

#### דנה אלשטיין

רכזת תכנון נחלים, אגף שמירת טבע,  
החברה להגנת הטבע

#### עידן ברנע

אקו-הידרולוג, אגף שמירת טבע,  
החברה להגנת הטבע

#### ירון הרשקוביץ

המרכז הלאומי לאקולוגיה אקוטיט,  
מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט,  
אוניברסיטת תל אביב

#### יפעת ארצי

אקולוגית במחוז צפון, רשות הטבע  
והגנים

#### אבי אזון

אקולוג בתי גידול לחים, רשות הטבע  
והגנים



הצפות באגן הקישון, ינואר 2020 | צילום: אלברטוס, באדיבות רשות ניקוז ונחלים קישון

ציטוט מומלץ

אלשטיין ד, ברנע ע, הרשקוביץ י  
ואחרים. 2023. פוטנציאל השיקום  
האקולוגי של נחלי החוף במסגרת  
התוכניות להתמודדות עם סיכוני  
הצפות במצבי קיצון. *אקולוגיה  
וסביבה* 14(4).

## פוטנציאל השיקום האקולוגי של נחלי החוף במסגרת התוכניות להתמודדות עם סיכוני הצפות במצבי קיצון

6 בפברואר, 2024

גיליון חורף 2023 / כרך 14(4)

נקודת מבט

קצב גידול האוכלוסייה בישראל הוא בין הגבוהים בעולם המערבי. היות שכך, גברו מאוד לחצי הפיתוח, ועם השנים נגרמו צמצום משמעותי בהיקף השטחים הפתוחים, פגיעה חמורה במסדרונות האקולוגיים, הרס מערכות אקולוגיות טבעיות ואיום מתמיד על עתיד הסביבה הפתוחה הטבעית בישראל. הנחלים הזורמים לים התיכון, החוצים את מוקדי הפיתוח במדינה, הם מבין הנפגעים המרכזיים, ורבים מהם זוהמו, יובשו, נוקזו והוסדרו לטובת שטחי בינוי, תשתיות וחקלאות, באופן שצמצם משמעותית את רוחב רצועת הנחל וקטע את הקישוריות לאורכה. התהליכים האלה פגעו במגוון שירותי המערכת הטבעיים של הנחל – לא רק בתפקוד האקולוגי אלא גם בתפקוד ההידרולוגי הטבעי.

בשנים האחרונות מקודמות תוכניות סטטוטוריות ארציות במטרה להפחית את הסיכונים מהצפות ואת אובדן חיי האדם באירועי זרימה קיצוניים בנחלים. שיטפונות שגורמים להצפות בשטחים טבעיים אינם מוגדרים כאסון, אלא הם תופעה טבעית ומבורכת. מנגנון הגלישה הטבעי של הנחל מעבר לאפיק מבטיח את יציבותו הגאומורפולוגית, ומונע התחזרות והתמוטטות גדות בעת זרימות חזקות. באירועים כאלה הצפת הגדות תורמת למיתון עליית מפלס הזרימה ולהקטנת מהירות הזרימה הממוצעת<sup>[5]</sup>. האסון קורה כשנחלים גולשים ומציפים אזורי פיתוח וגורמים לנזקים. ישנם לא מעט אתגרים תכנוניים והידרולוגיים, אולם יש בתוכניות האלה גם הזדמנות לשיקום אקולוגי של הנחלים, מאחר שהשיקום הולך יד ביד עם פתרון מרכזי לסיכון מהצפות. אחת הבעיות העיקריות במתן פתרונות מיטביים לזרימות קיצוניות נוצרה בפיתוח האינטנסיבי (הקיים או המתוכנן) צמוד לנחלים. בעקבות זאת, גלישה של זרימות שיטפוניות מעבר לאפיק הנחל גורמת נזק לשטחים המפותחים שלאורך גדותיו. במאמר דעה זה אנו מבקשים להצביע על הקשר שבין הפתרון ההידרולוגי שמתבסס על שמירה והשבה של הקישוריות והרציפות למעבר של ספיקות שיא, ובין הגנה על התפקוד האקולוגי המיטבי של המערכת הנחלית הים תיכונית ושיקום שלו, ובפרט של נחלים אלוביאליים לאורך מישור החוף והשפלה.



מאגר אושרת, במעלה אגן הגעתון. מאגרי ויסות שיטפונות הם אמצעי מרכזי ליישום הגישה הרווחת כיום בארץ להתמודדות עם הסיכונים מהצפות באירועי קיצון – השהיה וריסון של ספיקות השיא | צילום: דרור פבזנר  
הגישה הרווחת כיום בארץ להתמודדות עם הסיכונים מהצפות באירועי קיצון מתמקדת בהשהיה ובריסון של ספיקות השיא, שאמורים לצמצם את ההיקף והעוצמה של הזרימות החזיות ולמנוע מהן להגיע לאזורי הפיתוח ולצווארי הבקבוק במורד הנחלים. אחת הדרכים לכך היא באמצעות הקמת מאגרי ויסות שיטפונות, בעיקר מאגרי גיא המתבססים על בניית סכר לרוחב האפיק עם מוצא עילי או תחתי בגוף הסכר. למשל, מוצעים כיום מאגרי ויסות באגני ההיקוות של הנחלים איילון והירקון, חדרה והקישון. גישה זו נותנת מענה הידרולוגי חלקי ומוגבל. נוסף על כך, הפתרון הזה מורכב לתכנון ולתחזוקה, ואף טומן בחובו סיכונים במקרה של פריצת המים מהמאגר והתמוטטותו עקב אירוע זרימה גדול מהצפוי [1,5,6,7]. יתר על כן, הפתרון הזה גובה מחיר סביבתי יקר, המתבטא בפגיעה אנושה בבית הגידול הנחלי, בפגיעה בקישוריות ההידרולוגית והאקולוגית ובחוסן ובתפקוד של המערכת האקולוגית כולה [1].

ההתייחסות לשמירה על **התשתית ההידרולוגית הנחלית** – ערוצי נחלים ופשטי הצפה – כבסיס לטיפול בסיכונים מהצפות באירועי קיצון ולניהול נגר מקודמת כיום במסגרת מספר תוכניות סטטוטוריות ארציות ובראשן תמ"א 1 (תיקון 7). היא מתבטאת בפועל בעיקר באימוץ גישת ההשהיה ובהגנה סטטוטורית על עתודות קרקע, בעיקר בסביבה הצמודה לנחל, במטרה לממש בהן בעתיד פתרונות נקודתיים לצמצום סיכוני ההצפות באירועי קיצון. לתפיסתנו, הפתרונות האלה, המוגדרים כפתרונות 'בזיקה למערכת הנחלית', אינם תומכים בתהליכים הידרולוגיים וגאומורפולוגיים טבעיים, מאחר שהם מבוססים בעיקרם על מאגרי ויסות שיטפונות, המחוברים ביניהם באמצעות נחלים מוסדרים בנתיב צר. אפשר לדמות את הדבר לשרשרת של בלונים הקשורים על חוט. בעוד שהפתרונות האלה שומרים על עתודות קרקע לצורך ריסון הזרימות, נמשכת הפגיעה בתפקוד מסדרון הזרימה של הנחל, הן בטווח הנדרש לרצועת הנחל הן בקישוריות המוגבלת בין המאגרים. פגיעה כזו תחולל שינויים במשטר הזרימה ובמשטר הסחף הטבעי בנחל במהלך שיטפונות. **לשיטפונות תפקיד חשוב באתחול המערכת האקולוגית הטבעית** [2].

גישה חלופית להתמודדות עם הסיכונים מהצפות באירועי קיצון מתבססת על פתיחת מסדרון זרימה על פי העיקרון של 'שחרור הזרימות בנחל' [6] מהמעלה ועד למוצא לים, תוך הסרת חסמי הזרימה מעשי ידי אדם (תשתיות חוצות, כגון גשרים, צנרת ומעברי מים) כך שתתאפשר הולכת ספיקות השיא. הקצאת שטח למסדרון הזרימה תוביל לביסוס ולחזוק של התשתית ההידרולוגית הטבעית, שיקום החתך הטבעי של אפיק הנחל המאפשר הצפה תדירה של גדות הנחל (אחת למספר שנים), ומעבר של זרימות שיטפוניות במסדרון מבלי לגרום נזקים מיותרים. במסדרון מתאפשרת זרימה רחבה ורדודה, המתבטאת במהירות זרימה נמוכה יותר ועל כן גם במיתון עוצמת הסחיפה (erosion) בתוואי הנחל. במקרים של צוואר בקבוק הפתרון הוא שחרור הזרימות באמצעות מעקף בנתיב פתוח שיעביר את עודפי הזרימה אל מעבר לאזור הפיתוח, או הרחבה מקומית של ממדי האפיק ככל שניתן [1,4,5,6] (איור 1).

**איור 1. תיאור סכמטי של גישת ריסון ספיקות השיא אל מול גישת שחרור הזרימות**

א. גישת ריסון ספיקות השיא: מאגרי וויסות מתוכננים לעצור את זרימות השיא, ולאחר מכן לשחרר את המים באיטיות; ב. גישת שחרור הזרימות: תכנון שיאפשר פתיחה של מסדרון הזרימה לאורך הנחל ולרוחבו תוך הרחבת ממשולח הזרימה הקיימים. בהתאם לכך, באזור צוואר הבקבוק יש לחנך מעקף לעודפי המים שיבטיח את שחרורם בבטחה למוצא, ויגן על תפקודו האקולוגי של מסדרון הנחל. נערך על בסיס קסלר, 2023 [6].

(ב)

(א)

**איור 1**  
**תיאור סכמטי של גישת ריסון ספיקות השיא אל מול גישת שחרור הזרימות**

א. גישת ריסון ספיקות השיא: מאגרי הוויסות מתוכננים לעצור את זרימות השיא, ולאחר מכן לשחרר את המים באיטיות; ב. גישת שחרור הזרימות: תכנון שיאפשר פתיחה של מסדרון הזרימה לאורך הנחל ולרוחבו תוך הסרת מכשולי הזרימה הקיימים. בהתאם לכך, באזור צוואר הבקבוק יש לתכנן מעקף לעודפי המים שיבטיח את שחרורם בבטחה למוצא, ויגן על תפקודו האקולוגי של מסדרון הנחל. נערך על בסיס קסלר, 2023.<sup>[6]</sup>



חפף ישראלי (*Capoeta damascina*) קופץ במעלה הזרם בירדן ההררי. חסמי זרימה עלולים לגרום לקיטוע בית הגידול | צילום: יוסי לאון  
גישת שחרור הזרימות בנחל מעודדת ומחזקת תהליכים גאומורפולוגיים והידרולוגיים טבעיים באפיק ובגדותיו (שיטפון, גאות חורף, הצפת גדות זרימת בסיס) בהתאם לעונות השנה ולמחזור המים הטבעי. התהליכים האלה תומכים בתהליכים האקולוגיים החיוניים לשמירה על מגוון בתי הגידול ולקיום מאכלסי הנחל השונים (חי וצומח). גישת ההשהיה, בניגוד לגישת השחרור, פוגעת במשטר הזרימה הטבעית וברציפות שלה, ומשבשת את משטר הסחף הטבעי לאורכו של הנחל. מאגרי ההשהיה, גם אלה המאפשרים מעבר של זרימות שכיחות עד תקופת חזרה של עשר שנים, גורמים לקיטוע, גם אם אינו מוחלט. הקיטוע הזה דומה לקיטוע של חסמים הידרוביולוגיים כדוגמת סכרים, שגורמים לשרשרת תהליכים שלילית בהיבטים הגאומורפולוגיים והאקולוגיים של הנחל, שעלולה להחמיר עם השנים.<sup>[11]</sup>

קיטוע של בתי גידול, בדגש על בית גידול נחלי, גם אם הוא מתרחש במשך פרק זמן קצר יחסית, הוא אחד הגורמים המרכזיים שמובילים לירידה במגוון הביולוגי.<sup>[12]</sup> הגאומורפולוגיה וההידרולוגיה מעצבות את מבנה הנחל (תשתית הנחל, מרחב, שיפוע ופיתוליות)<sup>[11]</sup>, ואילו בנחלים שהמאזן הגאומורפולוגי משובש בהם, בדגש על שינויים של הסעה והשקעת סחף (הצטברות סחף בעורף המאגר ומיעוט של סחף במורד) [תופעה הנקראת 'נחל רעב'] נגרמים שינויים אקולוגיים בבית הגידול הנחלי. בין השאר, משתנים התנאים האביוטיים, כגון הצטברות חומר אורגני וחומרי הזנה, וכן טמפרטורת המים וריכוזי החמצן המומס. השינויים האלה עלולים לגרום ליצירת בתי גידול אחרים ושונים בין מעלה החסם למורד החסם ולפגיעה בהרכב הפלורה והפאונה ובתפקוד המערכת כולה. למשל, שינוי במאזן חומרי הזנה (נוטריינטים) והחומר האורגני בנחל עשוי להוביל לפריחת אצות, לירידה ברוויית החמצן המומס ולשיבוש מארג המזון. באותו אופן, שינוי מלאכותי במשטר הסחף יגרום לשינויים מורפולוגיים באפיק הנחל ובהרכב המצע, שיפגעו בזמינות אתרי רבייה של דגים. נוסף על כך, נוצר מחסום פיזי למעבר בעלי חיים אקוטיים, כדוגמת דגים ורכיכות, שיוצר קיטוע ביולוגי למעבר בין אוכלוסיות לאורך נתיב הזרימה. לאורך זמן, השינויים האלה עלולים להחליש את עמידותה (resistance) של המערכת האקולוגית בפני הפרעות ואת יכולתה להתאושש לאחר חלוף האירוע (resilience).<sup>[9]</sup> טבלה 1 מציגה השוואה בין שתי הגישות, בדגש על ההשלכות האקולוגיות ופוטנציאל השיקום של הנחל.

## טבלה 1. סיכום השוואתי בין גישות לצמצום הסכנה להצפות באירועי קיצון

| שחרור זרימות לנחל  | השהיה וריסון ספיקות השיא  | הקרונוח   |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>שיקום מסדרון הנחל – שיקום זרימות שיטפוניות</li> <li>הולכת ספיקות שיא</li> <li>הסרת חסמי זרימה לאורך הנחל ועד למוצא</li> <li>הגדלת הקישוריות הרוחבית והאורכית של הנחל</li> <li>הקטנת עלויות כלכליות על פני ציר הזמן</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>הסדרת הנחל – חסימת זרימות שיטפוניות</li> <li>ריסון ספיקות השיא</li> <li>השהיה באמצעות מאגרי ויסות</li> <li>ריכוז זרימות של 10% באפיק הנחל</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>הסדרת הנחל – חסימת זרימות שיטפוניות</li> <li>ריסון ספיקות השיא</li> <li>השהיה באמצעות מאגרי ויסות</li> <li>ריכוז זרימות של 10% באפיק הנחל</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>רצועת נחל רחבה ורציפה</li> <li>אפיק אלוביאל בגאומטריה טבעית</li> <li>גדות הנחל מוצפות באופן תדיר (riparian floodplain)</li> <li>בצוואר הבקבוק – מעקפים בנתיב זרימה פתוח או הרחבה מקומית של ממדי האפיק</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>מאגר עם תפיסת שטח במעלה</li> <li>אפיק הנחל מוסדר בנתיב צר</li> <li>גדות הנחל מוצפות רק באירוע בעל תקופת חזרה של עשר שנים או יותר</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>מאגר עם תפיסת שטח במעלה</li> <li>אפיק הנחל מוסדר בנתיב צר</li> <li>גדות הנחל מוצפות רק באירוע בעל תקופת חזרה של עשר שנים או יותר</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>תוצאות השיקום תלויות בהיקף השטח שיוקצה לנחל ובשמירת הרציפות לאורך</li> <li>עלולה להיות פגיעה זמנית בערכים אקולוגיים בשל הסרת מכשולי הזרימה לאורך מסדרון הזרימה</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>מאגר גיא מהווה חסם הידרולוגי וביולוגי בנחל</li> <li>פגיעה במשטר הזרימה השיטפוני הטבעית שהיא גורם חשוב בהתחדשות האקולוגית של הנחל</li> <li>פגיעה במשטר הסחף – השקעת סחף במעלה המאגר ויצירת 'נחל רעב' במורד<sup>[1]</sup></li> <li>שינוי המבנה הגאומורפולוגי ישנה את האקולוגיה בנחל:</li> <li>תהליך שיוביל ליצירת שני בתי גידול שונים במעלה המאגר ובמורד הנחל</li> <li>שינוי מבנה והרכב הצומח בתוך הערוץ ובגדותיו</li> <li>שינוי בפאונה</li> <li>פגיעה בעמידות (resistance) ובכושר התאוששות (resilience) של בית הגידול</li> <li>דורש משאבי ניהול, תחזוקה ותשומות לשמירה על המבנה הגאומורפי (במאגר ובנחל)</li> <li>הקמת המאגר בשטחים פתוחים טבעיים תפגע בצומח ובחי בשטח המיועד</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>מאגר גיא מהווה חסם הידרולוגי וביולוגי בנחל</li> <li>פגיעה במשטר הזרימה השיטפוני הטבעית שהיא גורם חשוב בהתחדשות האקולוגית של הנחל</li> <li>פגיעה במשטר הסחף – השקעת סחף במעלה המאגר ויצירת 'נחל רעב' במורד<sup>[1]</sup></li> <li>שינוי המבנה הגאומורפולוגי ישנה את האקולוגיה בנחל:</li> <li>תהליך שיוביל ליצירת שני בתי גידול שונים במעלה המאגר ובמורד הנחל</li> <li>שינוי מבנה והרכב הצומח בתוך הערוץ ובגדותיו</li> <li>שינוי בפאונה</li> <li>פגיעה בעמידות (resistance) ובכושר התאוששות (resilience) של בית הגידול</li> <li>דורש משאבי ניהול, תחזוקה ותשומות לשמירה על המבנה הגאומורפי (במאגר ובנחל)</li> <li>הקמת המאגר בשטחים פתוחים טבעיים תפגע בצומח ובחי בשטח המיועד</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>פוטנציאל שיקום גבוה וארוך-טווח:</li> <li>השבה של בית גידול בר-קיימא המבוסס על תהליכים טבעיים (self-sustaining complex ecosystem)</li> <li>חיוק כושר ההתאוששות (resilience) והעמידות (resistance) של בית הגידול</li> <li>מבוסס על אנרגיה פיזיקלית (אנרגיית זרימה היוצרת תהליכי הסעה טבעיים) ועל יחסי גומלין ביולוגיים<sup>[8]</sup></li> <li>התערבות אנושית מזערית – צמצום שימוש באנרגיה מכנית חיצונית לעיצוב הערוץ</li> <li>הגנה על ערכי טבע לאורך מסדרון הזרימה</li> <li>גמישות מובנית וכושר התאוששות להתמודדות עם שינוי האקלים</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>פוטנציאל שיקום נמוך:</li> <li>התכנון להשגת מבנה ובית גידול אופייני מפורט ומוגדר מראש, אך הצלחתו אינה מובטחת ונתונה להפרעות</li> <li>הערך האקולוגי שיושג מוגבל, ועלול להיות שונה מהמאפיינים המקומיים – תיתכן הגנה על צומח וחי מקומי במקביל לפעולות העתקה ושינוי מיקום בהתאם לפעולות ההגנה</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>פוטנציאל שיקום נמוך:</li> <li>התכנון להשגת מבנה ובית גידול אופייני מפורט ומוגדר מראש, אך הצלחתו אינה מובטחת ונתונה להפרעות</li> <li>הערך האקולוגי שיושג מוגבל, ועלול להיות שונה מהמאפיינים המקומיים – תיתכן הגנה על צומח וחי מקומי במקביל לפעולות העתקה ושינוי מיקום בהתאם לפעולות ההגנה</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>המדד ההנדסי המרכזי הוא מפלס הזרימה, המגדיר באופן חד-משמעי את התחום המוצף ואת עומק ההצפה<sup>[9]</sup></li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>המדד ההנדסי המרכזי הוא מפלס הזרימה, המגדיר באופן חד-משמעי את התחום המוצף ואת עומק ההצפה<sup>[9]</sup></li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>המדד ההנדסי המרכזי הוא מפלס הזרימה, המגדיר באופן חד-משמעי את התחום המוצף ואת עומק ההצפה<sup>[9]</sup></li> </ul>   |

## טבלה 1

## סיכום השוואתי בין גישות לצמצום הסכנה להצפות באירועי קיצון

במספר מדינות באירופה (כדוגמת הולנד וגרמניה) ובצפון אמריקה, שמתמודדות עם בעיות דומות ועם הקונפליקט המובנה שבין פיתוח לשיקום, כבר מיושמת גישת מסדרון הנחל ושחרור הזרימות. בעבודה שבחנה את הדרכים והאמצעים לשיקום נחלים, נערך סקר בין-לאומי בין אנשי מקצוע מובילים בתחום שיקום נחלים (מהנדסים וחוקרים), ועולה ממנו כי הקישוריות של פשטי ההצפה (floodplain reconnection) וקישוריות הזרימה (longitudinal connectivity) לאורך הנחל הן הגורמים המשמעותיים ביותר בהגברת יכולת ההתאוששות של הנחל<sup>[3]</sup>.

האתגר העומד לפנינו מורכב מיכולת היישום, מההתאמות למערכת הנחלית הים תיכונית המקומית, ומהמענה בתוך מרחב הבינוי הצפוף לאורך החוף. על כן, מתוך הבנה כי זו גם הזדמנות לשיקום אקולוגי של נחלי החוף והשפלה, חשוב שבתוכניות המקודמות כיום להתמודדות עם סיכונים מהצפות בישראל, יבוצע ניתוח השוואתי הידרולוגי ואקולוגי בין שתי הגישות, שיהווה את הבסיס לבחינת הפתרונות המוצעים. נוסף על כך, ולאור היתרונות העולים מגישת שחרור הזרימות, מומלץ כי העיקרון המרכזי המוביל בתוכניות להתמודדות עם אירועי קיצון ועם סיכונים מהצפות יהיה שמירה על התשתית ההידרולוגית הטבעית בנחל ושיקומה.

## מקורות

1. אלשטיין ד, קסלר א וברנע ע. 2022. מקום לנחל – בניהול סיכוני הצפות במצבי קיצון. החברה להגנת הטבע.

2. גזית א. 2010. מבנה ותפקוד מערכות נחלים ים תיכוניים – רקע לדיון. אקולוגיה וסביבה 1(3): 57–



3. גרינבאום נ. 2021. כמויות וריכוזי סחף בנחלים. החברה להגנת הטבע.
4. כרמון נ. 2023. [ניהול בר-קיימא של נגר עירוני – מטרות, פתרונות ודין בסוגיות בוערות. אקולוגיה וסביבה 14\(3\).](#)
5. קסלר א. 2022. היבטים הנדסיים בהתמודדות עם נזקי הצפות לאורך עורקי הניקוז הראשיים בשפלת החוף. עבור החברה להגנת הטבע.
6. קסלר א. 2023. [שינוי קונספציה תכנונית במצבי קיצון. הוועידה השנתית של נחלי ישראל, נתניה. 4 במאי, 2023.](#)
7. קסלר א ופרגמנט ד. 2024 (טרם פורסם). תכנית מתאר ארצית למיתון שיטפונות ומתן פתרונות לניהול נגר בראיה אגנית. עבור החברה להגנת הטבע.
8. Ciotti DC, Mckee J, Pope KL, et al. 2021. [Design criteria for process-based restoration of fluvial systems](#). *Bioscience* **71**(8): 831–845.
9. Hershkovitz Y and Gasith A. 2013. [Resistance, resilience, and community dynamics in mediterranean-climate streams](#). *Hydrobiologia* **719**: 59–75.
10. O'Connor J and East A. 2014. Synthesizing studies of dam removal. *Eos, Transactions American Geophysical Union* **95**(40): 363–364.
11. Neave M, Rayburg S, and Swan A. 2009. River channel change following dam removal in an ephemeral stream. *Australian Geographer* **40**(2): 235–246.
12. Perkin JS, Gido KB, Cooper AR, et al. 2015. [Fragmentation and dewatering transform Great Plains stream fish communities](#). *Ecological Monographs* **85**: 73–92.
13. Tullos D, Baker DW, Crowe Curran J, et al. 2021. Enhancing resilience of river restoration design in systems undergoing change. *Journal of Hydraulic Engineering* **147**(3): 03121001.