

מתקנים הידראוליים והשפעתם על התכנון

מספר	מתקן	תיאור קצר	השפעתו על הציר ההידראולי
1	מעביר אירי	מעבר לכלי רכב, מחומר קשיח, הבנוי במפלס קרקעית הנחל ובשיפועים המתאימים לתנועת כלי רכב	אם תוכנן כיאות - השפעתו מינימלית
2	מעביר צינור קצר	מובל ניקוז המוליך מים מתחת לדרך. לרוב - דרך מקומית	משטר זרימה מסוג "משפך" (Culvert). ברוב המקרים תיגרם התרוממות של המים בכניסה למעביר
3	מעביר צינור ארוך	כנ"ל, אך ארוך (עשרות מטרים ומעלה)	
4	היצרות באפיק	מעבר מחתך זרימה רחב לחתך זרימה צר יותר	המים בכניסה להיצרות יתרוממו כך שיווצר גרדיאנט המאפשר את הזרמת אותה ספיקה דרך חתך צר יותר (כלומר מהירות גבוהה יותר)

<p>יתכנו שינויים הן בגובה הזרימה והן במהירות</p>	<p>שינויים בשיפוע החתך הרוחבי, בחומרי היסוד (מסלע, קרקע) או התכסית (צמחייה, דיפונים)</p>	<p>שינוי מבני בגדות</p>	<p>5</p>
<p>מפלוס המים בנקודת המפגש הוא אחד, לשני הזרמים. בתכנון נכון ההשפעה על הציר היא מינימלית. אחרת, תהיה התרוממות בערוץ "הקטן יותר". במקרה של זרימה אך ורק באחד מהערוצים - יתכן מצב של Back Water בערוץ השני.</p>	<p>נקודה בה שני ערוצים מתמזגים לערוץ אחד, או ערוץ משני מתמזג עם ערוץ ראשי</p>	<p>התמזגות ערוצים</p>	<p>6</p>
<p>תלוי בדרך שבה בוצעה חלוקת הזרימה: א. ניתן לפצל זרימה תוך שמירה על זרימה חופשית, ואז הציר ההידראולי נשמר יציב. ב. ניתן לבצע מתקן הכולל סכר עם מגלשים, היוצר התרוממות במעלה וגובה קריטי מעל המגלש.</p>	<p>זרימה מרוכזת המתפצלת באופן טבעי, או מלאכותי לשנים או יותר ערוצים במורד</p>	<p>פיצול ערוצים</p>	<p>7</p>
<p>בתכנון נכון, אין השפעה או השפעה מקומית עקב ניצבים הנמצאים בחתך הזרימה בגשרים ארוכים</p>	<p>מעבר של דרך מעל ערוץ זרימה ע"י מבנה שאינו יוצר הפרעה (כמעט) במשטר הזרימה</p>	<p>גשרים</p>	<p>8</p>

9	אזורי שיקוע סחף	כל מקום בו יש האטה של מהירות הזרימה אל מתחת למהירות "הניקוי העצמי"	התרוממות המים במעלה עד כדי גלישת גדות. במעבירי מים, הקטנה משמעותית של כושר ההולכה.
10	אזורים תורמים סחף	כל מקום בו מהירות הזרימה במצב של זרימה תקינה, גבוהה מהתסבולת של הקרקע, לפי סוגה.	בערוצים טבעיים - שינויים בחתך הערוץ תוך כדי זרימה - משנה את מפלס המים באופן שלא ניתן לרוב לחזותו מראש.
11	שינוי גיאומטרי של ציר האורך	שינוי התוואי המקורי, האופקי, המחבר בין שתי נקודות A ו B בציר הזרימה	1. קיצור התוואי גורם להגדלת השיפוע ולכן גם להגדלת מהירות וירידת מפלס. 2. הארכת התוואי גורמת להקטנת השיפוע ולכן גם להקטנת מהירות ועליית מפלס.
12	שינוי שיפוע ציר האורך	שינוי בתוואי האנכי של הערוץ	1. הקטנת שיפוע, גורמת להקטנת מהירות ועליית מפלס. 2. הגדלת שיפוע גורמת להגדלת מהירות והקטנת מפלס. 3. יתכן מעבר מזרימה "תת קריטית" ל "על קריטית" ולהיפך. 4. יתכן מצב של זנק הידראולי במעבר משיפוע תלול למתון.

<p>1. גובה קריטי במעלה המפל (לפניו). 2. זנק הידראולי במורד המפל. 3. הקטנת השיפוע האורכי גורמת להקטנת מהירויות זרימה במורד המפל (אחרי הזנק) ומפלט מים גבוה.</p>	<p>"שבירה" מקומית של חתך הזרימה האורכית יוצרת את המפל</p>	<p>מפלים</p>	<p>13</p>
<p>עליית מפלס במעלה וזנק הידראולי במורד של כל מפתן, הקטנת מהירויות הזרימה בכל מקטע עקב מיתון השיפוע האורכי.</p>	<p>סדרת מחיצות שקדקדן בפני הקרקע ומטרתן העיקרית - מניעת מיחתור וסחף בשיפועים גדולים</p>	<p>מפתנים</p>	<p>14</p>
<p>בתכנון נכון, אין השפעה עקב שמירה על משטר זרימה התואם את המעלה</p>	<p>מתקן המחלק את הזרימה המגיעה מהמעלה, לשני זרמים (לפחות) במורד, בהתאם ליחס שבין הפרמטרים הגיאומטריים של הפתחים.</p>	<p>מתקן חלוקת זרימות "תעלה מתפצלת"</p>	<p>15</p>
<p>המתקן הוא בעצם מפל עם שניים או יותר מגלשי יציאה. ההתנהגות שלו זהה למפל, כאשר חלוקת הספיקות היא פונקציה של יחסי רוחב הזרימה בכל מגלש</p>		<p>מתקן חלוקת זרימות "מגלש עילי"</p>	<p>16</p>
		<p>איים בתוואי הזרימה</p>	<p>17</p>
		<p>מורכבות מבנית "נמוכה"/"גבוהה"</p>	<p>18</p>
		<p>גדות טבעיות</p>	<p>19</p>

		מצב פיתולים בנחל	20
--	--	---------------------------------	----

השפעתו על הגדות	השפעתו על הסביבה (מבחינה הידראולית)	השפעות אקולוגיות
בנחלים צרים - תהיה התרחבות ומיתון שיפועים באזור המתקן	בתכנון נכון - השפעתו מינימלית. בהרבה מקרים, נוצרת התחרות במורד עקב מיקום לא אופטימלי של המעביר.	מהווה סכר לזרימת אקוויפר חלוקים המעודד התפתחות צומח במעלה המעביר. במורד המעביר יכולה להתפתח מדרגה המגבילה מעבר בע"ח קטנים כשהנחל יבש
עקב התרוממות המים הצפויה בכניסה, יש לוודא את עמידות הגדות בתחום ההשפעה	1. ריכוז מים לנקודה אחת יוצר התחרות במורד. יש לדאוג לביצוע "שן" עמוקה ושובר אנרגיה מתאים. 2. גלישה של המעביר מעל הדרך עלולה לגרום להצפה ולנזקים.	מגביל תנועת בע"ח לאורך תעלת הניקוז. בהתאם לקוטר הצינור. בהיעדר תחזוקה שוטפת למניעת הצטברות סחף, המעביר נסתם או מוצף במים באופן המונע מעבר בע"ח דרכו.
		כנ"ל
בנקודת המעבר מחתך רחב לחתך צר תיתכן הצפה במקרים של חוסר בכושר הולכה. הגדות בחתך הצר "יסבלו" מארוזיה חמורה יותר	היצרות מלאכותית של האפיק היא התערבות דרסטית במשטר הזרימה. תיתכן השפעה ניכרת על ההצפה במעלה (במשטר תת קריטי) וכן על מהירות הזרימה במורד, תוך גרימת נזקי ארוזיה.	במקרה של צוואר בקבוק במבנה דרך (גשר, גשרון, מעביר מים ארגזי וכו'), תיתכן פגיעה ביכולתם של בע"ח הזקוקים למעבר יבש לעבור לאורך ציר הנחל בעת זרימה בשל עליית מפלס המים.

<p>שיפוע מתון מאפשר ייצוב גדות בעזרת צומח וצמצום ארוזיה. הצומח מושך בעלי חיים ומחזק את תפקודיו האקולוגיים של הנחל. מנגד, גדה תלולה מחומר פריך מאפשרת אתרי קינון לעופות מקנני חורים לבן-חזה, פרפור, שרקרק וכו'.</p>	<p>ההשפעה ההנדסית על הסביבה היא בתפיסת שטח. ככל שהגדות ממותנות יותר - הערוץ תופס שטח רב יותר</p>	<p>ככל ששיפוע הגדות הוא מתון יותר כן הגדה יציבה יותר ורגישה פחות לארוזיה</p>
<p>עלייה בכמות המים משמעותית במיוחד לצומח בסביבה מדברית. ככל שסדר הערוץ עולה, גדלה הביומסה הצמחית, וצורת החיים השולטת עוברת מעשבונים לבני-שיח ושיחים ועד לעצים, ובהתאם תומך הערוץ בעושר מיני בע"ח הולך וגדל.</p>	<p>בדרך כלל מיזוג ערוצים מגדיל את הספיקה לאחר נקודת המיזוג. במידה שהערוץ לא מתוכנן לספיקה מוגדלת - ייתכנו הצפות.</p>	<p>נקודת ההתמזגות היא נקודת תורפה - שם יש ייתכנות לארוזיה בגדה שבצד הפנימי של המיזוג. כמו כן, במיזוג של ערוץ קטן לראשי בניצב לכיוון הזרימה, יש להגן על הגדה הנגדית בערוץ הראשי.</p>
<p>במקרה א' אין כמעט השפעה. במקרה ב' פיצול צפוי להפחית את תדירות הזרימה השיטפנית וכמות המים באחד הערוצים ביחס למשנהו. במקרים מסוימים הדבר יכול להוביל לייבוש הצומח באחד הערוצים ולפגיעה במערכת האקולוגית הנשענת עליו. ההשפעה בולטת במיוחד באזור צחיח.</p>	<p>במקרה א': כמעט ואין השפעה. מקרה ב': ראה סעיף "מפל"</p>	<p>במקרה א': כמעט ואין השפעה. יש לתת את הדעת על קטע הגדה המשותף במרכז, למיזעור ארוזיה. במקרה ב': יש השפעה במעלה כתוצאה מהתרוממות המים ובמורד, עקב נפילת המים במהירות</p>
	<p>בתכנון נכון - כמעט ללא השפעה.</p>	<p>בתחום הגשר, לרוב הגדות מוסדרות, לספיקות נדירות</p>

<p>גורם לסתימת מבני דרך (מעברי מים צינוריים וארגזיים, תעלות ניקוז) המשמשים גם כמעברים לבעלי חיים. המשמעות לעתים היא קיטוע מסדרונות תנועה לבע"ח או חשיפה מוגברת של בע"ח לדריסה.</p>	<p>שיקוע סחף גורם לשינויים בחתך הזרימה ואף לשינויים טבעיים בתוואי הזרימה (יצירת מיאנדרים). שיקוע סחף יוצר בעית תחזוקה במקומות רבים.</p>	<p>גלישת גדות עלולה לגרום לארוזיה מואצת, בעיקר בזמן חזרת המים לערוץ, בקרקעות רכות.</p>
<p>הרס גדות פוגע בצמחיית הגדות ובבע"ח הזקוקים לה. ארוזיה מוגברת גורמת לסתימת מעברי מים המשמשים גם בע"ח ובכך פוגעת בתפקודיהם האקולוגיים.</p>	<p>הרס גדות כתוצאה מסחף גורם לנזקים בשדות חקלאיים, הרס דרכים ובעיות סחף במתקנים הידראוליים שבמורד.</p>	<p>ארוזיה בעיקר בגדות אך גם חתירות בקרקעית הערוץ.</p>
<p>1. הוספת פיתולים יוצרת מורכבות גדולה יותר, אזורי שיקוע סחף שונים מהמצב המקורי ואפשרות ביסוס של מיני בע"ח שונים. 2. קיצור פיתולים עלול "לייבש" אזורים שחיו בעבר ולצמצם את המגוון הביולוגי עקב ייבוש צמחייה בתוואי הניטש או בשל מהירויות זרימה גבוהות.</p>	<p>לשינוי במהירויות הזרימה ובתוואי הזרימה יש השפעה בעיקר בתחום האקולוגיה. 1. הוספת פיתולים יוצרת מורכבות גדולה יותר, אזורי שיקוע סחף שונים מהמצב המקורי ואפשרות ביסוס של מיני בע"ח שונים. 2. קיצור פיתולים עלול "לייבש" אזורים שחיו בעבר ולצמצם את המגוון הביולוגי עקב מהירויות זרימה גבוהות.</p>	<p>1. קיצור התוואי - הגדלת מהירות - פוטנציאל לארוזיה מוגברת בגדות. 2. הארכת התוואי - יצירת פיתולים - מהירויות קטנות בממוצע אך יש לשים לב לארוזיה בעיקולים וגם לשקיעת סחף וסתימת הערוץ.</p>
<p>עלייה במהירות יכולה להאיץ פגיעה בצומח בשל עקירתו. צמצום מהירות תורם להשקעת סחף ולהתפתחות צומח.</p>	<p>השפעת השינוי במהירויות הזרימה והשפעתן על הסביבה, נסקרו בערכים הקודמים, לעיל.</p>	<p>השפעת השינוי במהירויות הזרימה והשפעתן על הגדות, נסקרו בערכים הקודמים, לעיל.</p>

<p>בנחלי איתן, יצירת מפלים מגבילה תנועת דגים במעלה הזרם. לעתים ניתן להתגבר על הבעיה בעזרת "סולם דגים". בנחלי אכזב, מפל תלול מונע או מגביל תנועת בע"ח לאורך הנחל.</p>	<p>כושר ההולכה של המפל תלוי אך ורק בגובה המים מעליו. במידה וכושר ההולכה אינו תואם את ספיקת התכן - צפויה הצפה במעלה.</p>	<p>1. במעלה: לרוב אין השפעה 2. במורד: הזנק ההידראולי הוא בעל אנרגיה רבה ועלול לגרום לארוזיה. לעיתים, יש שינוי גם ברוחב החתך - דבר העלול להשפיע על הגדות.</p>
<p>התחתרות במורד מפתן עלולה להגביל תנועת בע"ח קטנים לאורך הנחל.</p>	<p>במפתנים שאינם מלווים בשובר אנרגיה לאחר כל מפתן - צפויה התחתרות במורדו של כל מפתן</p>	<p>המטרה היא מיתון מהירויות - כלומר צמצום נזק לגדות</p>
<p>מאפשר הקצאת מים בטוחה לערוצים במורד שבאופן טבעי אינם מקבלים מים בקביעות. רלוונטי במיוחד באזורים צחיחים.</p>	<p>השפעה מינימלית, עקב שמירה על משטר זרימה תמידי ואחיד</p>	<p>לעתים קרובות לפחות באחד מענפי הפיצול יש מפנה ולכן תהיה התרוממות מים בצד החיצוני של הזרימה</p>
<p>השפעה הדומה לזאת של מפל.</p>	<p>השפעה הדומה לזאת של מפל.</p>	
<p>יצירת בית גידול מבודד מאפשרת הגנה על בע"ח הנמצאים בו מפני אויבים טבעיים - לדוגמה, מושבות קינון עופות המוגנים מפני טורפים יבשתיים. מצד שני, הבידוד של האיים מונע קישוריות לבע"ח ירשתיים</p>		
<p>ככל שהמורכבות המבנית עולה, גדל המגוון הביולוגי.</p>		
<p>תמיכה מרבית במגוון ביולוגי אופייני</p>		

בדומה לשינויים במורכבות המבנית		
-----------------------------------	--	--

כללים להערכה ראשונית	אופן ההתייחסות בבדיקה ובתכנון
	<p>יש למקם את תחתית המעביר במפלס תחתית הנחל לפי שיפוע ממוצע בקטע ארוך. שיפועי צד מומלצים: 1:12 לצורך איפשר מעבר אוטובוסים ומשאיות. קיבולת מינימלית מומלצת: מתאימה לספיקה של 10%</p>
<p>בעומד מים העולה על פי 1.5 מקוטר המעביר (או גובהו) הגידול בכושר ההולכה יורד באופן דרסטי עם עליית המפלס (ספיקה מתייצבת)</p>	<p>1. מחשבים כושר הולכה לפי תאוריה מקובלת. 2. במובל קצר מזניחים את הפסד העומד בצינור. במובל ארוך מוסיפים את הפסדים לעומד המניע. 3. יש לבחון האם כושר ההולכה מתקבל בזרימה חופשית או בלחץ המעלה. יש לוודא את דיפון הגדות במעלה בהתאם. 4. לבחון את הצורך במתקן כניסה הידראולי המשפר את תנאי הכניסה. 5. שבירת אנרגיה במוצא - להקטנת מהירויות לפי תנאי הקרקע.</p>
<p>היצרות מתוכננת (אם אין אילוך) חייבת להיות מתונה מאוד, בזווית של 5 - 7 מעלות ביחס לציר הזרימה.</p>	<p>היצרות חייבת להיות מתוכננת בקפידה, תוך חישוב הציר ההידראולי מהמורד אל המעלה, מתן התייחסות לשינויים בגובה הזרימה בחתכים השונים ובמהירות הזרימה, תוך תשומת לב לחומרי המבנה ועמידותם במהירויות המתקבלות.</p>

<p>שיפוע גדות יציב (ללא דיפון) הוא 1:4 לפחות. בשיפועים תלולים יותר נדרש ייצוב (צמחי לפחות)</p>	<p>ברוב המקרים, מיתון שיפוע הגדות (ללא הפחתה בשטח חתך הזרימה), משפרת את המצב ההידראולי והארוזיבי. במקרה של מעבר לגדות תלולות יותר, יש לבדוק בקפידה את תכונות הקרקע ואת מהירויות הזרימה ולתכנן דיפון מתאים, לפי הצורך.</p>
	<p>1. יש להתאים את מפלס המים באפיקים כך שיהיה תואם. 2. בערוצים לא מדופנים בהם תיתכן זרימה רק באחד מהם, יש להגן על הדופן הנגדית באפיק המקבל. 3. יש לבחון השפעה של מים חוזרים בעיקר במקרים של שיפועים מתונים מאוד. 4. יש לוודא כושר הולכה במורד, בהתאם לספיקת התכן המשותפת (לפי דו"ח הידרולוגי).</p>
	<p>יש לוודא שספיקת התכן באפיק העובר תחת הגשר אכן מתאימה למפתח שלו. כמו כן יש לוודא הגנות על הניצבים, מפני ארוזיה ומיחתור.</p>

<p>מהירות נמוכה מ- 0.6 מ'/שנייה נחשבת למהירות בה שיקוע הסחף גדל באופן משמעותי.</p>	<p>1. הנושא מתייחס בעיקר למקומות בהם יש שיפועים קטנים ומהירויות זרימה נמוכות. 2. תכנון אזורי שיקוע מאולצים מתאימים למקומות בהם רוצים למנוע כניסת סחף למאגרי שיטפונות או מניעת סחף בולדרים בנחלים אירוזיביים (כמו נחל ערוגות בים המלח). 3. בכל מקום אחר, רצוי להתחשב בנושא הסחף ואם לא ניתן למנעו, אז לתכנן את מיקומו באזור בו נוח ביותר לבצע אחזקה או שהשפעתו מינימלית (לא בכניסה מתקנים הידראוליים).</p>
	<p>1. יש להתאים את האפיק המתוכנן למהירות הזרימה, בהתאם לסוג הקרקע או לסוג הדיפון (אם נבחר לבצע דיפון). 2. ניתן להקטין מהירויות זרימה באמצעים נוספים כגון הגדלת חיספוס או מפלים.</p>
<p>יש לשים לב לרדיוס הפנייה כתלות במשטר הזרימה. בעיקר חשוב הנושא בזרימות על קריטיות. (ראה סעיף 4.4.4 במדריך)</p>	<p>1. יש לשים לב בעיקר לשינויים במהירות הזרימה עקב השינוי באורכה. 2. יש להתאים את החתך החדש למהירות החדשה שהתקבלה - הן במידות הגיאומטריות והן בהגנות הדרושות (דפנות ישרות, או פיתולים). 3. יש לתת את הדעת לנושא נתיב הזרימה במקרה של גלישה - האם יש פתרון חירום, האם המים חוזרים לאפיק בלי לגרום לארוזיה. 4. יש לתת את הדעת על נושא התחזוקה: האם יוצרו אזורי שיקוע סחף</p>
	<p>1. נושאי התאמת המהירויות דומים לסעיף הנ"ל. 2. יש לשים לב לשינויים במשטר הזרימה בעיקר במעבר בין שיפועים. מעבר מזרימה על קריטית לתת קריטית, יוצר זנק הידראולי וחייבים לדעת את אורכו וגובה המים ולתכנן הגנות.</p>

	<p>מיתון שיפועים בעזרת מפלים יבוצע תוך תשומת לב לפרמטרים הבאים:</p> <ul style="list-style-type: none"> - השיפוע אליו רוצים להגיע במצב מתוכנן ומהירויות הזרימה הנגזרות ממנו. - גובה המפל: ככל שהמפל גבוה יותר - נדרש שובר אנרגיה מסיבי יותר במורד. - כושר ההולכה של המפל: היא פונקציה של הגיאומטריה שלו ושל מפלס המים שמעליו.
	<ol style="list-style-type: none"> 1. תכנון עומק המפתן והמרווחים בין המפתנים למצב של "אחרי שיטפון"; כלומר אחרי שנוצר סחף וארוזיה במקומות המתוכננים. 2. מומלץ לבצע קטע שובר אנרגיה לאחר כל מפתן, למניעת "חור" בעיקר בקרקעות רכות. 3. שיפוע אורכי מומלץ בין המפתנים: 0.005 - 0.004

--	--

חישובים לתעלה בחתך טרפזי ידוע ולספיקה ידועה:

Q	m	B
10	2	5

מהירות כפונקציה של שיפוע ומקדם מאנינג (מ"/שנייה)

שיפוע							
2.00%	1.50%	1.00%	0.50%	0.20%	0.10%		
4.51	4.10	3.58	2.83	2.07	1.63	0.015	מאנינג
3.72	3.38	2.95	2.33	1.70	1.33	0.02	
3.21	2.91	2.53	2.00	1.45	1.14	0.025	
2.84	2.57	2.24	1.76	1.28	1.00	0.03	
2.55	2.31	2.01	1.58	1.15	0.89	0.035	
2.33	2.11	1.84	1.44	1.04	0.81	0.04	
2.15	1.95	1.69	1.33	0.96	0.75	0.045	
2.00	1.81	1.57	1.23	0.89	0.69	0.05	

5.00%
6.08
5.04
4.35
3.86
3.48
3.18
2.94
2.74