



בחינת יישומיות, כדאיות והשפעה סביבתית פוטנציאלית של העשרת אוכלוסיות דגים בים התיכון

מסמך רקע לקראת ועדת מומחים



נכתב על ידי: איתי ואן ריין

עריכה: ד"ר ערן ברוקוביץ'

נובמבר 2016





תוכן העניינים

מבוא	3
מצב הדגה באזורינו	3
העשרת אוכלוסיות כפתרון לאישוש אוכלוסיות דגי בר	5
מבוא להעשרת אוכלוסיות דגים	5
העשרת אוכלוסיות למטרת שמירה על מינים בסיכון	7
שלבים בתכנון וביצוע פרויקט העשרת דגה	9
בחירת מיני המטרה	9
רבייה וגידול צעירים	10
שמירה על מגוון גנטי גבוה	11
פיתוח כלים להתמודדות עם בעיות הקשורות להרכב הגנטי	12
מניעת מעבר מחלות וטפילים	13
השפעה על המערכת האקולוגית	14
השבה לבית הגידול הטבעי	15
הערכת תוצאות פרויקט העשרת אוכלוסיות	17
סיכום	18
נספח א' - הגישה האחראית לביצוע פרויקט העשרת אוכלוסיות דגים - דגשים ושלבי הביצוע	20
נספח ב' - בחירה ותעדוף של מיני דגים לטובת פרויקט העשרת אוכלוסיות	25
נספח ג' - העשרת אוכלוסיות ממשפחת הדקריים	36
נספח ד' - פרויקטים לדוגמא	43
העשרת אוכלוסיות דקר סלעים בסיציליה - רבייה, גנטיקה, גידול לרוולי ובריאות הדגים	43
העשרת אוכלוסיות ספרוס זהוב (SPARUS AURATA) בחופי ספרד	45



מבוא

במסגרת תכניות להעשרת אוכלוסיות, דגים שגודלו בשבי מושבים לבית הגידול הטבעי. תכניות מסוג זה פועלות במדינות רבות וכוללות מגוון רחב של מינים ימיים. מטרת העשרת האוכלוסייה עשויה להיות העלאת שלל הדיג ו/או ייצוב האוכלוסיות של מינים בסיכון. הניסיון המצטבר בעולם מראה כי תכנון ומחקר מקדימים מעלים את סיכויי ההצלחה של תכנית ההעשרה ומצמצמים את הסיכונים הכרוכים בשחרור דגים לטבע. מסמך זה הוכן במטרה לתאר את המוטיבציה העומדת מאחורי תכניות העשרה, לסקור את הניסיון המצטבר בעולם ולעמוד על העקרונות לתכנון נכון של תכניות העשרה מודרניות.

המסמך להלן מכיל ארבעה נספחים. הראשון מתאר באופן תמציתי את השלבים לביצוע תכנית העשרת אוכלוסיות על פי הגישה האחראית שנוסחה בשנים האחרונות. הנספח השני מתאר בפירוט את תהליך בחירת ותעדוף המינים המועמדים להשתלב בתכנית העשרה. הנספח השלישי מתמקד בדגים ממשפחת הדקריים העשויים להיות מועמדים מוצלחים לשילוב בתכנית העשרת אוכלוסיות בישראל. הנספח הרביעי מביא דוגמאות לתכניות העשרת אוכלוסיות שנעשו בים התיכון.

מצב הדגה באזורינו

אוכלוסיות דגים רבות ברחבי העולם מאוימות על ידי לחץ דיג ואובדן בתי גידול. תחזיות הבוחנות את פוטנציאל הים כמקור מזון בר-קיימא מצביעות על קריסת אוכלוסיות הדגה ברמה העולמית^{1,2} תחת המשך לחץ הדיג המופעל כיום. התמעטות הדגה וקריסה מקומית של אוכלוסיות דגים מסחריים תועדו פעמים רבות, כולל בים התיכון³. אולם, בניגוד למינים יבשתיים, מעטים מיני הדגים שהוגדרו על ידי IUCN בסכנת הכחדה או תחת איום⁴. אמנם יש דוגמאות למיני דגים שלא נצפו במשך תקופה ארוכה, אך במקרים רבים קשה להפריד בין נדירות וקשיים בדיגום להיעלמות המין. הצטברות ידע עדכני לגבי אזורי התפוצה ומצב האוכלוסיות של מיני דגים שונים מאפשרת הערכה של מצב השימור בו הם נתונים.

בעבודה שפורסמה ב-2015 נבחן מצב השימור של הדגים במימי אירופה, כולל הים התיכון, על פי השיטות הנהוגות בארגון ה-IUCN⁵. מיפוי המינים העלה כי בים התיכון יש צפיפות גבוהה של מינים אנדמיים (בעלי תפוצה מוגבלת מקומית) ביחס לאזורים אחרים שנבחנו באוקיינוס האטלנטי. כמו כן, באזורים החופיים של הים התיכון נמצאים מינים רבים המוגדרים כמאוימים. במסגרת הפרויקט נעשה ניסיון להצביע על הגורמים הפוגעים בחוסן של אוכלוסיות הדגים. נמצא כי דיג הוא האיום המרכזי הפועל על האוכלוסיות. בשטח הימי של אירופה, 425 מינים מושפעים מדיג מתוכם 58 נמצאים תחת איום. גורמים נוספים המוזכרים כמאיימים על אוכלוסיות הדגים הם: זיהום, פיתוח חופי, הפקת אנרגיה וזרימה,

¹ Pauly, D. et al. (2003) The future for fisheries. *Science* 302, 1359-1361

² Swartz, W. et al. (2010) The spatial expansion and ecological footprint of fisheries (1950 to present). *PloS one* 5, e15143

³ Vasilakopoulos, P. et al. (2014) The alarming decline of Mediterranean fish stocks. *Current Biology* 24, 1643-1648

⁴ Morris, A. V. et al. (2000) The threatened status of groupers (Epinephelinae). *Biodiversity & Conservation* 9, 919-942

⁵ Ana Nieto, G. M. R., Mia T. et al. (2015) European Red List of Marine Fishes. (European Union, Belgium, 2015)



שינוי האקלים וחקלאות ימית. מפות מרחביות שהוכנו במסגרת העבודה מראות כי חופי ישראל עשירים הן במינים תחת איום (21-28 מינים) והן במינים שכמות המידע לגבי מצב השימור שלהם אינו מספק (50-71 מינים). נתונים אלו דומים למצב במרבית האזורים החופיים האחרים של הים התיכון. במבט על הנעשה בחופי ישראל חשוב לציין שלושה גורמים האחראים לשינויים בהרכב חברת הדגים: לחץ הדיג, מינים פולשים והתחממות מי הים:

לחץ הדיג - פעילות הדיג מורכבת משיטות דיג שונות הפועלות בכל בתי הגידול באזור המים החופיים של ישראל. שיטת הדיג המסחרית העיקרית היא דיג המכמורת וקיימות עדויות לשלל-לוואי גבוה בשיטת דיג זו כמו גם עדויות לירידה בשלל הכולל⁶. שיטות דיג הפועלות באזור בתי הגידול הסלעיים, שמהווים את אזור המחיה של דגים מסחריים רבים, כוללות רשתות עמידה, ציד בעזרת חניתות ודיג חכות. טרם בוצע מחקר שהעריך את השפעתן של שיטות דיג אלו על אוכלוסיות הדגים בישראל. עדויות מאזורים אחרים בים התיכון בהם ממשק הדיג דומה, מצביעות על פגיעה באוכלוסיות הדגים^{7,8}.

מינים פולשים - הגירת מינים מהים האדום דרך תעלת סואץ, שמכונה הגירה לספסית, עיצבה במידה רבה את חברת הדגים לחופי ישראל. מעל 60 מיני דגים שמקורם בים האדום פלשו וביססו אוכלוסיות בים התיכון. חלק מהמינים מראים גידול מהיר בגודל האוכלוסייה. לראיה, 50-90% מהביומסה בשלל הדיג מורכב ממינים פולשים⁹. חלק מהמינים קרובים בתכונותיהם למינים מקומיים וייתכן כי מתחרים איתם על משאבים משותפים¹⁰.

התחממות פני הים - הים התיכון מתחמם בקצב גבוה והחלק המזרחי שלו, אגן הלבנט, מתחמם בקצב של עד פי שלושה מהממוצע העולמי. אגן הלבנט הוא האזור החם ביותר בים התיכון¹¹ ומהווה את תחום התפוצה העליון מבחינת טמפרטורה של מינים ממקור אטלנטי. קיימות עדויות לירידה בחלקם היחסי של מינים הרגישים לטמפרטורות גבוהות מכלל חברת הדגים (אור ג'יוואן, טרם פורסם).

הגישה הרווחת לשמירה על משאב הדגה ואוכלוסיות דגים הנמצאות בסיכון היא הקמת אזורים בהם פעילות הדיג מבוקרת. פיקוח על פעילות הדיג יכול להיעשות החל מסגירת שטחים לסוגי דיג מסוימים או לעונות מסוימות ועד להקמת שמורות טבע בהן הדיג אסור לחלוטין. ניסיון מצטבר בים התיכון מראה שאלו אסטרטגיות שימור יעילות. יש עדויות רבות לעלייה בכמות הדגים ובמדדים כמו עושר מינים וצפיפות האוכלוסיות לאחר פרק זמן בו הוגבלה פעילות הדיג¹². בישראל כמות ושטח שמורות הטבע קטנים. שמורת אכזיב בצפון

⁶ Edelist, D. et al. (2011) Spatiotemporal patterns of catch and discards of the Israeli Mediterranean trawl fishery in the early 1990s: ecological and conservation perspectives. *Scientia Marina* 75, 641-652

⁷ Lloret, J. et al. (2008) Spearfishing pressure on fish communities in rocky coastal habitats in a Mediterranean marine protected area. *Fisheries Research* 94, 84-91

⁸ Lloret, J. et al. (2013) A comparative analysis between recreational and artisanal fisheries in a Mediterranean coastal area. *Fisheries Management and Ecology* 20, 148-160

⁹ Goren, M. et al. (2005) A review of changes in the fish assemblages of Levantine inland and marine ecosystems following the introduction of non-native fishes. *Journal of applied Ichthyology* 21, 364-370

¹⁰ Golani, D. (1994) Niche separation between colonizing and indigenous goatfish (Mullidae) along the Mediterranean coast of Israel. *Journal of fish biology* 45, 503-513

¹¹ Coll, M. et al. (2010) The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats. *PloS one* 5, e11842

¹² García-Rubies, A. et al. (2013) Long-term recovery patterns and limited spillover of large predatory fish in a Mediterranean MPA. *PloS one*, 8(9)



הארץ מפוקחת זה כמה שנים ותוצאות ראשוניות מצביעות על שיפור מסוים במצב הדגה, כולל עלייה בשכיחות הדקרים בשטח השמורה¹³. במספר שמורות חופיות נוספות מתחילה כעת פעילות אכיפה, אולם היקף השמורות מצומצם והן אינן כוללות, נכון להיום, בתי גידול מרוחקים מהחוף. על פי הצעת רשות הטבע והגנים תוכנן בתחום הימי של ישראל רשת שמורות טבע ימיות גדולות שיכללו מגוון רב יותר של בתי גידול¹⁴. הראשונה שבהם, השמורה הצפונית ביותר באזור ראש הנקרה נמצאת בתהליכי אישור סופיים.

העשרת אוכלוסיות כפתרון לאישוש אוכלוסיות דגי בר

מבוא להעשרת אוכלוסיות דגים

רקע לנושא העשרת האוכלוסיות מבוסס על מספר סקירות ומסמכי עמדה שפורסמו בשנים האחרונות^{17,16,15}.

גישה נוספת להגדלת אוכלוסיות דגים הנתונות תחת לחץ דיג היא העשרתם על ידי שחרור דגים צעירים שרובו וגודלו בשבי לבית הגידול הטבעי. מספר שמות בלעז מתייחסים למאמצים מסוג זה: Stock enhancement, Restocking, Culture-based fisheries ועוד. במסמך הנוכחי נתייחס ליישום זה בשם 'העשרת אוכלוסיות'.

שחרור לבר של בעלי חיים ימיים שגודלו בשבי אינו רעיון חדש, יוזמות להעשרת אוכלוסיות של יצורים ימיים החלו כבר במאה ה-19. במרבית המקרים מטרת שחרור הדגים הצעירים הייתה להעלות את שלל הדיג, כלומר מרבית פרויקטי ההעשרה נעשו באוריינטציה חקלאית-יצרנית. במהלך המאה העשרים מדינות רבות עסקו בהעשרת אוכלוסיות של דגים בעלי חשיבות מסחרית. יפן, שנחשבת לחלוצה בתחום, מפעילה תכניות העשרה של מגוון מיני דגים וחסרי חוליות. ביפן, בחינת כדאיות כלכלית של פרויקטי ההשבה מבחינת עלייה בשלל מראה הצלחות לצד כישלונות. העשרה של הסלמון *Oncorhynchus keta* הראתה עלייה בשלל במשך כמה עשורים. לעומתה פרויקט רחב היקף בו הועשרו אוכלוסיות של הספרוס *Pagrus major* לא הראה תוצאות חד משמעיות¹⁸.

בארה"ב, העשרת אוכלוסיות הייתה כלי מרכזי בפעילות של הרשויות הממשלתיות האמונות על הדיג החל מ-1880 אולם הפעילות דעכה בשנות ה-50 של המאה העשרים. עבודה רבה נעשתה בארה"ב בתחום השבת דגי הסלמון בשל חשיבותם הכלכלית והידלדלות

¹³ רילוב, ג. (2014) תמורות אקולוגיות בים התיכון לחופי ישראל. אקולוגיה וסביבה 5
¹⁴ יהל, ר. (2012). מדיניות שמירת הטבע בים התיכון, רשות הטבע והגנים

¹⁵ Bell, J. D. et al. (2008) A new era for restocking, stock enhancement and sea ranching of coastal fisheries resources. *Reviews in fisheries science* 16, 1-9

¹⁶ Leber, K. M. (2013) in *Sustainable Food Production* 1139-1157 (Springer)

¹⁷ Blankenship, H. L. et al. (1995) A responsible approach to marine stock enhancement. in *American Fisheries Society Symposium*. 167-175.

¹⁸ Masuda, R. et al. (1998) Stock enhancement in Japan: review and perspective. *Bulletin of marine science* 62, 337-358



האוכלוסיות באזורים שונים. סיכום הניסיון מראה כי טרם הוברר אם השבת הסלמון תורמת לביסוס אוכלוסיות בנות קיימא¹⁹.

במרבית המקרים, עקב מחסור במידע ומודעות, שחרור פרטים צעירים לים נעשה ללא רקע תיאורטי סדור. לדוגמא, בתכניות העשרה רבות לא נבחנו רכיבים כמו ההרכב הגנטי של הפרטים המושבים, בריאותם, ומועדי ומיקומי השחרור הרצויים¹⁶. ייתכן ומסיבה זו ברבות מתכניות ההעשרה לא נצפתה עלייה משמעותית בשלל הדיג שהצדיקה את ההוצאות הכרוכות בגידול ושחרור הדגים לבר. חוסר כדאיות כלכלית זה הביא במקרים רבים לעצירת תכניות להעשרת אוכלוסיות.

ברוב המקרים, הניסיונות הראשונים להעשרת אוכלוסיות כשלו ולא הראו שיפור בנתוני השלל. מכישלונות אלו הסיקו החוקרים כי יש להשלים פערי ידע לגבי האקולוגיה של המינים ששוחררו, יש צורך במחקר מעמיק יותר על בתי הגידול, עונות השנה וגדלי הדגים המשוחררים כדי להעלות את הצלחת העשרת האוכלוסיות. כמו כן, עלו חששות לגבי הפגיעה האפשרית של יוזמות העשרת אוכלוסיות, החסרות בסיס מדעי, באוכלוסיות הטבעיות. הרקע המדעי התיאורטי יחד עם הצטברות עדויות בשטח הראו כי השפעות שליליות כמו פגיעה במגוון הגנטי והתפרצות מחלות צריכות להילקח בחשבון טרם שחרור פרטים למקווי המים הטבעיים.

עקרונות אלו המהווים את הבסיס ליישומה של גישה אחראית (ראה נספח א') לפיתוחן של תוכניות ההעשרה הורחבו במהלך השנים על ידי חוקרים שונים ברחבי העולם לכדי תוכנית פעולה בסיסית לפיתוחן האחראי ובר הקיימא של תוכניות להעשרת דגים המפורטת להלן.

סדר פעולות רצוי בפרויקט אישוש אוכלוסיית דגי בר^{16,17}:

1. קביעת עדיפויות לבחירת המין הרצוי להעשרה, המבוססת על שימוש בסקרים שיערכו בקרב קהילת בעלי העניין. לאחר בחירת המין הרצוי יש לבחון מהן הסיבות שהובילו לירידה באוכלוסיית דגי הבר.
2. פיתוח תכנית המשלבת בין העשרת האוכלוסיות לפעולות נוספות הנעשות בניהול הדגה. לדוגמא שילוב תכנית העשרה עם יישום הגבלות מרחביות של פעילות דיג.
3. הגדרת יעדים כמותיים להצלחה על ידי פיתוח מדדים לבחינת הצלחת התוכנית. מדדי הצלחה עשויים לכלול שינוי בגודל האוכלוסייה ופרמטרים גנטיים.
4. יישום מחקר בתחום הגנטיקה כדי למנוע פגיעה בהרכב הגנטי של אוכלוסיות מקומיות.
5. שימוש בממשק ניהול לבריאות הדגים וטיפול במחלות. קביעת תקנים ואימוץ שיטות עבודה אחראיות תוך הבטחת ניקיון תוצרי מכוני הרבייה ממחלות, זיהומים, טפילים ווירוסים.
6. אפיון מאפיינים אקולוגיים, ביולוגיים ותכונות מהלך חיים העשויות להשפיע על הצלחת תכנית ההעשרה. מאפיינים אלו מטרתם לשפר את סיכויי הצלחת הדגים המשוחררים אך גם למנוע פגיעה באוכלוסיות הקיימות.

¹⁹ Fraser, D. J. (2008) How well can captive breeding programs conserve biodiversity? A review of salmonids. *Evolutionary Applications* 1, 535-586



7. זיהוי הדגים המשוחררים והערכת השפעות התוכנית על האוכלוסייה. זאת על ידי אימוץ ופיתוח שיטות יעילות לסימון הדגים המאפשרות להעריך את יחסי הגומלין בין הפרטים ששוחררו, דגי הבר ומינים אחרים.
8. הגדרת תהליכי השחרור המיטביים ושיפור אסטרטגיות השחרור בעזרת ניסויים מדעיים בקנה מידה קטן באתרים בעלי מאפיינים שונים ובמועדים שונים.
9. זיהוי וקביעת קווים מנחים למדיניות ולנושאים הכלכליים, הערכת ערכם של תהליכי ההעשרה במושגים של עלות מול תועלת, בחינת היחס בין עלויות הפרויקט לעליה ביבול ולערכים המוספים המתקבלים. כימות השיפור ביבול מול כמות הדגים ששוחררו לזיהוי ההרכב המיטבי של תהליך השחרור מבחינה כלכלית ובחינת החלופות. במקביל לשיתוף וחינוך בעלי העניין לגבי הצורך בגישה אחראית ומסגרת הזמן הנדרשת לקיומה של תוכנית ההעשרה מוצלחת.
10. שימוש בניהול גמיש תוך הערכת התקדמות התוכנית, שילוב רעיונות ואסטרטגיות חדשות בתהליכי הניהול, לטובת שיפור וכוונון יעיל של תהליכי הייצור וההעשרה עם הזמן.

הרחבה על השלבים השונים בתכנית העשרת אוכלוסיות תינתן בהמשך.

העשרת אוכלוסיות למטרת שמירה על מינים בסיכון

מטרה נוספת של פרויקט העשרת אוכלוסיות היא שמירה על אוכלוסיות של מינים בסיכון. כאמור, מרבית המאמצים שנעשו בתחום מטרתם להגדיל את כמות השלל והם אינם מכוונים באופן ישיר למטרת שימור אוכלוסיות הנמצאות בסכנת הכחדה או היעלמות מקומית. אמנם ישנה חפיפה בין שתי מטרות אלו, אך ייתכנו גם הבדלים בקווים המנחים בתכנון פרויקט העשרה באם הוא נעשה למטרת שימור או שנעשה להגדלת השלל²⁰. מקור אפשרי לשוני בין שתי מטרות ההעשרה ניתן למצוא בבחינת המדדים המגדירים הצלחה של תכנית ההעשרה. לדוגמא, הגעת הפרטים ששוחררו לגודל מסחרי תחשב כהצלחה במסגרת פרויקט להעלאת השלל אך במידה והם אינם מגיעים לגודל רבייה, סביר שלא יתרמו להצלחת האוכלוסייה הנמצאת בסיכון. מכאן שבפרויקט שימור יהיה הגיון כלכלי רב יותר להשקיע מאמץ וכסף בגידול צעירים לגודל בו יראו שרידות גבוהה לגיל רבייה. מנגד, שחרור של פרטים שהגיעו לגודל שוק נטול הגיון כלכלי, אך יתכן כי יסייע להגדלת האוכלוסייה הטבעית. בנוסף, תכנית העשרה למטרת שימור עשויה לערב מינים נטולי ערך מסחרי הנמצאים תחת איום. לדוגמא, המצפה התת-ימי באילת מרבה ומשחרר סוסוני ים למפרץ אילת למטרת שימור המין²¹.

הגדרת מטרת תכנית העשרת האוכלוסיות כתכנית להעלאת השלל או כתכנית שימור עשויה להשפיע על שיקולים כלכליים העומדים בבסיס הפרויקט. פעמים רבות מיני בר הנמצאים תחת סיכון אינם משמשים לגידול חקלאי ותכנית העשרת אוכלוסיות למינים אלו תדרוש

²⁰ Brown, C. et al. (2002) The future of stock enhancements: lessons for hatchery practice from conservation biology. *Fish and Fisheries* 3, 79-94

²¹ The project of breeding and the reintroduction of sea horses into the gulf of Eilat, <<http://www.coralworld.co.il/en/seahorses>> (2016)



השקעת משאבים רבים בפיתוח גרעיני רבייה וממשק גידול מתאים²². ייתכן כי בחינת מאמצים אלו אל מול תועלת כלכלית הנובעת מדיג תצביע על אי כדאיות של הפרויקט ומנגד שיקולים של שימור מינים בסיכון יהפכו אותו לכדאי.

בדומה, בחירת אתר ההשבה לטבע עשויה להיות מושפעת ממטרת התכנית. השבת הפרטים לאזורים המוגנים מדיג עשויה לסייע לשרידות הפרטים המושבים, אולם סביר שבחירה באזורים אלו תתרום רק מעט להעלאת שלל הדיג. פתרון המשרת את שתי המטרות עשוי להיות שחרור במקביל באתרים מוגנים ופתוחים לדיג. זליגה (spillover) של פרטים לאחר ביסוס אוכלוסייה באזורים מוגנים מדיג עשויה גם היא להגדיל את שלל הדיג.

קבוצת המינים בה נעשו המאמצים הרבים ביותר להעשרת אוכלוסיות למטרת שימור היא דגי הסלמון (Salmonidae). מינים ממשפחה זו בעלי חשיבות כלכלית רבה בצפון אמריקה ואירופה. תוכניות העשרת אוכלוסיות נעשו במקביל למטרות הגדלת השלל ולמטרות שימור אוכלוסיות תחת איום.¹⁹ Fraser סוקר הצלחות וכישלונות בשיקום אוכלוסיות דגי סלמון באמצעות העשרת אוכלוסיות. סיכום של מחקרים רבים וניסיון רב שנים ברביית סלמון הראו כי במסגרת תכנית רבייה מתוכננת היטב ניתן להגיע למצב בו קצב איבוד המגוון הגנטי באוכלוסיות המטרה מינימאלי. זאת על ידי בחירה של גרעין רבייה (Brood stock) המתאים להרכב הגנטי של אוכלוסיית היעד, גודל מספק של גרעין הרבייה ושיקולים הנוגעים ליחס בין כמות הדגים המושבים הצפויים לשרוד לגודל האוכלוסייה המקומית. לעומת זאת, טרם גובשה אסטרטגיה להתמודד עם ירידה אפשרית בכשירות (fitness) של האוכלוסייה בעקבות השחרור. ירידה זו עשויה לנבוע, למשל, מסלקציה לתנאי גידול בשבי הפועלת על הצעירים שגודלו בבריכות.

סיכום כללי של הניסיונות לאישוש אוכלוסיות סלמון הראה כי קיימים מקרים ספורים בהם קיימת עדות לביסוס אוכלוסייה בת קיימא כתוצרה מפרויקט העשרת אוכלוסיות. במחצית מהמקרים פרויקט ההשבה עדיין בתחילת דרכו ולא ניתן לדעת האם הצליח. כשליש מהפרויקטים נכשלו בשיקום האוכלוסייה גם לאחר 30 שנות העשרה. מהפרויקטים שנבחנו רק 4 מתוך 31 הראו כי האוכלוסייה התייצבה בזכות תכנית ההעשרה, אך גם זאת כתלות בהמשך העשרה במידה מסוימת.

דוגמא נוספת לשיקום אוכלוסיות יושמה במינים של חדקניים (Acipenseridae) בנהר קובן (Kuban river) הנשפך לים אזור. בנהר זה הידלדלה אוכלוסיית החדקניים מהמינים *Acipenser stellatus* ו-*gueldenstaedti*. עקב שינויים במשטר זרימת המים במחצית המאה העשרים. פרויקט להעשרת האוכלוסיות של מינים אלו החל בסוף שנות החמישים ולקראת סוף שנות השמונים הגיעה האוכלוסייה לרמת שיא. עם זאת נראה כי האוכלוסייה לאחר ההשבה נבדלת מאוכלוסיית המקור בהיבטים גנטיים. כמו כן הובע חשש מצמצום טווח האקוטיפים הנבדלים בעונת הרבייה, עקב העדפה של נקבות מסוימות במכוני הרבייה. בנוסף נראה כי

²² La Mesa, G. et al. (2008) First release of hatchery juveniles of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834)(Serranidae: Teleostei) at artificial reefs in the Mediterranean: results from a pilot study. *Scientia Marina* 72, 743-756



הרכב המינים בבתי הגידול אליהם הושבו דגים השתנה עקב הצלחה לא שווה בין המינים שהושבו.²³

שלבים בתכנון וביצוע פרויקט העשרת דגה

בחירת מיני המטרה

השלב הראשוני בפיתוח פרויקט העשרה הוא בחירת מין המטרה. פעמים רבות תהליך הבחירה נעשה בצורה שרירותית ללא עבודת הכנה מסודרת או שמתבסס בעיקר על שיקולי ביקוש למין בשוק ו/או קיום של מכוני רבייה המסוגלים לספק צעירים לשחרור¹⁷. בחירה מושכלת של מינים לפרויקט העשרה תכלול כינוס קבוצות מומחים ובעלי עניין ופיתוח קריטריונים להליך התעדוף. דוגמא לכך ניתן למצוא בתהליך בחירת מיני המטרה להעשרת אוכלוסיות כפי שנעשה בהוואי (ראה נספח ב')²⁴ הליך הבחירה כלל כינוס של בעלי עניין ומומחים מהתחומים:

- דיג ומסחר בדגים
- ביולוגיה ואקולוגיה של דגים
- ניהול ממשק דיג
- חקלאות מים
- משפט ומדיניות
- אוקיינוגרפיה

הליך התעדוף כלל כמה מפגשים. במפגש הראשון נקבעו הפרמטרים שישמשו לבחירת המין. לאחר קביעת הקריטריונים נערך סקר למיפוי מינים אפשריים (65 מינים). דעת מומחים ניתנה עבור כל מין עבור כל אחד מהקריטריונים שנקבעו. לאחר מכן חושב הציון הכולל של כל מין על פי שקלול הקריטריונים תוך מתן משקל שונה להיבטים שונים כפי שנקבע מראש. הנתונים הובאו בפני חברי הועדה למפגש שני בו הוצגו התוצאות והוסכם על שני מינים איתם רוצים להמשיך.

הקריטריונים לבחירת המין כללו כמה נושאים מרכזיים ובהם חלוקה לתתי נושאים:

- שיקולים ביולוגיים ושיקולי ייתכנות גידול
- כמות המידע הקיימת על המין, בעיקר מבחינת מאפייני גידול ורבייה של האוכלוסיות המקומיות ולחצי הדיג הפועלים על המין.
- שיקולים הקשורים לתהליך ההעשרה- ביניהם שרידות המין הצפויה, מידת ההצלחה המשוערת להעלאת השלל והיכולת לעקוב אחר הצלחת הדגים המושבים.
- שיקולים הקשורים לתהליך השחרור לטבע- קלות השינוע, יכולת המעקב אחר פרטים.

²³ Chebanov, M. et al. (2002) Hatchery stock enhancement and conservation of sturgeon, with an emphasis on the Azov Sea populations. *Journal of Applied Ichthyology* 18, 463-469

²⁴ Leber, K. (1994) Prioritizing marine fishes for stock enhancement in Hawaii. *The Oceanic Institute, Honolulu*



- שיקולים סוציו אקונומיים- ביקוש השוק, כדאיות כלכלית הכוללת את שלבי הגידול והדיג, עלות המעקב אחר הצלחת הפרויקט.
- שיקולים אקולוגיים- מצב אוכלוסיות הבר, זמינות בית הגידול ומזון, השפעה על החברות הטבעיות באזור ההשבה.
- שיקולי תשתית- קיום מתקנים לביצוע הפרויקט, עלות תפעול של מכוני רבייה.

חשיבות עיקרית ניתנה לרמת הביקוש עבור המין בשוק, קיום פרוטוקול רבייה ומערכת גידול והסיכוי ששחרור הצעירים יעלה את השלל. גורמים אלו יחד היוו מעל 40% מכלל הציון הסופי. לבסוף נבחר מין ממשפחת הקיפוניים (אליה משתייך המין *קיפון בורי* *Mugil cephalus*). המין זכה לציון גבוה ובנוסף היה היחיד עבורו הייתה קיימת מערכת של גידול מסחרי.

יש לציין כי במסגרת פרויקטי העשרה ימיים נבחרו מגוון מינים גבוה: צדפות, סרטנים, דגים צמחוניים וטורפים. כך שאין בהכרח מאפיין מקדים ההופך את מינים מסוימים למועמדים מובילים.

רבייה וגידול צעירים

העשרת אוכלוסיות מתבססת על ריבוי בשבי של פרטים בוגרים ושחרור דגיגים שגודלו בשבי. במקרה והמין הנבחר משמש במערכות גידול חקלאי ומגודל במכוני רבייה מסחריים, רביית הדגים אינו מהווה צוואר בקבוק משמעותי בפרויקט ההעשרה. (לדוגמא בפרויקט מוצלח בספרד לרבייה ושחרור דגי דניס לטבע (*Sparus aurata* זרוב) ²⁵)).

במקרים אחרים מדובר במינים שטרם רובו במערכות חקלאיות מסחריות. במקרים אלו קיים צורך לפתח במסגרת פרויקט העשרת האוכלוסייה טכניקות המתאימות לרביית המין הנבחר. פיתוח זה אורך מספר שנים ועלותו הכלכלית גבוהה. לדוגמא, במסגרת פרויקט השבה שנערך בסיציליה במין דקר הסלעים (*Epinephelus marginatus*), פותחו פרוטוקולים של היפוך זוויג, חליבת חומרי רבייה ושימור זרע²⁶. בנוסף היה צורך לבחון את ממשק ההזנה המיטבי לשלבים הלרוואליים השונים כדי לצמצם את שיעורי התמותה הגבוהים בשלב זה²⁷ ולבחון השפעה של ממשקי גידול שונים על בריאות הדגיגים²⁸ (הרחבה על הפרויקט ורביית הדקרים בהמשך המסמך)

ככלל, פעמים רבות תכניות להעשרת דגה נעשות ביוזמה של רשויות ממשלתיות ובתמיכתן. כפועל יוצא רביית הדגים נעשית במכוני מחקר ולא על ידי חברות מסחריות^{29,30}.

²⁵ Sanchez-Lamadrid, A. (2002) Stock enhancement of gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.): assessment of season, fish size and place of release in SW Spanish coast. *Aquaculture* 210, 187-202

²⁶ Marino, G. et al. (2003) Induction of ovulation in captive-reared dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), with a sustained-release GnRH α implant. *Aquaculture* 219, 841-858

²⁷ Russo, T. et al. (2009) Feeding preferences of the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*, Lowe 1834) larvae reared in semi-intensive conditions: a contribution addressing the domestication of this species. *Aquaculture* 289, 289-296

²⁸ Boglione, C. et al. (2009) Skeletal anomalies in dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe 1834) juveniles reared with different methodologies and larval densities. *Aquaculture* 291, 48-60

²⁹ Uwate, K. R. et al. (1997) Bahrain fish stock enhancement: lessons learned and prospects for the future. *SPC Live Reef Fish Information Bulletin* 3



שמירה על מגוון גנטי גבוה

(מבוסס על הפרק "Genetic management of hatchery-based stock enhancement"³¹)

מגוון גנטי גבוה באוכלוסייה הוא משמעותי לקיום ארוך הטווח של האוכלוסייה המועשרת. מגוון גנטי גבוה מאפשר גמישות תכונות ויכולת להסתגל לתנאי סביבה משתנים. בדגים בעלי חשיבות מסחרית שמירה על המגוון הגנטי חשובה גם מכיוון שהיא מאפשרת מכלול תכונות רחב יותר בפיתוח עתידי של זנים לחקלאות מים. שיקולים גנטיים בפרויקטים של העשרת אוכלוסיות נובעים מהפגיעה האפשרית באוכלוסיות טבעיות עקב רבייה מעורבת של דגי בר ודגים מושבים. כמו כן, אפילו בהיעדר רבייה כזו, עלול להשתנות היחס באוכלוסייה בין פרטים מושבים לפרטים טבעיים כתוצאה מתהליכים אקולוגיים כמו תחרות על משאבים. היות ואובדן של מגוון גנטי עלול להיות בלתי ניתן לשיקום, נדרש תכנון נכון של בחירת גרעין הרבייה ואסטרטגיות הריבוי בשבי. כשמטרת תכנית ההעשרה היא שמירה על מין בסיכון אף נרצה להעלות את המגוון הגנטי באוכלוסייה.

השפעה על התכונות הגנטיות של האוכלוסייה עשויה לנבוע ממספר תהליכים:

- א. שינוי המגוון הגנטי - פגיעה במגוון הגנטי נובעת מהעובדה כי מקורם של הפרטים המושבים לטבע מגרעין רבייה בעל מגוון גנטי מצומצם בהשוואה לכלל האוכלוסייה. המגוון הגנטי המצומצם בגרעין הרבייה עשוי לנבוע ממספר סיבות:
 1. מיעוט פרטים בגרעין הרבייה ביחס לגודל האוכלוסייה הכולל.
 2. הצלחה לא שווה ברביית הפרטים בין ההורים שמצמצמת עוד יותר את המגוון הגנטי.
 3. ייתכן כי מלכתחילה נבחר גרעין רבייה עם הבדלים גנטיים מובהקים משאר האוכלוסייה. מגוון גנטי מספק בדור ההורים אינו מבטיח את קיומו בפרטים המיועדים להשבה.
 4. סלקציה הפועלת להתאמה לתנאי הגידול בשבי עשויה לצמצם את המטען הגנטי של הצאצאים המושבים לים.
 5. במידה ותכנית ההעשרה כוללת כמה דורות של רבייה בשבי טרם ההשבה לבר, רביית שארים בגרעין הרבייה עשויה להגביר את שכיחות הפרטים בעלי התבטאות של אללים רצסיביים.

ב. ירידה בכשירות (Fitness) - כשירות מוגדרת כיכולת להעמיד באופן מוצלח צאצאים לאורך זמן בתנאי סביבה משתנים. כשמטרת העשרת האוכלוסייה היא הגדלת השלל ניתן להגדיר כשירות גם כסיכוי להגיע לגודל מסחרי. בדגים תכונות כמו מצב בריאותי, מורפולוגיה, תגובות פיסיוולוגיות ושרידות מקושרות למידת היכולת להעמיד צאצאים ומכאן משמשים כמדד לכשירות. דוגמאות לירידה בכשירות בקרב דגים שרובו בשבי ניתן למצוא בדגי סלמון בהם הופיעו לאחר מספר דורות של רבייה בתנאי שבי אחוז גבוה של עיוותי שלד. בדגי גופי נצפתה ירידה בעמידות לתנאי מליחות וטמפרטורה משתנים.

³⁰ Tringali, M. D. et al. (2008) Marine stock enhancement in Florida: a multi-disciplinary, stakeholder-supported, accountability-based approach. *Reviews in Fisheries Science* 16, 51-57

³¹ Bert, T. M. et al. (2007) *Genetic management of hatchery-based stock enhancement*. in *Ecological and genetic implications of aquaculture activities* 123-174 (Springer)



מגוון גנטי גדול מהווה בדרך כלל אינדיקציה חיובית לכשירות האוכלוסייה. עם זאת, קיימים מקרים בהם הגדלת המגוון הגנטי עשויה להוביל לירידה בכשירות. לדוגמא במקרים בהם אוכלוסיות מקומיות פיתחו התאמות לתנאי סביבה המאפיינים את בית הגידול המקומי. במידה וגרעין הרבייה משלב אוכלוסיות מאזורים שונים, תתכן ירידה בהתאמת הצאצאים לבית גידול ספציפי על אף שהמגוון הגנטי לא הצטמצם. מכיוון שקיים קושי בהערכה של ההשפעה ארוכת הטווח על כשירות האוכלוסייה המעורבת של תוצרי רביית שבי ופרטים טבעיים **יש לבחון בכובד ראש הפעלה של תכנית העשרה במקרים בהם המוטיבציה היא לאושש אוכלוסייה הנתונה בסיכון.**

ג. ירידה בגודל האוכלוסייה האפקטיבי (Effective population size) - גודל האוכלוסייה האפקטיבי (N_e) מוגדר כאוכלוסייה 'אידיאלית' שכוללת פרטים שרבייתם תביא לרמה של רביית שארים או סחף גנטית כפי שנצפית באוכלוסיית הטבעית. תכונות של אוכלוסייה 'אידיאלית' כוללות רבייה אקראית בין פרטים, יחס זוויגים שווה, שונות אקראית באחוזי ההצלחה הרבייתית בין הפרטים והיעדר סלקציה להעדפת חלקים מסוימים באוכלוסייה. מכיוון שתנאים אלו על פי רוב אינם מתקיימים, הגודל האפקטיבי של אוכלוסיות קטן, ולעיתים קטן בהרבה, ממספר הפרטים המתרבים. שחרור פרטים שגודלו בשבי עשוי להוריד את גודל האוכלוסייה האפקטיבי. למשל על ידי תרומה גדולה יחסית של הפרטים המושבים לדורות הבאים בהשוואה לדגי הבר. אוכלוסיות טבעיות קטנות חשופות במיוחד לירידה בגודל האוכלוסייה האפקטיבית, מה גם שבמקרים כאלו מספר הדגים המושבים במסגרת פרויקט העשרה לרוב מצומצם ולכן ההבדלים הגנטיים צפויים להיות גדולים יותר. ירידה בגודל האוכלוסייה האפקטיבית מעלה את ההסתברות לתהליכי סחף גנטי ולהעמדת דורות המשך בעלות מטען גנטי מצומצם בהשוואה לדור ההורים.

פיתוח כלים להתמודדות עם בעיות הקשורות להרכב הגנטי

לנוכח הסוגיות המוזכרות לעיל, ישנו צורך בתכנון מוקדם של פרויקט ההשבה כדי לצמצם פגיעה במגוון הגנטי ובכשירות של אוכלוסיות הבר. לשם כך נעשה שימוש במספר כלים שמטרתם לאפיין את המבנה הגנטי של אוכלוסיית הבר, גרעין הרבייה והצעירים הגדלים בשבי. כלים אלו מאפשרים גם לעקוב אחר המבנה הגנטי של האוכלוסייה לאחר העשרתה ולהעריך את הצלחתם הרבייתית של הפרטים המושבים. קיימים מספר סוגי סמנים גנטיים בהם נעשה שימוש. סמנים אלו נבדלים ביכולתם להעריך היבטים שונים של ההרכב הגנטי ואין אחד העונה על כל הצרכים. דוגמאות לשימוש הנעשה בסמנים גנטיים שונים בתכניות העשרת אוכלוסיות בטבלה 1.



טבלה 1. דוגמאות לשימוש הנעשה בסמנים גנטיים שונים בתכניות העשרת אוכלוסיות

MtDNA	VNTRs	Alloenzyme	תפקיד הסמן
+	+	+	הערכת מבנה הגנטי של המין המיועד להעשרה
+	+	+	הערכת המבנה הגנטי של אוכלוסיות מקומיות, גרעין הרבייה וצעירים שגודלו בשבי
	+	+	הערכת גודל האוכלוסייה האפקטיבית
+		+	בחינה וניטור של סלקציה בצעירים שרובו בשבי
+		+	הערכת שרידות הדגים לאחר השחרור לבר
	+	+	השוואת מגוון גנטי בין דגים מושבים לאוכלוסיית הבר
	+	+	הערכת האינטראקציה בין הדגים המושבים לאוכלוסיות הבר
	+		הערכת ההצלחה של פרויקט ההעשרה
+			הערכת תרומת הנקבות בגרעין הרבייה לצאצאים
+			הערכת התרומה לאוכלוסייה של הדגים המושבים.

גודל גרעין הרבייה המתאים לתכנית העשרה משתנה כתלות במין ובמאפייני האוכלוסייה המקומית. בפרויקט העשרה של דגי דקר הסלעים בסיציליה כלל דור ההורים תשעה זוגות מתרבים ובחינות גנטיות קבעו כי המטען הגנטי של הדגים המושבים מגוון מספיק בשביל לצמצם פגיעה אפשרית באוכלוסייה המקומית (ראו בהרחבה בחלק המתאר 'פרויקטים לדוגמא'). בפרויקט העשרה של דג מוסר (*Sciaenops ocellatus*) נעשה ניתוח מקיף יותר של המבנה הגנטי של האוכלוסייה. גרעין הרבייה כלל פרטים רבים יותר ובמסגרת ייצור הדגים הוחלפו ההורים בין עונות עוקבות. ממצאי הבדיקות הראו שגרעין הרבייה שכלל 29 פרטים העמיד דור צאצאים שהתאפיין במגוון גנטי קטן יותר מאוכלוסיית הבר. במסגרת הפרויקט אף נעשה שימוש גנטי לשם איתור הפרטים המושבים בים. שימוש בסמנים גנטיים לאחר השחרור תרם לידע לגבי הצלחה יחסית של פרטים שהושבו בגדלי גוף, מועדים ומיקומים שונים.

מניעת מעבר מחלות וטפילים

(מבוסס על מאמרם של ³² Bartley et al.)

במסגרת ביצוע פרויקט העשרת אוכלוסיות קיים חשש למעבר מחלות וטפילים מדגים שגודלו בשבי לדגים בסביבה הטבעית. על פי רוב שלב גידול הצעירים נעשה במערכות גידול אינטנסיביות בהן הגידול נעשה בצפיפות גבוהה. מניסיון במערכות גידול חקלאיות ידוע כי תנאים אלו מעלים את הסבירות להתפשטות מחלות וטפילים. הסכנה שבהתפשטות מחלות וטפילים על ידי דגים שהושבו לבר או דרך חקלאות מים אינה איום תיאורטי בלבד אלא מבוססת על ניסיון בשטח. קיימות מספר דוגמאות לפתוגנים שהועברו לאוכלוסיות בר

³² Bartley, D. M. et al. (2006) A risk analysis framework for aquatic animal health management in marine stock enhancement programmes. *Fisheries Research* 80, 28-36



בעיקר בדגי סלמון. בישראל, הועלתה הסברה כי ייתכן קשר בין גידול דגי ים בכלובים להופעת מחלות באוכלוסיות טבעיות במפרץ אילת³³.

כדי לצמצם את האפשרות להעברת מחלות וטפילים מומלץ ליישם תכנית הכוללת כמה שלבים:

הגדרת איומים - יש לבצע סקר של כלל הפתוגנים שעשויים להופיע במין המגודל. לאחר קביעה מקיפה של כלל הפתוגנים הידועים יש להכין רשימה מצומצמת של אלו שעשויים להוות איום משמעותי. שלב זה חשוב כיוון שבעקבותיו ניתן להגדיר אילו אמצעים ידרשו כדי לנטר פתוגנים טרם ההשבה לטבע. הגדרת חומרת האיום משקללת את **א**. יכולת הפתוגן להתפשט בסביבה הטבעית ומגוון המינים בהם עשוי לפגוע **ב**. סבירות הדבקת הפתוגן במערכת הגידול. יש לזהות נתיבים בהם עשוי הפתוגן להגיע, בפרויקטי העשרת דגה, לדוגמא, האכלה במזון חי טרם השחרור עשויה לחשוף את הדגים לפתוגנים שאינם נמצאים במזון יבש **ג**. הערכת חומרת ההשלכות של מעבר הפתוגן לסביבה.

טיפול מניעתי בממשק הגידול - אמצעים למניעת התפשטות מחלות מוטמעים במערכות גידול דגים, ואותם האמצעים צריכים להיות משולבים בגידול דגים למטרות השבה לטבע. ניתן לשקול שימוש בחיסונים, אם כי קיימת אפשרות שדגים מחוסנים עדיין יוכלו לשמש כווקטור לפתוגן ולהדביק את אוכלוסיית הבר.

בקרה על בריאות הדגים - בעת הגידול וטרם השחרור יש לבצע בחינות באמצעים הנדרשים (בחינה ויזואלית, בדיקות מעבדה) כדי לנסות לאתר את הפתוגנים שהוגדרו כאיום. במסגרת פרויקט להשבת דגים מהמין דקר הסלעים מצבם הבריאותי של הדגים המועמדים לשחרור נעשתה על ידי הערכת המצאות חיידקים ווירוסים בדגימות רקמה. דגש ניתן להימצאותם של וירוסים ממשפחת Nodavirus הידועים כגורם לתמותה הן באוכלוסיות טבעיות והן בגידול בשבי של דקר הסלעים²².

השפעה על המערכת האקולוגית

שחרור מסיבי של דגים למערכת אקולוגית טבעית עשוי להשפיע על תפקוד המערכת דרך תהליכים כמו: תחרות בין מינית, טריפה ושינוי מבנה בית הגידול. על אף שבראיה סביבתית נדמה כי השלכות אפשריות אלו מהוות שיקול מרכזי בהעשרת אוכלוסיות, ההתייחסות לנושא בספרות מצומצמת ביותר. בחינת העקרונות שבבסיס הגישה האחראית לפרויקט העשרה מעלה כי בעוד ששיקולים גנטיים וההשפעות התוך מיניות נדונות בהרחבה, קיימת התייחסות מועטה להשפעה על מינים אחרים¹⁶. ככל הנראה הדבר נגרם עקב השרידות הנמוכה של הפרטים המושבים ברבים מהפרויקטים והקושי לעקוב אחריהם לאורך זמן.

ניתן, אפוא, להיעזר בידע הנצבר בתחום האקולוגיה הימית כדי להעריך מה עשויות להיות השפעותיו של פרויקט העשרת אוכלוסיות. לדוגמא, ניתן ללמוד מהניסיון הנצבר ממקרים בהם הוכנסו מינים זרים למערכת אקולוגית. בדגים נראה כי להכנסת מינים זרים עשויות

³³ Diamant, A. et al. (2007) Parasite and disease transfer between cultured and wild coastal marine fish. in CIESM Workshop Monograph. 49-54



להיות השלכות מרחיקות לכת על חברת הדגים המקומית. דוגמא קלאסית היא הידלדלות הדגה המקומית עקב הכנסת דג נסיכת הנילוס (*Lates niloticus*) לאגם ויקטוריה באפריקה שניזון ממגוון מינים מקומיים³⁴. דוגמא נוספת ניתן למצוא בדגי הזהרון (*Pterois sp.*) שהגיעו לחופי אמריקה ככל הנראה עקב שחרור מגידולי נוי. התרבותם בטבע הביאה לפגיעה באוכלוסיות מקומיות דרך תהליכי תחרות וטריפה^{35,36}. לכך מצטרפת הספרות הנוגעת למינים פולשים, שבים התיכון לדוגמא, מהווים מרכיב עיקרי בחברת הדגים⁹. ההשוואה למינים זרים שהוכנסו למערכת, ולמינים פולשים באופן כללי, עשויה להיות מחמירה. בפרויקטי העשרה מדובר בדרך כלל במינים שקיימים במערכת האקולוגית. הפיכתו של מין מקומי לדומיננטי ובעל השפעה שלילית על חברת הדגים, עקב הוספת פרטים לאוכלוסייה קיימת טרם תועדה בספרות.

מצידו השני של המטבע ניתן לשער כי העשרת אוכלוסיות תביא להשפעה חיובית על החברה. כשבוחנים חברות דגים הנמצאות תחת לחץ דיג, פעמים רבות ניתן לראות ירידה בחלקם היחסי של דגים טורפים. הדבר נכון גם במקרה של דקרים בים התיכון המהווים דג מטרה מבוקש. פגיעה באוכלוסיות המינים הטורפים עשויה להשפיע על הרכב החברה. דגים נטרפים עשויים להראות עלייה בגודל האוכלוסייה ו/או שינוי התנהגותי³⁷. לפיכך, ייתכנו גם יתרונות באיטוש אוכלוסיות טורפים, כמו למשל הדקרים, לאזורים בהם אוכלוסייתם נפגעה. ייתכן, למשל, כי הם יסייעו לייצב את המערכת ולהעלות את עמידותה בפני מינים פולשים³⁸, למשל הסיכנים אשר אינם מאפשרים צימח מאקרו-אצות וגורמים לאזורים שלמים של סלע חשוף או מכוסה במיקרו-אצות.

השבה לבית הגידול הטבעי

במקרים רבים רואים תמותה גבוהה של דגים המושבים לים סמוך למועד שחרורם. התמותה הגבוהה יוחסה לחוסר יכולתם של דגים שגודלו בתנאי שבי להתמודד עם הסביבה הטבעית. דגי שבי חסרים מיומנויות חיים בסיסיות כמו מציאת מסתור, הימנעות מטריפה או ניווט בסביבה החדשה. כמו כן קשה להעריך מה תהיה יכולתם של דגים שגודלו בתנאים מבוקרים לקיים קשר עם פרטים אחרים מאותו המין או להפגין התנהגות רבייתית תקינה²⁰. בשלב שחרור הדגים למערכת יש מספר נושאים אליהם יש להתייחס:

1. גודל הפרטים
2. אימון מכין לקראת שחרור
3. אתר ומועד השחרור

³⁴ Ogutu-Ohwayo, R. (1990) The decline of the native fishes of lakes Victoria and Kyoga (East Africa) and the impact of introduced species, especially the Nile perch, *Lates niloticus*, and the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Environmental biology of fishes* 27, 81-96

³⁵ Green, S. J. et al. (2012) Invasive lionfish drive Atlantic coral reef fish declines. *PLoS one* 7, e32596

³⁶ Albins, M. A. (2013) Effects of invasive Pacific red lionfish *Pterois volitans* versus a native predator on Bahamian coral-reef fish communities. *Biological Invasions* 15, 29-43

³⁷ Heithaus, M. R. et al. (2008) Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trends in Ecology & Evolution* 23, 202-210

³⁸ DeRivera, C. E. et al. (2005) Biotic resistance to invasion: native predator limits abundance and distribution of an introduced crab. *Ecology* 86, 3364-3376



גודל הפרטים – גודל הדגים בעת שחרורם זוהה כאחד הגורמים המרכזיים לשרידות הדגים. באופן כללי ניתן להגיד כי פרטים גדולים מראים שרידות גבוהה יותר. בדגי מוסר תועדה תפיסה חוזרת גבוהה יותר עם עלייה בגודל הדגים המשוחררים³⁹. בדומה נמצאה השפעה חיובית לגודל גם בדגים מהמין ספרוס זהוב בספרד²⁵. על אף היתרון שבשחרור פרטים גדולים יש למצוא איזון בין שרידות מוגברת של פרטים אלו לעלות הגבוהה של שלב הגידול. לדוגמא, בפרויקט שנערך בסיציליה גודלו דגי דקר במשך 3-4 שנים טרם השחרור²². מעבר לעלות הכרוכה בגידול דגים טורפים לפרק זמן זה, השחרור מתבצע כשהדגים נמצאים כבר בגודל המתאים לדיג ושיווק. שחרור פרטים בגודל שוק עשוי להיעדר הגיון כלכלי. בנוסף, במידה ומטרת העשרת האוכלוסייה היא שימור, פרטים גדולים עשויים להוות מטרה לדיג כבר מתחילת דרכם בים.

אימון מכין לקראת השחרור – כדי להכין את הדגים הצעירים להתמודדות עם הסביבה הטבעית ניתן לשלב בזמן הגידול בשבי אלמנטים לפיתוח מיומנויות כמו טריפה ותפיסת מחסה. בדגי דקר נמצא שיעילות הטריפה עולה לאחר חשיפה של כמה ימים לטרף חי⁴⁰. בדגי קוד נמצא כי שילוב גירויים סביבתיים במיכלי הגידול תורמים ליכולת הדגים להתאושש מגורמי סטרס ולחקור את הסביבה החדשה מהר יותר⁴¹. עוד נמצא כי העברת הדגים לסביבה חצי טבעית, כמו בריכות חיצוניות, משפרת את אחוזי השרידות לאחר השחרור⁴². עדויות רבות הראו כי חשיפה מבוקרת לטורף וחשיפה לדגים מאותו המין שנחשפו לטורף בעבר, מעלה את יעילות ההתחמקות מטורף בהמשך החיים. כמו כן ניתן לבצע את ההשבה לטבע תוך קיום תקופת הסתגלות מוגנת. שיטה זו מאפשרת לדגים להסתגל לסביבתם הטבעית ולפתח מיומנות טריפה²⁰.

אתר ומועד השחרור – הנחיות כלליות לגבי קביעת אתר השחרור ניתן למצוא במסמך של ארגון ה-IUCN⁴³. עיקרי ההנחיות במסמך נוגעות לבחירת אתר המהווה חלק מבית הגידול הטבעי של המין. כמו כן יש לאפיין את הגורמים לדלדול האוכלוסייה באזור ההשבה (מחלות, דיג יתר וכו') ולבחון האם האיומים עדיין פועלים. מכיוון שמטרת תוכניות מסוג זה היא לרוב העשרת משאב הדגה, קיים קונפליקט מובנה בין הרצון לשרידות הדגים המשוחררים לבין היותו של אתר השחרור נתון ללחץ דיג.

מחקר מקדים בו נבחנת השרידות באתרים שונים עשוי לעזור לתעדף ביניהם. בדגים מהמין ספרוס זהוב, למשל, נמצאו הבדלים בשרידות והפצת הפרטים המשוחררים כתלות בתכונות אתר השחרור²⁵. ניתן לשקול העשרת אוכלוסיות של מינים המעדיפים מצע קשיח באזורי שוניות מלאכותיות המהוות בית גידול מתאים²². לגבי מועד השחרור נראה כי תתכן הצלחה משתנה כתלות בעונה, כמו כן תתכן השפעה צולבת בין גודל הדגים לעונת השבתם לבר.

³⁹ Willis, S. A. et al. in *American Fisheries Society Symposium*. 354-365

⁴⁰ Donadelli, V. et al. (2015) Feeding hatchery-reared dusky grouper *Epinephelus marginatus* juveniles on live prey: implications for restocking. *Environmental Biology of Fishes*, 1-10

⁴¹ Braithwaite, V. A. et al. (2005) Environmental variability in the early rearing environment generates behaviourally flexible cod: implications for rehabilitating wild populations. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 272, 1107-1113

⁴² Näslund, I. (1992) Survival and distribution of pond-and hatchery-reared 0+ brown trout, *Salmo trutta* L., released in a Swedish stream. *Aquaculture Research* 23, 477-488

⁴³ IUCN/SSC. Guidelines for Reintroductions. (1995)



דגים קטנים יצליחו יותר בעונה בה נעשה הגיוס הטבעי לאוכלוסייה⁴⁴. בחירת העונה המועדפת עשויה לכלול גם שיקולים אנתרופוגניים כמו עונות בהן לחץ הדיג גבוה ובמקביל מאפיינים סביבתיים כמו טמפרטורה המשפיעים על גידול הדג בסמוך למועד השחרור²⁵.

הערכת תוצאות פרויקט העשרת אוכלוסיות

קביעת מוקדמת של מדדי הצלחה ודרכים לבחינתם חיונית בתכנון פרויקט העשרת אוכלוסיות. ניתן להגדיר מדדי הצלחה בצורת היפותזות הניתנות לבחינה כמותית¹⁷. כך ניתן לנסח משפטים כמו:

"שחרור דגים יביא לעלייה של לפחות 20% בשלל הדיג של דקרים ברשתות עמידה בטווח של 5 שנים"

"לאחר 5 שנים של שחרור דגים נראה ירידה של פחות מ- 3% בתדירות הופעתם של אללים נדירים באוכלוסייה"

בדומה ניתן לנסח מדדים נוספים הכוללים היבטים שונים של פרויקט ההשבה כמו: שיקולי עלות-תועלת, השפעה על בתי הגידול הטבעיים וביצועי הדגים המשוחררים בסביבה. מסקירת הספרות נראה כי פעמים רבות המדד המרכזי להצלחה הוא שיעור התפיסה החוזרת של פרטים שהושבו לטבע⁴⁵ או מגמות בשלל הדיג²⁹. כך, למשל, נעשה בפרויקט להעשרת אוכלוסיות ספרוס זרוב בפורטוגל. החוקרים העריכו את הצלחת הפרויקט והשפעתם של גורמים כמו: גודל הדגים בעת השבתם, אזור גיאוגרפי ומועד השחרור, על ידי מעקב אחר תפיסות חוזרות²⁵. מכאן ניתנו המלצות לגבי אזורים ומועדים בהם השרידות גבוהה והפיזור המרחבי קטן, מתוך הנחה כי כך מתקבלת תרומה מרבית לשלל הדיג.

מכיוון שתפיסות חוזרות מהוות כלי חיוני בהערכת ההצלחה של פרויקט ההשבה יש צורך בסימון הדגים המושבים. השיטה הישירה ביותר למעקב אחר הפרטים המושבים היא סימוןם בשיטת תיוג כלשהי. כדי ללמוד מפרטים שתיוגו על מצבם של כלל הפרטים המושבים, יש לדאוג כי התיוג אינו משפיע על התנהגות ושרידות הדגים. בעשורים האחרונים פותחו מספר שיטות תיוג העונות על דרישה זו.

בחירת שיטת התיוג המתאימה תלויה במאפיינים של הדג המסומן ובצורת המעקב אחר הדגים. בבחירת סוג התג יש להתחשב בגודל הדג ואזור המחיה האופייני לו. לדוגמא דגי דקר המבלים בנקיקי סלע עשויים להיפגע או לאבד תגים חיצוניים בולטים. במידה והמעקב אחר הפרטים המושבים נעשה על ידי הציבור הרחב, קיים יתרון בשימוש בשיטות תיוג פשוטות כמו תגים חיצוניים מסוג T-bar tags מכיוון שאלו מאפשרים זיהוי קל על ידי דייגים דבר המקל על איסוף המידע לגבי תפיסות חוזרות²⁵.

תגים מסוגים שונים יכתיבו את סוג המידע שניתן יהיה לקבל על מצב האוכלוסייה. לדוגמא, תגי CWT (coded-wired tags) מאפשרים זיהוי של פרט ספציפי בעוד תגים מסוגים אחרים

⁴⁴ Leber, K. M. et al. (1997) Influence of release season on size-dependent survival of cultured striped mullet, *Mugil cephalus*, in a Hawaiian estuary. *Fishery Bulletin* 95, 267-279

⁴⁵ Yulianto, I. et al. (2015) Potential and Risk of Grouper (*Epinephelus* spp., Epinephelidae) Stock Enhancement in Indonesia. *J Coast Zone Manag* 18, 394



אינם מאפשרים הבחנה בין פרטים שסומנו. כיום נמצאים בשוק מגוון רחב של תגים וניתן למצוא מחקרים המשווים בין תגים שונים⁴⁶. בנוסף לתגי סימון רגילים, ניתן לשלב תגים המאפשרים מעקב אחרי תנועת הדג⁴⁷, שימוש בשיטה זו עשוי להתאים לדגים ששטח מחייתם מצומצם יחסית כמו דקרים.

חלופה לסימון פיזי היא שימוש בתגים גנטיים, אלו מאפשרים זיהוי של דגים משוחררים לעיתים ברמת הפרט ללא צורך בסימון העלול לפגוע בשרידותם³¹. בפרויקט שנערך בפלורידה הוערכה השרידות של דגי מוסר בריכות (*Sciaenops ocellatus*) על ידי דגימת רקמות של פרטים שנתפסו לאחר השחרור. בדיקות גנטיות נעשו לכ- 20,000 פרטים ומתוכם זוהו 3,000 דגים שמקורם בשבי³⁰. בנוסף, ניתן לעקוב אחר סמנים גנטיים גם בתוצרי הרבייה של הפרטים המשוחררים ובכך להעריך האם הם מתרבים עם אוכלוסיות הבר והאם קיימים הבדלים בהצלחת הרבייה בין פרטים מושבים לדגי בר. לדוגמא, מעקב אחר שלושה דורות לאחר השבת דגי סלמון באוקיינוס השקט הראה פגיעה בהצלחת הרבייה של פרטים שמקורם בפרטים מושבים⁴⁸.

סיכום

לאחר מאה שנים ויותר של ביצוע פרויקטי העשרת אוכלוסיות של דגים ברחבי העולם, עדיין קיימת מחלוקת לגבי ייתכנותה של גישה זו למטרת שיקום אוכלוסיות טבעיות. בראשית הדרך המאמצים כווננו בדרך כלל להעלאת שלל הדיג של מיני מטרה מבוקשים, בחלוף השנים נוספו שיקולים של שיקום אוכלוסיות הנתונות בסיכון.

העובדה כי ניסיונות רבים להעשרת אוכלוסיות דגים כשלו, יוחסה לחוסר בתכנון מוקדם וביסוס ידע מדעי טרם ביצוע פרויקט ההשבה. מעבר לכך, זוהו נזקים פוטנציאליים שעשויים להיגרם כתוצאה מהעשרת אוכלוסיות, ובראשם פגיעה במגוון הגנטי של אוכלוסיות הבר.

בגלגולה המודרני של גישת העשרת האוכלוסיות, ישנה התייחסות לכלל שלבי הפרויקט, מראשית התכנון ובחירת המינים ועד לקביעת קריטריוני הצלחה. תהליך זה שכונה 'הגישה האחראית' להעשרת אוכלוסיות, מבקש לספק קווים מנחים שמטרתם להעלות את הסבירות להצלחת הפרויקט כמו גם למזער נזקים העשויים לנבוע ממנו. בשל מורכבות ביצוע פרויקט העשרה על פי הקווים המנחים של הגישה האחראית, קיים צורך בשילוב מומחים ובעלי עניין מתחומים רבים. לדוגמא, היועצות בדייגים ומשווקי דגים דרושה כדי לבחור מינים בהם יש עניין כלכלי בעוד שיקולים גנטיים דורשים מעורבות של אוניברסיטאות ומכוני מחקר

⁴⁶ Brennan, N. P. et al. (2007) Use of coded-wire and visible implant elastomer tags for marine stock enhancement with juvenile red snapper *Lutjanus campechanus*. *Fisheries Research* 83, 90-97

⁴⁷ Johnson, S. L. et al. (2010) A comparison of the survival and migratory behavior of hatchery-reared and naturally reared steelhead smolts in the Alsea River and estuary, Oregon, using acoustic telemetry. *North American Journal of Fisheries Management* 30, 55-71

⁴⁸ Araki, H. et al. (2007) Genetic effects of captive breeding cause a rapid, cumulative fitness decline in the wild. *Science* 318, 100-103





הבקיאים בשימוש בשיטות גנטיות מתקדמות. כמו כן ידרשו לטובת הפרויקט: מגדלי דגים, אקולוגים וארגוני סביבה, חוקרי דיג, כלכלנים, קובעי מדיניות ועוד.

מורכבות פיתוח פרויקט העשרה, ובמיוחד כזה המערב מין עבורו לא קיימת מערכת ייצור פועלת, תביא ככל הנראה לעלויות גבוהות ומסגרת זמן ממושכת. מן העבר השני, ניסיון העבר במקרים דומים מלמד כי אין לצפות להצלחה שתביא להחזר ישיר של ההשקעה מתוספת שלל לענף הדיג. אם כן, שיקולים סביבתיים ושימור מינים מקומיים יהוו, ככל הנראה, שיקול מרכזי בבחינת כדאיות הפרויקט.

לסיכום, העשרת אוכלוסיות דגים ממשיכה להיות כלי בשימוש ברחבי העולם ותחום מחקר מתפתח. לפיכך, רצוי לבחון נושא זה בצורה מקצועית ותוך היוועצות בידע המצטבר במאמצים דומים הנעשים ברחבי העולם. ככל הנראה ביצוע פרויקט בישראל ידרוש מידה של יצירתיות וזיהוי הזדמנויות לבעלי עניין מהתעשייה, האקדמיה והרשויות הממשלתיות.



נספח א'- הגישה האחראית לביצוע פרויקט העשרת אוכלוסיות דגים- דגשים ושלבי הביצוע

מטרת הנספח היא להציג את עקרונות ה'גישה האחראית' לתכנון וביצוע פרויקט העשרת אוכלוסיות דגים^{16,17}. המסמך מפרט את עשרת הסעיפים הנכללים במסגרת ה'גישה האחראית' ופירוט קצר לגבי משמעות כל סעיף. למידע מעמיק יותר על השלבים השונים ניתן לעיין במסמך המקור בו מובא פירוט רב יותר של הנושאים ודוגמאות ליישומם במסגרת פרויקטי העשרה שנעשו בעולם.

עקרונות ה'גישה האחראית'

בבסיס הגישה האחראית עשרה עקרונות: 1. זיהוי ותעדוף מינים; 2. פיתוח מסגרת לניהול אוכלוסיית המין הנבחר; 3. הגדרת יעדים כמותיים להצלחת פרויקט ההעשרה; 4. ניהול המגוון הגנטי; 5. ניהול בריאות הדגים ומניעת מחלות; 6. התחשבות בשיקולי אקולוגיה, התנהגות וביולוגיה של המין הנבחר; 7. זיהוי פרטים לאחר השבתם והערכת השפעות ההעשרה; 8. שימוש בשיטות כמותיות להגדרת אסטרטגיית שחרור מיטבית; 9. זיהוי מטרות כלכליות ומטרות מדיניות; 10. שימוש בגישות ניהול גמישות

זיהוי ותעדוף מינים

בחירה מושכלת של המין המיועד לתכנית העשרת האוכלוסיות, עשויה לסייע רבות להצלחת התכנית. בבחירת המין הרצוי נכללים שיקולים כמו: ניסיון בגידול חקלאי, מצב האוכלוסיות הטבעיות ומידת הביקוש בשוק למין הנבחר. פותחה שיטה חצי-כמותית לביצוע תהליך התעדוף בין מינים המועמדים לתכנית השבה. שיטה זו משלבת ידע של מומחים ממגוון תחומים. יתרונה בכך שהיא מאפשרת להימנע ככל האפשר מהטיות בתהליך הבחירה וזיהוי המינים המועמדים. כמו כן, באמצעותה ניתן להגיע ביתר קלות לתוצאות המקובלות על מרבית בעלי העניין. פירוט על אופן ביצוע השיטה, ויישומה במסגרת פרויקט העשרה שנערך בהוואי, ניתן למצוא בנספח "בחירה ותעדוף של מיני דגים לטובת פרויקט העשרת אוכלוסיות".



פיתוח מסגרת לניהול אוכלוסיית המין הנבחר

תכנית העשרת אוכלוסיות אינה עומדת בפני עצמה וחייבת להיות חלק מאסטרטגיה כללית לשימור והגנה על אוכלוסיות הדגים המקומיות. לשם כך יש לסקור את מגוון האיומים ואמצעי הניהול הקיימים. לדוגמא, הערכת לחץ הדייג ופיזורו המרחבי עשוי להיות חיוני לשם תכנון מתאים של תכנית ההעשרה.

הגדרת יעדים כמותיים להצלחת פרויקט ההעשרה

חיוני להגדיר יעדים ברורים שישמשו להערכת הצלחת הפרויקט. פרויקט מסוג זה כרוך בהשקעה כספית משמעותית ולרוב הציפייה היא שהתרומה לאוכלוסייה ו/או לשלל הדייג תהיה משמעותית מבחינה כלכלית. מומלץ לנסות לנסח יעדים ברורים בהיבטים שונים של תכנית ההעשרה.

לדוגמא: "צעירים ששחררו לטבע יביאו לעלייה של 20% במין המושב בדייג החכות הספורטיבי באזור חוף הכרמל" או "ניטור המגוון הגנטי יראה שינוי של פחות מ-3% בהופעה של אללים נדירים לאחר 5 שנים של שחרור צעירים שגודלו בשבי".

ניהול המגוון הגנטי

שיקולים גנטיים מהווים נדבך חשוב בתכנון וביצוע תכנית העשרת אוכלוסיות. שילוב פרטים שרובו וגודלו בתנאי שבי עשויה לפגוע במגוון הגנטי או בהתאמת האוכלוסייה לתנאי בית הגידול המקומיים. הגישה להתמודדות עם נושא הגנטיקה בפרויקט העשרה צריכה לכלול:

1. זיהוי סיכונים גנטיים הנשקפים מתכנית ההעשרה; 2. הגדרת אסטרטגיית העשרה; 3. בחינה המבנה הגנטי של הפרטים המגודלים בשבי ושל אוכלוסיית הבר; 4. הגדרת צרכי ויעדי המחקר הגנטי; 5. פיתוח מנגנוני משוב.

אפיון המבנה הגנטי של אוכלוסיות הבר צריך להתבצע בהיקף גיאוגרפי נאות המקיף את האוכלוסייה המקומית המועמדת להעשרה. הניטור הגנטי צריך להתבצע לאורך תקופת זמן מספקת כדי לזהות שינויים קצרי מועד בהרכב הגנטי. יש לשאוף להגדיר קו-התחלתי (Baseline) למבנה הגנטי של האוכלוסייה. קו-התחלתי זה ישמש להערכת שינויים בגודל האוכלוסייה האפקטיבי, שינויי בתדירות הופעת אללים או אבדן אללים. לאחר תחילת השבת



הצעירים למערכת הטבעית יש לתכנן תכנית ניטור שמטרתה לספק את המידע החיוני להשוואת מצב האוכלוסייה הנוכחי אל מול מצבה טרם ההעשרה.

החזקת גרעין רבייה בגודל שיספיק לשמירה על המבנה הגנטי של האוכלוסייה הטבעית מהווה את אחד מהשלבים היקרים בתכנית העשרה. גם בנוכחות מספר גדול של הורים פוטנציאליים, מספר המתרבים האפקטיבי עשוי להיות קטן היות והפרטים מייצרים כמות גדולה של חומרי רבייה. מנגד, בדגי ים, בהשוואה לדגים של מים מתוקים, נראה כי המבנה הגנטי אחיד יותר וקיימת פחות הפרדה בין קבוצות של אותו המין במרחב. עובדה זו מקלה על התאמת המבנה הגנטי של הדגים המושבים לזה של האוכלוסייה הטבעית.

ניהול בריאות הדגים ומניעת מחלות

מניעת העברת מחלות חשובה לאוכלוסייה הטבעית של המין המועשר, בפרט, ולבריאות חברת הדגים בכלל. יש לפתח פרוטוקול מוגדר לבחינת מצבם הבריאותי של הפרטים המועמדים להשבה לטבע. בחינה זו תכלול זיהוי טפילים, מחלות זיהומיות ונגיפיות. ערכי הסף הקבילים יכולים להיות מבוססים על הערכת תדירות הופעת המחלות באוכלוסיית הבר (אם כי הערכה זו בעייתית עקב נטיית פרטים חולים ומוחלשים להיטרף).

התחשבות בשיקולי אקולוגיה, התנהגות וביולוגיה של המין הנבחר

שרידות נמוכה של הפרטים המושבים עשויה לנבוע משחרור פרטים שאינם מותאמים לשרידות בבית הגידול הטבעי כמו גם משחרור במקום ובזמן לא מתאימים. בהיבט התנהגותי, פרטים שגודלו בשבי עשויים להפגין התנהגויות שאינן מותאמות לבית הגידול הטבעי. אימון פרטים לקראת השחרור עשוי להעלות את שרידותם ויכולתם לשחרר למזון או להימנע מטריפה. יש מספר דרכים לאימון הדגים טרם השחרור במערכת הגידול החקלאית וגם בבית הגידול הטבעי. לדוגמא, העשרת בית הגידול בתנאי השבי כדי לעודד התנהגויות של שיחור מזון או מציאת מחסה. לחלופין ניתן לבחור באזורים המוגנים בפני טורפים או לספק הגנה כזו בשלבים הראשונים.

כמו כן, יש להבין את האקולוגיה של האוכלוסייה הטבעית. בחינת התנועה המרחבית ושימוש בבית גידול על ידי פרטים בבר עשויים להכווין לאתרי ומועדי שחרור מתאימים.



לדוגמא, במקרים רבים ירידה בגודל האוכלוסיות הטבעיות נובעת מאובדן בתי גידול, במקרים אלו לא סביר כי הוספת פרטים למערכת תתרום להגדלת האוכלוסייה.

זיהוי פרטים לאחר השבתם והערכת השפעות ההעשרה

לשם הערכת הצלחת פרויקט ההעשרה חיוני לעקוב אחר הדגים שהושבו למערכת. זאת מכיוון שתנודתיות בגודל אוכלוסיות הבר עשויה למסך את הוספת הפרטים למערכת. כמו כן, מעקב אחר הפרטים המושבים יאפשר לזהות את שרידותם לאורך זמן ותרומתם לאוכלוסייה המקומית. בעשורים האחרונים שוכללו טכנולוגיות התיוג וכעת ניתן להתאים תגים למטרות שונות המאפשרים יכולת מעקב אחרי פרטים בודדים, תנועת פרטים במרחב וכו'. כמו כן ניתן לשלב סמנים גנטיים שיאפשרו מעקב לאחר תרומת הפרטים המושבים להעמדת צאצאים.

שימוש בשיטות כמותיות להגדרת אסטרטגיית שחרור מיטבית

בטרם נעשה שחרור מסיבי של צעירים שגודלו בשבי לבית הגידול הטבעי, רצוי לתכנן סדרת ניסויים שמטרתם לגבש את אסטרטגיית השחרור המיטבית. ניסויים אלה יכללו היבטים כמו: גודל הדגים בשחרור, אתר השחרור ומועד השחרור. מחקרים הראו כי גורמים אלו משפיעים באופן משמעותי על שרידות הצעירים וכדאיות התכנית. תכנון הניסויים והיכולת לעקוב אחר הפרטים צריכים להתבצע באופן מפורט ואקדמי ככל האפשר. לפיכך, השקעת משאבים בתכנון וניטור של שלב זה עשויה להיות גבוהה מניטור הפרטים המושבים בשלב מתקדם יותר.

זיהוי מטרות כלכליות ומטרות מדיניות

בשלבי תכנון פרויקט ההעשרה רצוי להגדיר מסגרת כלכלית לכל אחד משלבי הפרויקט. הערכת העלויות תסייע בתעדוף בין השלבים השונים בתכנית ההעשרה וקביעת היקפה. כמו כן, תכנית כלכלית מסודרת תוכל לשמש להצגת הפרויקט בפני רשויות ומקבלי החלטות לשם קבלת תמיכה בתכנית. מבחינת מדיניות, יש להדגיש את חשיבות הגישה האחראית





להעשרה מכיוון שלעיתים מועלה רצון ציבורי להתקדם בתכנית ההעשרה בהיקף רחב וללא מחקר מקדים מספק.

שימוש בגישות ניהול גמישות

תכנית העשרת אוכלוסיות כוללת שלבים רבים כפי שפורט לעיל. במהלך הרצת תכנית ארוכת טווח סביר כי מידע הנאסף במהלך הניטור ו/או תנאים סביבתיים יצביעו על נחיצותם של שינויים והתאמות בתכנית המקורית. ניתן להגדיר בתכנון המקורי צמתים בהם תעשה קבלת החלטות לגבי האופן בו היבטים שונים של תכנית ההעשרה מתבצעת.



נספח ב'- בחירה ותעדוף של מיני דגים לטובת פרויקט העשרת אוכלוסיות

רקע

במסגרת תכניות להעשרת אוכלוסיות מושבים דגים שגודלו בשבי לבית הגידול הטבעי. תכניות מסוג זה פועלות במדינות רבות וכוללות מגוון רחב של מינים ימיים. מטרת העשרת האוכלוסייה עשויה להיות העלאת שלל הדיג ו/או ייצוב האוכלוסיות של מינים בסיכון. הניסיון המצטבר בעולם הראה כי תכנון ומחקר מקדים מעלים את סיכוי תכנית ההעשרה להצלחה ומצמצמים הסיכונים הכרוכים בשחרור דגים לבר.

פרויקט העשרת אוכלוסיות כולל מרכיבים רבים אותם ניתן לחלק לשלושה שלבים: א. רבייה וגידול הדגים בשבי; ב. שחרור הדגים למערכת האקולוגית הטבעית; ג. תפיסתם של הדגים לאחר תקופת הגידול בבר (במידה והדגש הוא על העשרת שלל הדיג).

בחירה מושכלת של המין המועמד להעשרה, תגדיל את הסיכוי להצלחה בכל אחד מהשלבים הנ"ל. לפיכך בתהליך בחירת המין יילקחו בחשבון היכולת לגדלו בשבי, שרידותו המשוערת לאחר השבתו לבר ותרומתו הכלכלית לשלל הדיג.

בעשורים האחרונים גובשו קווים מנחים לביצוע פרויקט העשרה באופן יעיל ואחראי מבחינה סביבתית. קווים מנחים אלו מכונים 'הגישה האחראית להעשרת אוכלוסיות'¹⁷. בין השלבים המוזכרים במסגרת 'הגישה האחראית' נמצא שלב בחירת המין המתאים ביותר לתנאים המקומיים. במסמך זה נציג תהליך תעדוף מינים לדוגמא, כפי שהתבצע בפרויקט העשרת אוכלוסיות שנערך בהוואי, ארה"ב בשנת 1988 ומתואר בפירוט רב במאמרו של Leber²⁴.

שלבים עיקריים בתהליך תעדוף המינים

תהליך התעדוף שילב שולחנות עגולים בהשתתפות מומחים מתחומים שונים והעברת סקרים ושאלונים לבעלי עניין. השלבים העיקריים כללו (איור 1):

1. סדנא ראשונית בה נקבעו הקריטריונים לתעדוף בין מינים ונקבעה חשיבותם היחסית של הקריטריונים השונים.



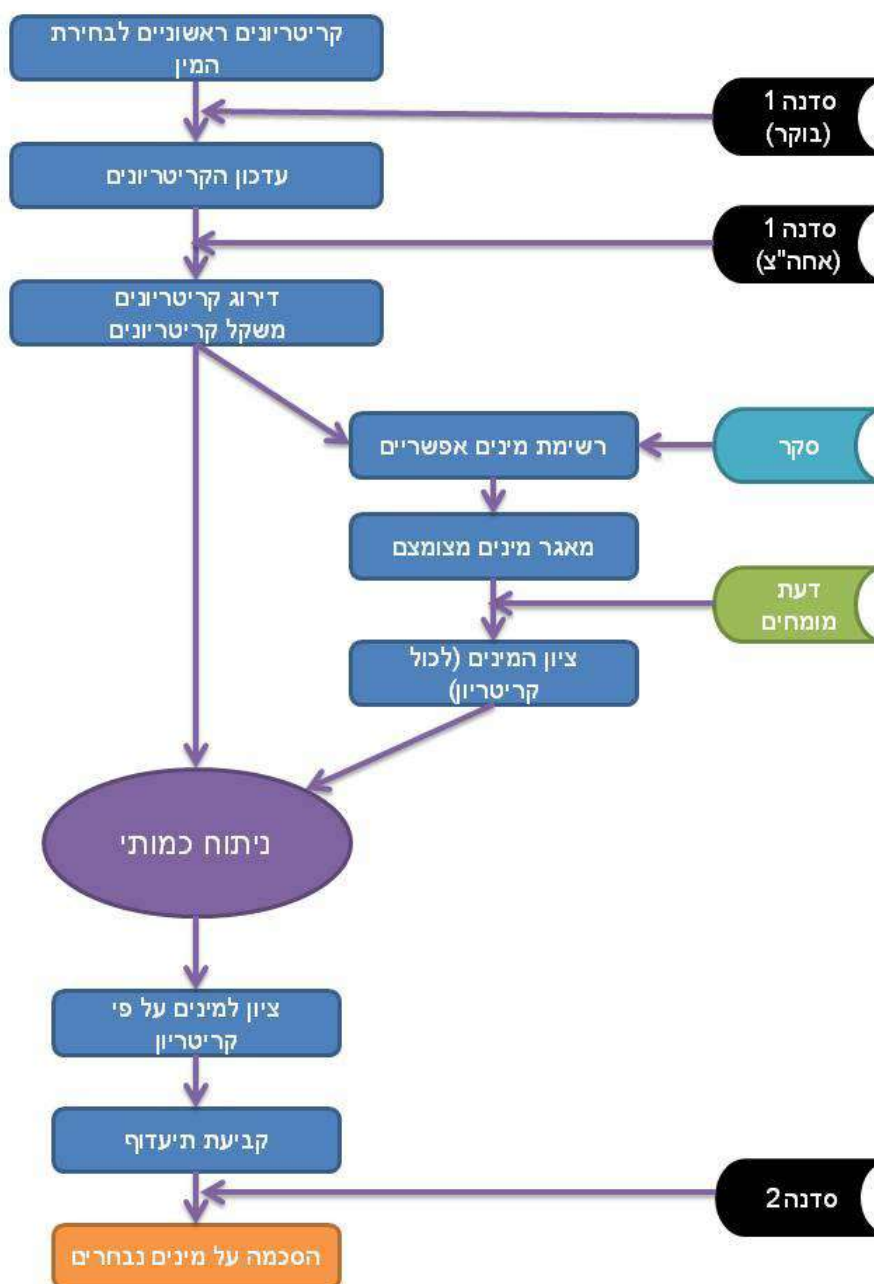
2. סקר שהופץ בקרב בעלי עניין. מטרתו הייתה לקבל חוות דעת על הקריטריונים שנקבעו לתעדוף ולגבש רשימה ראשונית של מינים מועמדים.
3. ראיונות עם מומחים מתחומים רלוונטיים כדי לדרג את המינים המועמדים בהקשר לקריטריונים שנקבעו.
4. סדנא שנייה במסגרתה הוצגו תוצאות הסקרים והציון אותו קיבלו המינים המועמדים. נערך דיון בתוצאות וחתימה להסכמה על המין המועדף.

זיהוי משתתפים ובעלי עניין בתהליך תעדוף המינים

כדי שתהליך התעדוף יקיף את מלוא השיקולים הרלוונטיים לפרויקט העשרה, יש להיוועץ במומחים ממספר תחומי דעת ושיוך מוסדי:

גופים בעלי עניין	תחומי מומחיות
מוסדות מדינה	דיג חובבני
אוניברסיטאות ומכוני מחקר	דיג מקצועי
מגדלי דגים	שיווק דגים
דייגים	כלכלה
סוחרי דגים	אקולוגיה של דגים
אזרחים פרטיים	התנהגות דגים
	בריאות דגים
	ניהול משאב הדגה
	חקלאות מים
	חקיקה ומדיניות
	חקיקה ומדיניות





איור 1: תהליך לזיהוי ותעדוף מינים לטובת פרויקט העשרה (מתוך Leber ²⁴)





גיבוש הקריטריונים לתעודף

טרם קיום הסדנא הראשונה גובשה רשימת קריטריונים ראשונית. הקריטריונים נחלקו לתחומים הבאים:

- שיקולים ביולוגים ושל מערכות הגידול
- הידע הקיים לגבי המין
- שיקולים בביצוע ההעשרה
- שיקולים הנוגעים לשחרור פרטים לטבע
- שיקולים סוציו-אקונומיים
- שיקולים אקולוגיים

ששת התחומים הנ"ל הכילו 15 קריטריונים ספציפיים, חלקם מכילים תתי סעיפים (ראה איור 2).

לסדנא הראשונה הוזמנו בעלי עניין מתחומים מגוונים (ראה לעיל). המשתתפים קיבלו את רשימת הקריטריונים הראשונית כ'חומר למחשבה' לקראת הסדנא. הסדנא החלה בהסכמה על מטרת הפרויקט. במהלך הסדנא נערך דיון על הקריטריונים שהוצעו ונעשה ניסיון לחשוב על קריטריונים נוספים.

לאחר שהוסכם על רשימה של כלל הקריטריונים נערך שלב של תעודף ונתינת משקל יחסי לכל קריטריון. כל משתתף התבקש לדרג 11 קריטריונים בסדר חשיבות יורד. שכלול הדירוג שנתנו המשתתפים שימש לדירוג ומתן משקל יחסי לקריטריונים השונים. התוצר הסופי מובא בטבלה 2.



טבלה 2. קריטריונים לבחירת מינים ושקלם כפי שנקבעו בפרויקט ההעשרה בהוואי

משקל יחסי	קריטריון
12.63	ביקוש לדייג חובבני ומסחרי (הוגדר כתנאי סף)
12.16	זמינות גרעין רבייה
10.53	שחרור צעירים צפוי להגדיל את האוכלוסייה הבוגרת
9.71	יכולת הגידול הירווי
7.49	יחס עלות-תועלת כספי
7.13	יכולת גידול צעירים
6.78	יכולת לנטר השפעת הדגים המושבים
5.96	מידת הקושי בגיוס באוכלוסייה הטבעית (כלומר מחסור בצעירים בטבע)
5.96	הסיכוי להצלחה מהירה
3.39	השפעה על החי המקומי
2.81	יחס נמוך של תמותה/גידול
2.69	תיעוד ירידה בגודל האוכלוסייה
2.22	זמינות בית גידול
2.22	דפוס התנועה המרחבית של המין
1.64	אטרקטיביות סוציו-אקונומית
1.52	זמינות עונתית
1.4	לחץ הדייג על המין
1.29	מתקני גידול
0.94	מידת יכולת השימור עד גודל שוק
0.47	מידת ההצלחה של רבייה טבעית
0.23	זמינות מזון
0.23	מידת יכולת השינוע וההפצה
0.12	גודל בתפיסה
0.12	שימושים לא צרכניים
0.12	שיקולים עונתיים
0.12	שיקולי זיהום
0.12	עלות תכנית ניטור
קריטריונים על פי קטגוריות	
23.39	שיקולים סוציו-אקונומיים
29.01	שיקולים ביולוגים ושל מערכות הגידול
25.84	שיקולי העשרת אוכלוסיות
9.36	ידע לגבי הדייג של המין
8.54	שיקולים אקולוגיים
2.57	שיקולים הנוגעים לשחרור
1.29	שיקולי תשתית



A. BIOLOGICAL AND CULTURAL CONSIDERATIONS

1. Availability of Viable Spawn
 - a) broodstock (local) availability
 - b) ease of broodstock maintenance
 - c) ease of captive spawning
 - d) age at maturity
 - e) fecundity and spawning frequency
2. Ease of Larval Rearing
 - a) tolerance to rearing conditions
 - b) nutrition
3. Ease of Juvenile Rearing
 - a) age/size at release
 - b) tolerance to high density culture
 - c) resistance to disease and parasites
 - d) degree of cannibalism/aggressive behavior
 - e) nutrition

B. KNOWLEDGE AVAILABLE ON SPECIES

1. Extent of recruitment limitation (knowledge of recruitment)
2. Size [at] capture
3. Reproduces locally in a habitat that has been degraded or is limited
4. Is mortality/growth ratio relatively low

C. ENHANCEMENT CONSIDERATIONS

1. Will release of mass quantities of juveniles increase adult population size
 - a) to what measurable degree
 - b) techniques
 - i) put, take
 - ii) put, grow, take
 - iii) put, grow, reproduce, take
2. Ability to succeed... [likelihood of rapid success without additional research given current state of knowledge]
3. How conducive to experimental manipulation... [combined with C4]
4. Ease of monitoring impact on fishery / fish population
 - a) does it lend to a small experimental and pilot scale project
 - i) degree to which a rigorous experimental design can be deployed to gather needed information for larger scale projects
5. Inshore seasonal availability (will they stick around)
6. Ease of protection until reasonable market size
 - a) difficulty or ease
 - b) other enhancement techniques
 - c) market size/age and utilization
7. Non-consumptive uses

D. RELEASE CONSIDERATIONS

1. Ease of transport and distribution
 - a) target
 - b) broadcast
2. Ease of identifying released species... [Combined with C4]
 - a) procedure conducive to monitoring
 - b) alternatives to tagging
 - i. ease of identifying released species
 - ii. identifying recovered
 - iii. movement patterns
 - a. residential vs. migratory
 - b. dispersal (random)
 - iv. special considerations
 - a. seasonality
 - b. environmental factors

E. SOCIOECONOMIC CONSIDERATIONS

1. Commercial and recreational demand
2. Multiple demands for same species... [Combined with E1]
3. Cost-Effectiveness
 - a) technology
 - b) unit culture cost
 - c) distribution
 - i. inshore vs. pelagic
4. Socioeconomic attractiveness
 - a) profile
5. Fishing mortality
 - a) degree of fishing pressure
6. Mitigation issues
 - a) pollution
7. Cost of monitoring the effect

F. ECOLOGICAL CONSIDERATIONS

1. Documented decline - Catch Per Unit Effort (CPUE)
2. Availability of food
3. Availability of habitat
 - a) knowledge of post-hatchery habitat
4. Impact on resident biota
 - a) predation on desired species

G. INFRASTRUCTURE CONSIDERATIONS

1. Facilities
2. Hatchery cost... [Combined with E3]
 - a) unit cost production vs. economic return
3. Cost of monitoring impact... [Combined with E7]

איור 2: קריטריונים ראשוניים לתעדוף מינים (מתוך Leber ²⁴)



זיהוי מינים וקביעת ציונים

לאחר גיבוש רשימת הקריטריונים הוכנו שאלונים שהועברו למומחים בתחומים הקשורים לפרויקט ההעשרה. בסה"כ זוהו כ- 147 מומחים שאליהם הועברו שאלונים ורשימת הקריטריונים שגובשה וכללה תיאור מילולי קצר של כל אחד מהם (ראה איור 3).

השאלון הורכב משלוש שאלות:

1. "מבלי להגביל עצמך למין שעומד בקריטריונים המצורפים, אנא זהה מיני דגים ימיים שהיית רוצה לראות שאוכלוסייתם מועשרת בהוואי. דרג אותם על פי **סדר העדיפות לדעתך**"

2. "לדעתך עבור אילו מינים מאמצי ההעשרה צפויים להיות מוצלחים ביותר? דרג שלושה מינים"

3. "אנא כתוב הערות לגבי הקריטריונים לתעדוף המינים"

בסך הכל ענו 87 משתתפים על הסקר. תוצאות הסקר אפשרו זיהוי של קבוצות המינים הראשיות שקיבלו הזכרו מספר הפעמים הגדול ביותר ע"י המשתתפים.

מתוך 65 מינים שהוזכרו בשאלונים צומצמה הרשימה ל- 27 מינים. מינים בעלי ערך מסחרי נמחק ירדו. מינים שהוזכרו ע"י פחות משני משתתפים ירדו גם הם.

מתן ציון למינים המועמדים

תהליך מתן הציונים נעשה תוך פנייה למומחים בתחומים שונים, כשכל מומחה התבקש לתת ציון עבור הקריטריונים שנמצאים התחום מומחיותו. הדירוג נעשה ע"י בחירת ציון עבור כל קריטריון מהאפשרויות: $F=0$, $D=1$, $C=2$, $B=3$, $A=4$, $A^+=4.5$.

במידה ועבור מין מסוים לא היה ניתן לדרג קריטריון מסוים ניתן הציון C. כך למשל כל המינים קיבלו את הציון C עבור קריטריון העלות-תועלת, כיוון שלא היה מידע בנוגע לקריטריון זה עבור אף אחד מהם.

אף על פי שהציונים לא היו מדויקים, נאסף מידע חצי-כמותי לגבי כל מין. המינים דורגו תוך שכלול הציון שקיבלו בכל קריטריון עם המשקל הנקבע לקריטריון. שלושה מינים קיבלו ציונים גבוהים מ- 74% מהציון המרבי האפשרי (ראה איור 4).



קיום סדנא שנייה והגעה להסכמה על המין המועדף

הסדנא השנייה כללה 16 משתתפים ומנחה. מתוכם 6 השתתפו גם בסדנא הראשונה. הדיון התמקד בארבעה נושאים:

1. קריטריונים לבחירה
2. תהליך תעדוף המינים
3. תוצאות תהליך התעדוף
4. התהליך להגעה להסכמה לגבי המין הנבחר

בחינת הקריטריונים לבחירה לאור המינים המוצעים הציפה את ההבחנה כי מרבית המינים מהווים דגי מטרה בדיג חובבני יותר מבדיג מקצועי. המשתתפים הביעו את דעתם לגבי מתן חשיבות מיוחדת למין הנידוג בשלל המסחרי. נקודה נוספת שעלתה, נגעה לקיום יכולת מערכת גידול קיימת. חלק מהמשתתפים סברו כי קריטריון זה הכרחי לקיום התכנית.

לגבי תהליך מתן הציונים, הובע חשש מסוים כי ריבוי הקריטריונים 'מיסך' את הגורמים הקריטיים ביותר לגבי לבחירת המין. הכותב מציין כי בדיון הושמעו דעות של משתתפים ספציפיים שהדגישו את חשיבותם הגדולה של קריטריונים מסוימים לעומת אחרים.

לבסוף הוסכם על תחילת העבודה עם שני המינים הראשונים ברשימה. מין של בורי, שדורג שני, קיבל עדיפות היות ועבורו הייתה קיימת מערכת גידול ברמה מסוימת (אם כי לא כזו שסגרה את כל מהלך החיים). עדות להצלחת התהליך היא שהמינים שנבחרו לבסוף ולגביהם הושגה הסכמה, הם גם אלו שקיבלו את הציון המרבי. זאת על אף ההסתייגות המסוימת שהושמעה לגבי התהליך.

סיכום הפרויקט בהוואי

תהליך בחירת המינים והתעדוף ביניהם כלל רשימת משתתפים רחבה. לדעת הכותב הדבר הביא למידת הסכמה רחבה יותר, ותחושה שמרבית הקולות נשמעו. הכותב מציין כי חיוני שמנחה מקצועי ינהל את המפגשים לקבלת תוצאה יעילה. תהליך מתן הציונים אפשר הערכה אובייקטיבית ככל האפשר של המינים המועמדים. עם זאת, בסדנא השנייה הוטל ספק מסוים בתקפות שיטת הציונים והועלו שיקולים נוספים, חלקם משקפים אינטרסים של





גופים שונים. מסקנת הכותב כי יש יתרון בשמירת התהליך אובייקטיבי למשך זמן ארוך ככל האפשר כדי לייצר בסיס יציב לדיון מתקדם. נראה כי פרויקט ההעשרה בהוואי הכולל מינים שנמצאו בראש רשימת המינים המועמדים, זכה להצלחה מסוימת בשנים שלאחר תהליך התעדוף.

תעדוף מינים להעשרה בישראל

בישראל מגוון גדול של מינים הנידוגים בשלל שיטות דייג מסחריות וחובבניות. כמו כן ערך השוק ולחץ הדייג על המינים שונה באופן ניכר. לפיכך, נראה כי תהליך בחירה מושכל על פי הדגם המוצע יכול לסייע להתמקדות במינים המתאימים ביותר. במסגרת הדיונים על פרויקט העשרה בישראל, הועלתה גם החשיבות של העשרת מינים הנמצאים בסיכון מבחינת מצב השימור. הכללת, או אפילו מתן דגש, לנושא זה בבחירת המין עשויה לשנות באופן ניכר את גיבוש הקריטריונים ודירוגם בפרויקט העשרה מקומי. כמו כן, בתהליך התעדוף שנעשה בהוואי לא נכללו שיקולים הנוגעים לגנטיקה ובריאות הדגים. בשנים שעברו מאז קיום התהליך בהוואי עלתה ההבנה לגבי חשיבותם של שיקולים אלו, ונראה כי שיקולים גנטיים קיבלו משקל משמעותי בפרויקט העשרה.

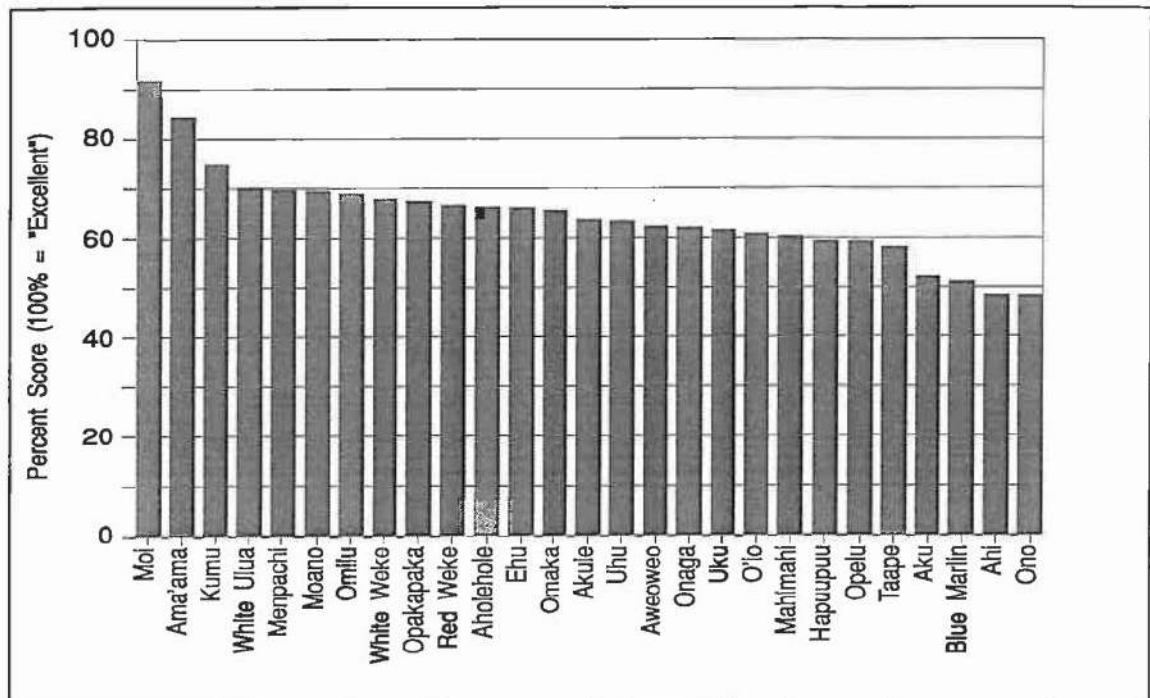


Table 5. Summary of the 27 final species selection criteria

1) COMMERCIAL / RECREATIONAL DEMAND - There must be a recognized demand by commercial and/or sports fishing groups for the specific fish. This is a "make or break" criterion (only those fish which satisfy this criterion will be further considered). 2) EASE OF MATURING AND SPAWNING - The fish should have the potential to successfully mature and spawn in captivity. 3) RELEASING JUVENILES SHOULD INCREASE FISH POPULATION - Releasing juveniles should provide an otherwise unavailable supply of new recruits to the local fish population. (This is often the case when the number of reproducing adults has been sharply reduced by over-fishing.) 4) EASE OF LARVAL REARING - Larvae of the fish can be hatched from eggs produced by broodstock, and then raised to juvenile size, using existing culture techniques. 5) COST-EFFECTIVENESS OF STOCK ENHANCEMENT PROCESS - The value to society derived from increasing populations of this fish is likely to be great enough to justify the costs involved in raising juveniles for release and distributing them at release sites. 6) EASE OF JUVENILE REARING - Large numbers of fry can be reared and maintained in captivity until release. 7) EASE OF EXPERIMENTAL DESIGN AND MONITORING IMPACT - The fish should lend itself to release-recapture experiments and to monitoring programs set up to determine effectiveness of attempts to enhance the fish population. 8.5a) EXTENT OF RECRUITMENT LIMITATION - Recruitment of juveniles should be a primary limitation on growth of the existing fish population. 8.5b) LIKELIHOOD OF RAPID SUCCESS - The fish species should have the potential for a marked increase in fish population size and landings in the near future. 10) IMPACT ON RESIDENT BIOTA - Releasing juveniles should not interfere significantly with other sea life currently living in or near release sites. 11) LOW MORTALITY : GROWTH RATIO - Mortality rate should compare favorably with growth rate in wild populations (death rate before reaching maturity should be relatively small). 12) DOCUMENTED DECLINE IN FISH STOCK OR FISH LANDINGS - There should be fewer of these fish in the ocean now than in past years.	13.5a) AVAILABILITY OF HABITAT - Sufficient areas of the fish's preferred habitat should be available in Hawaiian coastal waters to support increased fish populations. 13.5b) MOVEMENT PATTERNS (RESIDENTIAL VS. MIGRATORY) - The released fish should remain in Hawaiian waters as adults rather than migrating elsewhere. 15) SOCIOECONOMIC ATTRACTIVENESS - Does the fish have a strong appeal to the general public? 16) INSHORE SEASONAL AVAILABILITY - The fish should be present in Hawaiian waters year-round rather than only at certain times of the year. 17) FISHING MORTALITY (CURRENT FISHING PRESSURE) - If there is currently a great deal of fishing pressure, minimal protective and enforcement measures should be required to insure successful stock enhancement. 18) FACILITIES - Hatchery and nursery facilities should be currently available for this fish. 19) EASE OF PROTECTION UNTIL MARKET SIZE - It should be possible to protect the released fish from capture until they are large enough for commercial or recreational fishing. 20) HEARTY ENOUGH TO REPRODUCE IN DEGRADED/LIMITED HABITAT - The fish should be able to survive in areas of damaged or destroyed habitat. 21.5a) AVAILABILITY OF FOOD - Adequate food resources should exist in the wild to support the released fish. 21.5b) EASE OF TRANSPORT AND DISTRIBUTION - Juveniles should be relatively easy to transport from the hatchery to release sites. 25a) COST OF MONITORING EFFECT - Costs of tagging and recovery should not be excessive. 25b) SEASONALITY / ENVIRONMENTAL FACTORS - The fish population should not be strongly affected by changes in the weather or environmental disturbances. 25c) MITIGATION ISSUES - Enhancement should not require a reduction in current levels of pollution in order to be successful. 25d) NON-CONSUMPTIVE USES - Consider whether this species attracts divers and other observers. 25e) SIZE AT CAPTURE - Consider how large these fish have to be in order to be considered large enough to keep.
---	---

איור 3: תיאור מילולי של הקריטריונים כפי שנשלחו למומחים לאחר הסדנא הראשונה (מתוך Leber ²⁴)





איור 4: ציון סופי של המינים לאחר מתן הציונים (מתוך Leber ²⁴)



נספח ג' - העשרת אוכלוסיות ממשפחת הדקריים

בפרק זה ניתן למצוא מידע לגבי גידול דקרים בשבי ותכניות העשרה המערבות מיני דקרים. המידע לגבי רביית דקרים כולל ברובו סקירה של הספרות המתייחסת לחקלאות מים של דקרים הנפוצה בדרום מזרח אסיה. במקרים אלו מטרת הרבייה אינה שחרור הפרטים בחזרה לבר אך הם עשויים ללמד על ייתכנות שלב הרבייה בפרויקטי העשרת אוכלוסיות. יש מספר מצומצם של דוגמאות לפרויקטי העשרה של דקרים ובמרבית המקרים התיעוד חסר ואינו כולל פירוט של כל השלבים שנעשו במסגרת הפרויקט.

רקע

דגי דקר (subfamily: Epinephelinae) שייכם למשפחת הדקריים (family: Serranidae). תת המשפחה מכילה כ-159 מינים השייכים ל-15 סוגים⁴⁹. מרבית המינים מצויים בימים טרופיים וסוב-טרופיים. מרבית הדקרים מאכלסים שוניות אלמוגים או אזורים בעלי מצע סלעי ומעדיפים אזורי מחייה רדודים בעומקים של פחות ממאה מטרים. דקרים הם על פי רוב טורפי-על בשונות וניזונים מדגים (piscivores). מינים רבים של דקרים מנהלים אורח חיים יחידני (solitary) ועשויים להישאר באזור קבוע במשך מרבית חייהם. קצב הגידול איטי יחסית וההגעה לגיל רבייה מאוחרת.

מספר מינים שנבחנו הראו מחזור חיים הרמפרודיטי בו נקבות הופכות במהלך חייהן לזכרים (protogynous hermaphrodites). במינים כמו דקר הסלעים (*Epinephelus marginatus*) נקבות הופכות לזכרים בהגעה לגודל גוף גדול ולאחר מספר שנים. במחקר שנערך דרומית לסיציליה נמצא כי חילוף הזוויג נעשה בפרטים בגודל 69-93 ס"מ⁴⁹. עקב כך יחס הזוויגים באוכלוסייה, ובפרט באוכלוסיות בהן התמותה גבוהה כתוצאה מדיג, מוטה באופן ברור לטובת נקבות. מאפיין רבייתי נוסף של מיני דקרים הוא התקבצות של כמה עשרות פרטים בעונת הרבייה. התקבצויות אלו מגבירות את פגיעות אוכלוסיות הדקרים לדיג במידה וקיים מידע בקרב הדייגים לגבי עונת ומיקום ההתקבצויות הרבייה.

השלב החרוולי הפלנקטוני אורך בין מספר שבועות לחודשים ספורים. בתקופה זו החרוות ניזונות מזואופלנקטון החל מהיום השלישי לאחר הבקיעה. השלב החרוולי ארוך יחסית ומשוער כי מרבית ההפצה המרחבית מתרחשת בשלב זה. לאחר התקופה החרוולית הצעירים עוברים לחיות בסמוך לקרקעית.

דקרים הם בין המינים המבוקשים בשווקים רבים בעולם, ומחירם היחסי גבוה. הביקוש הגבוה הופך את דגי הדקר לדג מטרה בשיטות דיג רבות. באזורים רבים דקרים נתפסים על ידי דייגים הפועלים בקנה מידה קטן (artisanal fisheries) או במסגרת דיג חובבני ספורטיבי. פגיעותם לדיג נובעת ממחזור החיים הכולל גידול איטי, הגעה מאוחרת לבגרות מינית והיפוך זוויג בגיל מתקדם. על אף שקיימות הערכות לגבי השלל העולמי של הדקרים, נראה כי מדובר בהערכות חסר הנובעות מהאופי הספורדי של הדיג. בים התיכון, למשל, מדווח ה-FAO על תפיסות של 837 טון בשנת 2013 מהמינים דקר הסלעים ודקר המכמורת

⁴⁹ Marino, G. et al. (2001) Reproduction in the dusky grouper from the southern Mediterranean. *Journal of Fish Biology* 58, 909-927



(*Epinephelus aeneus*). בישראל נחשבים מיני הדקרים לדגים מבוקשים על ידי דייגים בכל שיטות הדיג ומחירים בשוק הוא מהגבוהים בקרב דגי הים.

בשל פגיעותם לדיג ופגיעה בבתי הגידול ניתן למצוא מספר מינים של דקרים ברשימת המינים הנמצאים במצב שימור של סכנה קריטית (Critically Endangered) על פי רשימת המינים של ארגון IUCN (The IUCN Red list of Threatened species). מינים רבים נוספים מוגדרים כפגיעים (Vulnerable) או כמעט מאוימים (Near Threatened).

גידול דקרים לחקלאות

בשל הביקוש הגבוה לדקרים וירידה בהיקף השלל של מינים מסוימים, התפתחה תעשייה של גידול דקרים בחקלאות מים. כיום גידול דקרים מסחרי מתבצע בעיקר במדינות דרום מזרח אסיה. כ-16 מיני דקרים מגודלים בגידול מסחרי⁵⁰, רבים מהם מהסוג *Epinephelus*. סוג זה מיוצג בארץ על ידי דקר המכמורת ודקר הסלעים. חלק גדול מהגידול החקלאי בדרום מזרח אסיה מבוסס על תפיסת דגיגים בים וגידולם לגודל שוק בתנאי שבי. נתונים מראים כי צורת ממשק זו אינה יעילה כיוון שמספר הצעירים הנתפסים בטבע גבוה בהרבה מכמות הדגים המגיעים לגודל שיווק. כחלופה לממשק זה נעשים מאמצים לפתח רבייה וגידול לרוולי של דקרים בשבי. שרידות הלוות נמוכה ועומדת על 10-2% אולם הפוריות הגבוהה של הדקרים מסייעת להתגבר על מכשול זה ולהפוך את הייצור לכדאי מבחינה כלכלית. לאחר המעבר של השלב הלוולי דגי הדקר מועברים להמשך גידול בבריכות או בכלובים, כשהם ניזונים מדגים טריים זולים או מכופתאות המבוססות על קמח דגים (Fish meal). בשל היותם טורפים, הגעה לקצב גידול מיטבי דורשת הזנה במזון עשיר בחלבון. הגעה לגודל שוק עשויה להיות מהירה, לדוגמא במין *Epinephelus striatus* פרטים מגיעים למשקל אחד קילוגרם לאחר שנת גידול אחת⁵¹.

רבייה בשבי וגידול לרוולי

מינים ממשפחת הדקריים מתאפיינים במחזור חיים הרמפרודיטי כשפרטים מתחילים את חייהם כנקבות (Protogynous hermaphrodite). החלפת הזוויג נעשית, לרוב, לאחר מספר שנים של רבייה נקבית ובגדלי גוף גדולים⁵⁰. מחזור חיים זה מקשה על תכניות רבייה של דקרים עקב הקושי להשיג זכרים בוגרים ובהגעה ליחסי זוויג רצויים במאגר ההורים (Broodstock). בנוסף, לעיתים קיים קושי בהחזקת זכרים בשבי בשל גודלם. לשם כך נעשים נסיונות להשראת החלפת זוויג מוקדמת על ידי טיפולים הורמונליים. במספר מינים נצפה ייצור זרע לאחר טיפולים בטסטוסטרון בשחרור איטי או במתן אוראלי^{52,53}.

⁵⁰ Pierre, S. et al. (2008) Grouper aquaculture: Asian success and Mediterranean trials. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 18, 297-308

⁵¹ Tucker Jr, J. W. (1999) Grouper aquaculture. *Southern Regional Aquaculture Center Publication* 721, 1-11

⁵² eh, S.-L. et al. (2003) Androgens stimulate sex change in protogynous grouper, *Epinephelus coioides*: spawning performance in sex-changed males. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology* 135, 375-382

⁵³ Glamuzina, B. et al. (1998) Induced sex reversal of dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe). *Aquaculture Research* 29, 563-567



במספר מיני דקרים נצפה שחרור ספונטני של ביצים בתנאי שבי. לרוב רבייה טבעית בתנאי שבי מחייבת גידול במיכלים גדולים ובצפיפות נמוכה. פרוטוקולים רבים של השריית ביוץ נוסו בהצלחה במיני דקרים שונים⁵⁴. כמו כן מכוני רבייה של דקרים מבצעים איסוף של זרעים וביציות והפרייה תחת תנאים מבוקרים. כמות הביציות המתקבלת מנקבות הדקר גבוהה, בסדרי גודל של מיליוני ביצים לנקבה⁵¹. נראה כי אחוזי השרידות של הביצים ואחוזי בקיעת הלריות גבוהים ועשויים להגיע לעשרות אחוזים^{26,51}.

מבחינת מינים הנמצאים בים התיכון ישנם ניסיונות עם דקר הסלעים ודקר המכמורת. בדקר הסלעים נרשמה הצלחה בהשריית ייצור זרע בנקבות שנתפסו בטבע. כמות הזרע שהופק הייתה קטנה בהשוואה לכמות הצפויה בזכרים של אותו המין, עם זאת נראה כי לזרע חיוניות גבוהה והוא מפרה בהצלחה ביציות. בנוסף נבחן פרוטוקול להקפאה של דגימות הזרע, ונצפתה הצלחה בהפריית ביציות לאחר הפשרתו. לפיכך נראה כי קיימת אפשרות של ייסוד בנק זרע עבור דקר הסלעים⁵⁵.

במכוני רבייה דקרים מראים שיעורי תמותה גבוהים בשלב הלרואלי. גורמים לתמותה של לריות כוללים: חוסר יכולת לנצל מזון, קניבליזם, מחלות ויראליות, תופעות הקשורות לצפיפות יתר ואיכות מים⁵⁶. כמו כן, גורמים אביוטיים כמו מליחות, רמת האוורור של המים ועוצמת התאורה השפיעו על רמות התמותה הנצפות בלריות⁵⁷. תזונה אופטימאלית של לריות כוללת התאמת סוג וגודל המזון לשלב ההתפתחות. בדקר הסלעים נבחנו משטרי האכלה הכוללים גידול אצות חד תאיות בסמוך למועד הבקיעה. לאחר מכן נוספו רוטיפרים וארטמיות למיכלי הגידול וכמו כן נאספו מיני זואופלנקטון בגדלים $50-300 \mu m$ ממקור מים טבעי סמוך. בניסוי נצפו שעורי שרידות של כ-10% לאחר 35 ימי גידול. החוקרים הדגישו את החשיבות של מתן מזון מגוון המתאים להעדפות תזונה משתנות של לריות בגדלים שונים²⁷.

לסיכום, רבייה ותזונת שלבי התפתחות צעירים של דקרים נבחנו רבות במסגרת פיתוח הגידול המסחרי של מינים אלו. למספר מינים קיימים פרוטוקולים המיושמים בהצלחה ומשמשים כבסיס לתעשיית הגידול. במינים אחרים, כמו דקר הסלעים, נעשו ניסיונות בהשריית רבייה וגידול לרואלי שהדגימו הצלחה אם כי טרם יושם גידול רחב היקף של המין⁵⁰.

גידול צעירים

לאחר השלב הלרואלי מועברים הדגים לבריכות אימון (Nursery) וגידול (Grow-out). בשלב זה התזונה מבוססת על מזון העשוי קמח דגים (fish meal) כשאיכות מזון גבוהה מורידה שיעור

⁵⁴ Tucker, J. W. (1994) Spawning by captive serranid fishes: a review. *Journal of the World Aquaculture Society* 25, 345-359

⁵⁵ Cabrita, E. et al. (2009) Successful cryopreservation of sperm from sex-reversed dusky grouper, *Epinephelus marginatus*. *Aquaculture* 287, 152-157

⁵⁶ Lim, L. (1993) Larviculture of the Greasy Grouper *Epinephelus tauvina* F. and the Brown-Marbled Grouper *E. fuscoguttatus* F. in Singapore. *Journal of the World Aquaculture Society* 24, 262-274

⁵⁷ Toledo, J. D. et al. (2002) Effects of salinity, aeration and light intensity on oil globule absorption, feeding incidence, growth and survival of early-stage grouper *Epinephelus coioides* larvae. *Fisheries science* 68, 478-483



קניבלים בבריכה. לדקרים קצב גידול מהיר והם מגיעים לגודל המתאים לשיווק (-600g 1000g) בתוך מספר חודשים כשתנאי הגידול מיטביים⁵⁰.

כשמטרת הגידול היא החזרת הדגים לטבע, אימון הדגים הצעירים בתפיסת מזון עשוי לסייע לשרידותם לאחר השחרור. לפיכך המזון בו נעשה שימוש בחקלאות המים אינו מיטבי מכיוון שהוא דורש מהדגים קישורי איסוף מזון מינימאליים. מחקר הנערך בדקר הסלעים⁴⁰ הראה כי צעירים שניזונו מכופתאות מזון דגים עד גיל 3-4 שנים הראו הסתגלות מהירה לטרף חי. תוצאות המחקר הראו כי קיימת למידה מהירה ועלייה בשיעור ההתקפות המוצלחות וקצב האכילה במשך הימים הראשונים בהם נחשפים דגי הדקר לפרטים צעירים של דגי הלברק (*Dicentrarchus labrax*). תוצאות הניסוי מצטרפות לידע הקיים ממינים נוספים בהם חשיפה למזון חי בשבי שיפרה את יכולת הדגים הצעירים ללכוד טרף חי.

גידול דקרים בישראל

בישראל פותח פרוטוקול גידול עבור דקר המכמורת (*Epinephelus aeneus*). למין זה ביקוש גבוה בשוק והוא נידוג בכמה שיטות דיג כולל מכמורת, מערכי חכות ורשתות. פיתוח ראשוני של פרוטוקול הרבייה נערך במכון לחקר ימים ואגמים באילת. גרעין הרבייה ההתחלתי הורכב מפרטים שנתפסו לחופי הים התיכון של ישראל והועברו למכון באילת. במסגרת המחקר נבחנו הסתגלות הפרטים לתנאי שבי ונמצא כי התמותה הייתה נמוכה. עידוד הביץ יושם בהצלחה על ידי מתן GnRH אך לא נצפה שחרור ביציות ספונטני למים. השריית שינוי זוויג נעשתה על ידי מתן טסטוסטרון ובמקביל נצפו גם פרטים ששינו זוויג במהלך תקופת הגידול⁵⁸. בחלוף השנים פרוטוקול גידול הדקרים התפתח. רבייה ספונטנית הושגה על ידי גידול הדקרים במיכלי מים גדולים שאפשרו ביצוע התנהגות רבייה אופיינית לטבע.

בשנים האחרונות גידול דקר המכמורת הפך מסחרי בקיבוץ מעגן מיכאל. גרעין הרבייה כולל כ-20 פרטים שנתפסו בטבע. זכרים ונקבות המשמשים כהורים מגודלים בתנאים טבעיים עם חלופת מי ים מסוננים. בבריכות בגודל מתאים הפרטים מפגינים רבייה ספונטנית. במסגרת הגידול לא נעשתה הפרדה של ההורים או בחינת גנטית להורות. מכאן שלא ברור כמה מחברי גרעין הרבייה השתתפו בפועל בהעמדת הצאצאים.

תמותה גבוהה בשלב הירוולי היוותה בתחילת הגידול המסחרי את צוואר הבקבוק. עם הניסיון פותחו פרוטוקולים המאפשרים שרידות גבוהה יותר. בשל האופי המסחרי של הפרויקט לא ידוע בדיוק מה כולל פרוטוקול הגידול, אך הורדת התמותה כללה שינויים במבנה מערכת הגידול והתאמת התזונה. שלב הפיטום הראה גידול מהיר עם הגעה לגודל שוק של 700-800 גרם בתוך פחות משנה. כמה עשרות טונות שווקו בהצלחה. מניסיון בגידול מסחרי של דקר המכמורת עלות ההקמה של מתקן רבייה וגידול מוערכת ב-2-3 מיליון ש"ח (מעגן מיכאל- תקשורת אישית).

⁵⁸ Hassin, S. et al. (1997) Domestication of the white grouper, *Epinephelus aeneus*, 1. Growth and reproduction. *Aquaculture* 156, 305-316



עם זאת כיום הופסק הפרויקט בשל התפרצויות של הוירוס הגורם ל- Viral nervous necrosis (VNN) שהביא לתמותה גבוהה של לרבות. קשה לאתר את מקור הוירוס ולזהות נגיעות מכיוון שהבדיקות המולקולאריות אינן אמינות בשלב זה. שכיחותו של וירוס זה עשויה להקשות על פרויקטי העשרה עתידיים של מין זה מכיוון שלא ניתן לאתר פרטים נגועים וקיים חשש לעידוד ההדבקה למינים בטבע.

דקר הסלעים (*Epinephelus marginatus*) טרם גודל בישראל בצורה מסחרית. במכון לחקר ימים ואגמים באילת הוחזקו מספר פרטים במשך שנים ארוכות, היו דגים בני מעל ל- 17 שנה. ייתכן והשרידות שהראו במשך זמן ממושך מראה על עמידות בפני מחלת ה- VNN. חיסרון של מין זה מבחינת גידול הוא גודל הגוף הגדול בהיפוך הזוויג מנקבה לזכר (רזנפלד חנה, המכון לחקר ימים ואגמים- תקשורת אישית). עם זאת, יש ניסיון מוצלח להרבותו בשבי כפי שמבוצע במסגרת תכנית העשרת אוכלוסיות בסיציליה (פירוט יינתן בהמשך).

שימור דקרים

מאמצי שימור של מיני דקרים מבוססים בעיקר על סגירת אזורים לדיג והקמת שמורות טבע ימיות (MPA). בים התיכון יוסדו בעשורים האחרונים מספר אזורים בהם פעילות הדיג הוגבלה ויש בספרות המדעית תיעוד של השפעתם על אוכלוסיות דקרים. באיי מדס (Medes Islands) הסמוכים לחופים הים תיכוניים הצפוניים של ספרד התבצע מחקר של השפעת אזורים סגורים לדיג על אוכלוסיות מספר מינים מסחריים כולל דקר הסלעים⁵⁹. עבור דקר הסלעים נראה כי האוכלוסיות בשטח השמורות עלו והגיעו לכושר הנשיאה של השטח במסגרת 25 השנה שנבחנו. תוצאות דומות נראו גם בשמורות ימיות נוספות בצפון מערב הים התיכון. בנוסף, החוקרים מצאו כי לשמורות הימיות הייתה השפעה חיובית על אוכלוסיות דקר הסלעים מחוץ לשטח השמורה בתהליך המכונה 'זליגה' (spillover). בהמשך להשפעה המקומית של אזור סגור לדיג על אוכלוסיית דקר הסלעים, נבחנה הקישוריות בין שמורות ימיות ברחבי הים התיכון⁵⁹. מודל תפוצה פותח עבור דקר הסלעים ונבחן בהתחשב במיקום הגיאוגרפי של השמורות ומאפייני הזרימה. החוקרים מצביעים על קישוריות מוגבלת בין אתרי השימור כשמספר מקבצים של שמורות צפויים לאפשר מעבר דקרים בין השמורות עצמן אך לא בין המקבצים.

העשרת אוכלוסיות דקרים

נכון להיום קיימים מספר מועט של פרויקטים לגביהם קיים בנמצא תיאור של השבת מיני דקרים לטבע. סקירת הספרות מצביעה על כך שבמדינות מסוימות, בעיקר במזרח הרחוק, בוצעו כמה ניסיונות להעשרת אוכלוסיות דקרים. במדינות אלו קיימת תעשייה של גידול מסחרי של דקרים, ומכאן שקיימת זמינות של דגיגים. נראה כי המעטפת המדעית של יוזמות

⁵⁹ Andrello, M. et al. (2013) Low connectivity between mediterranean marine protected areas: a biophysical modeling approach for the dusky grouper *Epinephelus marginatus*. *PloS one* 8, e68564



מקומיות אלו רופפת, לכן לא ניתן למצוא פירוט על השיטות שננקטו ואחוזי ההצלחה. עם זאת, קיימים מספר מקרים לגביהם קיים תיעוד מדעי ברמה זו או אחרת.

העשרת אוכלוסיות דקר הסלעים (*Epinephelus marginatus*) בסיציליה

תחילתו של הפרויקט בשנת 2001 בה התבצעה רבייה של דור ההורים וגידול ראשוני של החרות. לאחר מכן גדלו הדגים במשך 36 חודשים בבריכות בטון בתנאי תאורה וטמפרטורה טבעיים. לאחר בחינה גנטית ובריאותית של הדגים נערך שלב השחרור של הדגים לשוניות מלאכותיות בחוף הדרום-מערבי של סיציליה. באוקטובר 2005 בוצע שחרור הדקרים בשני אתרים בדרום מערב סיציליה²². אתרי השחרור היו מבנים של שוניות מלאכותיות המורכבות מיחידות של קוביות בטון בעלות חורים בגדלים שונים המתאימים למסתור הדגים. טרם השחרור בוצעה הערכה ויזואלית של הרכב חברות הדגים בשוניות המלאכותיות. שוחררו 95 פרטים השייכים לשתי קבוצות גודל- דגים בני שלוש בגודל גוף של 25-32 ס"מ ודגים בני ארבע בגודל גוף של 33-44 ס"מ. טרם השחרור הדגים תויגו בתגים המאפשרים זיהוי של פרטים ספציפיים. טיפולי השחרור כללו צפיפות משתנה של דגים המשוחררים בכל שונית מלאכותית. נערכו ביקורים באתרי השחרור בכמה מועדים בטווח של חודש לאחריו.

הרכב האוכלוסיות בשני האתרים היה בין 33-41 מינים לאתר. מרבית מיני הדגים כללו מינים ממשפחות השפתניים והספרוסיים. מינים בעלי פוטנציאל להוות טרף לדקרים הצעירים היו בעיקר כרומית ים תיכונית (*Chromis chromis*) ויולית ים תיכונית (*Coris julis*), אך כמה מינים נוספים נמצאו בכמויות מועטות יותר. מינים העשויים להתחרות עם הדקרים היו המורנה הים תיכונית (*Muraena helena*) וה- *Conger conger*. בעת השחרור מרבית הדגים הראו תגובה של שחייה לעבר מבנה השונית ומרביתם נעלמו בתוך המבנה סמוך למועד השחרור. בתצפיות שנערכו בחודש שלאחר השחרור נצפו כ-16% מהדקרים ששוחררו. מרבית הדקרים נראו כשהם שוחים בצמוד או בתוך מבני הבטון ולא הראו תגובה לנוכחות הצולל. החוקרים מציינים כי בשל ריבוי המסתור סביר כי פרטים רבים היו נוכחים אך לא זוהו. פרט מסומן נלכד 14 יום לאחר השחרור באזור חולי סמוך לאתר השחרור. פרט נוסף נלכד לאחר 45 יום באתר המרוחק בערך קילומטר מאתר השחרור. פרטים נוספים על רבייה, גנטיקה וגידול לרוולי שנעשו במסגרת הפרויקט ניתן למצוא בהמשך.

פרויקטים נוספים של העשרת אוכלוסיות דקרים

במפרץ הפרסי יש תיעוד של פרויקט השבה מבחריין בו שוחררו לטבע דקרים מהמין *Epinephelus coioides*²⁹. מטרת הפרויקט הייתה העשרת האוכלוסיות של מינים לגביהם היה מידע על ירידה בשלל הדיג באזור. בנוסף לדקרים שוחרר גם מין אחד של ספרוס *Acanthopagrus latus* ומין אחד של סיכן *Siganus canaliculatus*. דגים נלקחו ממכון מחקר ממשלתי העוסק ברביית דגי בר. בשנת 1994 התבצע השחרור הראשון של 8,000 דגי דקר ובסה"כ בין השנים 1994-1996 שוחררו כ-54,400 דגי דקר לים. על אף שבוצעו סימונים בחלק מהפרטים, לא קיימת התייחסות לתפיסה חוזרת של פרטים מסומנים. דיווחים בלתי פורמאליים דיווחו על הימצאותם בשוק של דגי דקר שנמכרו חיים. מסקנות החוקרים





מהשנה הראשונה היו 1. אין לשחרר צעירים בתנאים של טמפרטורת מים גבוהה 21. הובלת הדגיגים במיכלי פלסטיק של טון אחד בשילוב אוורור הובילו לשרידות של כמעט 100% מהדגיגים. בשנתיים לאחר מכן נמשכו שחרורי דגיגים לים על סמך ניסיון השנה הראשונה. על אף שסומנו דגיגים לפחות בשני מועדי שחרור, נתונים לגבי שרידות הדגיגים אינם בנמצא. עם זאת הכותב מציין כי בהשוואה למודל דגה ששיחזר בהצלחה את מגמות השלל בין השנים 1980-1994, השלל בתקופה שלאחר פרויקט ההשבה היה גבוה מהצפוי. מכאן הוא מסיק כי לשחרור הדקרים הייתה תרומה כלשהי לעלייה בגודל האוכלוסיות המקומיות.

פרויקט השבה נוסף התבצע באינדונזיה, במסגרת מאמצים לשיקום הדגה באזור Karimunjawa Islands⁴⁵. הפעילות כללה קביעת אזורים אסורים לדיג והעשרה של דגיגי דקר מהמין *Epinephelus fuscoguttatus*. בנובמבר 2012 הושבו 1432 דגיגים לשני אתרים בהם קיימות מגבלות על הדיג. גודל הדגים היה 10 סנטימטר, הגודל הסופי אליו מגיעים הדגים במכוני הרבייה. סימון של הפרטים נעשה על ידי תגי זיהוי. בסמוך למועד השחרור יצרו החוקרים קשר עם דייגים מקומיים כדי לקבל דיווחים על תפיסות של דקרים מסומנים. בששת החודשים לאחר השחרור התבצעו סקרים ויזואליים וסקרי שלל דיג. מתצפיות במועד השחרור הסיקו החוקרים כי דגים ששחררו בגודל 10 ס"מ לרוב לא הצליחו למצוא מחסה ולהתחמק מטריפה, ככל הנראה בשל שילוב של חוסר ניסיון וגודלם הקטן. דגים ששחררו בגודל 15 ס"מ הגיבו טוב יותר במועד השחרור. מידע לגבי פרטים מסומנים התקבל עבור שלושה פרטים בלבד. הדיווח האחרון התקבל חמישה חודשים לאחר השחרור מדייג שתפס את הדג מחוץ לאזור השמורה. מבחינת שלל הדיג, על אף שנצפתה עלייה בשנה שלאחר השחרור בהשוואה לשנה הקודמת, החוקרים לא העלו דגים מסומנים. מכאן הסיקו כי הדגים המושבים לא תרמו לשלל או שאיבדו את תג הסימון החיצוני.

הפרויקט באינדונזיה היה חלק מיוזמה ממשלתית במסגרתה בוצעה העשרת אוכלוסיות במיני דקרים נוספים. סיכום של תוצאות שלל הדיג לא הראה עלייה משמעותית בשלל הדקרים באזורים בהם בוצעו פרויקטי העשרת דגיגים בהשוואה לאזורים דומים בהן התכנית לא פעלה. להשערת החוקרים הדבר עשוי היה להיגרם מתמותה גבוהה של דגיגים ששחררו בגודל גוף קטן מדי.



נספח ד' - פרויקטים לדוגמא

העשרת אוכלוסיות דקר סלעים בסיציליה- רבייה, גנטיקה, גידול לרוולי ובריאות הדגים

רביית הורים

המאמר ממנו נלקח המידע לחלק זה²⁶ מתאר עבודה שנעשתה על ידי אותם החוקרים שאחראיים על רביית הדקרים ששחררו ובמועד סמוך. עם זאת, לא ברור אם אלו אותם הדגים עצמם ששחררו לבסוף. דור ההורים כלל 40 פרטים שנאספו באזור איי פלאג'יה דרומית לסיציליה בין השנים 1995-1997. במאי 1998 משקל הדגים נע בין 1.9-21.0 ק"ג והם הועברו למתקן רבייה מסחרי בסיציליה. יחס הזכרים לנקבות היה בין 1:5 ל-1:7. הדגים שהו בבריכות בצפיפות נמוכה תחת תנאים טבעיים והואכלו בדגים טריים (סרדינים ומקרל). מסגרת הניסוי הייתה בחינת השריית ביוץ באמצעות שתלי GnRH, וקבוצת הטיפול כללה נקבות שהגיעו להתפתחות מספקת של הביציות בשחלה. תוצאות הניסוי הראו התפתחות מהירה והבשלה של הביציות לאחר מתן ההורמון. לאחר תקופת התאוששות ניתן ההורמון פעם נוספת לחלק מהנקבות וגם טיפול זה הביא להתפתחות ביציות בשלות. הנקבות לא שיחררו את הביציות למים באופן עצמאי, כצפוי מתצפיות במינים דומים בשבי. ביציות בשלות הופקו על ידי 'חליבה' ידנית. ניסוי ההפריה נעשה באמצעות ערבוב הביציות שנחלבו עם זרע שנאסף מזכרים בשבי. מקור הזרע חלקו בזכרים שעברו את תהליך היפוך הזוויג באופן טבעי, חלקו האחר מדגים שטרם שינו את זוויגם ובהם ייצור זרע הושרה בטיפול הורמונאלי. שיעורי הבקיעה מהביצים המופרות עמדו בממוצע על 52.2%. החוקרים הסיקו כי הפרוטוקול הכולל את מתן הטיפול ההורמונאלי מאפשר שליטה בתזמון הבשלת הביציות וקיום מספר מחזורי רבייה בעונה.

גידול לרוולי

לאחר הצלחת ההפריה ובקיעת הביצים המופרות החל השלב הרגיש של גידול החרות הצעירות. ניסיון העבר לימד על אחוזי תמותה גבוהים בחודש הגידול הראשון ככל הנראה בשל אי הצלחת החרות להשיג מזון. עבודה שנעשתה על ידי Russo et al.²⁷ בחנה העדפה תזונתית של לריות מהשלב בו מתחילה האכילה העצמאית ועד לגיל 35 יום. בתקופה זו נצפה גידול מהיר של לריות של דקר הסלעים מגודל התחלתי של כשני מ"מ ועד לגודל של כ-12 מ"מ. תזונת החרות הורכבה משילוב של רוטיפרים וארטמויות שהוכנסו באופן מבוקר. בנוסף הוכנסו מיני זואופלנקטון שנלקחו מאתר טבעי סמוך בגדלים של 50-300µm. תוצאות המחקר הראו ממוצע שרידות בגיל 35 יום של 10%. שיעור החרות שבבטן נמצא לפחות פריט טרף יחיד הגיע ל-75% כחמישה ימים לאחר הבקיעה ונשאר גבוה עד סיום הניסוי. ניתוח מגמות התזונה של החרות הראו העדפה לאכילת שטרגליים (Copepod) עד שהגיעו לגודל גוף של 8-12mm. בשלבים מאוחרים יותר החרות הראו העדפה לאכילת ארטמיה. מדידות של גודל מפתח הפה וגודל הגוף של החרות הושוו לגודל הטרף המועדף. נמצא כי גודל הטרף הוא בין 43-90% מגודל מפתח הפה. בנוסף קיים שינוי בהעדפת גודל הטרף עם העלייה בגודל החרות וגודל פיה. החוקרים מייחסים את השרידות הגבוהה שהושגה לשילוב



של מספר מיני טרף שהביא להצלחת אכילה בכל טווח הגדלים של הלריות בתקופה הקריטית של תחילת הגידול.

במחקר נוסף נבחנה התפתחות הלריות מבחינת התפתחות תקינה של השלד²⁸. בחקלאות מים לריות מראות שיעורים גבוהים של עיוותי שלד כשהגורמים עשויים להיות טמפרטורת מים, רמת ה-pH, צפיפות הגידול, מהירות הזרם וכו'. מטרת המחקר הייתה לבחון השפעת משטרי גידול שונים על תדירות וסוגי האנומליות המבניות בשלד הלריות. במחקר תועדו סוגים רבים של אנומליות בשלד הלריות המאופיינים בזמן הגידול בו הם מופיעים, באזור הגוף ובחומרתם. מבחינת משטר הגידול התוצאות לא הראו הבדלים ברורים בין צפיפויות הגידול שנבחנו. כמו כן לא נצפתה ירידה בהופעת העיוותים בלריות שגודלו 'במים ירוקים' (שיטת גידול בה מעודדים התפתחות פיטופלנקטון ואצות במים). השרידות הכוללת, עם זאת, הייתה גבוהה יותר במיכלים בעלי נפח מים גבוה. במאמר קיים מידע רב על סוגי האנומליות המבניות שהופיעו ותועדו.

גידול צעירים והכנה לשחרור

לאחר התקופה הקריטית של תחילת הגידול הלוואלי, הועברו הדגים בהדרגתיות מיום 20 של הגידול למזון מסחרי בגודל גרגר הולך ועולה. החל מיום 50 התזונה התבססה רק על אוכל מסחרי יבש. גידול הדגים הצעירים נמשך במיכלי פיברגלס שמוקמו בתוך מבנה עם תחלופת מים סדירה בטמפרטורת הסביבה ומליחות של 32 ppt. לאחר הגעה לגודל גוף של 200-240 mm (בגיל 3 שנים) נלקחו 16 פרטים לניסוי האכלה שמטרתו לבחון את יכולת הדגים לתפוס טרף חי⁴⁰. הניסוי כלל מתן טרף חי של דגי לברק (*Dicentrarchus labrax*) צעירים ובחינת תגובת דגי הדקר מבחינת זיהוי הטרף, ניסיונות התקפה והצלחה בטרפה. הניסוי הראה כי דגי הדקר שניזונו במהלך חייהם ממזון בצורת כופתאות יבשות הסתגלו במהרה לתפיסת טרף חי. במשך עשרת ימי הניסוי נצפה שיפור בביצועי הדגים במהירות התקיפה והצלחתה. החוקרים הסיקו כי במין זה ובגילאים שנבחנו יכולת ההסתגלות של דגים בשבי לתפיסת טרף גבוה אך כדאי לקיים תקופת אימון טרם השחרור כיוון שבעקבות חשיפה לטרף חי ביצועי הצייד מראים שיפור.

גנטיקה ובריאות הדגים

סוגיות הנוגעות לגנטיקה של הדגים שהתרבו בשבי מתוארות במאמרם של De Innocentiis et al.⁶⁰. בסך הכול הועמדו דגים צעירים מתשעה זוגות הורים. לא נמצאה קרבה גנטית גדולה מהצפוי באקראי בדור ההורים. מנגד נמצא כי הורים שהשריצו בסנכרון היו קרובים יותר גנטית אחד לשני מהצפוי באקראי. כצפוי ממספר ההורים המועט והעובדה כי יחס הזוויגים לא היה שווה, גודל האוכלוסייה האפקטיבית (N_e) שהוערך עמד על 4.1, נמוך יותר ממספר ההורים ($N_e = 7$). בדיקות גנטיות של אוכלוסיות טבעיות באזור המחקר הראו גם הן גודל אוכלוסייה אפקטיבית קטנים $N_e = 24.3$. נמצא שבדור F1 חסרים אללים שהיו בדור ההורים וקיימים באוכלוסיות הטבעיות, מצב היוצר בעייתיות מבחינת שימור המגוון הגנטי באוכלוסייה. כמו כן נמצא הבדל מובהק בין המטען הגנטי של ההורים

⁶⁰ De Innocentiis, S. et al. (2008) Molecular tools in a marine restocking program for the endangered dusky grouper, *Epinephelus marginatus*. *Reviews in Fisheries Science* 16, 269-277



לבין זה של האוכלוסייה המקומית, ממצא זה צפוי כיוון שידוע כי אוכלוסיות מקומיות של דקרים שונות במטען הגנטי וההורים הובאו מאזור מרוחק יחסית לאזור השחרור. ממצאים אלו מעלים את הבעיות העשויות להיווצר בהעשרת אוכלוסיות של מינים עבורן המטען הגנטי משתנה בהתאם למיקום הגיאוגרפי בקני מידה מצומצמים וגודל האוכלוסיות האפקטיביות קטן. בסיכום התוצאות החוקרים מציינים כי הדגים מדור F1 שנבחנו עומדים בקריטריונים הגנטיים של פרויקט העשרה, אך מדגישים את הבעייתיות של שימוש באותם הורים ליצירת דורות עוקבים. בנוסף ביצעו החוקרים בחינה של יכולת קביעת זהות ההורים על סמך המטען הגנטי של פרטים מ-F1. זיהוי נכון של ההורים הצליח בכל המקרים והחוקרים מעלים את האפשרות של שימוש בסמנים גנטיים כדי לעקוב אחר גורל הדגים לאחר השחרור.

בחינת מצבם הבריאותי של הדגים המועמדים לשחרור נעשתה על ידי הערכת המצאות חיידקים, וירוסים וטפילים. מבחינת חיידקים לא נמצאו פתוגנים כמו *Vibrio* spp., *Aeromonas* spp. ו-*Pseudomonas* spp. כמו כן לא נמצאה עדות להמצאות Nodavirus הידוע כגורם לתמותה באוכלוסיות טבעיות ובגידול של דקר הסלעים. בבחינת הדגים לא נמצאו טפילים.

העשרת אוכלוסיות ספרוס זהוב (*Sparus aurata*) בחופי ספרד

הספרוס הזהוב (בשמו העממי- דניס) הוא דג נפוץ בים התיכון ובחופי ספרד ופורטוגל באוקיינוס האטלנטי. למין זה ביקוש גבוה כדג מאכל ובשנים האחרונות גדל היקף גידולו בכלובים ימיים ברחבי הים התיכון. תעשיית החקלאות הימית של הספרוס הזהוב הביאה ליזמינות גבוהה של צעירים ממין זה. הפרויקט המדובר התבצע בחופי האוקיינוס האטלנטי של ספרד, מגבול פורטוגל ועד לאזור מיצרי גיברלטר. המוטיבציה לשחרור הפרטים היא העשרת האוכלוסיות למען הגברת שלל הדיג. נראה שלא נעשתה עבודה מחקר על איכות הדגים המשוחררים לים מבחינת מטענם הגנטי ומצבם הבריאותי.

העשרת האוכלוסיות במסגרת הפרויקט נעשתה בין השנים 1993-1997 וכללה בסך הכול 30,323 פרטים מסומנים²⁵. פרטים שוחררו לים בטווח משקלים רחב, בקבוצות משקל של 15, 100, 316, 854 גרם. מרבית הפרטים שוחררו סמוך לחוף בקרבת שפכי נחלים המהווים את אזור הגידול המועדף על דגי הדניס ומשום כך משמשים גם כאתרי הדיג העיקריים. השחרור התבצע במשך כל עונות השנה. שיתוף פעולה במעקב אחרי תפיסות חוזרות של הדגים הושג על ידי הצבת פרסומים בנמלי הדיג ומפגש עם דייגים בסמוך למועדי השחרור. כמו כן נערכו סקרי דיג מכמורת ייעודיים כדי לאתר דגים מקבוצת הגודל הקטנה.

תצפיות חוזרות של פרטים מסומנים כללו 349 פרטים עד למרץ 1998, כחצי שנה לאחר השחרור האחרון. אחוזי התפיסה מחדש השתנו כתלות של גודל הדג. עבור דגים ששוחררו במשקל 15 גרם כמעט ולא נתקבלו דיווחים על תפיסות. במרבית המקרים דיווחים על תפיסות הצטברו בקצב דומה עד לטווח של 100-300 יום ממועד השחרור. עונת השנה בה שוחרר הדג לא השפיעה על אחוז הפרטים שנתפסו. עם זאת מדדים נוספים שנבחנו, קצב גידול ומרחק מאתר השחרור, הראו הבדלים בין העונות. בחודשי הקיץ דגים גדלו בקצב גבוה יותר ונטו להישאר סמוך יותר לאתר השחרור מאשר בסתיו ובחורף.





דגים ששחררו במשקלים נמוכים (15, 100 גרם) הראו את קצב הגידול הגבוה ביותר ונשארו סמוך לאתר השחרור יותר מדגים גדולים שגדלו לאט והגיעו עד ל- 40 ק"מ מהנקודה בה שוחררו. בין האתרים שנבחנו נצפו הבדלים בתפוצה המרחבית של הדגים. במפרץ קדיס, למשל, מרחק ההפצה הממוצע עמד על כשמונה ק"מ בעוד באזור Rompido-Mazagon המרחק הממוצע היה 44 ק"מ. לדעת החוקרים ייתכן והבדלים אלו נובעים מתנאי הים באזורים השונים. כך, למשל, באזור Rompido-Mazagon קיים זיהום מתכות כבדות שייתכן וגרם לדחיית הדגים והתרחקותם מנקודת השחרור. אזור נוסף בו נצפתה הפצה למרחק גדול יחסית מאופיין בכניסת מים מתוקים משמעותית בעת שיטפונות.

החוקרים מסכמים בכך שהצלחת פרויקט ההעשרה של הספרוס הזהוב תלויה במיקום, בגודל הדג ובעונה. הם ממליצים על שחרור של פרטים במשקל 100 גרם שמהווים פשרה בין שרידות, העולה עם הגודל, ומחיר, הנגזר מתקופת גידול ארוכה יותר בשבי. כמו כן, דגים בגודל זה נוטים להישאר קרובים יותר לאזור השחרור ומראים קצב גידול מהיר יחסית.

