



פ. 422

כביש 71 - איגום במעלה נחל שיזפים

פרשה טכנית

05.08.2012

תוכן העניינים:

א. פתרון הנדסי

ב. תחשיב הידרולוגי

ג. תחשיב הידראולי

נספח שרטוטים: תנוחה-0301, תנוחה וחתיכים-0303, תבע-מצב קיים ומוצע-0302

מ.מ. (1997) מהנדסים יועצים
"דרום"



CONSALTING ENGINEERS
"SOUTH"



תכנון להידרולוגיה וניקוז, מאגרי מים ומניעת נזקי שיטפונות

רח' אהליאב 6 (פינת רח' הבונים 1), רמת גן 52522
טל : 03-5746751, פקס : 03-6743952, southeng@gmail.com

מבוא: בזמן שיטפונות עזים בחציית מערכות כביש 71 לאורך רכבת העמק המתוכננת ובמשקים שנמצאים בסביבה (גם במצבם הקיים), מדי מספר שנים מתרחשות הצפות תוך גרימת נזקים למשק. עם הקמת פרויקטים חדשים הכוללים הגברת כשר הולכה של גשרי נחל שיזפים כלפי המורד, צפויה החמרה במצב הניקוז במקום זה.

מטרת העבודה: הקטנת ספיקות תכן והנמכת מפלסי מים במורד חציית כביש 71 ומסילת הרכבת ע"י ניצול של תופעת איגום המים בכניסה לגשר מפרידן יחזקאל ושימוש בתופעה זו ככלי לויסות זרימה והקטנת ספיקת תכן.

א. פתרון הנדסי

1.א הפתרון מתבסס על גובה הגשר המתוכנן שהינו 3 מטר, רוחב מוצע הינו 5 מטר. עפ"י בדיקתנו, מים שיעמדו בכניסה לגשר בזמן שיטפונות בעומק המתאים לגובה הגשר יגרמו ליצירת אגם זמני ולויסות הזרימה המגיעה לגשר. בזמן שיטפון תכן של פעם ב- 50 שנה יוצר אגם מים זמני (משך שיטפון עם מפלסי מים גבוהים - כשעה אחת). גם אם לא ינקטו צעדים נוספים בכדי ליצור אגם מים בכניסה הוא יהיה מטבע התכנון.

2.א הפתרון כולל צעדים זעירים להעמקת תופעת השהיה (הגברת יעילותה ההנדסית) כמו חפירות קלות בשטח, בור בכניסה לגשר והגדלת עובי סוללת כביש-מפרידן יחזקאל.

3.א נתונים הידרולוגיים להמשך תחשיב הידראולי/השהיית זרימה בכניסה לגשר (ראה תחשיב הידרולוגי-בהמשך סעיף 2)

הערות	לאירוע שיטפון ב-2% הסתברות		לאירוע שיטפון ב-1% הסתברות	
	נפח גיאותר תכן	ספיקת תכן, מ"ק/שנייה	נפח גיאותר תכן, מ"ק	ספיקת תכן, מ"ק/שנייה
	400,000	182	500,000	250

4.א תחשיב השהיית נגר – נחל שיזפים (ניהול נגר עילי)

4.1.א נחל שיזפים חוצה את מערכות כבישי מעצ והמסילה החל ממפרידן יחזקאל, אשר הינו חלק ממערכת הכבישים של החברה הלאומית לדרכים. אי לכך היסתברות תכן המקובלת לתכנון גשר הינה 2% עפ"י תקן מעצ. יחד עם זאת היות ובהמשך, הזרימה חוצה את המסילה, נעשתה בדיקת תנאי הזרימה לפי הסתברות של 1%- עפ"י דרישות רכבת ישראל.

להמשך בדיקת הפתרון נבדקה חלופה של **גשר עם גובה – 3 מטר** (כמו בתכנון המקורי עם כניסה מוגדלת) **ועם רוחב של 5 מטר בלבד.**

4.2.א כתוצאה מהשהיית הזרימה בכניסה למפרידן הספיקות יהיו:
 - להסתברות של 1% - **82 מ"ק/שנייה**, עומק מים בכניסה – 6.05 מ',
 - להסתברות של 2% - **71 מ"ק/שנייה**, עומק מים בכניסה – 4.9 מ',

4.3.א התחשיב להערכת הנתונים הנ"ל נעשה עפ"י נוסחת קוצ'רין כאמור עם מקדם 1.5 ליחס נפח אגם זמני לנפח הגיאותר שלפי תוצאות מחקר של החברה הלאומית לדרכים – 2011.

- **באירוע של 2%** (רום: 22.50- ,בלט: 1.9 מ'), ספיקת התכן לאחר ויסות תהיה:

$$71 \text{ מ"ק/שנייה} = Q_{2\%} = 182 \times (1 - 1.5 \times 170,000/400,000) \text{ עם ויסות}$$

- **באירוע של 1%** (רום: 21.35, בלט 1.0 מ') , ספיקת התכן לאחר ויסות תהיה :

$$82 \text{ מ"ק/שנייה} = 250 \times (1 - 1.5 \times 250,000/500,000) = Q_{1\%} \text{ עם ויסות}$$

א.4.4 ע"מ לשמור על דרישות תקן מעצ לגבי בלט בכניסה לגשר, מוצע כניסה מוגדלת ראה בתשריט.

ב. תחשיב הידרולוגי

ספיקות התכן נקבעו בדוח הידרולוגי מאושר של מעצ ב-2011 .

נפחי גאויות לנחל שיזפים

הערכת נפחי גאויות לפי שיטת הידרוגרפים טיפוסיים על בסיס מדידות
לגאויות קצרות, דו"ח מיוחד מס' M-83 תחל"ס-2006/2007
בתאריך: 27-29.10.2006

טבלה מס' 1. ספיקות שיא המדודות באזור נחל חרוד

ספיקת השיא מכסימלית, מ"ק/שנייה		שטח האגן, קמ"ר	מספר ע"פ תחליים	שם הנחל
תאריך	ספיקת השיא, מ"ק/שנייה			
03/11/1994	126.1	27.2	38/05	חרוד-מרחביה
27-29/10/2006	10.0	5.5		חרוד-מעלה מרחביה
27-29/10/2006	20.0	8.5		חרוד עם מרחביה
27-29/10/2006	38.0	5.1	38/0301	יחזקאל תחנה
27-29/10/2006	39.0	3.9		יחזקאל מרכז
27-29/10/2006	30.0	3.1		יחזקאל
27-29/10/2006	1.0	0.4		יחזקאל - 1
03/01/1990	61.0	30.8	38/0201	שיזפים (תחתון)
12/02/1992	29.7	20.8	38/0221	שיזפים (עליון)
27-29/10/2006	63.0	8.5		שונם
27-29/10/2006	32.0	7.2		שונם
27-29/10/2006	1.0	0.1		שונם-1
27-29/10/2006	1.0	0.7		שונם-3
27-29/10/2006	0.5	0.3		שונם-4
27-29/10/2006	30.0	1.4		שקדים

• לפי דו"ח מיוחד מס' M-37, M-50, M-53, M-58, M-64, M-76, M-79, M-81, M-83

טבלה מס' 2. נתונים מורפומטריים לנחלים שבאזור נחל חרוד עפ"י תחנות הידרומטריות של התחנה לחקר הסחף

שם הנחל	מספר (ע"פ תחליים)	נקודת ציון	שנת תחילת תצפית	שטח האגן (קמ"ר)	אורך אפיק (ק"מ)	שיפוע אפיק (מ"מ)
יחזקאל	38/0301	233200 / 718800	1979	5.1	5.7	0.005
שיזפים	38/0201	234600 / 718400	1979	30.8	11.0	0.014
מרחביה	38/05	230700 / 720000	1979	27.2	7.0	0.009

נתוני שיטפונות וגשם באירועים חריגים

סיכום השנה ההידרולוגית

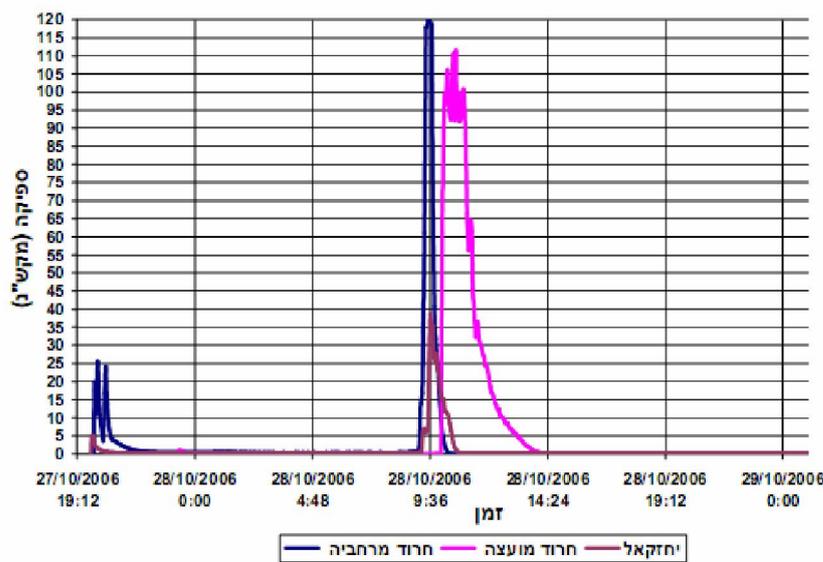
2006/2007

דו"ח מיוחד M-83

מאיוורים מס' 6 ו-7 ניתן לראות כי הספיקה באירוע האחרון הייתה הגבוהה ביותר במשך כל תקופת התצפיות עד עתה. הסתברותן של הספיקות בנחלים חרוד ויחזקאל הייתה 2% ו-4% בהתאמה. באיוורים 8 ו-9 ניתן לראות את מחלכי הזרימה, נפח המים ועובי הנגר בשלוש תחנות הידרומטריות באגן נחל חרוד.

4.2.6. מהלכי הגאות

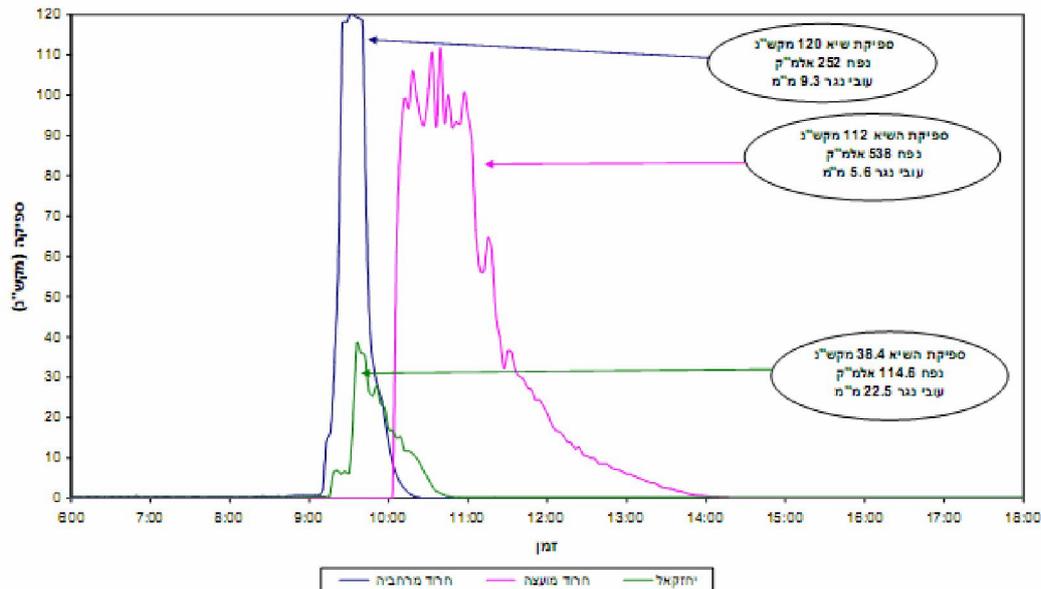
איור מס' 8: מהלכי גאות מתחנות רושמות תחל"ס בתאריך 27-29.10.2006



מאיוור מס' 8 ניתן לראות מספר מאפייני זרימה מעניינים :

1. בנחל חרוד מרחביה התפתחה זרימה חזקה בתאריך 27/10/06 (25 מקש"נ). זרימה זו נוצרה לאחר כ-25 מ"מ גשם בלבד (איור מס' 4), עם עוצמות גשם של כ-30 מ"מ/ש לפרק זמן 30 דקות. זרימה חזקה יחסית מעובי גשם קטן ועוצמת גשם שהסתברותה כ-30% בלבד, מצביעה על כושר החידור הנמוך של השדות החקלאיים המעובדים ומוחלקים כהכנה לזריעה.
 2. לאחר כ-14 שעות התפתח גל גאות נוסף חזק בהרבה כתוצאה מגשם דומה בעוצמתו. גאות חזקה זו התפתחה בהשפעת הרטיבות המוקדמת וגם בשל מוקד גשם חזק נוסף באגן נחל שקדים שנשפך לחרוד ולא היה בזרימה הראשונה.
- באיוור מס' 9 ניתן לראות את מהלכי הגאות מתחנות רושמות תחל"ס בתאריך 28.10.2006.

איור מס' 9: מהלכי גאות מתחנות רושמות תחל"ס בתאריך 28.10.2006



מאיור מס' 9 ניתן לראות כי עקום הדעיכה של גל הגאות בנחל חרוד מרחביה הייתה מהירה מאוד ולא טבעית. ירידה כה חדה במפלס המים מצביעה כנראה על סתימות מעבירי המים בכביש בית שאן עפולה ובריחת המים אל מעבר לתחנה ההידרומטרית. ייתכן וזו גם הסיבה לנפח הנמוך יחסית של תחנה זו. אם נייחס את הנפח שנמדד בנחל חרוד מרחביה לשטח האגן ממנו הגיעה רוב הזרימה (הנחלים שונם ושקדים) כ- 10 קמ"ר, אזי נקבל עובי נגר של כ- 25 מ"מ בדומה לזה אשר נמדד בתחנת יחזקאל. יש לזכור שחלק מהמים לא הגיעו לתחנת המדידה כך שמדובר על לפחות 25 מ"מ.

סיכום: עפ"י הנתונים המורפומטריים התואמים ועפ"י אמינות מספקת של הנתונים נקבע כי נחל חרוד (מרחביה) הוא המתאים להוות אגן אנאלוגי לנחל שיזפים

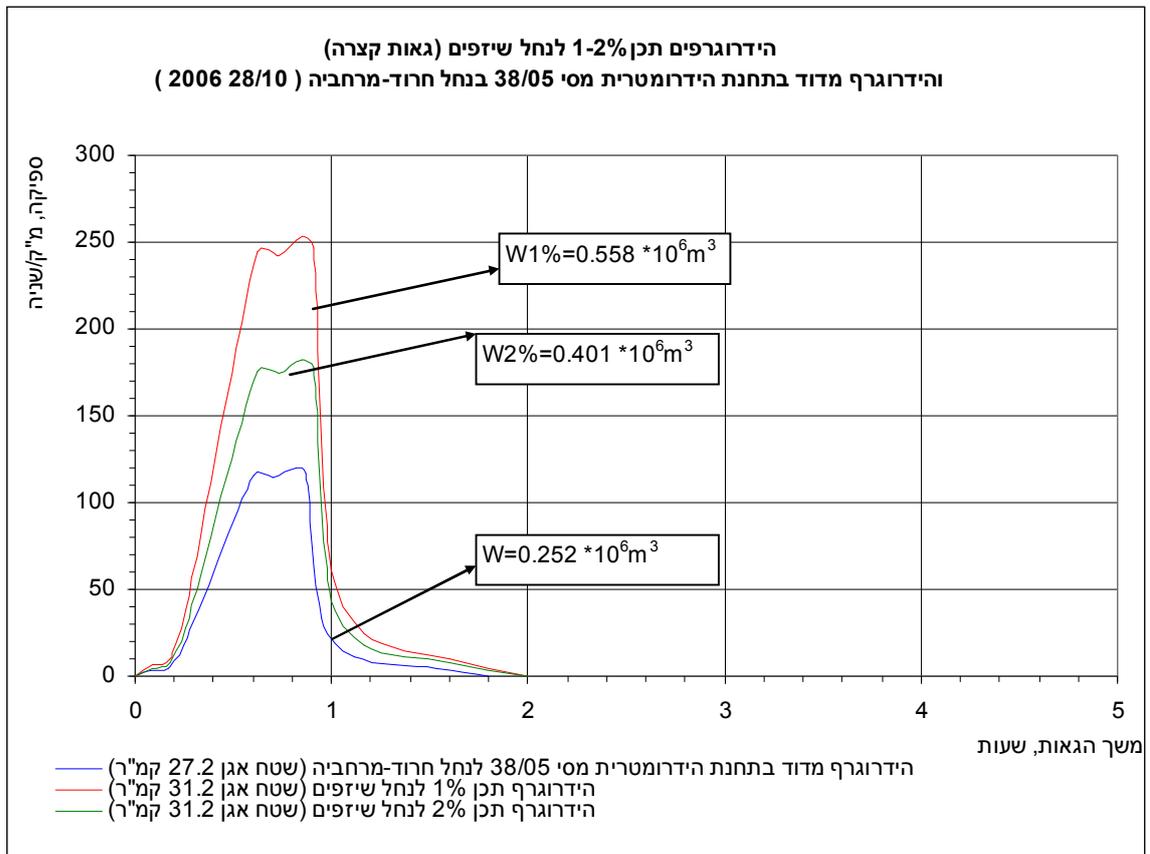
טבלה מס' 3. נפח *גאות קצרה לפי הידרוגרף מדוד לנחל מרחביה - חרוד

שם נחל	שטח אגן, קמ"ר	ספיקת השיא, מ"ק/שנייה	נפח הגאות (מלמ"ק)
נחל מרחביה	27.2	120	0.252

* נבדקו גאוויות קצרות הנושאות ספיקות חריגות יותר

טבלה מס' 4. תוצאות חישוב נפחי גאוויות קצרות 1-2% לפי הידרוגרף תכן על ידי הידרוגרף מדוד לנחל מרחביה - חרוד

שם נחל	שטח אגן, קמ"ר	משך הגאות, שעות	ספיקת תכן 2%, מ"ק/שנייה	נפח הגאות 2% (מלמ"ק)	ספיקת תכן 1%, מ"ק/שנייה	נפח הגאות 1% (מלמ"ק)
נחל שיזפים	31.2	2.0	180	0.400	250	0.500



טבלה מס' 5 . סיכום תוצאת חישוב נפח לנחל שיזפים

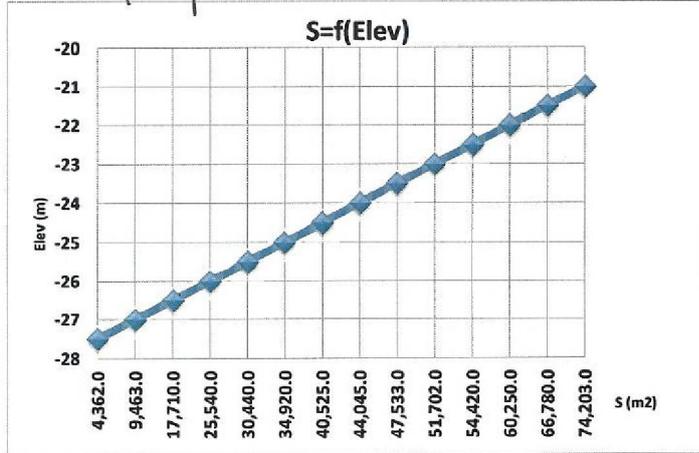
נפח גאות (מלמ"ק)		שטח אגן, קמ"ר	שם נחל
1% הסתברות	2% הסתברות		
0.500	0.400	31.2	נחל שיזפים

ג. תחשיב הידראולי

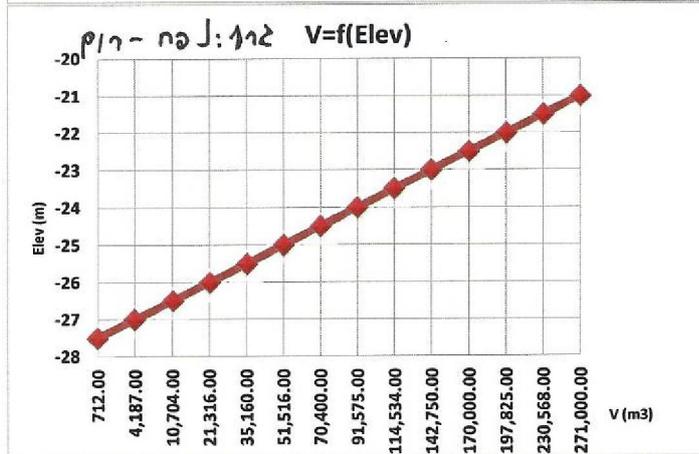
גרו: שטח אגן / עומק - רום המים

שינוי של שטח ונפח מאגר בנחל שיזפים

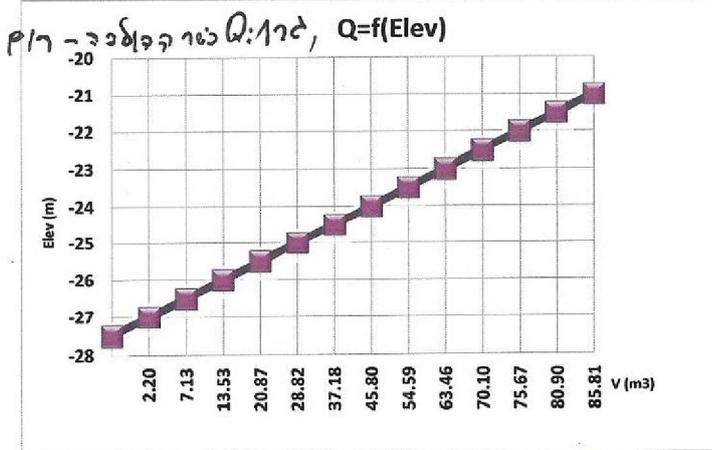
רום המים H, m	שטח הצפה S, m ²	נפח מצטבר V, m ³
-21	74,203.0	271,000.00
-21.5	66,780.0	230,568.00
-22	60,250.0	197,825.00
-22.5	54,420.0	170,000.00
-23	51,702.0	142,750.00
-23.5	47,533.0	114,534.00
-24	44,045.0	91,575.00
-24.5	40,525.0	70,400.00
-25	34,920.0	51,516.00
-25.5	30,440.0	35,160.00
-26	25,540.0	21,316.00
-26.5	17,710.0	10,704.00
-27	9,463.0	4,187.00
-27.5	4,362.0	712.00



	רום המים H, m	Box 5x3(h) Q m ³ /sec
1%	-21.35	82.4
2%	-22.5	70.1



רום המים H, m	BOX 3(h)x5 Q m ³ /sec
-21	85.81
-21.5	80.90
-22	75.67
-22.5	70.1
-23	63.46
-23.5	54.59
-24	45.8
-24.5	37.18
-25	28.82
-25.5	20.87
-26	13.53
-26.5	7.13
-27	2.2



Culvert Report

Hydraflow Express Extension for AutoCAD® Civil 3D® 2012 by Autodesk, Inc.

יום שלישי, יולי 31 2012

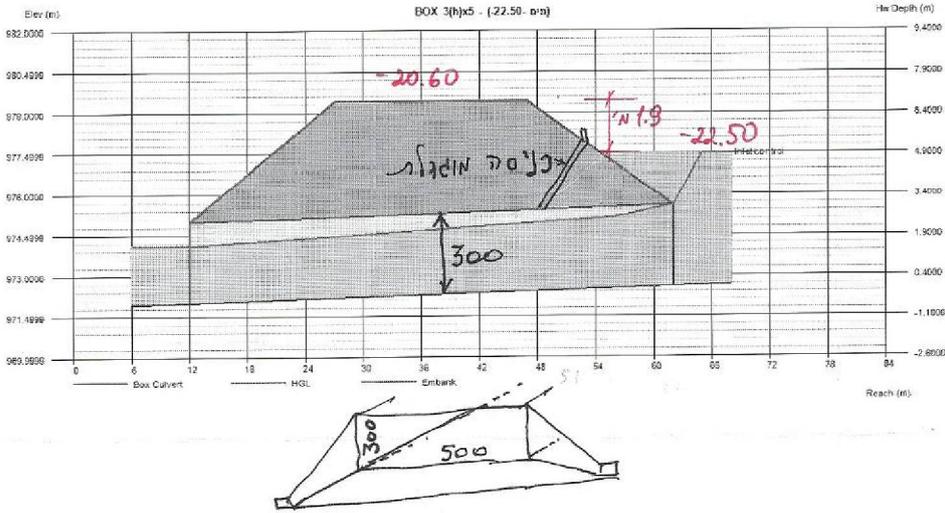
פלא 2% ← ספקי אג"ו ירוק א ← 3 מ"מ
 BOX 3(h)x5 - (-22.50- מים) (הספקי הנתון/רו"י) ←
 = 182 mcs

Invert Elev Dn (m) = 972.0000
 Pipe Length (m) = 50.0000
 Slope (%) = 1.2000
 Invert Elev Up (m) = 972.6000
 Rise (mm) = 3000.0
 Shape = Box
 Span (mm) = 5000.0
 No. Barrels = 1
 n-Value = 0.014
 Inlet Edge = Projecting
 Coeff. K,M,c,Y,k = 0.0145, 1.75, 0.0419, 0.64, 0.5

Calculations
 Qmin (cms) = 70.1000
 Qmax (cms) = 70.1000
 Tailwater Elev (m) = Normal

Embankment
 Top Elevation (m) = 979.4000
 Top Width (m) = 20.0000
 Crest Width (m) = 1.0000

Highlighted
 Qtotal (cms) = 70.1000
 Qpipe (cms) = 70.1000
 Qovertop (cms) = 0.0000
 Veloc Dn (m/s) = 6.6856
 Veloc Up (m/s) = 5.1718
 HGL Dn (m) = 974.0970
 HGL Up (m) = 975.3109
 Hw Elev (m) = 977.5043
 Hw/D (m) = 1.6348
 Flow Regime = Inlet Control



Culvert Report

Hydraflow Express Extension for AutoCAD® Civil 3D® 2012 by Autodesk, Inc.

יום שלישי, יולי 31 2012

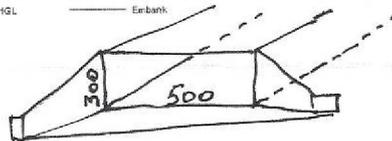
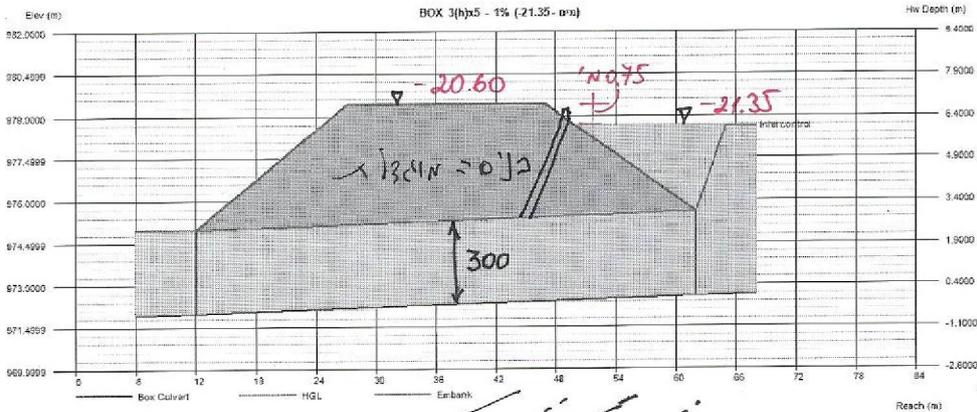
BOX 3(h)x5 - 1% (-21.35- מים)
 ספקת אגף ויזון ברוק ל-5 ג'אק
 (מקור המים: 250 מ.ס.ג.)

Invert Elev Dn (m) = 972.0000
 Pipe Length (m) = 50.0000
 Slope (%) = 1.2000
 Invert Elev Up (m) = 972.6000
 Rise (mm) = 3000.0
 Shape = Box
 Span (mm) = 5000.0
 No. Barrels = 1
 n-Value = 0.014
 Inlet Edge = Projecting
 Coeff. K,M,c,Y,k = 0.0145, 1.75, 0.0419, 0.64, 0.5

Calculations
 Qmin (cms) = 82.4000
 Qmax (cms) = 82.4000
 Tailwater Elev (m) = Normal

Embankment
 Top Elevation (m) = 979.4000
 Top Width (m) = 20.0000
 Crest Width (m) = 1.0000

Highlighted
 Qtotal (cms) = 82.4000
 Qpipe (cms) = 82.4000
 Qovertop (cms) = 0.0000
 Veloc Dn (m/s) = 5.4933
 Veloc Up (m/s) = 5.4933
 HGL Dn (m) = 975.0000
 HGL Up (m) = 975.6000
 Hw Elev (m) = 978.6502
 Hw/D (m) = 2.0167
 Flow Regime = Inlet Control



ד"ר ילנה קקורין, אינג' משה צ'וברצקי

