בורי	335	328.2	10.539	2.451	
3	31.12.95	לב הנגב בורי	320	354.9	8.946	2.365	
					9.150	2.108	ממוצע
					1.299	0.522	סטית התקן

ב. תוצאות דגים שנדוגו בכנרת

I. ממצאי בדיקות דגי אמנון שהתקבלו מאגף הדיג מטבריה. בסידרה 1 אשר הכילה 16 דגים משני מינים: אמנון הגליל (*Sarotherodon galilaeus*), ואמנון הירדן (*Oreochromis aureus*). הדגים התקבלו במעבדה באוניברסיטת תל אביב, לבדיקת פעילות האנזים אצטילכולינאסטרז.

מס.	מין הדג	אורך (מ"מ)	משקל (גרי)	פעילות אצטילכולינאסטרז		
				במוח ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)	בזימים ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)	
1	א.הגליל	240	306	12.158	5.221	
2	"	200	195	10.171	9.927	
3	"	215	177	11.122	7.904	
4	"	225	234	11.887	7.353	
5	"	210	183	7.537	7.353	
6	"	210	177	14.448	7.255	
7	"	200	166	14.093	9.436	
8	"	215	187	15.809	6.495	
				12.153	7.618	ממוצע
				2.64	1.51	סטית תקן

פעילות אצטילכולינאסטרז		משקל (גר')	אורך (מ"מ)	מין הדג	מס.
בזימים ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)	במוח ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)				
5.709	8.529	159	200	א.הירדן	9
5.055	9.314	174	215	"	10
5.515	10.110	195	220	"	11
7.353	11.397	148	200	"	12
6.158	13.725	176	215	"	13
6.158	11.838	227	230	"	14
6.618	11.765	174	220	"	15
4.871	13.726	170	210	"	16
5.93	11.301				ממוצע
0.82	1.9				סטיית תקן

II. דגי אמנון שתקבלו מאגף הדיג מטבריה. בסידרה 3 אשר הכילה 26 דגים משני מינים: אמנון הגליל (*Sarotherodon galilaeus*), וטברנון סימון (*Tristramella simonis*) הדגים התקבלו במעבדה באוניברסיטת תל אביב, לבדיקת פעילות האנזים אצטילכולינאסטרז.

להלן ממצאי הבדיקות:

פעילות אצטילכולינאסטרז		משקל (גר')	אורך (מ"מ)	מין הדג	מס.
בזימים ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)	במוח ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)				
7.261	17.524	97	155	א.הגליל	64
8.916	15.931	176	200	"	65
7.629	13.431	106	165	"	66
9.559	16.544	193	200	"	67
7.445	19.363	138	180	"	68
9.283	16.789	101	165	"	69
10.478	21.569	120	180	"	70
7.905	24.019	105	160	"	71
6.434	16.728	96	155	"	72

9.069	15.625	88	150	"	73
8.456	13.787	83	150	"	74
9.498	14.338	90	155	"	75
10.907	16.912	63	140	"	76
10.662	15.809	61	140	"	77
8.821	17.026				ממוצע
1.36	2.92				סטיית תקן

פעילות אצטילכולינאסטרז		משקל (גרי)	אורך (מ"מ)	מין הדג	מס.
בזימים ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)	במוח ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)				
3.462	15.122	92	170	ט.סימון	78
2.163	13.921	102	165	"	79
3.046	11.103	61	155	"	80
3.143	16.911	66	140	"	81
3.180	12.966	76	145	"	82
2.923	16.005	84	165	"	83
2.666	15.123	88	150	"	84
3.548	14.191	69	145	"	85
3.033	17.279	86	160	"	86
3.018	14.736				ממוצע
0.42	1.95				סטיית תקן

בטבלה 1 ניתן סיכום הממצאים בנוגע לפעילות אצטילכולינאסטרז במינים שונים של דגי מים מתוקים כפי שהתקבלו בדגימות אקראיות.

Table 1. Brain-, and Gills acetylcholinesterase of various fish species sampled from main water reservoirs in Israel.

Reservoir	Species	Date	AChE activity ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$)	
			Brain	Gills
KINNERET	אמנון הגליל		12.2±2.6	7.6±1.5
	אמנון הגליל		17.0±2.9	8.8±1.4
	אמנון ירדן		11.3±1.9	5.9±0.8
	טברנון סימון		14.7±2.0	3.0±0.4
SHIKOA	אמנון מצוי	1/4/93	7.2±2.6	3.2±0.9
ESHKOL	כסיף שפל-עין	25/1/93	7.8±1.9	0.21±0.1
		15/12/94	8.0±1.1	0.14±0.1
		29/5/95	12.1±1.2	0.6±0.1
	קיפון בורי	29/5/95	12.3±1.9	1.6±0.1
	קרפיון מצוי	25/1/93	4.5±1.5	0.36±0.1
		25/1/93	12.5±4.7	0.4±0.1
		15/12/94	7.6±1.3	0.9±0.4
		29/5/95	15.3±1.6	1.3±0.2
	אמנון ירדן	15/12/95	12.3±2.4	4.9±1.3
	אמנון הגליל	25/1/93	6.7±2.2	1.9±0.2
LEV-HANEGBY	כסיף שפל עין	31/12/95	9.8±0.9	0.8±0.1
	קרפיון מצוי	31/12/95	8.7±0.8	2.1±1.1
	קיפון בורי	31/12/95	9.2±1.3	2.1±0.5
	אמנון הגליל	31/12/95	12.8±1.4	6.0±0.6
	אמנון ירדן	31/12/95	13.6±7	5.6±0.5
TZEMON	כסיף שפל-עין	4/12/94	13.7±1.5	1.2±0.1
	אמנון הגליל	4/12/94	15.1±1.7	6.5±1.3
	אמנון ירדן	4/12/94	12.8±3.9	4.9±0.9
	אמנון מצוי	27/9/93	9.6±3.8	6.9±0.6

מכלל הנתונים נקבע הפעילות הנורמלית האופיינית לאנזים אצטילכולינאסטרז ברקמות המוח והזימים של מיני הדגים הנפוצים ביותר המאכלסים את מערכת ההולכה והאגירה של מים מתוקים בישראל. פעילות נורמלית זו מסוכמת בטבלה 2.

Table 2. Normal mean activity of brain-, and gills-AChE of fish species from fresh water reservoirs in Israel.

Species	Common name	AChE activity±SD (nmol/min/mg)	
		brain	gills
<i>Sarotherodon galilaeus</i>	אמנון הגליל	12.75±2.16	7.15±1.17
<i>Tilapia zillii</i>	אמנון מצוי	8.38±3.18	5.02±0.79
<i>Oreochromis aureus</i>	אמנון ירדן	12.51±2.21	5.35±0.87
<i>Tilapia spp.</i>	אמנון מכלוא	19.35±1.72	6.86±1.25
<i>Tristramella simonis</i>	טברנון סימון	14.74±2.0	3.02±0.42
<i>Cyprinus carpio</i>	קרפיון מצוי	9.69±2.28	1.01±0.37
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	כסיף שפל-עין	10.28±1.34	0.57±0.08
<i>Mugil cephalus</i>	קיפון בורי	10.74±1.61	1.87±0.32

באם נניח שפעילות אנזימטית שבין $\pm 20\%$ מהפעילות הנורמלית הן גבולות התקן לגבי כל מין של דג ניתן תאר את איכות מי המאגרים ומי הכנרת כפי שנעשה באיור 2. מאיור 2 ניתן להסיק שאיכות המים, מבחינת מציאות שאריות של זרחנאורגניים וקרובמטים, היא טובה בכינרת, ובמאגרים לב הנגב וצלמון. לעומת זאת איכות המים במאגר אשכול ובמאגר שיקוע הצמוד לו נמוכה מהתקן. ממצא זה עומד בהתאמה לממצאים שנמצאו במערכת החשיפה הרציפה המוצבת במוצא מאגר אשכול.

3. זיהוי של חשיפה של דגים קיפונים לשאריות שלקוטלי חרקים זרחנאורגניים וקרובמטים בירקון.

נחל הירקון מכיל גופי מים באיכויות שונות שהינם ממקורות שונים. ניתן לאפיין את גופי המים הללו בשלוש קטגוריות כלליות:

א. האיזור של מעלה הנחל ממקורות ראש העין עד מפגש ירקון-קנה, אורכו כשבעה ק"מ. בעל איכות מים טובה שמקורה במעינות הנובעים במקום.

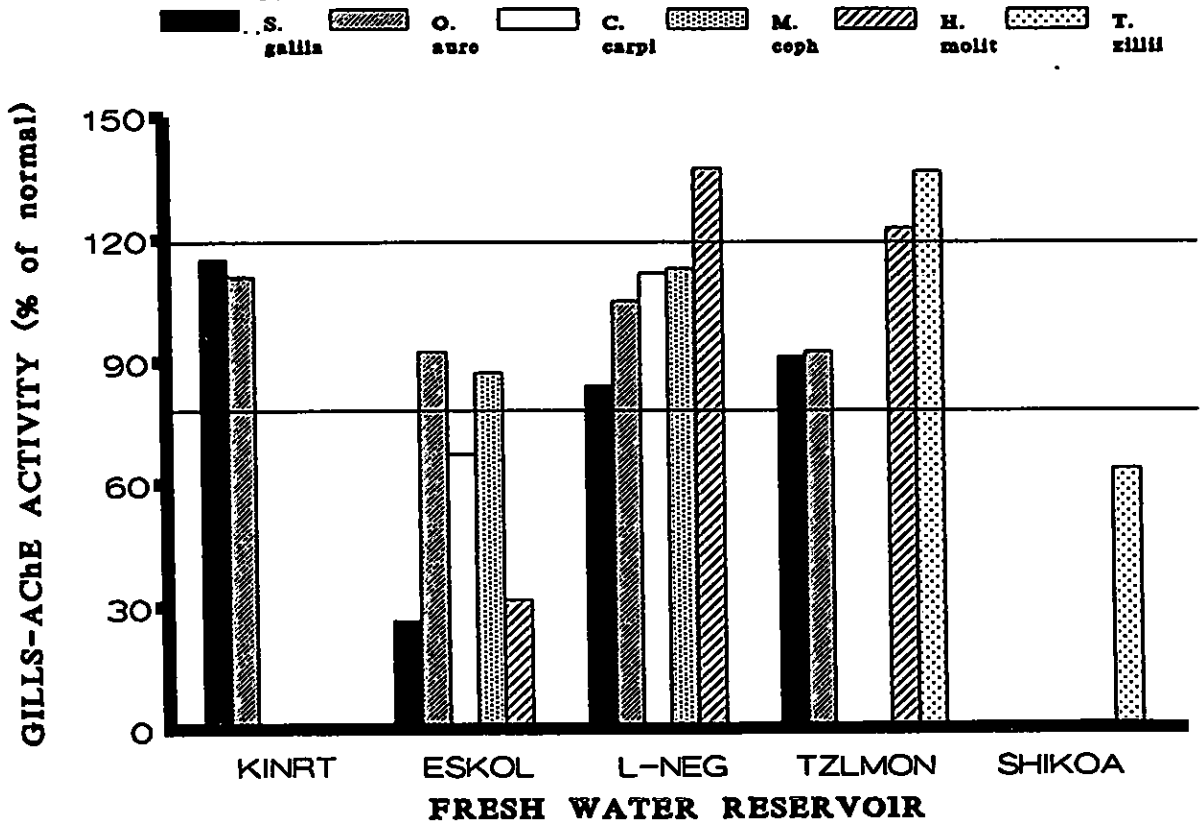
ב. האיזור המרכזי של הנחל ממפגש ירקון-קנה ועד מעלה שבע טחנות, אורכו כשש עשרה ק"מ. לגוף מים זה מתנקזים נחלים וספיקות מים המכילים מזהמים שמקורם בזיהום ביתי ותעשייתי.

ג. האיזור השלישי הינו ממורד שבע טחנות ועד המוצא אל הים באיזור רידינג, אורכו כארבע וחצי ק"מ. גוף מים זה מתאפיין בחדירה של מי ים לתוכו אשר מתערבבים במים המגיעים מהמעלה.

הביוטה של הנחל כוללת גם אוכלוסיה של מיני הדגים:

קרפיון מצוי *Cyprinus carpio*, לבנון הירקון *Acanthobrama telavivensis*, קיפון בורי *Mugil cephalus*, אמנון מצוי *Tilapia zillii*.

FIG. 2: % OF NORMAL GILLS-AChE ACTIVITY OF FISH SPECIES FROM WATER RESERVOIRS



הירקון והביוטה שבו מהווים אקוסיסטמה אשר נחשפת למקורות זיהום שונים: אורגני, תעשייתי וחומרי הדברה. הדגים שוהים בגוף המים נחשפים למזהמים השונים ומרכזים אותם ברקמות שונות וכן, מבצעים מטבוליזם ביוכימי כתגובה לאותם חומרים. מכאן, שאותם דגים יכולים לשמש כביואינדיקטורים למזהמים שאיתם הם באים במגע.

המחקר התמקד בניטור איכות מי הירקון מבחינת מציאות של שאריות חומרי הדברה זרחנאורגניים וקרבמטים באמצעות במים מתוקים באמצעות מעקב אחר רמת הפעילות של האנזים אצטילכולינאסטרז בדגים שנלכדו באקראי או באמנונים שנחשפו למי הירקון בפרק זמן מוגדר כשהם נתונים בכלובי רשת.

אתרי הדגימה בירקון:

לאיזורים השונים שנחל הירקון בהם נערכו דגימות יוזמות ניתנו סימנים מוסכמים המופעים באיורים, להלן הפירוט:

כביש 40 (R4), אבו רבאח (AR), אחר קנה (KN), סכר חקלאי (CH), עשר טחנות (10T), סכר איגוד (IE), שבע טחנות (7T), רידינד (RID).

תוצאות דגימה יזומה של מינים שונים של דגים שנחל הירקון בתקופות שונות ע"י רשות נחל הירקון:

להלן תוצאות בדיקת פעילות האנזים אצטילכולינאסטרז במדגם דגי אמנון מיכלוא מאיזור 10 טחנות (10T) בתאריך 14.11.95.

פעילות אצטילכולינאסטרז		משקל (גרי)	אורך (מ"מ)	מין הדג	מס.
בזימים ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)	במוח ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)				
1.495	12.868	96.6	174	א. מכלוא	1
2.083	12.990	73.8	151	א. מכלוא	2
2.230	12.181	70	146	א. מכלוא	3
1.716	11.961	53.4	136	א. מכלוא	4
1.569	13.235	44.5	120	א. מכלוא	5
1.819	12.647			מוצע	
0.323	0.548			סטיית תקן	

תוצאות בדיקת פעילות האנזים אצטילכולינאסטרז במדגם דגי אמנון מיכלוא מאיזור המורד של הנחל במפגש קנה-ירקון (NK) בתאריך 1.12.95.

פעילות אצטילכולינאסטרז		משקל (גרי')	אורך (מ"מ)	מין הדג	מס.
בזימים ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)	במוח ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)				
0.968	5.196	63.9	138	א. מכלוא	1
1.201	9.020	34.4	113	א. מכלוא	2
1.311	4.902	30.2	111	א. מכלוא	3
1.201	7.230	31.4	110	א. מכלוא	4
1.556	10.049	27.6	95	א. מכלוא	5
1.248	7.279			ממוצע	
0.213	2.275			סטיית תקן	

תוצאות בדיקת פעילות האנזים אצטילכולינאסטרז במדגם דגי קרפיון מאיזור נחל קנה (NK) בתאריך 21.2.96.

פעילות אצטילכולינאסטרז		משקל (גרי')	אורך (מ"מ)	מין הדג	מס.
בזימים ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)	במוח ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)				
1.140	14.216	287.9	250	קרפיון	1
0.821	11.912	206.1	259	קרפיון	2
0.821	13.039	142.2	204	קרפיון	3
1.213	11.397	94.9	193	קרפיון	4
0.999	12.641			ממוצע	
0.207	1.254			סטיית תקן	

תוצאות בדיקת פעילות האנזים אצטילכולינאסטרז במדגם דגי אמנון מיכלוא באיזור מעלה נחל קנה (NK) בתאריך 19.3.96.

פעילות אצטילכולינאסטרז		משקל (גרי)	אורך (מ"מ)	מין הדג	מס.
בזימים ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)	במוח ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)				
2.635	12.132	17.47	98	א. מכלוא	1
2.267	14.951	12.2	97	א. מכלוא	2
1.936	10.784	9.85	80	א. מכלוא	3
3.150	12.255	9.17	75	א. מכלוא	4
2.696	12.255	108	170	א. מכלוא	5
2.537	12.475			ממוצע	
0.459	1.517			סטיית תקן	

תוצאות פעילות האנזים אצטילכולינאסטרז במדגם דגי אמנון מיכלוא שהובאו מקיבוץ המעפיל והוחזקו באקלימציה כחודשים במעבדה במטרה להשתמש בהם לניטור איכות מי הירקון כשהם נתונים זמן קצוב בכלובי רשת השקועים בנחל הירקון.

פעילות אצטילכולינאסטרז		משקל (גרי)	אורך (מ"מ)	מין הדג	מס.
בזימים ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)	במוח ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)				
6.801	16.912	54.8	140	א. מכלוא	1
5.208	18.260	44.2	132	א. מכלוא	2
5.208	18.505	32.4	123	א. מכלוא	3
6.066	18.015	33.6	124	א. מכלוא	4
5.515	16.912	30.1	116	א. מכלוא	5
5.760	17.721			ממוצע	
0.680	0.758			סטיית תקן	

תוצאות פעילות האנזים אצטילכולינאסטרז בדגי אמנון ממדגם כלובים מאתר 10 טחנות (10T). הדגים הוחזקו במימי הנחל בכלוב 13 יום (2-14.11.95).

פעילות אצטילכולינאסטרז		משקל (גרי')	אורך (מ"מ)	מין הדג	מ.ס.
בזימים ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)	במוח ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)				
0.968	15.319	46.7	130	א. מכלוא	1
1.091	11.887	38.3	132	א. מכלוא	2
1.385	14.828	33.2	115	א. מכלוא	3
1.458	15.809	46.4	130	א. מכלוא	4
1.348	12.623	38.1	125	א. מכלוא	5
1.250	14.093			ממוצע	
0.210	1.733			סטיית תקן	

תוצאות פעילות האנזים אצטילכולינאסטרז בדגי אמנון ממדגם כלובים מאתר מעלה שבע טחנות (7T). הדגים הוחזקו בכלוב 24 שעות (12-13.11.95).

פעילות אצטילכולינאסטרז		משקל (גרי')	אורך (מ"מ)	מין הדג	מ.ס.
בזימים ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)	במוח ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)				
1.961	13.431	65.6	252	אמנון	1
2.157	13.358	70	150	אמנון	2
2.426	11.152	61.2	150	אמנון	3
3.738	12.819	35.6	126	אמנון	4
2.570	12.690			ממוצע	
0.801	1.061			סטיית תקן	

תוצאות פעילות האנזים אצטילכולינאסטרז בדגי אמנון ממדגם כלובים מאתר מעלה מפגש קנה (KN). הדגים הוחזקו בכלוב 4 ימים (14-17.11.95).

פעילות אצטילכולינאסטרז		משקל (גר')	אורך (מ"מ)	מין הדג	מ.ס.
בזימים ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)	במוח ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)				
4.657	12.990	91.7	175	אמנון	1
2.083	6.740	65.6	151	אמנון	2
5.478	8.431	60	146	אמנון	3
1.961	9.926	61	141	אמנון	4
3.545	9.522			ממוצע	
1.791	2.653			סטיית תקן	

תוצאות פעילות האנזים אצטילכולינאסטרז בדגי אמנון ממדגם כלובים מאתר מעלה סכר חקלאי (CH). הדגים הוחזקו בכלוב 10 ימים (19-28.5.96).

פעילות אצטילכולינאסטרז		משקל (גר')	אורך (מ"מ)	מין הדג	מ.ס.
בזימים ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)	במוח ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)				
0.699	12.451	110	181	א. מכלוא	1
0.625	10.784	97	163	א. מכלוא	2
0.539	9.681	91.8	160	א. מכלוא	3
0.607	9.804	90	183	א. מכלוא	4
0.858	9.069	46.8	140	א. מכלוא	5
0.760	10.417	92.1	167	א. מכלוא	6
0.821	12.132	68.6	155	א. מכלוא	7
0.701	10.620			ממוצע	
0.118	1.269			סטיית תקן	

תוצאות בדיקת פעילות האנזים אצטילכולינאסטרז במדגם דגי קיפון מאתר מורד שבע תחנות (7T) בתאריך 21.5.96.

פעילות אצטילכולינאסטרז		משקל (גר')	אורך (מ"מ)	מין הדג	מ.ס.
בזימים ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)	במוח ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)				
0.368	12.034	50.0	175	קיפון	1
0.368	7.721	53.1	190	קיפון	2
0.355	7.230	61.7	185	קיפון	3
0.364	8.995			ממוצע	
0.007	2.643			סטיית תקן	

ניתוח הממצאים

באיורים (Fig.3-4) מוצג פרופיל אצטילכולינאסטרז ברקמות המוח והזימים של אמנונים שנדגמו מאתרים שונים לאורך נחל הירקון. מהממצאים ניתן להסיק שהאמנונים נחשפו, בכל אתרי הדגימה לרעלי עצב מסוג הזרחנאורגניים וקרובמטים. מבין האתרים שנבדקו, האתר הנקי ביותר מבחינת מציאות רעלי העצב במים, הוא איזור אבו-רבאח (AR). לעומת זאת, האתרים שבהם אותרה בדגי האמנון החשיפה הגבוהה ביותר לרעלי עצב הם הסכר החקלאי (CH) ואתר נחל קנה (NK). בדגי אמנון משני אתרים אלה נמדדה ירידה של יותר מ- 50% בפעילות אצטילכולינאסטרז הן במוח והן בזימים.

בדגי הקרפיון לא נמצא הבדל מובהק בפעילות אצטילכולינאסטרז בדגי הבקורת לעומת הדגים שנדגמו מהאתרים השונים לאורך נחל הירקון (Fig. 5-6). הממצאים מתייחסים לתקופה שבין דצמבר 1995 למאי 1996, והם מראים על פעילות אצטילכולינאסטרז טובה הרבה יותר מזו מהתקבלה ברקמות הזימים והמוח של דגי קרפיון בשנים: 1993 - 1994 (ראה דו"ח שנתי 1994). ניתן לכן להסיק כי חל שיפור באיכות המים באיזורים הבאים: שבע טחנות, מורד נחל קנה ועשר טחנות. אך יש להסתייג ממסקנה גורפת. כזו משתי סיבות. האחת מדובר במין שהראה בהשוואה לאמנון רגישות נמוכה לזרחנאורגניים וקרובמטים מבחינת פרופיל אצטילכולינאסטרז. בנוסף, הממצאים מתייחסים בעיקר לתקופת החורף (חודשים אוקטובר - מרץ) שבהם השפיעה של המים והשטיפה והדילול של המזהמים שבנחל היא רבה.

האתרים בהם החשיפה לזרחנאורגניים וקרובמטים היא החמורה ביותר הם סכר תע"ש (CT) ו- סכר איגוד (IE). בשני אתרים אילו נמצאה ירידה ממוצעת של יותר מ- 50% בפעילות אצטילכולינאסטרז במוח, הן בקרפיון (Fig. 6) והן באמנון (Fig. 4). הירידה בפעילות במוח מעידה על פגיעה ודאית בפיסיולוגיה של הדגים.

בכל תחנות הדיגום שבין סכר תע"ש (CT) וסכר איגוד (IE) ניכרת ירידה בפעילות אצטילכולינאסטרז בזימים, הן בקרפיון (Fig. 5) והן באמנון (Fig. 3). דבר המעיד על חשיפה כרונית, טוב לטלית לזרחנאורגניים וקרובמטים בקטע זה של הירקון. יוצא מהכלל הוא אתר עשר טחנות (10T) שבו ניכר שיפור באיכות המים, יתכן עקב מעבר המים דרך מפל.

FIG. 3: GILL-AChE OF TILAPIA SAMPLED IN DIFFERENT SITES FROM THE YARQON

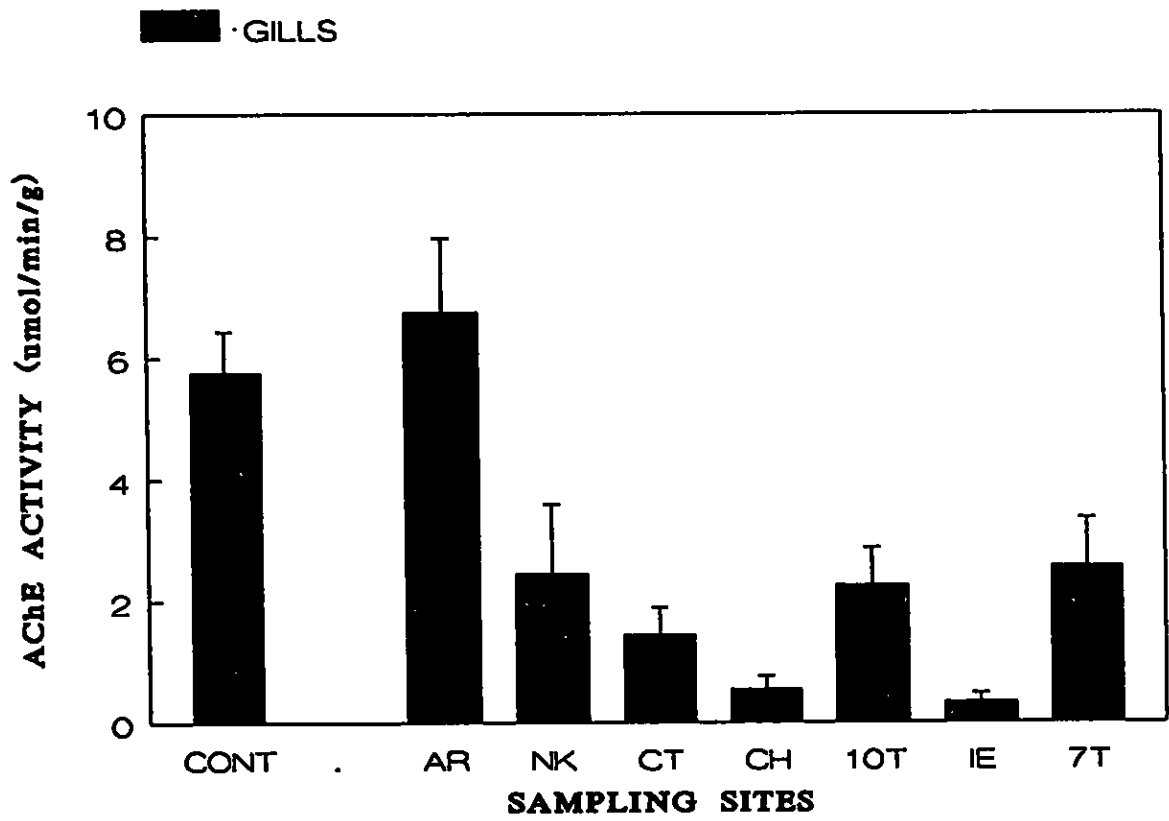


FIG. 4: BRAIN-AChE OF TILAPIA SAMPLED IN DIFFERENT SITES FROM THE YARQON

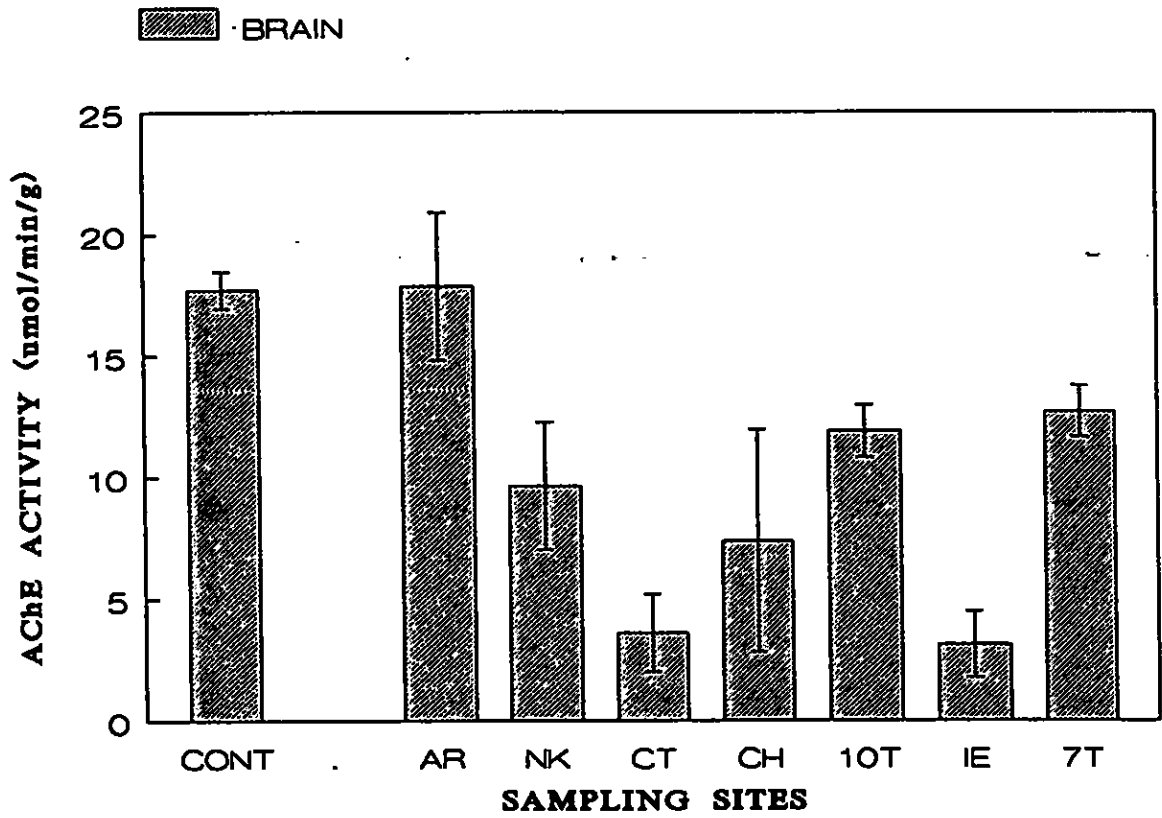


FIG. 5: GILL-AChE OF CARP SAMPLED IN DIFFERENT SITES FROM THE YARQON

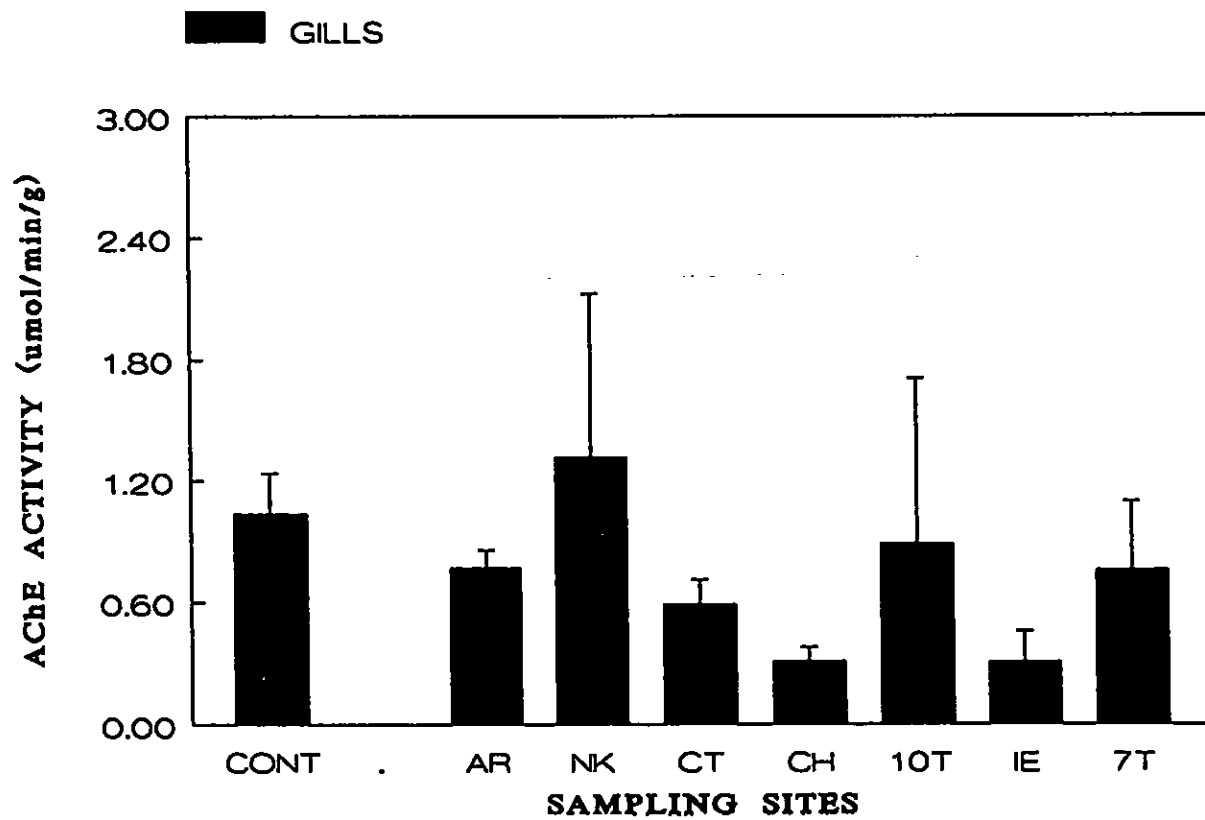
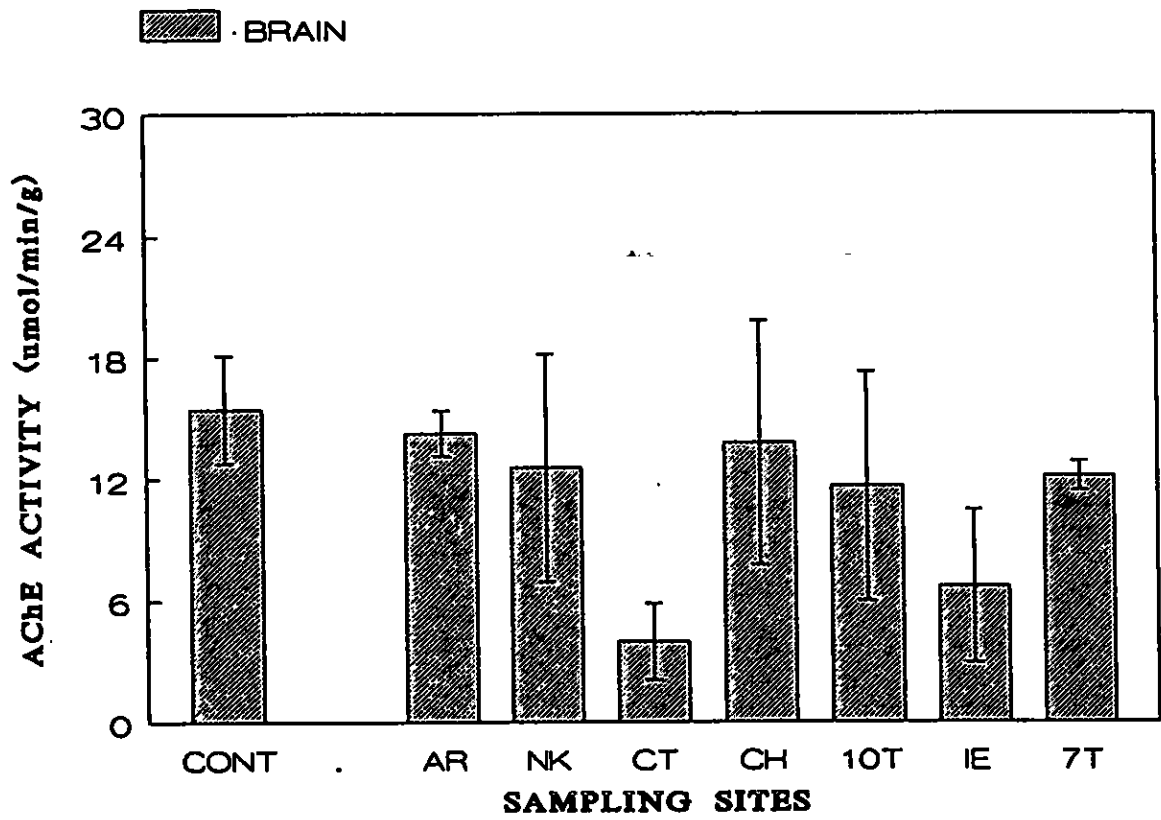


FIG. 6: BRAIN-AChE OF CARP SAMPLED IN DIFFERENT SITES FROM THE YARQON



דיון מסקנות ותכנית ההמשך של מחקר הירקון

שיטת פרופיל אצטילכולינאסטרז מאפשרת זיהוי של חשיפה סוב לטלית של דגים לרמות נמוכות של קוטלי חרקים מסוג הזרחנאורגנים והקרובטים וכך ניתן להגדיר איכות מים מתוקים מבחינת מציאות שאריות של רעלי עצב אלה במים.

איכות מקורות מי הירקון, מבחינת מציאות שאריות של רעלי עצב, היא טובה באיזור המעיינות, בעוד שבמקטע שבין סכר תע"ש וסכר איגוד החשיפה לזרחנאורגניים וקרובטים היא גרועה. בקטע שבין סכר תע"ש לסכר איגוד נמצאה ירידה ממוצעת של יותר מ- 50% בפעילות אצטילכולינאסטרז במוח של שני מיני הדגים הקרפיון והאמנון. ירידה כזו בפעילות אצטילכולינאסטרז במוח מעידה על פגיעה ודאית בפיסילוגיה של הדגים. יוצא מהכלל הוא אתר עשר טחנות שבו ניכר שיפור באיכות המים, יתכן עקב מעבר המים דרך מפל.

המשך המחקר יכול שימוש בשני הביומרקרים, אצטילכולינאסטרז וציטוכרום P4501A, כדי לאפשר זיהוי של זיהום מי הירקון במזהמים מהחקלאות ומהתעשייה כאחד, ואת ההשפעה הטוקסית המשולבת של מזהמים אילו על הדגים בירקון. המחקר יכוון לענות על השאלה האם חל שיפור באיכות מי הירקון, מבחינת מציאות של חומרים טוקסיים במים, תוך כדי הפעלת מערכות טיהור של מי השפכים המוזרמים לירקון.

יבוצע ניטור רחב היקף שמטרתו לאפיין את איכות המים של מקורות הירקון, כולל מי המעיינות ומי הקולחין, מי הירקון לפני ולאחר שפכי הנחלים קנה ושילה, והירקון המלוח. הניטור יבוצע ע"י הצבת כלובים עם דגים בשבעה אתרים מוגדרים לאורך הנחל, מהמעיינות ועד לשפך. בכל כלוב יוכנסו כ- 15 דגים, מהמינים אמנון ובורי, של אוכלוסיית דגים נקיה ממזהמים הנרכשת על ידינו מגידול מסחרי בברכות קיבוצים (המעפיל, גן שמואל, ועוד), ומוחזקת עד לניסוי באקווריומים במעבדה.

יבוצע מעקב אחר הדגים, מרגע הצבת הכלובים, במטרה לבדוק את מצבם. המגמה היא להשאיר את הדגים בכלוב לתקופות של כ- 15 יום באם הדגים יחיו משך זמן זה. לאחר זמן החשיפה המתאים בכלובים יובאו הדגים למעבדה לקביעת פרופיל אצטילכולינאסטרז ותכולת ציטוכרום P4501A.

במהלך הניסיון יערך מעקב אחר איכות המים בסביבת הכלובים. המעקב יכלול את הפרמטרים הבאים: חמצן מומס, אחוז מרוויה, מוצקים מרחפים, אמוניה, ניטריט, ניטריט סולפיד, קולי צואתי.

4. שימוש בפרופיל אצטילכולינאסטרז לאנליזה של הגורם באירועי תמותת דגים

1. אירוע תמותת דגים במאגרי המוביל

בדיקת דגי קיפון בורי שנמצאו פגועים ב- 14/8/96 במאגר אשכול בשיטת "פרופיל כולינאסטרז". הדגים הובאו על ידינו למעבדה ב- 20/8/96 וב- 21/8/96 נימסרו תוצאות הבדיקות טלפונית לד"ר טלטש.

תוצאות הבדיקה מפורטות בטבלה 3.

Table 3. Brain and gills - AChE activities of Mugils from mortality event in the Eshkol reservoir

AChE activity ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{gr}$)		משקל (גרם)	אורך (מ"מ)	מספר
Gills	Brain			
1.238	7.770	2390	590	1
2.549	11.691	2496	520	2
1.532	9.559	2300	600	3
1.773	9.673			mean
0.688	1.963			$\pm\text{SD}$

הפעילות האנזימטית היא בגבול הנורמלי לקיפון בורי שהוא :

במוח: 10.74 ± 1.61 , ובזימים: 1.87 ± 0.32 .

לפיכך הפגיעה בדגים לא נבעה מהרעלה בזרחנאורגנים או קרבמטים.

2. תמותת דגים בחוף היס של הרצליה

בתאריך 6.6.95 נראו לאורך קו החוף בהרצליה, דגים מתים וגוססים. בעקבות הודעה טלפונית נלקחו מספר דגים מהיחידה הווטרינרית בת"א לבדיקה במעבדה באוניברסיטת תל אביב. המינים שהתקבלו הם: קיפון (*Mugil auratus*), סרגוס מצוי (*Diplodus vulgaris*) וורדית שישנית (*Pagellus mormyrus*).

2. הדגים נבדקו לאיתור חשיפה לרעלי עצב באמצעות בדיקת פעילות האנזים אצטילכולינאסטרז ברקמות המוח והזימים.

3. באירוע תמותת הדגים. בחוף הרצליה נקבעה ירידה משמעותית בפעילות האנזים אצטילכולינאסטרז רק ברקמות הזימים והמוח של דגי הסרגוס (איור 7). בעוד שבקיפון ובוורדית נמצאה ירידה קטנה ולא מובהקת בפעילות האנזימטית.

5. הממצאים העידו לכן שרק דגי הסרגוס נחשפו לזרחנאורגנים או קרבמטים באירוע זה. דיווח על ממצאים אלה נמסר בו ביום לד"ר צבי גלין, וטרינר ראשי של עיריית תל אביב.

6. הדגים משלושת המינים נשלחו לבדיקה לד"ר אורי גולנר, מנהל המדור לשאריות חמרי הדברה. בתאריך 4.7.95, התקבלו ממצאים המפורטים בטבלה 4. רק בסרגוסים שבהם נרשמה ירידה דרסטית של פעילות אצטילכולינאסטרז בזימים ובמוח נמצאו שאריות של קוטל החרקים Methomyl המשתיך לקרבמטים.

FIG. 7: GILLS AND BRAIN AChE OF FISH FROM MORTALITY EVENT IN HERZLIYYA

■ GILL □ BRAIN

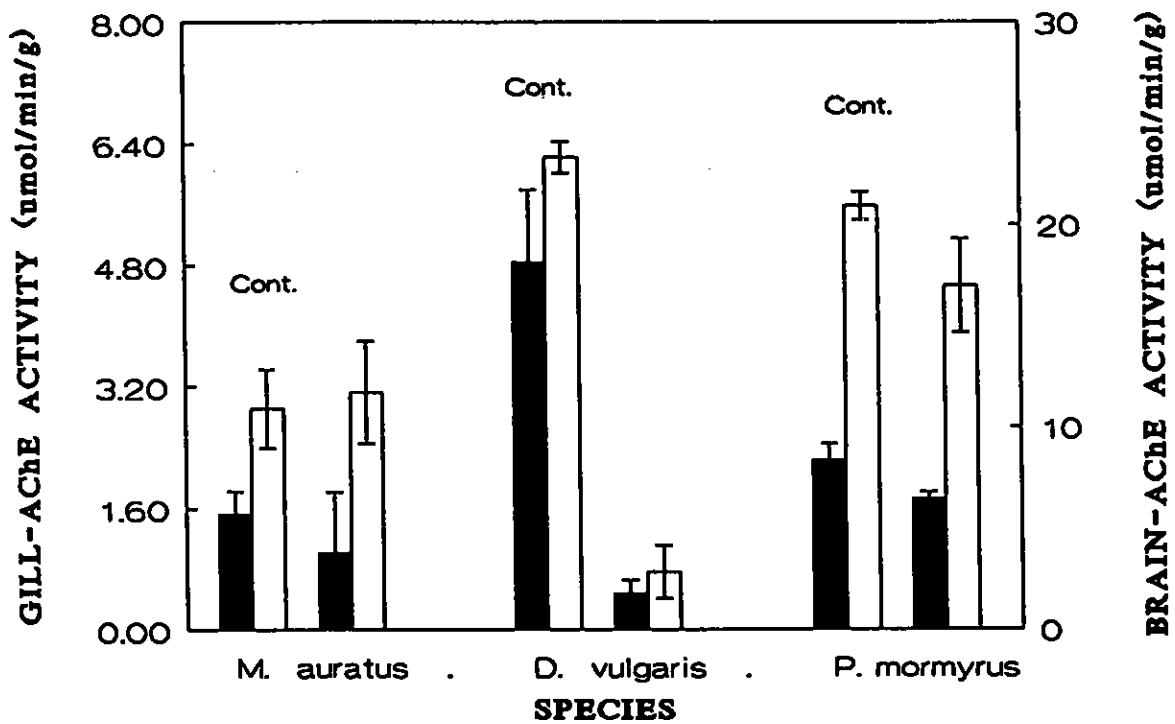


Table 4. Gas-chromatograph-mass spectroscopy analysis of insecticides residues in fish from mortality event in Herzliyya

Sample	Species	Insecticide [ppm]
1/M	Mugil auratus	p,p-DDE, 0.04
2/M		p,p-DDE, 0.03
3/M		p,p-DDE, 0.08
4/M		n.d.
5/M		n.d.
6/M		n.d.
7/M		p,p-DDE, 0.09
1/D	Diplodus vulgaris	Methomyl, 4.78
2/D		Methomyl, 0.71
3/D		Methomyl, 7.33
4/D		n.d.
5/D		Methomyl, 0.26
1/P	Pagellus mormyrus	p,p-DDE, 0.17
2/P		n.d.
3/P		n.d.

7. השילוב של הממצאים הביוכימיים ותוצאות האנליזה הכימית מוביל למסקנה כי דגי הסרגוס מתו עקב חשיפה לקוטל החרקים Methomyl כתוצאה מפגיעה אקוטית במערכות פיסיולוגיות ומטבוליות של הדג.

3. אירועי פגיעה ותמותת דגים בנחל הירקון.

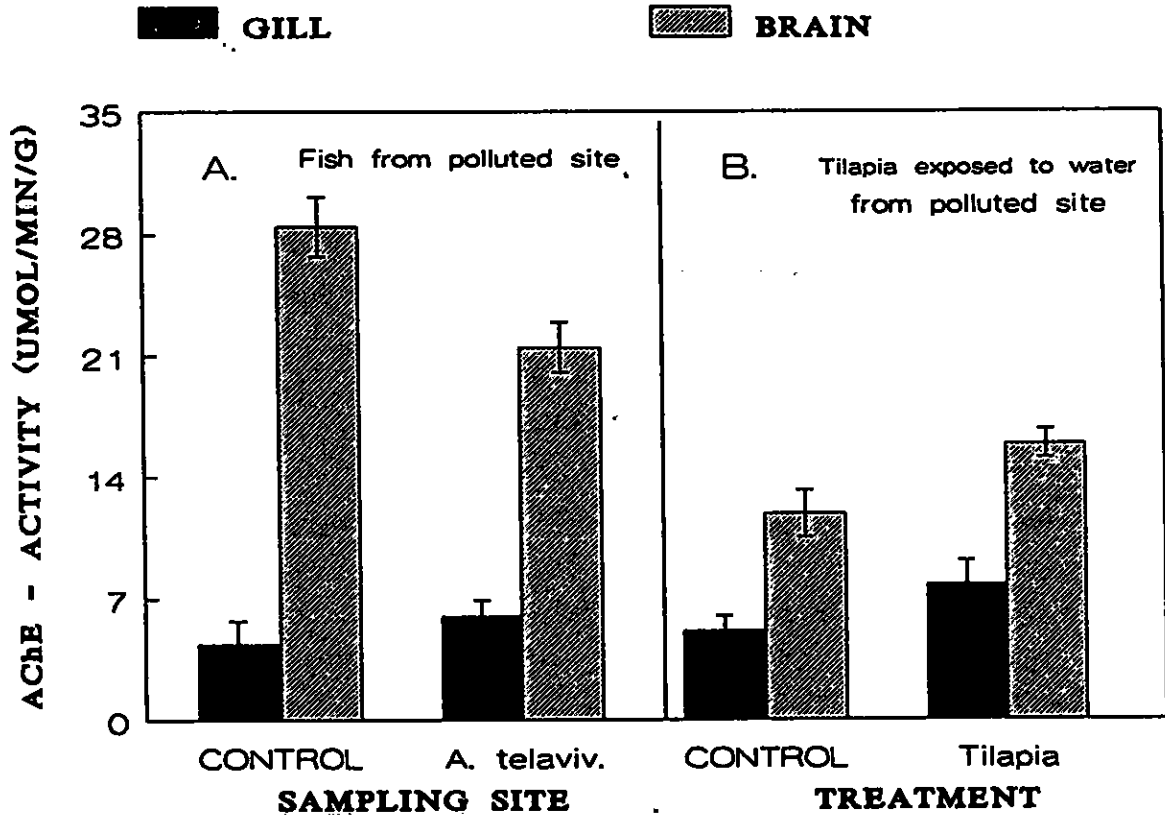
א. אירוע תמותת דגי לבנון

במעבדה באוניברסיטת תל אביב, התקבלו דגי לבנון גוססים מאירוע תמותה באתר מעלה סכר אל מיר שבמקורות הירקון. בנוסף לדגים הובאו למעבדתנו כ- 10 ליטר מים מאותו איזור. הדיווח של אנשי רשות נחל ירקון היה שהזרמו מי מוביל לבריכת הנופרים בלילה שבין 30.10.95-31.10.95. בבוקרו של היום נמצאו דגי לבנון גוססים ומתים במעלה סכר אל מיר. במעבדה הוגדרו נמדדו ונשקלו הדגים ונבדקה בהן פעילות האנזים אצטילכולינאסטרז (Fig. 8A). בנוסף, הוכנסו דגי אמנון קטנים שגודלו במעבדה למי הנחל שהתקבלו מאתר האירוע. הדגים הוחזקו במים אלה במשך 48 שעות שלאחריהם נקבעה פעילות אצטילכולינאסטרז בזימים ובמוח (Fig. 8B).

א. תוצאות הבדיקות מורות כי אין הבדל מובהק בפעילות האנזים אצטילכולינאסטרז, הן במוח והן בזימים, של דגי הלבנון מאתר בו התרחשה התמותה בהשוואה לפעילות האנזימטית בדגי בקורת שנדגמו באתר מקורות הירקון (Fig. 8A).

ב. פעילות האנזים אצטילכולינאסטרז, הן במוח והן בזימים, של 5 אמנונים קטנים (50-80 ס"מ אורך, 2.2-9.8 גר') שהוחזקו במים מאתר האירוע 48 במשך שעות לא הייתה שונה מהפעילות האנזימטית באמנונים ששמשו כביקורת (Fig. 8B).

FIG. 8: AChE PROFILE TECHNIQUE USED FOR ANALYSIS OF *A. telaviv.* MORTALITY EVENT



המסקנה המתבקשת היא שתמותת הלבנונים במעלה סכר אל מיר לא נגרמה עקב הרעלה בקוטלי חרקים מסוג הזרחנאורגניים או הקרבמטים.

סיכום-אירועי תמותת דגים

שיטת פרופיל אצטילכולינאסטרז מאפשרת להבדיל בין תמותת דגים הנגרמת בעקבות חשיפה לקוטלי חרקים מסוג הזרחנאורגניים והקרבמטים לבין זו הנגרמת עקב סיבות אחרות כגון מחסור בחמצן. קיימת התאמה מלאה בין ממצאי שיטת פרופיל כולינאסטרז לממצאי האנליזה הכימית של שאריות רעלי העצב, במקרים בהם בוצעה השוואה כזו.

5. שימוש בביומרקר ציטוכרום P4501A1 ואינדוקציה של פעילות EROD בדגי גרם כמדד לזיהום המים בחומרים טוקסיים ממקור תעשייתי

נסיונות ראשוניים בנושא זה בוצעו עם דגי בורי ואמנונים. למרות שהפיתוח המעבדתי של השיטה עדיין לא הסתיים, אנו מבצעים במקביל לנסיונות המעבדה גם ניסויי שטח בנחל הירקון כדי לקבל תמונה מהירה גם על סיכויי ההצלחה של השיטה וגם נתונים ראשוניים על איכות מי הירקון, החל מהמעיינות שהם מי שתיה ועד לשפך הירקון.

לנתונים אילו חשיבות רבה כיוון שיש פעילות אנושית רבה לאורך הנחל וכן הממצאים הם חלק מאיכות הסביבה של האיזור המאוכלס ביותר בישראל. הנתונים המלאים עם ניתוח ודיון יובאו בדו"ח המסכם שיכלול גם הסבר מפורט על השיטה ומשמעות התוצאות מבחינה ביולוגית.

אך כבר בדו"ח ביניים זה מובאים בטבלה 5 נתונים ראשוניים שהתקבלו בנסיונות אינדוקציה של הביומרקר - ציטוכרום P4501A1 באמנונים במעבדה ובמדגמים שנלקחו באתר קריטי בירקון שהוא לפני ומיד לאחר הכניסה של נחל קנה לירקון. נחל קנה מנקז את הביוב של הוד השרון וכפר סבא.

Table 5. Induction of P4501A1 and EROD activity in Tilapia, in laboratory experiments and in fish from different sampling sites in the Yarqon river.

Site or treatment	P450 content [pmol/mg]	P4501A1 content [pmol/mg]	EROD activity [pmol/min/mg]
Control	0.35	2.1	13.7
β NF [10 mg/Kg x 3, i.p.]	0.24 \pm 0.11	90.70 \pm 42.90	31.43 \pm 26.26
Above Qane dame [3a]	0.28 \pm 0.13	2.82 \pm 2.43	6.93 \pm 8.40
Below Qane dame [3b]	0.77	27.7	24.3
Below Qane inflow [3c]	0.96 \pm 0.65	132.3 \pm 96.1	99.1 \pm 19.3

ניתן לראות מהטבלה שניתן לגרום בדג האמנון לאינדוקציה של ציטוכרום P4501A1 ולכן הוא יכול לשמש לשם ניטור חומרים מסוכנים מסוג זה במים. האינדוקציה בוצעה

במעבדה ע"י הזרקה של החומר לחלל הבטן של הדג. החומר ששימש לצורך זה הוא β NF חומר הידוע בכושרו להשרות אינדוקציה של ציטוכרום P450IA1 בבעלי חיים.

הממצאים שהתקבלו מהירקון הם מעניינים ביותר. הדגים החיים מעל לסכר קנה [3a], ומצויים לכן באיזור בו המים אמורים להיות נקיים משאריות פסולת תעשייתית רעילה, אכן לא מראים אינדוקציה של ציטוכרום P450IA1 בכבד, וגם לא את פעילות EROD המאפיינת אינדוקציה של ציטוכרום זה.

דגים המצויים מתחת לגשר [3b], נראה שכבר נחשפו לזיהום. התעשייתית הנדון והם מראים על אינדוקציה גם של ציטוכרום P450IA1 וגם של פעילות EROD. אמנונים שנלקחו מתחת למוצא נחל קנה מראים אינדוקציה גבוהה של ציטוכרום P450IA1 ושל פעילות EROD, מידת החשיפה תידון בדו"ח הסופי כאשר יתווספו עוד נתונים בסיסיים.

במסגרת זו מבוצעים כרגע נסיונות אינדוקציה של ציטוכרום P450IA1 ופעילות EROD ע"י חשיפת דגי בורי ודגי אמנון לרכוזים שונים של אינדוסרים כולל תרכובות ממקור תעשייתי כגון Aroclor 1254 שהם תערובת של ביפנילים מכלורנים שמהווים את הזיהום הכימי העקרי של הסביבה בישראל.

התחלנו גם בנסיונות של חשיפת אמנונים בכלובים, באתר המעיינות של הירקון ובהמשך הירקון. נסיונות מסוג זה יעשו עוד השנה במערכת המוביל הארצי כפי שתואר בסעיף 2 של דו"ח זה.

סיכום

1. שימוש בפרופיל כולינאסטרז לניטור שאריות נמוכות של חומרי הדברה מסוג הזרחנאורגנים והקרובטים הגיע לשלב של שימוש חצי מסחרי להגדרת איכות מי השתיה של המוביל הארצי וזיהוי הגורם במקרי תמותה המונית של דגים.

2. הממצאים העקריים שהתגלו היו מציאות שאריות נמוכות של זרחנאורגנים וקרובטים במאגר אשכול וחשיפה מתמדת של הדגים המצויים בירקון, מנחל קנה עד למפל, לזרחנאורגנים וקרובטים ברכוזים שיש בהם כדי להשפיע על הפיסיולוגיה של הדגים.

3. תכנון העבודה לשנתיים הבאות יכלול מחקרים המיועדים לנטר את איכות מי מאגרי המים ומערכות הולכת המים של המוביל וכן את איכות מי הירקון כדי לבדוק שיפורים אפשריים באיכות המים עם הפעלת מתקן טיהור שפכי כפר סבא, רעננה והוד השרון. קביעת איכות המים של נחל הירקון חשובה גם בשל האפשרות לבחון את כושר הגילוי של שיטת פרופיל כולינאסטרז בתנאי שטח, וגם בשל החשיבות העקרונית של הגדרת איכות המים כחלק מהמכלול של איכות הסביבה באיזור אורבני צפוף אוכלוסייה.

4. שיטת המחקר תהה הכנסת כלובים עם אמנונים אחידי גודל ומוגדרים מבחינת המאפיינים הביוכימיים, לאתרים שנקבעו מראש לשם חשיפה לתקופת זמן קצובה בעונות שונות של השנה.

5. במקביל אנו מצויים בשלבי הפיתוח של שיטת שימוש בביומרקר ציטוכרום P450IA1 ופעילות EROD בכבד אמנונים, קרפיונים ובורים במטרה להשתמש בשיטה לקביעת איכות המים מבחינת מציאות תרכובות מסוכנות שמקורן מהתעשייה.

6. כבר בשלבים המוקדמים של פיתוח השיטה אנו יצאנו, וכרגע יוצאים לשטח לשם קבלת תוצאות ראשונות והערכה ראשונית של מידת זיהום מקורות ומאגרי המים של המוביל בתומרים אילו. שוב נחל הירקון משמש גם הוא כנושא למחקר זה, כאשר בחינת איכות המים תגיע מצד אחד למעיינות ומצד שני לשפך שם יתכן וקיים זיהום כזה שיש להזהיר מפני דיג באיזור.