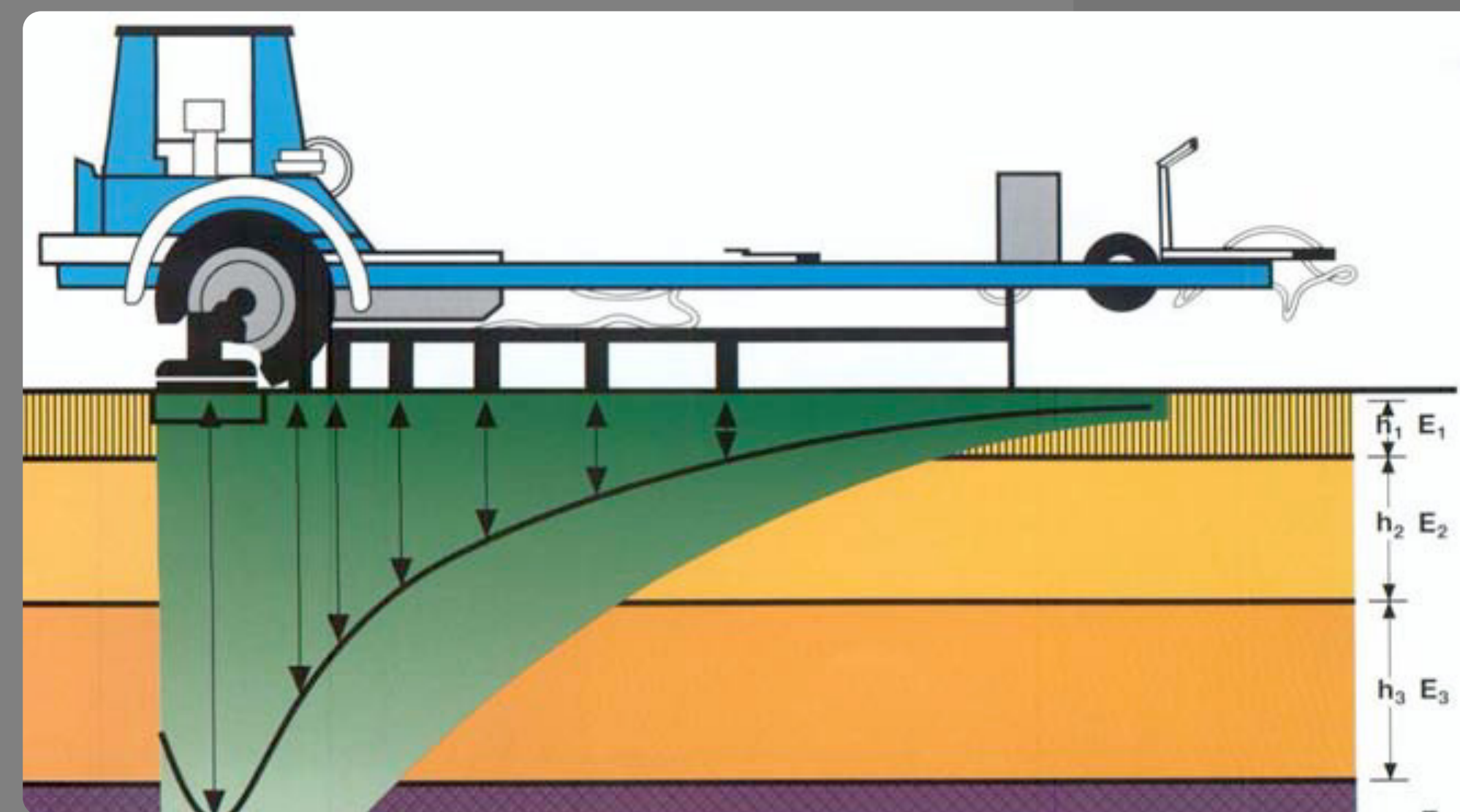


NDT בדיקות אל הרס ברשת הנביעים

המערכת למדידת אגני שקיעות במיסעה מסוג HWD/FWD
Falling/Heavy Weight Deflectometer

M•GEOKOM | 2025
הנדסה

מנעייר HWD



כללי ומטרה
א. הערכת מסעות עובי, תסבולת
מבנית והיערכות לשיקום
ב. בקרת איכות הביצוע

עקרון – ההערכה - המבנית
חילוץ הפרמטרים – להערכה
תאור הטכנולוגיה
בקרת איכות הביצוע באמצעות בדיקות HWD
דוגמאות – ישומיות
טכנולוגיות מקבילות
סיכום וכותרות

הערכת מיסעות בבדיקות ללא הרס NDT



הערכה מבנית

הערכת מבנה מיסעות באמצעות ביצוע בדיקות ה- NDT (בדיקות אל – הרס)
נועדה להעריך את נתוני המיסעה הקיימת בהתייחס לתנאי השירות שלה , לצורך
מעקב אחר התנהגות ביצוע המיסעה תוך כדי העמסות מחזוריות של תנועת כלי
הרכב או לצורך תכנון השיקום.

הערכה מבנית יכולה להתבצע בשתי גישות עיקריות:

בדיקות הרסניות

פתיחת בורות לאורך התוואי

בדיקות שדה

בדיקות מעבדתיות

קידוחי שדה לקביעת עובי שכבות המבנה

בדיקות לא הרסניות

מידת עובי באמצעים טכנולוגיים

מידת שקיעות בפני המיסעה

חילוץ מודולי האלסטיות של השכבות והשתית



רזולוציית מדידה – המשכי, איסוף תוצאה כל 1 מ'
דיווח תוצאות מדידה כל 10 מ'
לעיתים נדרשת הצלבה עם קידוחים לאימות המידע

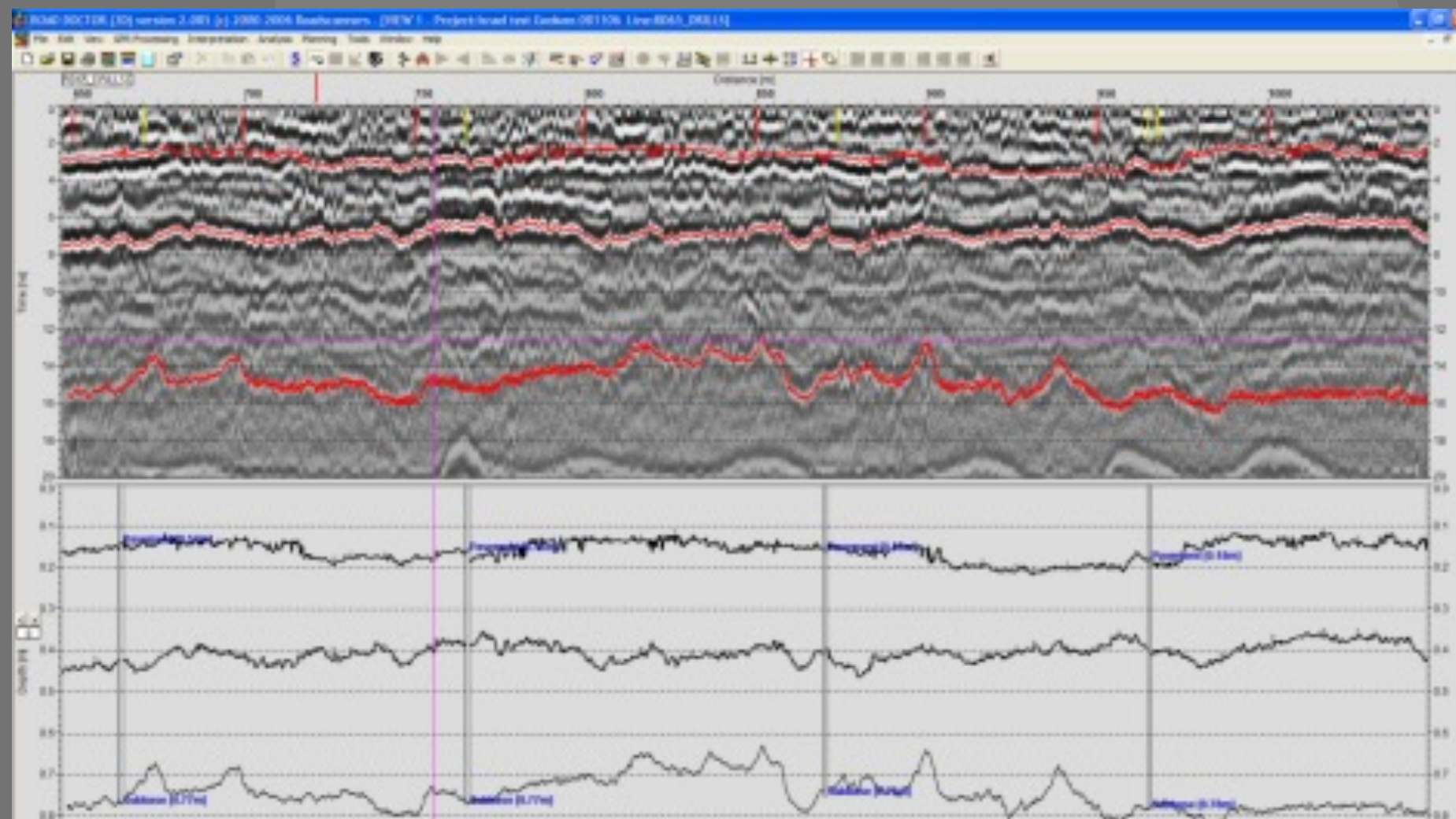
GEOKOM - PMS Full PMS Road Network Survey

מדידת עובי המיסעה GPR

Ground Penetration Radar

מדידת עובי המיסעה GPR

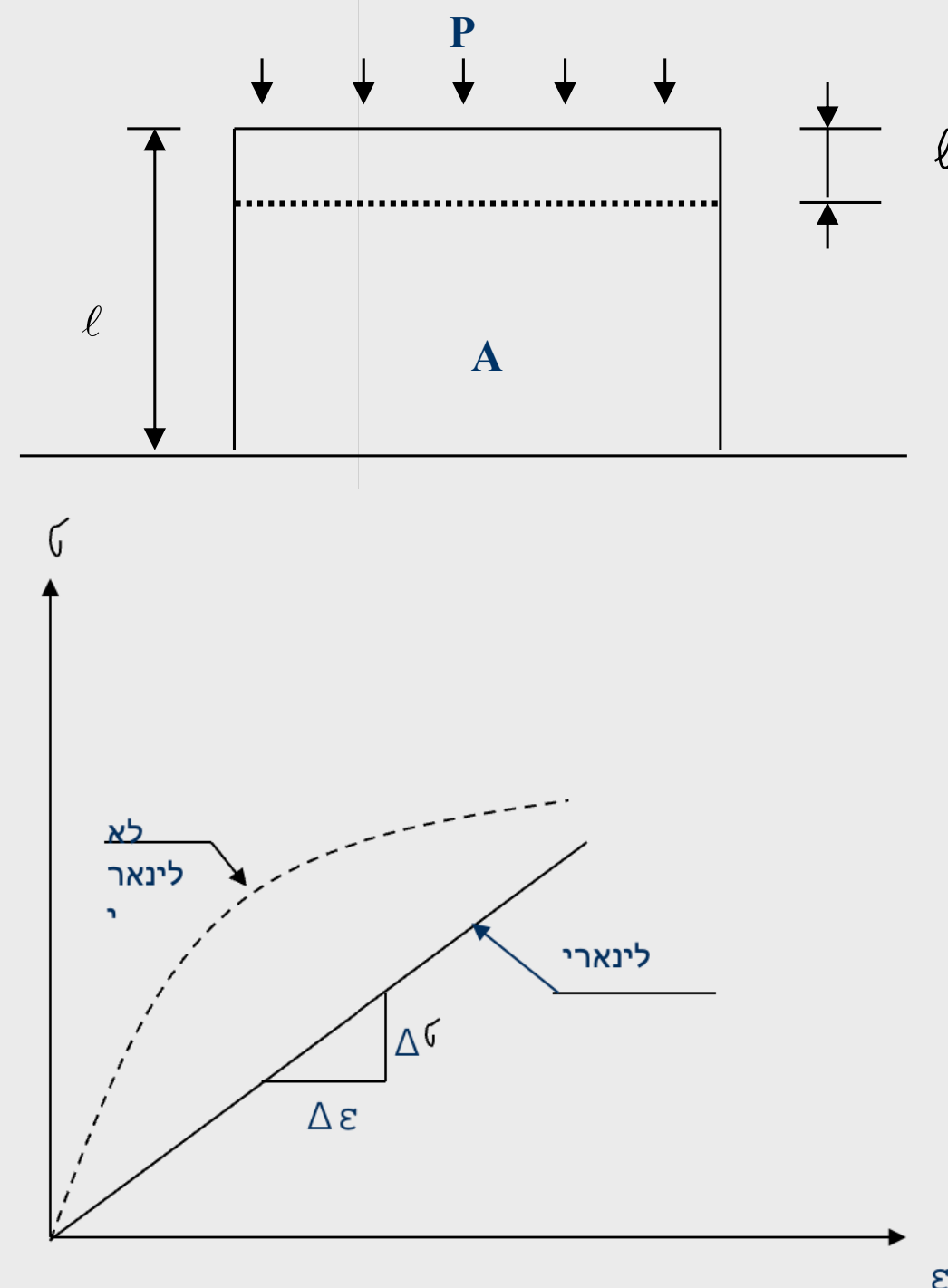
Ground Penetration Radar



מידע מדווח – עובי שכבת אספלט ועובי שכבות גרנולריות
לעיתים נדרשת הצלבה עם קידוחים לאימות המידע

GEOKOM - PMS Full PMS Road Network Survey

מודול אלסטיות הגדרה



שטח חתך - A

מאמץ - $\zeta = \frac{P}{A}$

עיבור - $\Delta \varepsilon = \frac{\ell \Delta}{\ell}$

מודול אלסטיות - $E = \frac{\Delta \zeta}{\Delta \varepsilon}$

פרמטרים לאיתור

נתוני פלט

- 3 נעלמים

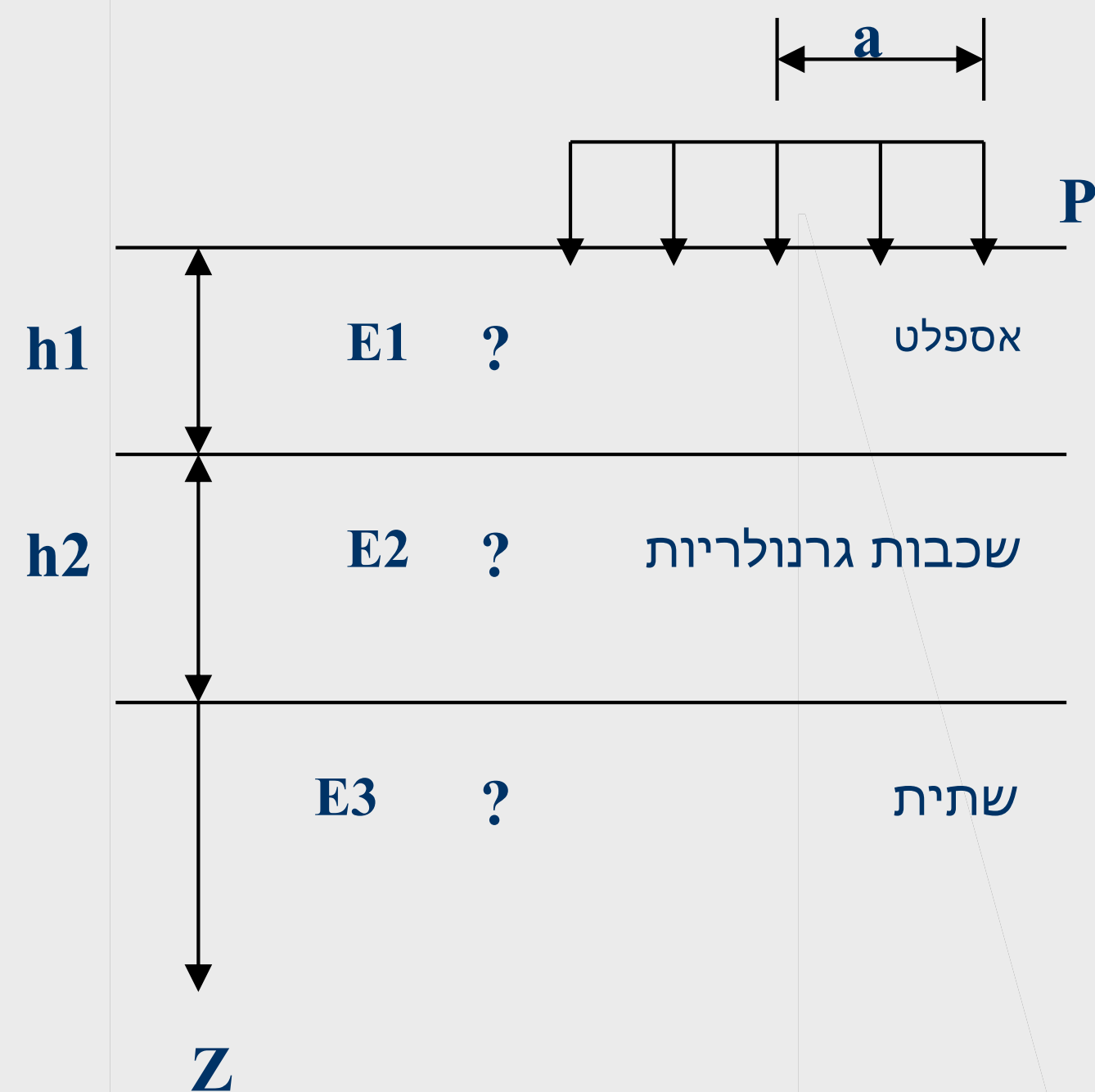
נתוני קלט

3 מדידות מינימום

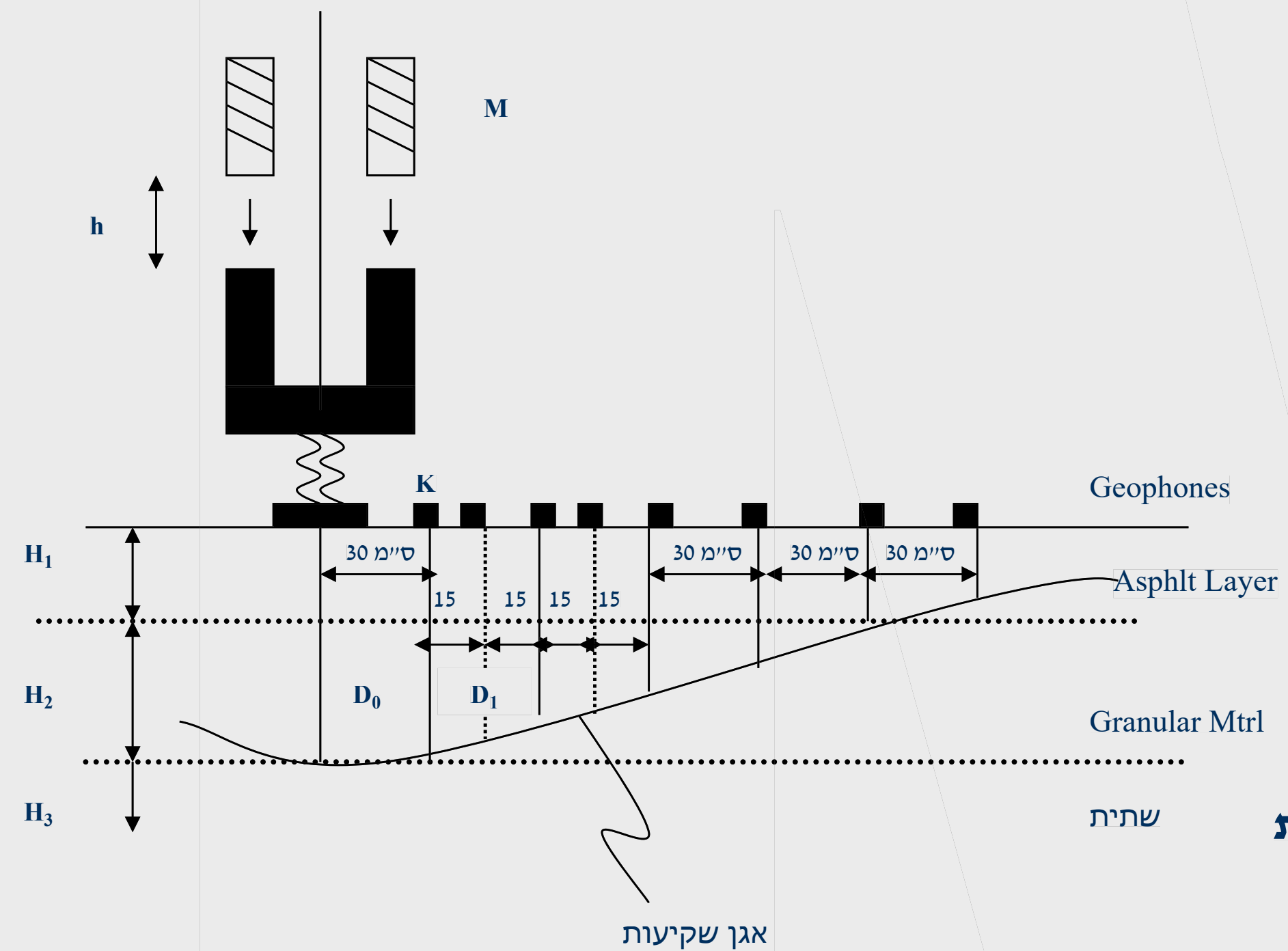
$\sigma =$ מאמצים - ?

$\epsilon =$ עיבורים - ?

שקיעות - ?

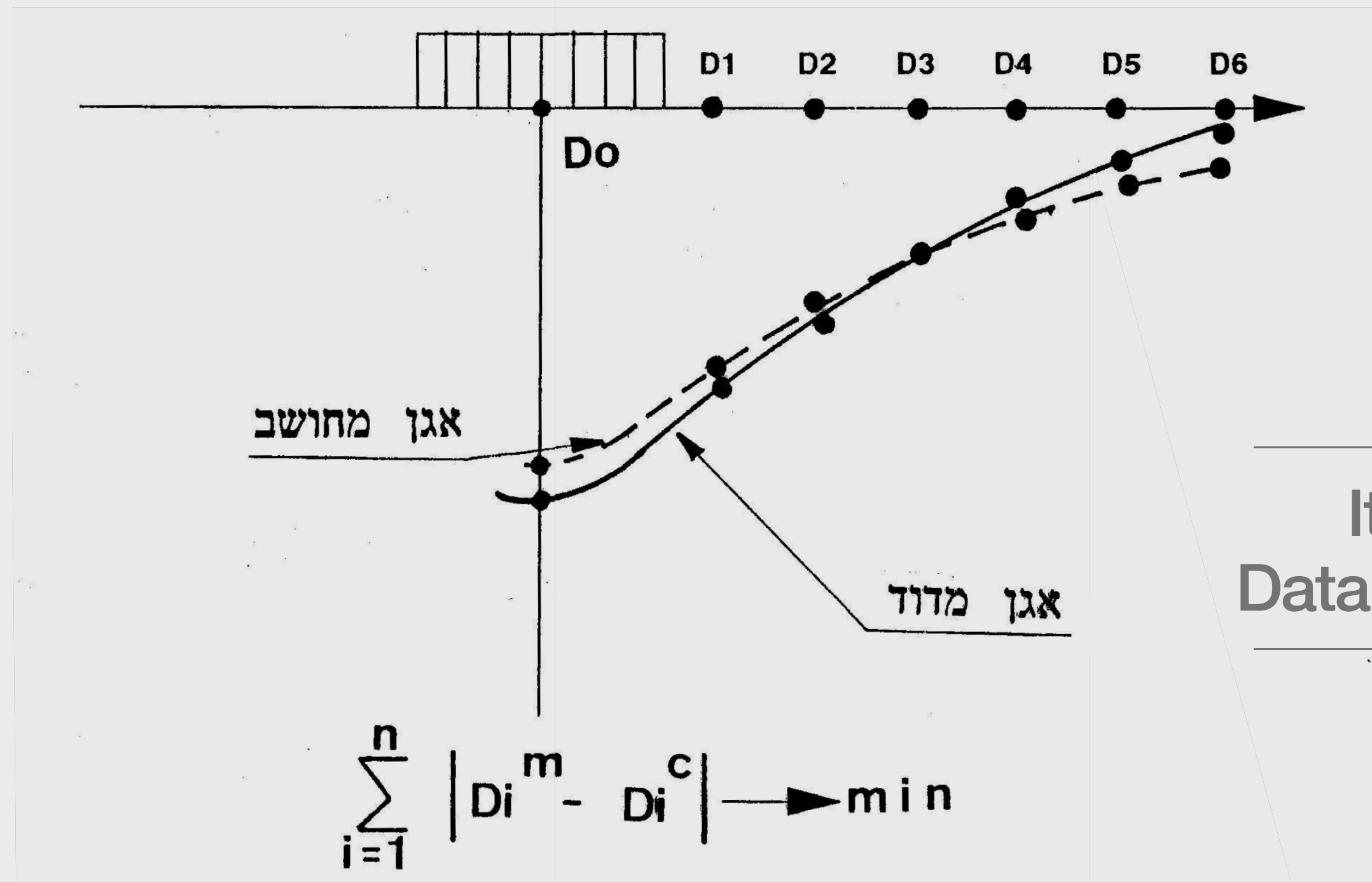


מדידת אגני השקיעות

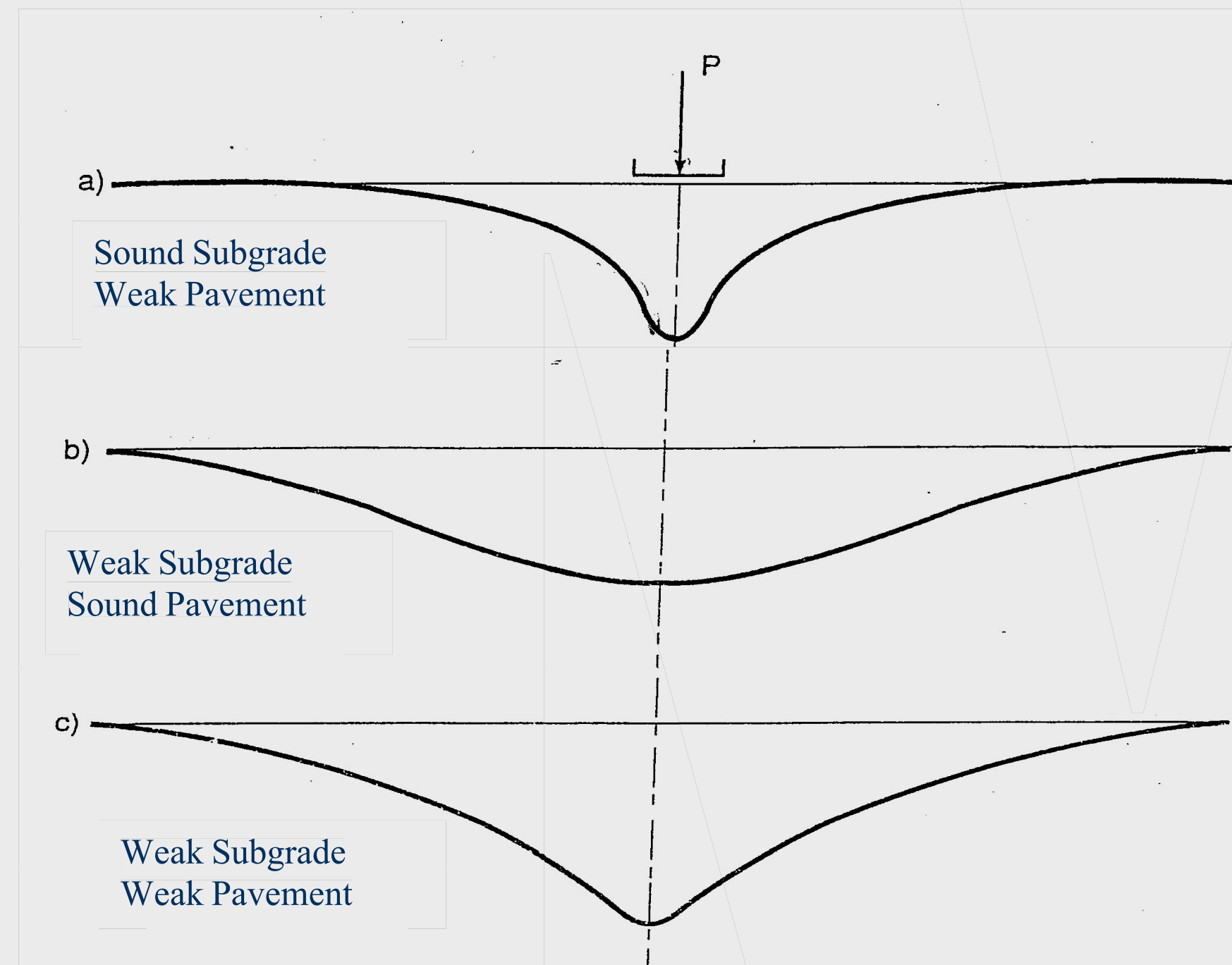


- 3 נעלמים
- 9-7 שקיעות מדודות
- בעיית תאום

תוכניות "חישוב לאחור" Back-Calculation



איכות שכבות מבנה המיסעה בהסתמך על פרופיל מדידת אגני השקיעות



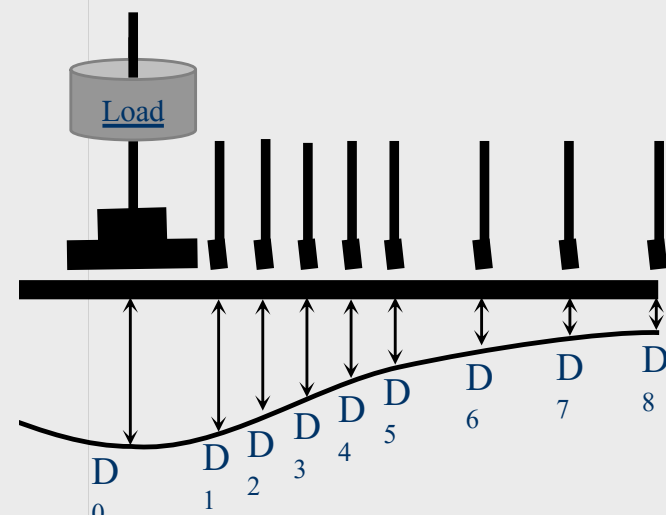


המערכת למידדת אגני שקיעות במיסעה מסוג HWD/FWD Falling/Heavy Weight Deflectometer

תאור המכשיר ואופן המדידה

בדיקת תסבולת המבנה ב-HWD המבוצעת על פני השטח. בבדיקה מבוצעת העמסה דינמית של פלטה סטנדרטית עגולה, ונמדדות השקיעות המתרחשות בעטייה של ההעמסה, במרכז פלטת ההעמסה ובמרחקים ידועים ממנה עד למרחק של 1,800 מ"מ.

נתוני אגן השקיעות הנמדד והעומס בו בוצעה הבדיקה מוזנים ישירות למחשב המחובר ברכב הנוסע ומועברים ישירות למדיה מגנטית. הפלטה המשקולת ותשעת הסנסורים מותקנים על עגלה הנגררת על ידי הרכב בו יושב הבודק ועוקב אחר המתרחש דרך החיוט האלקטרוני.



מדידת אגני שקיעות נחלק מבקרת איכות הביצוע בנבישים ראשיים

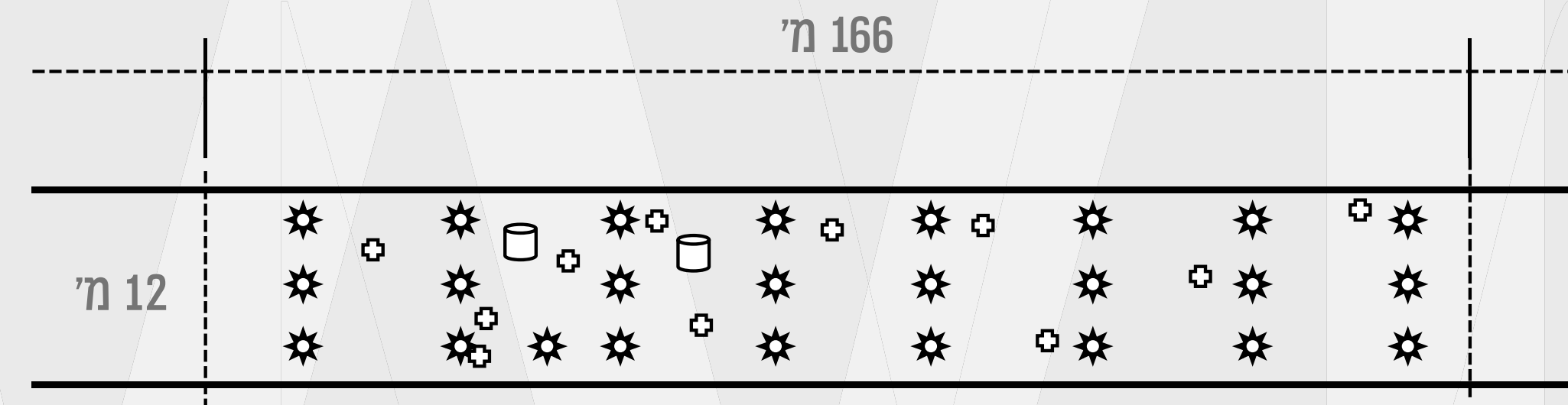
- מבוצעת מדידת אגני שקיעות, משכבת השתית בכל אחת משכבות המבנה, לבקרת טיב ביצוע.
- בשכבת השתית הטבעית או בשכבת ה-Capping, בשכבת המצע, (בשכבת האגו"מ) ובשכבת האספלט.
- בבקרה תוקנו אזורים חלשים, שאותרו כתוצאה מאי עמידה בדרישות המפרט של השקיעה המרכזית, למרות שעברו את כל בדיקות הבקרה הרגילות.

בקרת איכות הביצוע באמצעות בדיקות FWD

- בדיקות שדה קונבנציונאליות של איכות עבודות, הסלילה נבדקת כיום ביחס לקריטריונים של טיב חומרי הגלם וקריטריונים אמפיריים לטיב הביצוע, שנקבע במפרטים. לא נערכת בדיקה לאיכות המוצר הסופי בהשוואה לתכנון המיסעה.
- בניתוח תוצאות הבדיקות בעזרת מכשיר ה-FWD ניתן להשוות את פרמטרי התכנון עם ביצועי המוצר הסופי ; כשילוב של איכות החומר ואיכות הביצוע בבדיקות לא הרסניות, תוך הימנעות מפגיעה בשכבה הנבדקת.

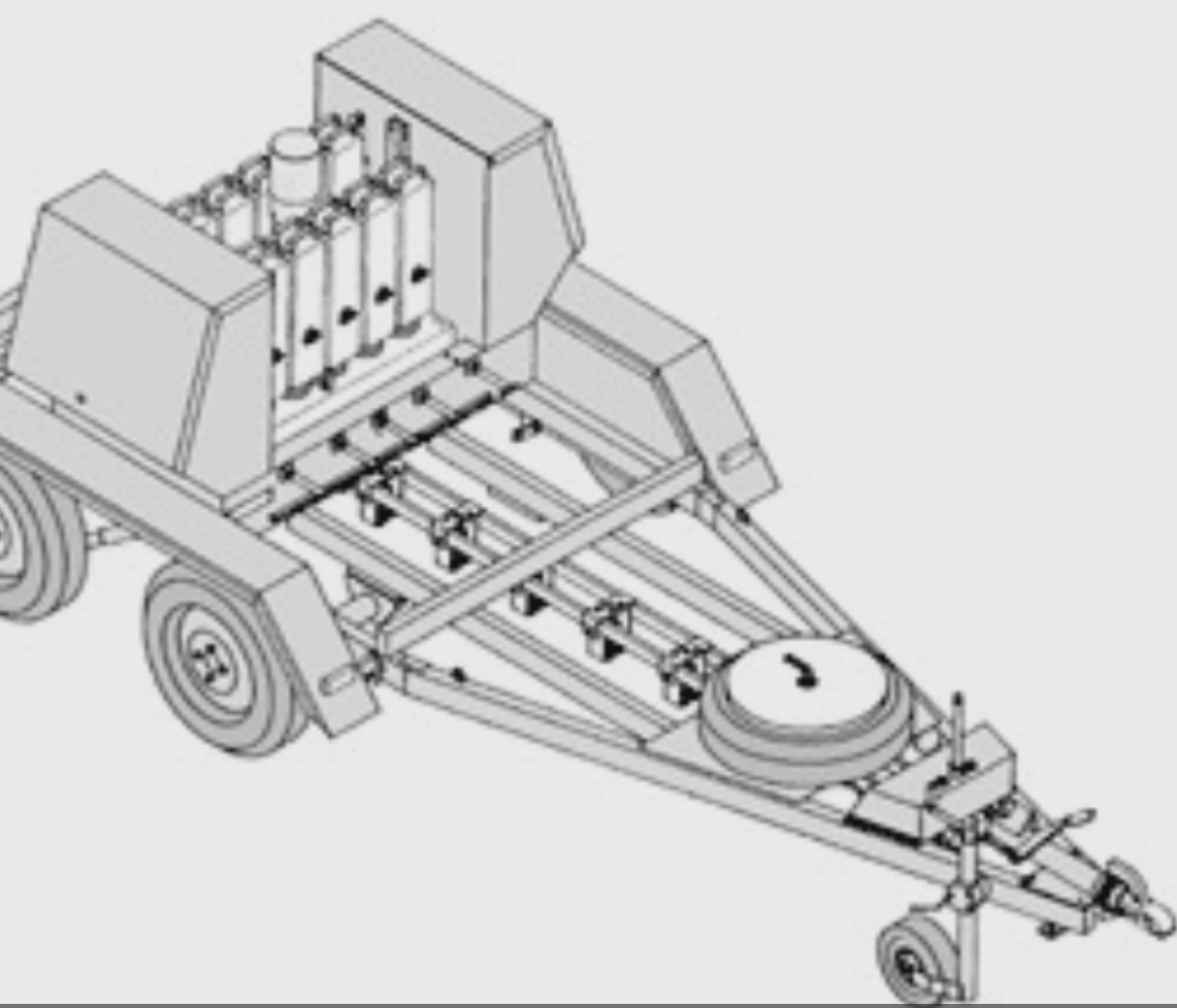
יתרונות ביושום השיטה

1. השוואת מודול השכבות המתקבלות עם הערכים המתוכננים
2. דגימה נרחבת לכל אורך הציר המבוצע



נקודת בדיקה של HWD (24 נק' על 2000 מ"ר)
נקודת בדיקת צפיפות רטיבות בבדיקה קונבנציונלית (6 נק' על 2000 מ"ר)

3. עדכון תכן המבנה במהלך הביצוע
4. איתור אזורי חולשה



מפרט חברת נתיבי ישראל

המפרט הכללי
לעבודות סלילה וגישור

פרק 51: עבודות סלילה
תת פרק 12: בקרת איכות
באמצעות מדידת אגני שקיעות



מפרט חברת נתיבי ישראל

עקרונות ושלב המדידה

מדידת השקיעות תבצע עם ההתקדמות בביצוע בהתאם לשלבים ולעקרונות הבאים:

א. בכל מסלול נסיעה, תבוצע מדידת שקיעות בפני השתית בקטעי חפירה או בפני קרקע טבעית (לאחר חישוף) בקטעי מילוי, כל זאת לאחר סיום עיבוד השכבה ועמידתה בדרישות העיבוד המפרטיות.

ב. ניתוח תוצאות המדידה הנ"ל וחלוקה ל"קטעים שונים" (יחידות) בהתאם לגישת AASHTO

ג. בחינת עמידת כל אחד מהקטעים שנקבעו כ"קטעים שונים" בקריטריונים המפורטים להלן לגבי שתית בקטעי חפירה וקרקע טבעית בקטעי מילוי.

ד. ביצוע מדידה לחומרי המילוי במפלסים שונים, בפני שכבת המצע העליונה ובפני שכבת האספלט העליונה.

ה. ניתוח תוצאות המדידות לשכבות הנ"ל, עבור אותם "קטעים שונים" בהשוואה לקריטריונים המפורטים להלן לגבי מילוי, מצע ושכבות אספלט.

לפרויקטים

בפיתוח נספח ד'

מפרט מיוחד לבקרת

איכות באמצעות

מדידת אגני שקיעות

מפרט חברת נתיבי ישראל

לפרויקטים בפיתוח (המשך)

מיקום המדידות

- שתית בחפירה וקרקע טבעית באזורי המילוי – מפלס הקרקע הטבעית (לאחר חישוף) לאחר עיבוד והידוק – כל 10 מ' בכל מסלול בנפרד לאורך שלושה פסי מדידה (בשתית חולית מבוצע הבדיקה מעל שכבת המילוי/מצע הראשונה שתפוזר על הקרקע החולית).
- כל יחידה חייבת לעמוד בדרישות – כשלון לאחר עיבוד חוזר מחייב תיאום עם מתכנן המבנה – לבחינת קריטריונים
- א. בשכבות מילוי – בתדירות של כל מטר בסוללה לאורך שני פסי מדידה בכל מסלול – מדידה בכל חתך (20 מ') כל מנת עיבוד של 6,000 מ"ר מרובע (כ 30 חתכים) חייבת לעמוד בקריטריונים – כשלון מחייב עיבוד השכבה מחדש עד לעמידתה בדרישות העיבוד המפרטיות.
- ב. בשכבות מצע – בשכבת המצע העליונה בכל נתיב – בכל חתך חייב לעמוד בקריטריונים – כשלון מחייב עיבוד השכבה מחדש עד לעמידתה בדרישות העיבוד המפרטיות.
- ג. שכבות אספלט – לצרכי AS-Made

מפרט חברת נתיבי ישראל

טבלה מס' 2:
**ריכוז הנחיות למיקום
הבדיקות ותדירותן
שכבות השתית והמבנה**

שכבה	מספר פסי מדידה [*]	מרחק מרבי בין נקודות מדידה	הערות
	בכל מסלול	[מטר]	
פני קרקע טבעית לאחר עיבוד והידוק מתחת למילוי בגובה של 0.5 מ' לפחות	3	10	פס חיצוני - מטר מקצה הדיקור מרחק רוחבי בין פסי-מדידה לא יפחת מ-5 מטר.
פני שתית בחפירה לאחר עיבוד והידוק בשכבה/ות (או פני קרקע טבעית מתחת למילוי בגובה של עד 0.5 מ')	3	10	פס חיצוני - מטר מקצה הדיקור מרחק רוחבי בין פסי מדידה לא יפחת מ-5 מטר. במקרה בו יבוצע עיבוד עמוק (במספר שכבות) תיבדק השכבה העליונה.
שכבות מילוי, החל מ-50 - 100 ס"מ מעל קרקע טבעית	2	20	מרחק בין מפלסי מדידה לא יעלה על 1.0 מטר
מוצע - פני שכבה עליונה	2	20	
תשתית (רק במקרים מיוחדים שבהם נדרשת הבדיקה)	2	20	
שכבות אספלטיות (פני שכבה עליונה)	1 בכל נתיב	100	הסטה 50 מטר בין נתיב לנתיב

מפרט חברת נתיבי ישראל

טבלה מס' 1:
דרישות סף משכבות
השתית והמבנה

שכבה	עומס	קוטר טבלה	ערכת דרישות A		ערכת דרישות B	
			ערך מרבי מותר לממוצע השקיעה המרכזית [*]	מקדם שוונות מרבי	ערך מרבי מותר לממוצע השקיעה המרכזית [*]	סטיית התקן המרבית
	[ק"ג]	[ס"מ]	[מ"מ]	(%)	[מ"מ]	[מ"מ]
פני קרקע טבעית לאחר עיבוד והידוק מתחת למילוי בגובה של 0.5 מ' לפחות	2,200	45	0.6	40	0.30	0.100
פני שתית בחפירה לאחר עיבוד והידוק בשכבה/ות (או פני קרקע טבעית מתחת למילוי בגובה של עד 0.5 מ')	2,200	45	0.5	40	0.25	0.100
שכבות מילוי, החל מ-50 - 100 ס"מ מעל קרקע טבעית	2,200	45	0.4	30	0.2	0.060
מצע - פני שכבה עליונה	3,300	45	0.4	30	0.2	0.060
תשתית (רק במקרים מיוחדים שבהם נדרשת הבדיקה)	3,300	45	0.35	25	0.17	0.044
שכבות אספלטיות	7,500	30	-	-	-	-

תבנית דיווח של תיק מדידה

גיאומטריה בע"מ הנדסה אזרחית וגיאולוגיה																					
מחלקת NDT																					
תאריך: 10/05/2004																					
מיקום: רח' ז'בוטינסקי - מפינת משה דיין לכיוון אורלב (ראה צילום נקודת ה "0")																		נתיב חיצוני			
שם הבדוק: שם קובץ מקורי: 10050401																					
ריכוז תוצאות אגבי שקיעות מנורמלות								ריכוז תוצאות מדידת אגבי השקיעות													
שקיעה במרחק (אלפיות מ"מ)								שקיעה ממוצעת (אלפיות מ"מ)													
משקל								משקל													
לחץ								לחץ													
מרחק								מרחק													
נקודה								נקודה													
זמן								זמן													
180cm	150cm	120cm	90cm	60cm	30cm	0cm	[ק"ג]	טמפ' מדודה	180cm	150cm	120cm	90cm	60cm	30cm	0cm	[ק"ג]	משקל	לחץ	מרחק	נקודה	זמן
27.1	30.3	39.8	52.1	71.2	110.5	201.9	7500	ראה טבלה	25.5	28.5	37.5	49.0	67.0	104.0	190.0	7058.0	998.5	10	0.01	22:52	
31.6	35.3	44.4	53.5	70.6	106.5	184.1	7500	ראה טבלה	29.5	33.0	41.5	50.0	66.0	99.5	172.0	7008.5	991.5	100	0.1	22:59	
30.5	36.8	46.8	61.0	81.5	113.0	157.7	7500	ראה טבלה	29.0	35.0	44.5	58.0	77.5	107.5	150.0	7135.7	1009.5	191	0.191	23:03	
31.6	41.6	55.2	73.6	103.1	150.4	209.9	7500	ראה טבלה	30.0	39.5	52.5	70.0	98.0	143.0	199.5	7128.7	1008.5	301	0.301	23:05	
47.0	58.7	75.8	95.0	126.6	183.2	209.9	7500	ראה טבלה	44.0	55.0	71.0	89.0	118.5	171.5	196.5	7022.6	993.5	401	0.401	23:07	
20.3	24.6	28.9	34.7	43.8	57.7	83.4	7500	ראה טבלה	19.0	23.0	27.0	32.5	41.0	54.0	78.0	7015.6	992.5	501	0.501	23:09	
39.5	46.8	62.9	84.7	124.2	190.8	268.8	7500	ראה טבלה	38.0	45.0	60.5	81.5	119.5	183.5	258.5	7213.5	1020.5	600	0.6	23:11	
41.7	51.1	66.7	86.5	147.5	264.7	332.0	7500	ראה טבלה	40.0	49.0	64.0	83.0	141.5	254.0	318.5	7195.8	1018.0	700	0.7	23:13	
34.6	41.5	52.1	66.4	88.2	137.7	257.3	7500	ראה טבלה	32.5	39.0	49.0	62.5	83.0	129.5	242.0	7054.4	998.0	801	0.801	23:15	
37.0	46.5	62.4	83.5	115.2	160.1	229.3	7500	ראה טבלה	35.0	44.0	59.0	79.0	109.0	151.5	217.0	7096.9	1004.0	900	0.9	23:17	
55.2	67.8	86.7	110.4	145.0	199.7	270.6	7500	ראה טבלה	52.5	64.5	82.5	105.0	138.0	190.0	257.5	7135.7	1009.5	1000	1	23:19	
36.5	44.0	55.8	71.8	95.4	134.0	195.2	7500	ראה טבלה	34.0	41.0	52.0	67.0	89.0	125.0	182.0	6994.4	989.5	1101	1.101	23:21	
43.6	51.0	62.2	74.4	91.9	120.1	154.1	7500	ראה טבלה	41.0	48.0	58.5	70.0	86.5	113.0	145.0	7058.0	998.5	1201	1.201	23:23	
40.3	51.6	67.8	93.0	133.9	202.7	274.8	7500	ראה טבלה	37.5	48.0	63.0	86.5	124.5	188.5	255.5	6973.2	986.5	1298	1.298	23:25	

קריטריון ודרישות סף מפרט 51 ורכבת ישראל

טבלה מס' 2: רמות עומס למדידת השקיעות	
מפלס הבדיקה	רמת עומס ב-ק"ג
מפלס השתית הטבעית או השתית בחפירה ⁽¹⁾	2,200
שכבות מילוי	2,200
שכבת חיזוק/Capping	3,300
שכבת מצע	3,300

⁽¹⁾ לעניין המדידה במפלס זה ראה גם את סעיף מס' 20 של מפרט זה.

סעיף 9. קריטריון הקבלה של מנת העיבוד מבחינת תסבולת ואחידות מבוסס על עקרון הבקרה הסטטיסטית, בדומה לבקרה הסטטיסטית המתוארת במפרט מס' 4 של פרק מס' 51 לגבי בקרת דרגת צפיפות. הבקרה מבוצעת על השקיעות המנומרות לנקודה שחושבו עבור כל נקודות המדידה המצויות במנת העיבוד הנידונה.

טבלה מס' 3: גבול עליון של ממוצע השקיעות המנומרות לנקודה במנת עיבוד נתונה (X_8) ומקדם ההתאמה המתאים (Δ)

שכבה בעבודות העפר והמבנה	שקיעה מנומרת למנה במקרון	מקדם התאמה במקרון
1. מפלס הקרקע הטבעית לאחר טיפול או שתית בחפירה	⁽¹⁾ 500	⁽¹⁾ 100
2. שכבות מילוי החל מפני שכבת המילוי השלישית	⁽¹⁾ 400	⁽¹⁾ 80
3. שכבת חיזוק/Capping	⁽²⁾ 450	75
4. שכבת מצע מעל לשכבות גרנולריות ⁽⁴⁾ של 40 ס"מ ומטה	⁽³⁾ 400	60
5. שכבה כנ"ל מעל שכבות גרנולריות ⁽⁴⁾ של 41 ס"מ ומעלה	⁽³⁾ 350	50

ISOTOP LTD.

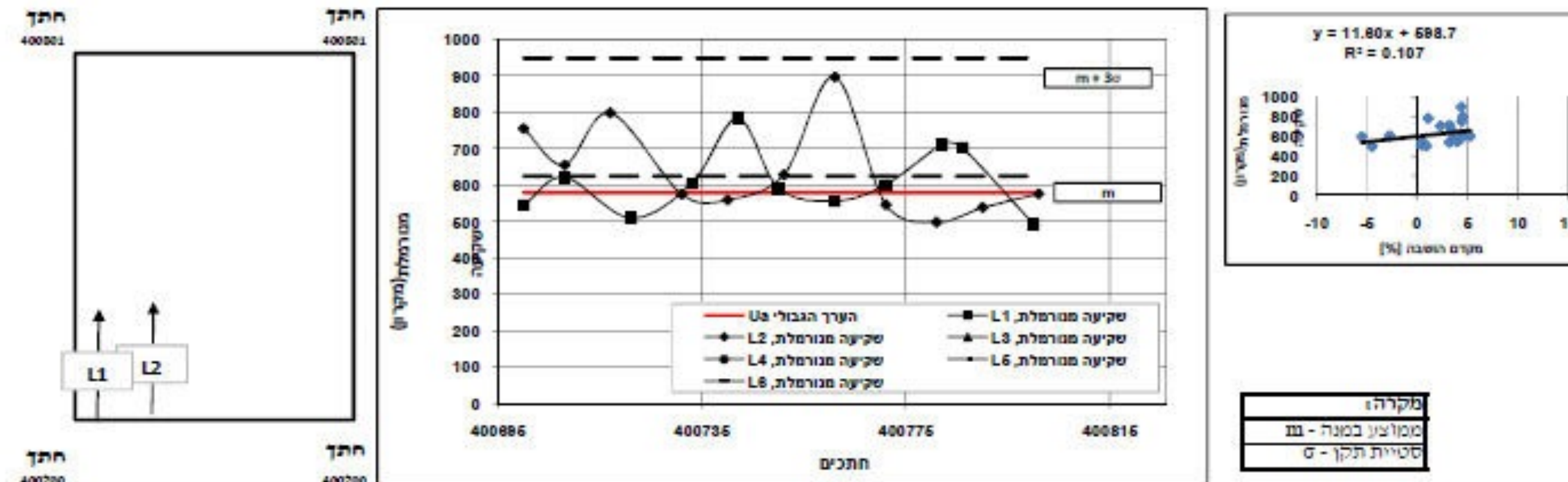
איזוטופ בע"מ

ריכוז אגני שקיעות בבדיקות FWD

לפי מפרט רכבת ישראל

תאריך הבדיקה: 12/9/2013 דו"ח בדיקה מס': 96A מס' ברויקט: 10618

מזמין: חוצה ישראל
מקום הבדיקה: כביש 6
צד, נתיב, חתכים: הזמנה 2755, 400700-400800
נבדק ע"י: קובלנקו
מס' שכבה נבדקת: 7
מס' שכבה: 6
קוטר בלטה: 450 מ"מ
עומס גלגל: 2200 ק"ג



רשימת חתכים לבדיקת FWD		
שקיעה	חתך	מס' נקודה

בדיקות	
22	ס"כ בדיקות
22	בדיקות לחישוב
0	בדיקות חריגות

שקיעה ממוצעת			
579.8	הערך הגבולי Ua	624.9	ממוצע במנה (מיקרון)
600	גבול עליון (מיקרון)	107.5	סטיות תקן
947.4	ערך סף עליון	17.2	שונות (%)
	החריגה (סי+3)		

579.8	<	624.9	מנת העיבוד אינה עומדת בדרישות המפרט מבחינת השקיעה הממוצעת
-------	---	-------	---

בדיקת שכבה
לפי מפרט 51
+ רכבת

קביעת קריטריון לפי מפרט 51 + רכבת

קביעת רמת הסף הנדרשת לבדיקת FWD בהתאם לקטעי ניסוי לשכבות מילוי גלעין חרסיתי, עם חומר במיון A-7-6 *

#	מנת עיבוד		היסט	שטח	שכבה מס	מיון השכבה	100%	רטיבות אופט	צפיפות שדה	בקרה סטט	DC P	שקיעה מרכזית	מס נק' בדיקה	מקדם שונות למנה CV	סטיית התקן למנה Sn	חישוב Xs		ערך מעוגל ל 50 מיקרון
	לחתך	מחתך														Xs-א	Xs-ב	
1	40800	400700	LL	2000	7	A-7-6	1785	19-24	88.9	OK	OK	624.9	22	17.2%	107.5	729.3	812.37	800
2	40800	400700	LCL	2000	7	A-7-6	1785	19-24	90.6	OK	OK	743.1	22	16.7%	124.2	857.7	966.03	950
3	40800	400700	LR	2000	7	A-7-6	1785	19-24	90.4	OK	OK	858.4	22	21.9%	144.2	796.7	855.92	850

* בהתאם לסעיף מס 10 במפרט fwd של רכבת ישראל

מסקנה : בהתאם לתוצאות קטעי הניסוי, הערך המעודכן ל Xs עומד על 950 μ . ערך מקדם התאמה 190

אדן איכות 2000 בע"מ

כיוול יחסי למערכת HWD



Relative calibration of all of the FWD deflection sensors.
Photo Courtesy of PennDOT.

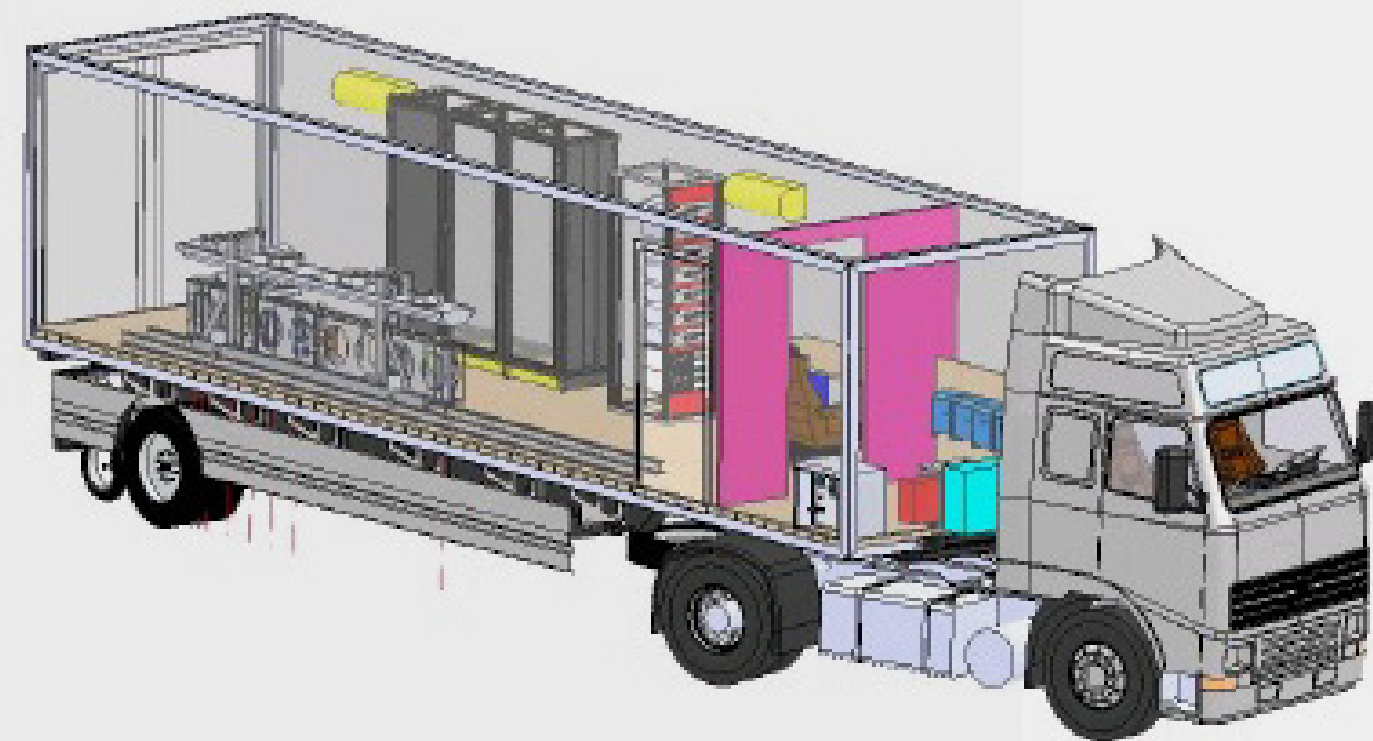
Relative Calibration הינו תהליך אימות

בו מכויילים הסנסורים באופן השוואתי. תהליך זה יכול להתבצע בכל מקום מקורה עם טמפרטורה ולחות קבועה, בו יכול הרכב הגורר והניגרר לעמוד על משטח אופקי. את הכיוול ההשוואתי צריך לבצע לאחר ה- Reference Calibration ובכל פעם שעורכים שינוי במערכת: הוספה/ הסרה של סנסור וכו' ובנוסף בפרקי זמן קבועים.

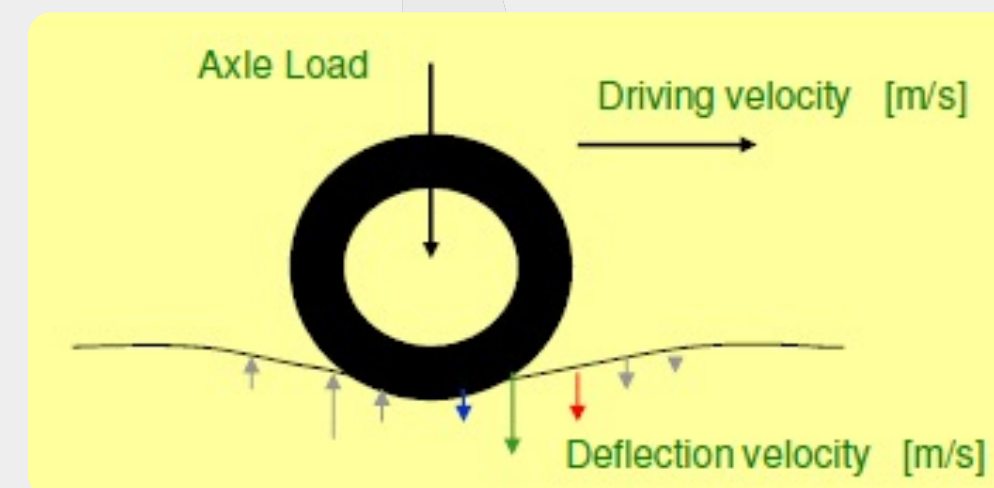
הכיוול ההשוואתי כולל את אימות תקינותו של תא הכח שבציווד המדידה. והשוואת מדידת הסנסורים אחד כנגד השני.

הסמכה למפעיל מערכת





TSD- Traffic Speed Deflectometer
TSD- Measured Intervals- Continuously
Evaluate the soundness of pavement



GEOKOM - PMS Full PMS Road Network Survey

מידת שקיעת
מיסעה ברצף
TSD



TRAFFIC SPEED DEFLECTOMETER (TSD)

The TSD is a well proven Rolling Wheel Deflectometer measuring pavement response to an applied load. The unique TSD technology is developed by Greenwood Engineering and has initiated a shift of paradigm in global pavement engineering.

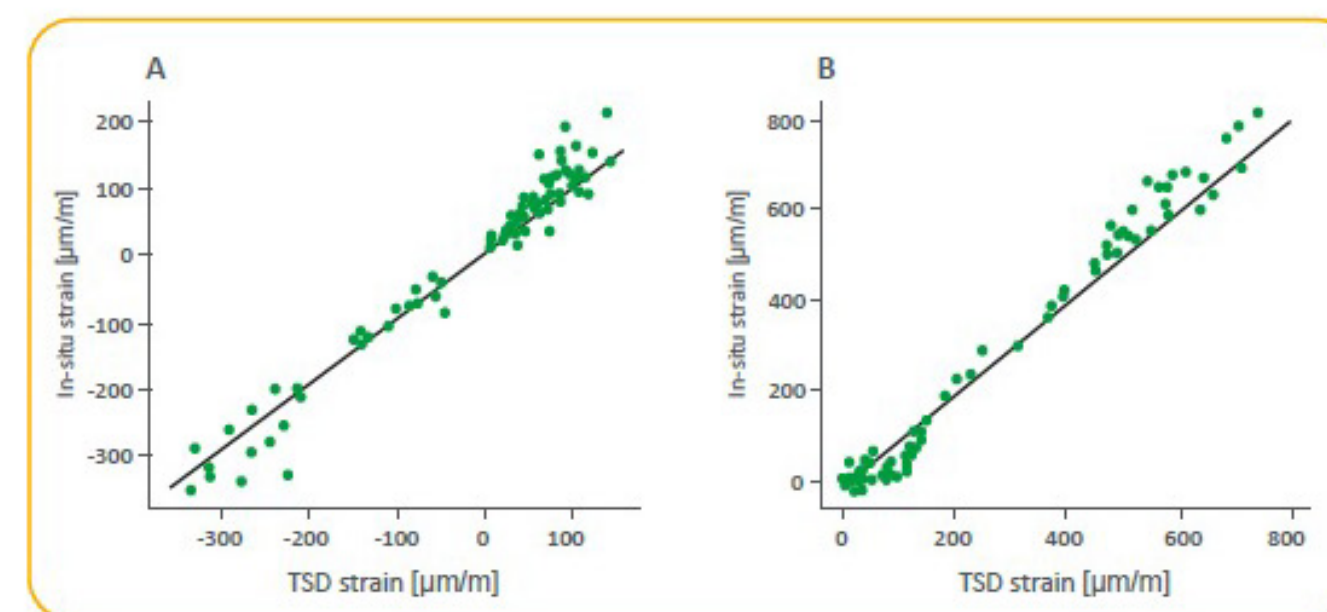
With no lane closures, the TSD provides continuous bearing capacity results at project and network level while following the flow of traffic. This makes it possible to measure hundreds of kilometers per day and makes the TSD highly cost effective.



TSD-MEASUREMENTS VALIDATED ON AN INSTRUMENTED ROAD

Results from a comprehensive set of validation measurements illustrate the ability of the Traffic Speed Deflectometer's (TSD) to accurately measure the actual pavement deflection compared to in-situ displacement transducers. Applying a linear viscoelastic back-calculation algorithm to the TSD, measurements produces estimates of stresses and strains inside the pavement structure.

The tests reveal an excellent agreement between the surface deflection measured by the two systems, and as seen below a good agreement between the strains predicted from TSD measurements and the strains measured by in-situ transducers.



A.: In-situ peak transversal strains plotted versus TSD peak transversal strains.

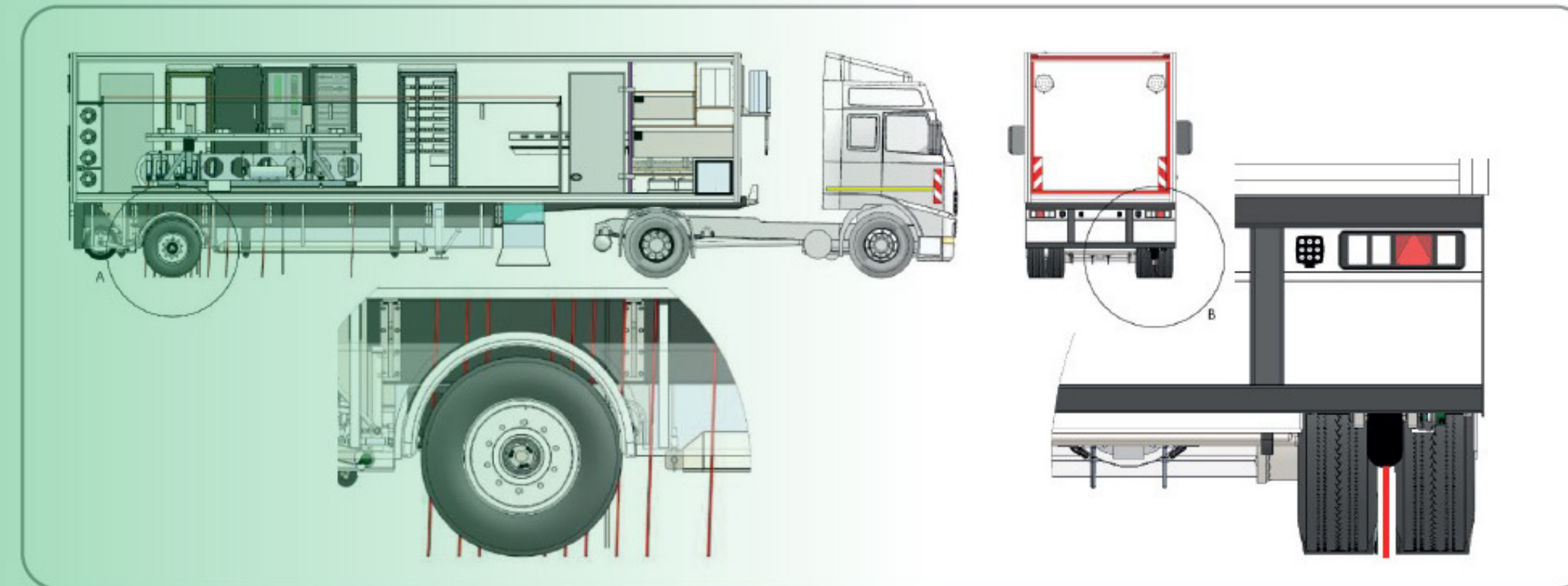
B.: In-situ peak vertical base course strains plotted versus TSD peak vertical base course strains.

ON THE ROAD WITH TSD

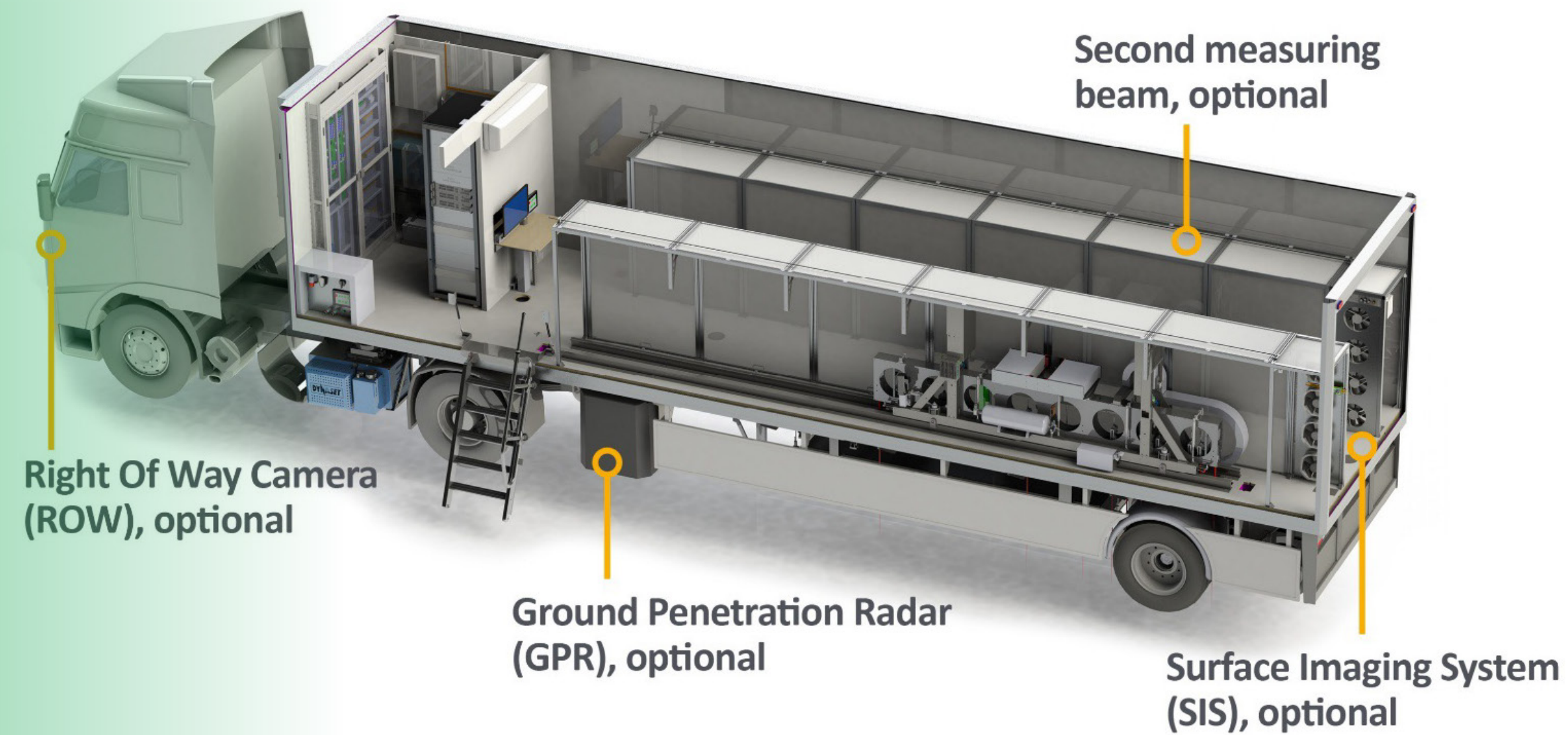
ON THE ROAD WITH TSD

Technical Description

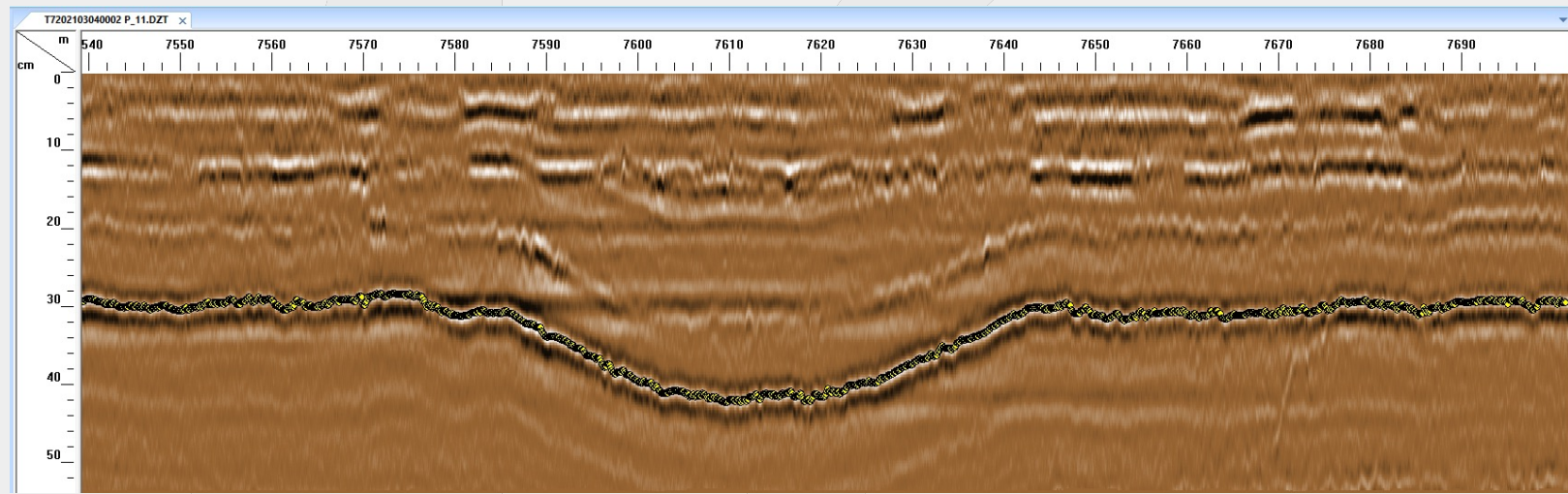
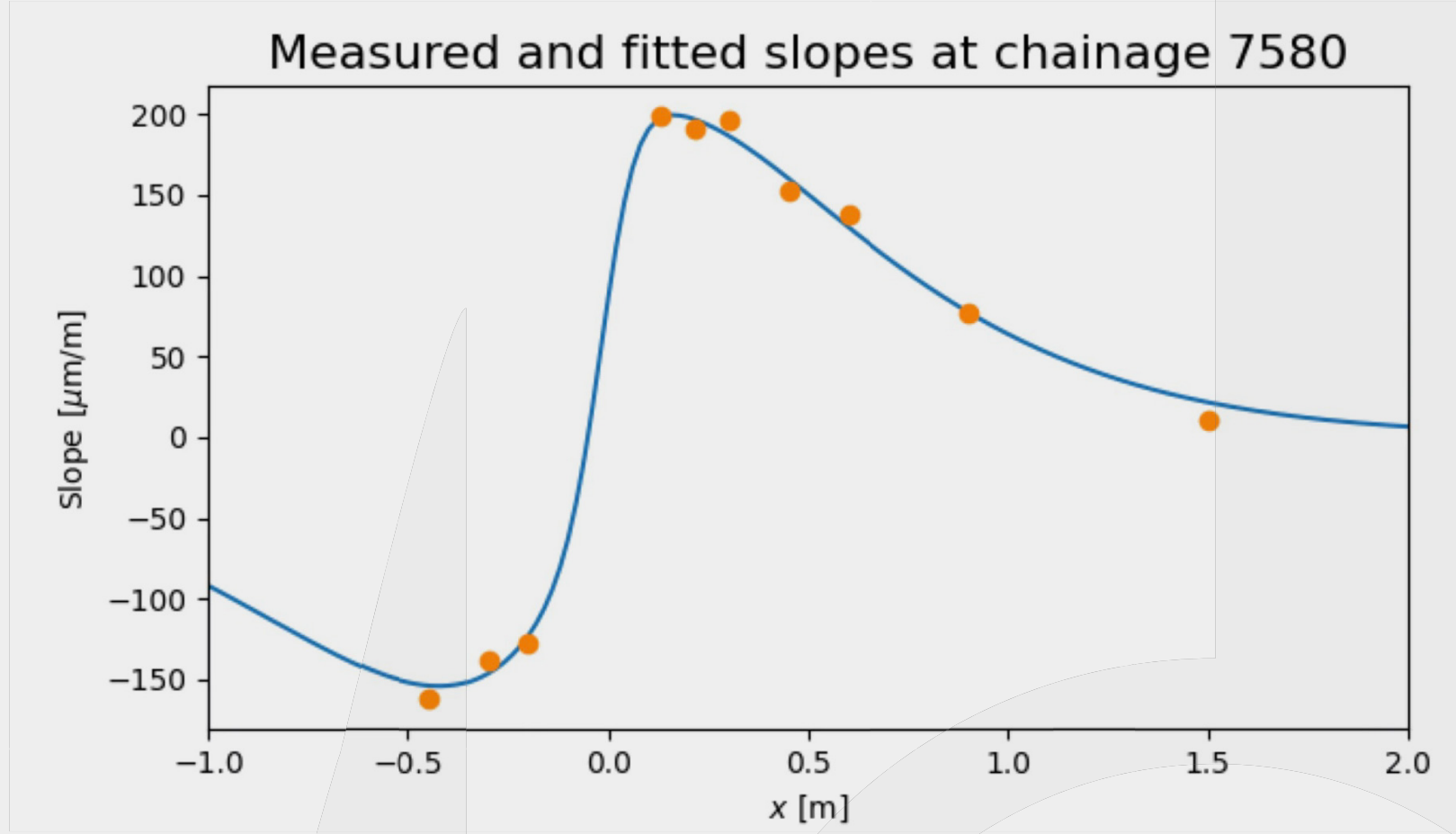
- TSD uses Doppler technology measuring in the longitudinal centreline between the rear twin wheels
- Special designed trailer and wheel hubs for measuring behind as well as in front of the load axle
- Servo system and inertial units continuously monitor and control the position of the Doppler sensors
- Equipment as Ground Penetration Radar (GPR), road surface profilers, Right Of Way camera (ROW), Surface Imaging System (SIS) with GE crack-detection, can be installed.



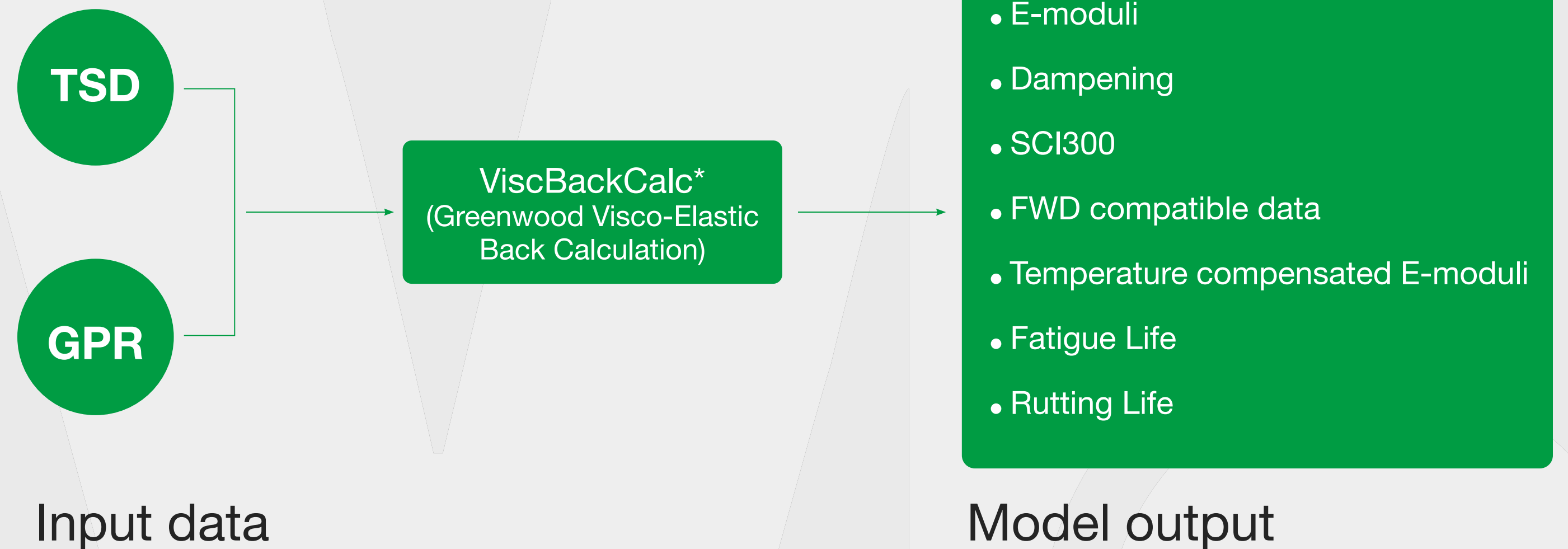
GREENWOOD ENGINEERING



Penetrating Radar (GPR)



Back Calculation workflow



* C. P. Nielsen (2019). Visco-Elastic Back-Calculation of Traffic Speed Deflectometer Measurements. Transportation Research Record, 2673(12), 439–448. Doi: 10.1177/0361198118823500

הערות לסיכום

הערכת מיבנה מיסעות בבדיקות אל הרס

- 1.1 בעזרת מדידת אגני השקיעות (מקומי או רציף) ניתן להעריך את התסבולת המבנית של שכבות המיסעה והשתית
- 1.2 המידע שנאסף במדידת אגני השקיעות מאפשר לחשב את מודול האלסטיות של שכבות הכביש הקיים למתן פתרונות לשיקומו.
- 1.3 מאגר נתונים של אגני שקיעות בכבישים קיימים חיוני לתפעול מערכת ניהול מסעות בכבישי מע"צ , עיריות וכו'.
- 1.4 מעקב אחר קטעי ניסוי לחומרי סלילה שונים, ע"י הערכת מודול שכבות רמפות של ייצוב קרקעות , סוללות עם גרעין חרסיתי , אפר פחם וכו', מאפשר לקבל הערכה של המבנה תוך כדי ההקמה....

הערות לסיכום המשך

שימוש בניתוח אגני שקיעות לבקרת איכות הביצוע

2.1 השוואה בין ערכי החוזק של שכבות המבנה ששימשו בסיס לתכנון לבין ערכי החוזק שנתקבלו

2.2 בקרת טיב ביצוע לעבודות הקבלן ברמת אמינות גבוהה

2.3 בחינת תכנון עובי המיסעה על רקע המצב הקיים

2.4 איתור מוקדם של בעיות מבניות.

תודה!

M•GEOKOM | 2025
הנדסה