
סקר נזקים באספלט Paver

Pavement Condition Index - PCI



GEOKOM

שיטת הסקר פותחה ע"י המהנדס שהין עבור חיל ההנדסה של הצבא האמריקאי

המדד הוא חלק מבדיקות הקבלה של מיסעות
אספלט חדשות בנת"י מהווה פרמטר דומיננטי וחשוב
מאד בתכנון שיקום ואחזקה של רשת הכבישים.



Designation: D6433 – 09

Standard Practice for
Roads and Parking Lots Pavement Condition Index
Surveys¹

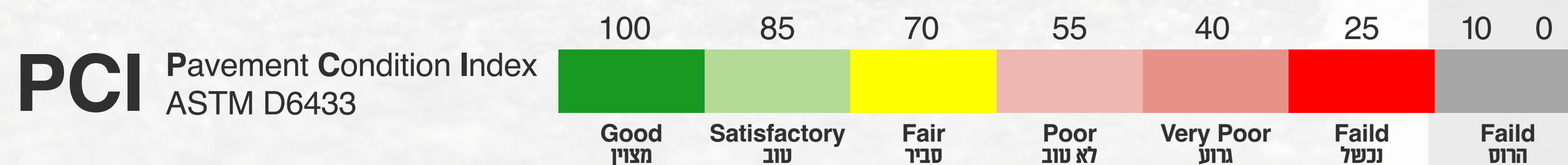


סקר נזקים באספלט Paver
Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה

עקרונות PCI

- רשת הכבישים מוגדרת מחולקת לענפים, ולסגמנטים.
- כל סגמנט מחולק למדגמים (יח שטח).
- הסוג ודרגת החומרה של הנזקים נערכת באמצעות הערכה ויזואלית של יחידת השטח.
- לכל נזק, בכל דרגת חומרה, נקבע ערך הפחתה (Deduct Value)
- המידע מאיסוף הנזקים משמש לחישוב ציון ה- PCI של הסגמנט ובסופו של דבר של כל הרשת.



סקר נזקים באספלט Paver

Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה

סדקי אליגטור הינם נזקים האופייניים לאזורים המוטרחים ע"י תנועה רבה של משאיות ואוטובוסים. סדקי התעייפות נחשבים לנזק מבנה עיקרי. נזק זה מלווה לעיתים קרובות בנזק חריצה.

הערות	קריטריונים להערכה			אופן המדידה	סוג הנזק	מספר הנזק
	H	M	L			
כל רמה בנפרד	חתיכות מוגדרות חלקם נע תחת התנועה	עבירה קלה בקצוות	סדקים נימיים	מ"ר	התעייפות	1



Figure 1a. Low-Severity Alligator Cracking.

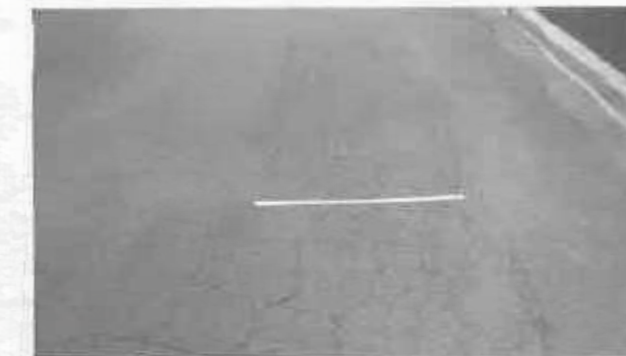


Figure 1b. Medium-Severity Alligator Cracking.



Figure 1c. High-Severity Alligator Cracking.

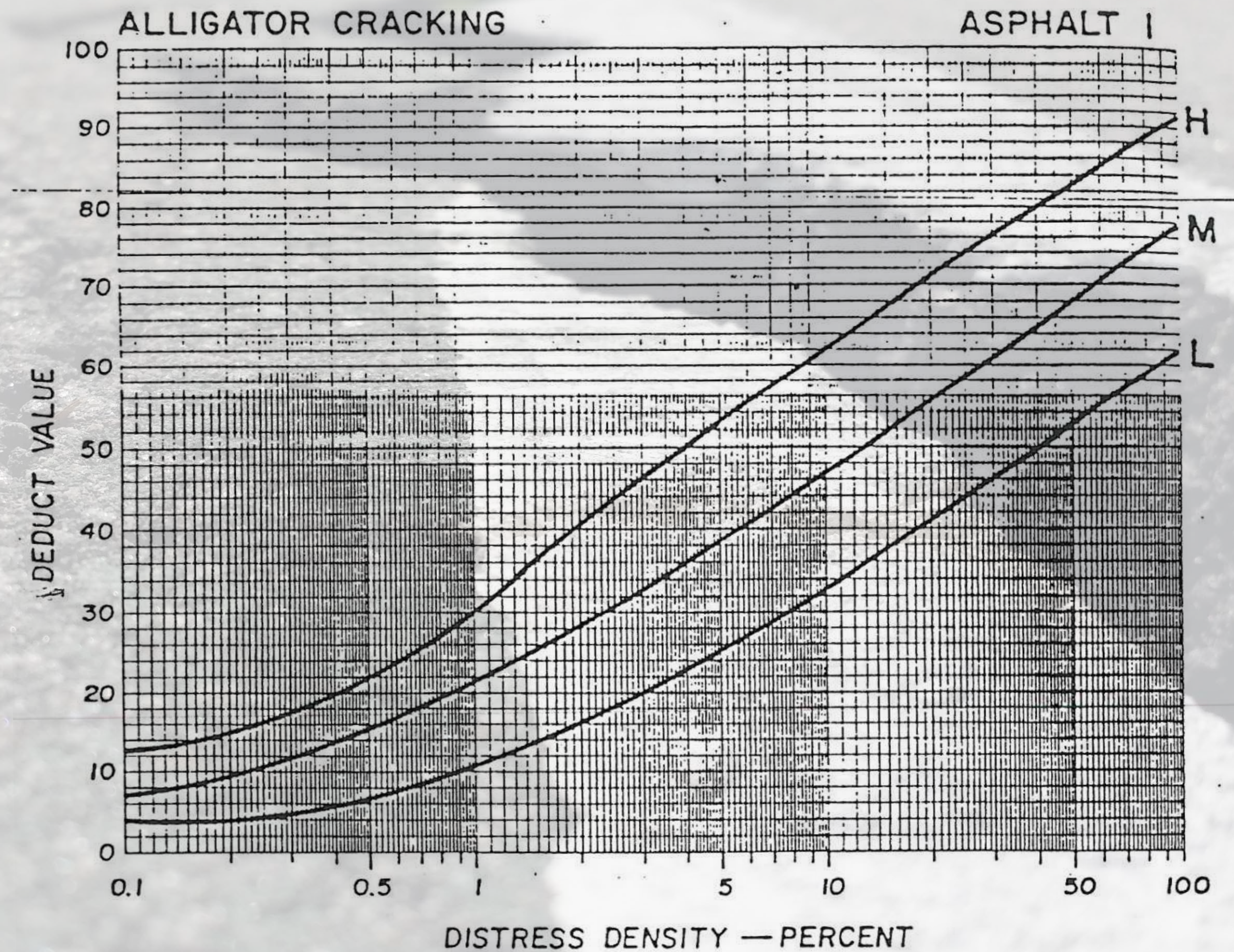
התעייפות ALLIGATOR



ASPHLT 1 ALLIGATOR

סקר נזקים באספלט
Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה



הזעה נוצרת באזורים בהם יושמה תערובת אספלט עם תכולת ביטומן גבוהה. לעיתים נוצרת כתוצאה מחשיפה לחומר ממים. הזעה נחשבת לנזק תפקודי עלול להפריע לתנועה (אזור חלק) ולסכן רוכבי דו גלגלי



Figure 2a. Low-Severity Bleeding.



Figure 2b. Medium-Severity Bleeding.



Figure 2c. High-Severity Bleeding.

הערות	קריטריונים להערכה			אופן המדידה	סוג הנזק	מספר הנזק
	H	M	L			
לא הולך עם ליטוש אנרגט (נזק מס' 12)	מובחן שבועות בשנה (נדבק לעליים ומלמים)	מס' שבועות בשנה (נדבק לעליים ומלמים)	מס' ימים בשנה (לא נדבק לעליים ומלמים)	מ"ר	הזעה	2

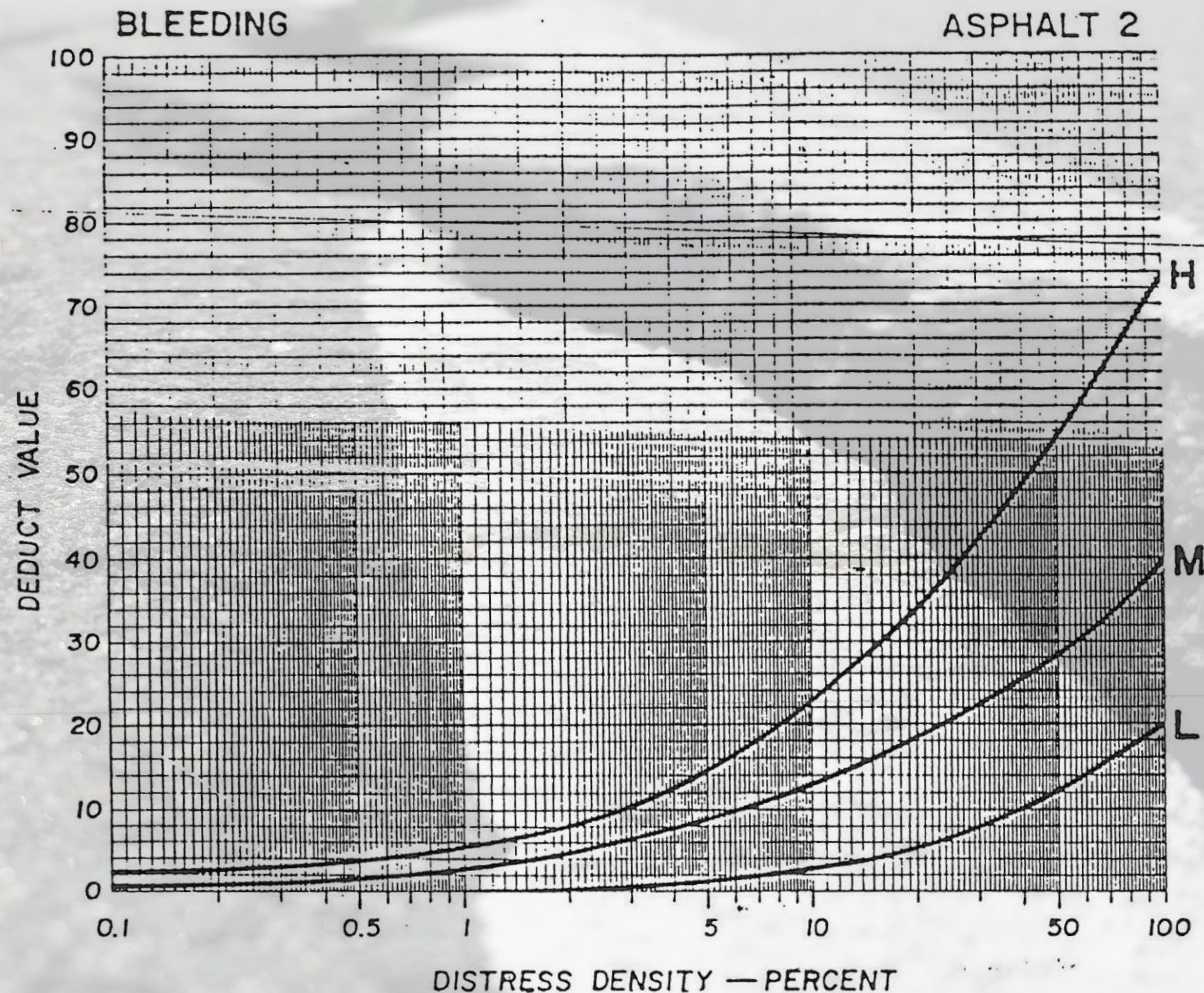
הזעה BLEEDING



ASPHLT 2 BLEEDING

סקר נזקים באספלט
Paver Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה



סדקי בלוק מחלקים את המיסעה לצורות גיאומטריות רבועיות בהן קוי הסידוק מאונכים אחד לשני.
 סדקי הבלוק נחשבים כנזק התיישנות, נזק אקלימי אשר נוצר לאחר שהאספלט התקשח לאורך השנים

הערות	קריטריונים להערכה			אופן המדידה	סוג הנזק	מספר הנזק
	H	M	L			
גודל הבלוקים 3x3 - 0.3x0.3 כל רמה בנפרד	מפתח - 7.5 ס"מ	1 - 7.5 ס"מ	מפתח > 1 ס"מ	מ"ר	סידקי בלוק	3



Figure 3a. Low-Severity Block Cracking.



Figure 3b. Medium-Severity Block Cracking.



Figure 3c. High-Severity Block Cracking.

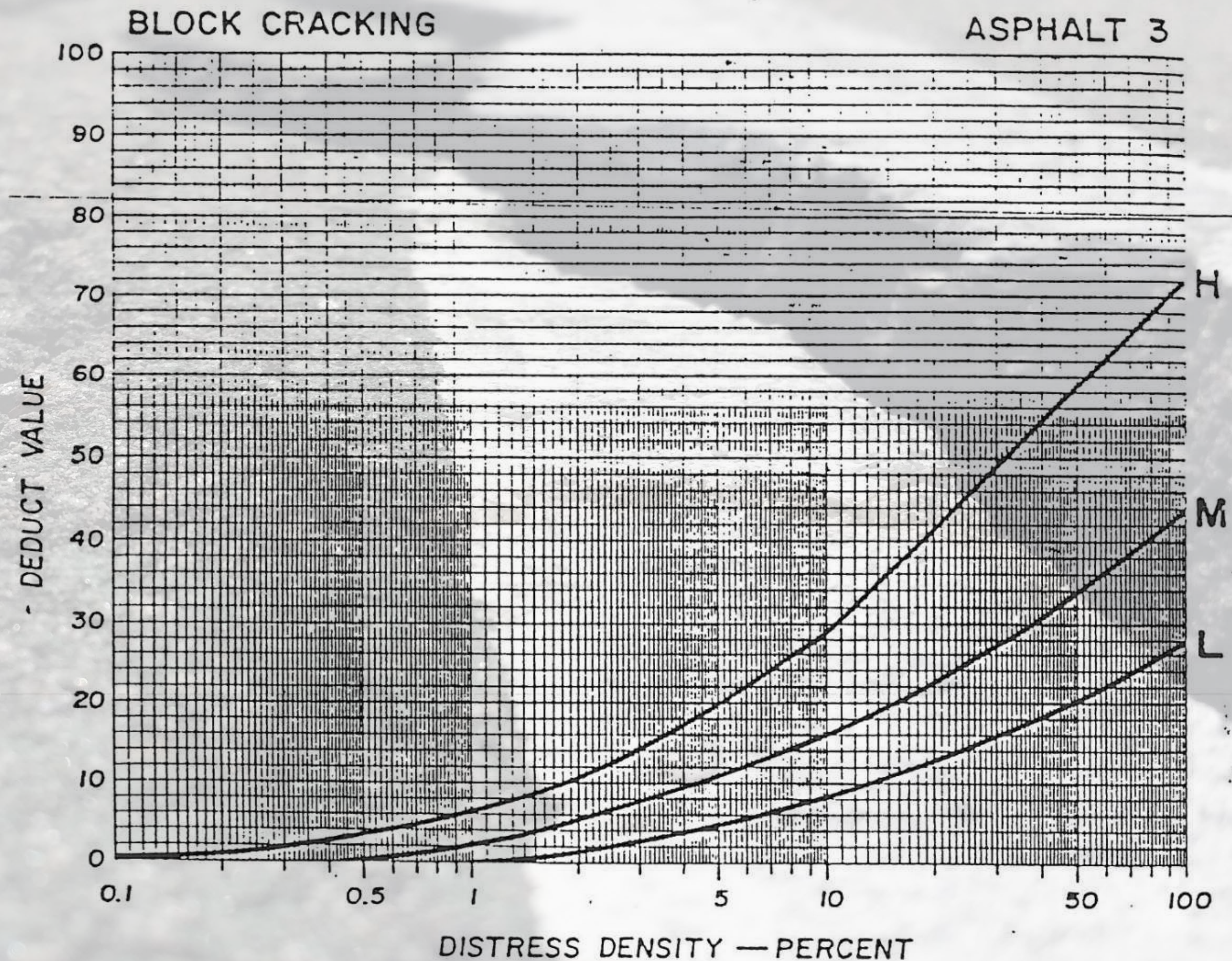
סדקי בלוק

Block cracking



ASPHALT 3

Block cracking



סקר נזקים באספלט
Paver Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה

גל בודד מתאפיין הופעה של בליטה (עם או בלי שקיעה)
עם כיוון הנסיעה.
גל בודד נחשב לנזק תפקודי עלול להפריע לתנועה
ולסכן רוכבי דו גלגלי

הערות	קריטריונים להערכה			אופן המדידה	סוג הנזק	מספר הנזק
	H	M	L			
במידה והמרחק בין גל למ' הוא קטן מ-3 מ' זהו נזק מס' 5	הפרעות גסות באיכות הנסיעה	הפרעות בינוניות באיכות הנסיעה	הפרעות קלות באיכות הנסיעה	מ' אורך	גל בודד	4

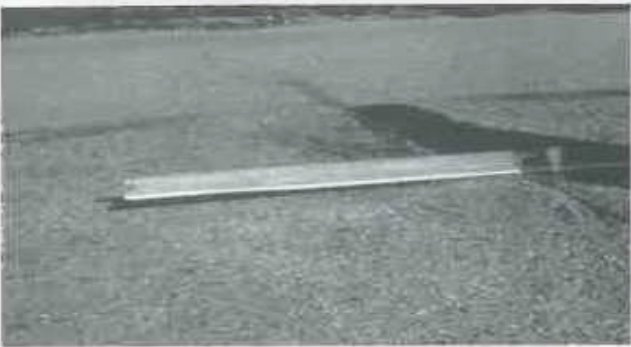


Figure 4a. Low-Severity Bumps and Sags.



Figure 4b. Medium-Severity Bumps and Sags.



Figure 4c. High-Severity Bumps and Sags.

גל בודד

Bumps sags



גליות (לפי תורת הנזקים) מתאפיינת בהופעה של סדרת בליטות או שקיעות עם כיוון הנסיעה. גליות נחשבת לנזק תפקודי עלולה להפריע לתנועה ולסכן רוכבי דו גללי (בנת"י גליות נמדדת בנפרד)

הערות	קריטריונים להערכה			אופן המדידה	סוג הנזק	מספר הנזק
	H	M	L			
מופיע במרחקים של עד 3 מ'	הפרעות גסות לאיכות הנסיעה	הפרעות בינוניות לאיכות הנסיעה	הפרעות קלות לאיכות הנסיעה	מ' אורך	גליות	5



Figure 5a. Low-Severity Corrugation.



Figure 5b. Medium-Severity Corrugation.



Figure 5c. High-Severity Corrugation.

גליות (סדרת גלים) Corrugation

מנ"ח
נת"י

סקר נזקים באספלט Paver
Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה

שקיעה מתאפיינת בהופעה של שקיעה עם כיוון הנסיעה.

נזק שקיעה נחשב לנזק תפקודי עלול להפריע לתנועה ולסכן רוכבי דו גלגלי

הערות	קריטריונים להערכה			אופן המדידה	סוג הנזק	מספר הנזק
	H	M	L			
	גובה שקיעה מקסימלית					
	5 ס"מ	2.5-5 ס"מ	1-2.5 ס"מ	מ"ר	שקיעה מקומית	6



Figure 6a. Low-Severity Depression.



Figure 6b. Medium-Severity Depression.



Figure 6c. High-Severity Depression.

שקיעה

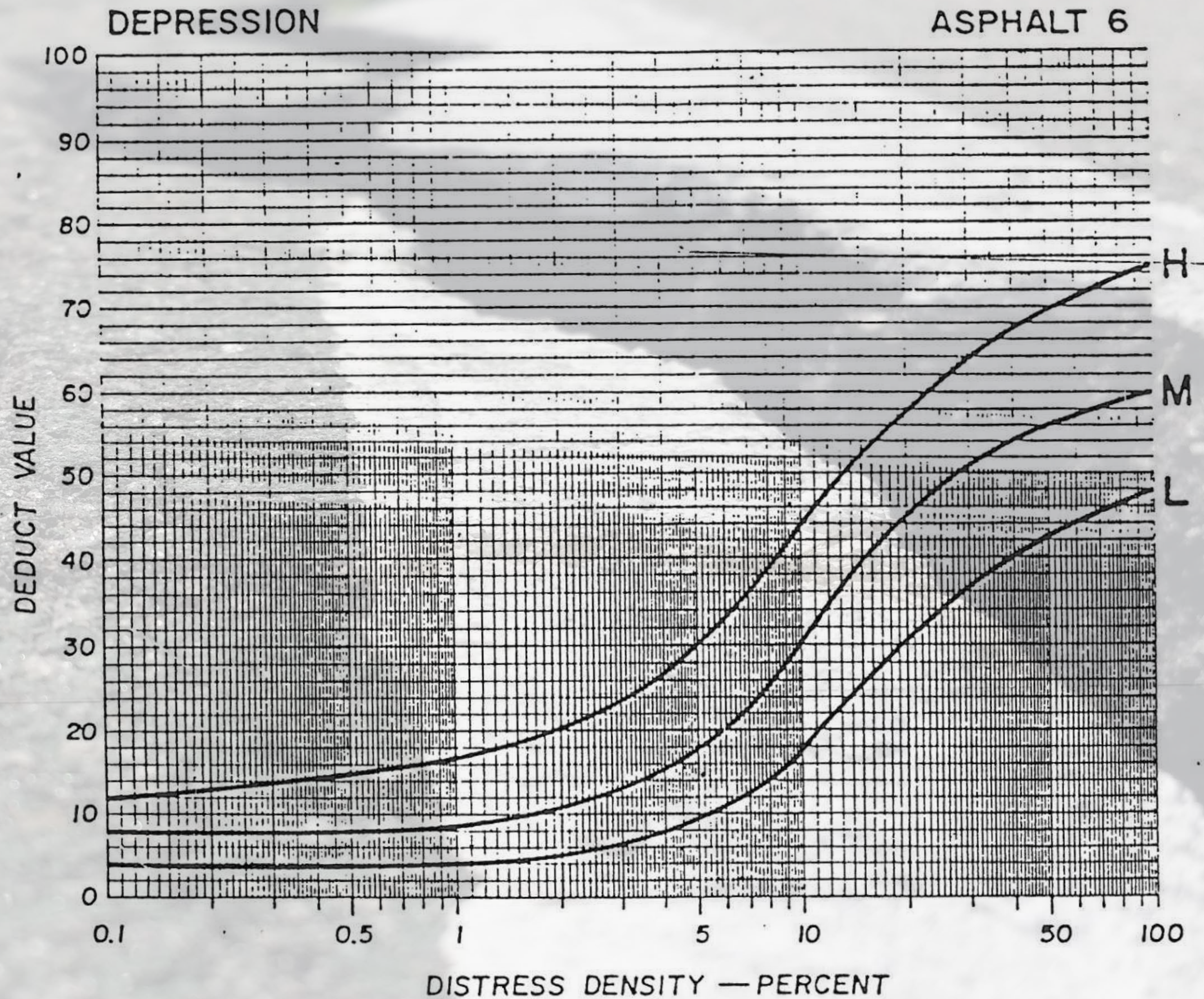
Depression



סקר נזקים באספלט Paver
Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה

ASPHALT 6 Depression



סקר נזקים באספלט
Paver Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה

סדקי קצה מיסעה (בתחום אספלט) מתאפיינת בהופעה של סדקים באזור השול.
נזק שקיעה נחשב לנזק תפקודי עלול להפריע לתנועה ולסכן רוכבי דו גלגלי

הערות	קריטריונים להערכה			אופן המדידה	סוג הנזק	מספר הנזק
	H	M	L			
עד 60 ס"מ מקצה המיסעה	עם התפוררות ושבידה	עם התפוררות	ללא התפוררות	מ' אורך	סידקי קצה שוליים	7

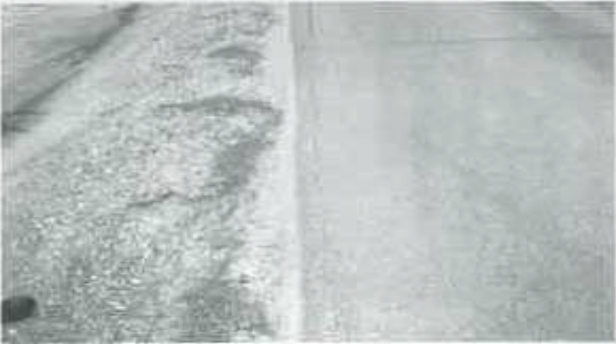


Figure 7a. Low-Severity Edge Cracking.



Figure 7b. Medium-Severity Edge Cracking.



Figure 7c. High-Severity Edge Cracking.

סדקי קצה מיסעה

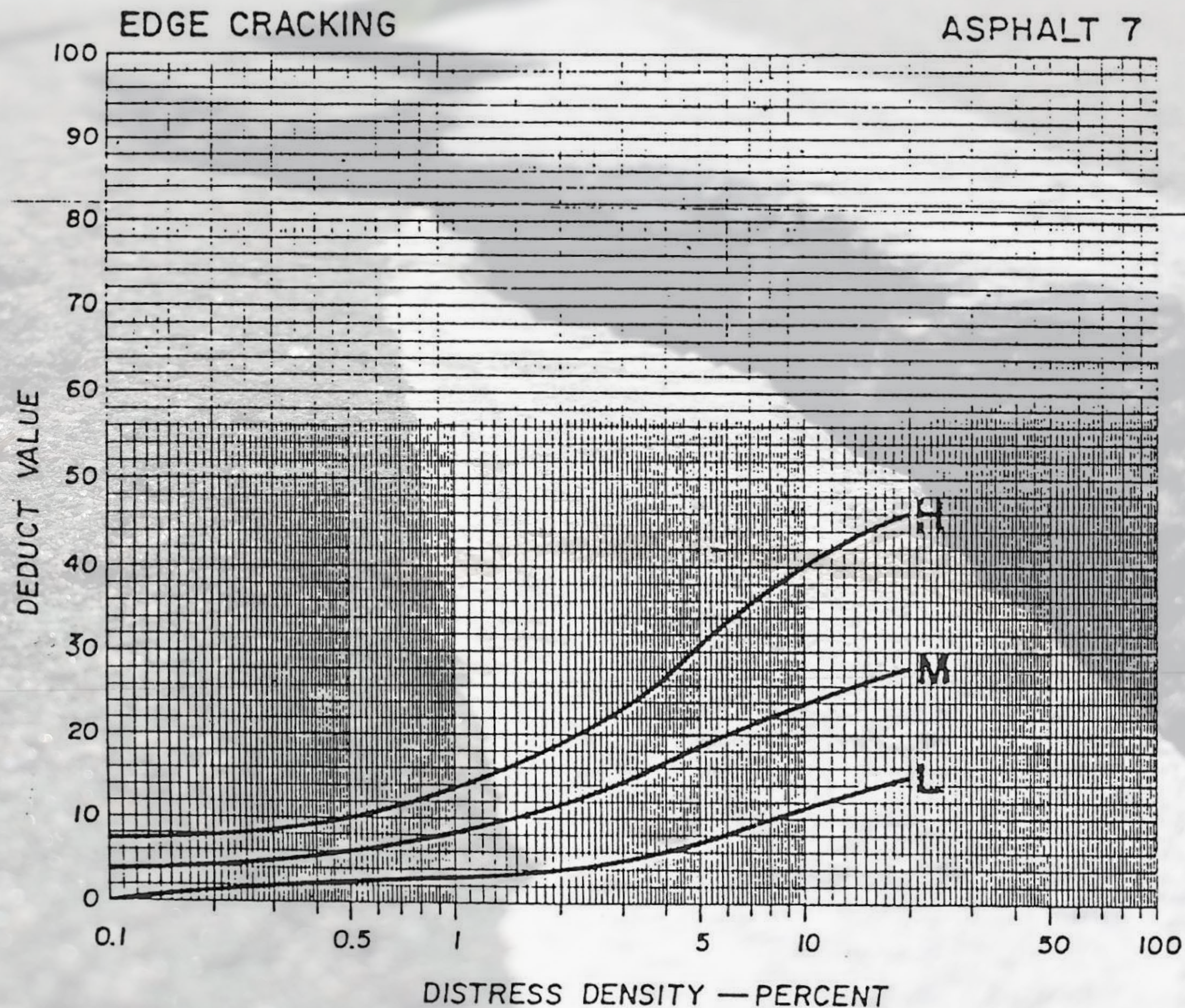
Edge cracking

מנ"ח
נח"י

ASPHALT 7 Edge cracking

סקר נזקים באספלט
Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה



סדקי השתקפות התפר מתאפיינים בהופעה של סדקים מעל תפרים באזור של גשרים ו/או מעל פלטות בטון אחרות נזק זה חשב לנזק תפקודי עלול להפריע לתנועה ולסכן רוכבי דו גלגלי

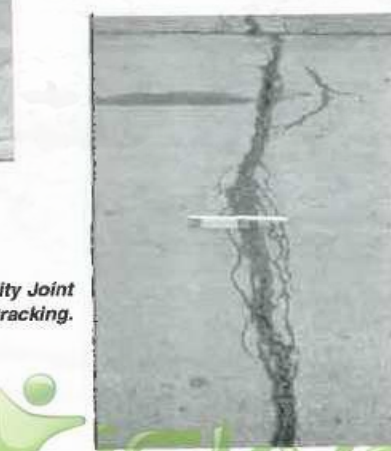


Figure 8a. Low-Severity Joint Reflection Cracking.

Figure 8b. Medium-Severity Joint Reflection Cracking.

Figure 8c. High-Severity Joint Reflection Cracking.

סדקי השתקפות התפר

JOINT REFLECTION



הערות	קריטריונים להערכה			אופן המדידה	סוג הנזק	מספר הנזק
	H	M	L			
אספלט מעל שכבת בטון	מפתח < 7.5 ס"מ כל סדק עם שבירה מסביב	1 - 7.5 ס"מ סדקים סתומים וסדיקה קלה מסביב	מפתח > 1 ס"מ סדקים סתומים	מ' אורך	סדקי השתקפות התפר	8

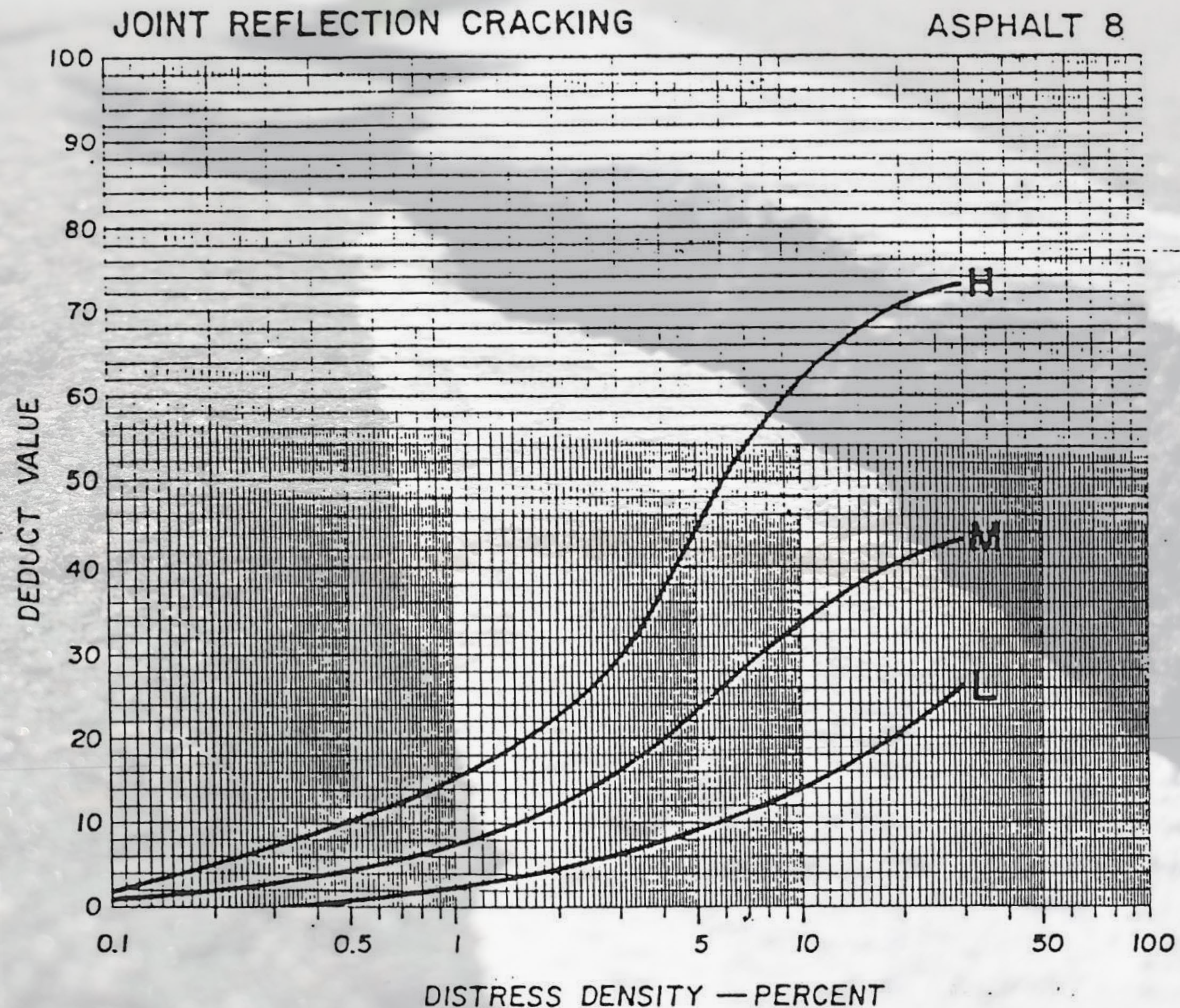
ASPHALT

8

JOIN REFLECTION

סקר נזקים באספלט
Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה



נפילת שוליים מתאפיינת בהופעה של הפרש גובה בין מיסעת האספלט (העליונה) לשוליים הגרנולריים. נחשב לנזק תפקודי עלול להפריע לתנועה ולסכן את כל סוגי הרכבים

הערות	קריטריונים להערכה			אופן המדידה	סוג הנזק	מספר הנזק
	H	M	L			
	הבדלי גובה בין המסעה לשוליים					
	10 ס"מ	5 - 10 ס"מ	2.5 - 5 ס"מ	מ' אורך	נפילת שוליים	9



Figure 9a. Low-Severity Lane/Shoulder Drop-Off.



Figure 9b. Medium-Severity Lane/Shoulder Drop-Off.



Figure 9c. High-Severity Lane/Shoulder Drop-Off.

הפרש נפילת שוליים

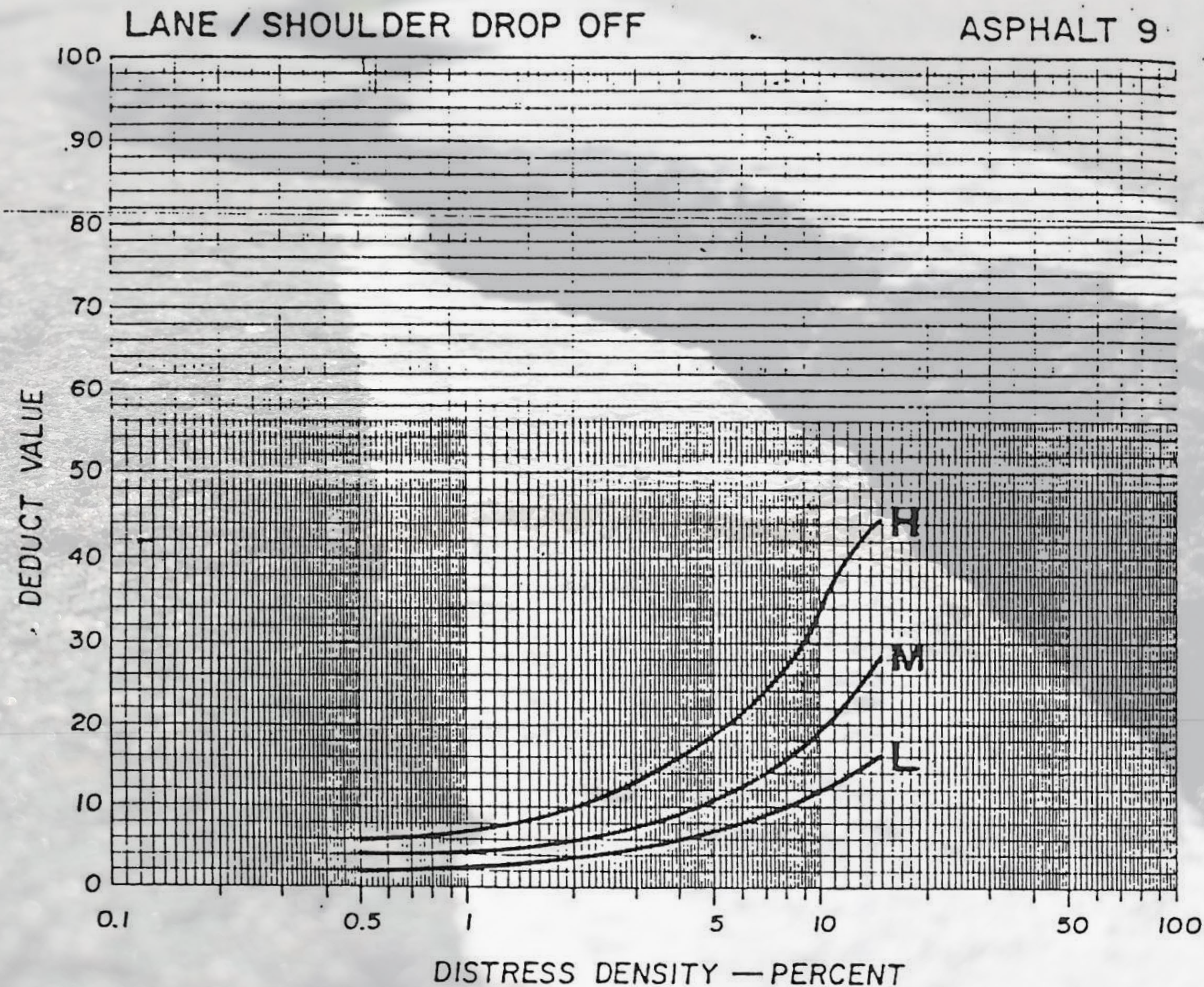
LANE / SHOULDER Drop of



ASPHLT 9 LANE/SHOULDER

סקר נזקים באספלט
Pavement Condition Index - PCI

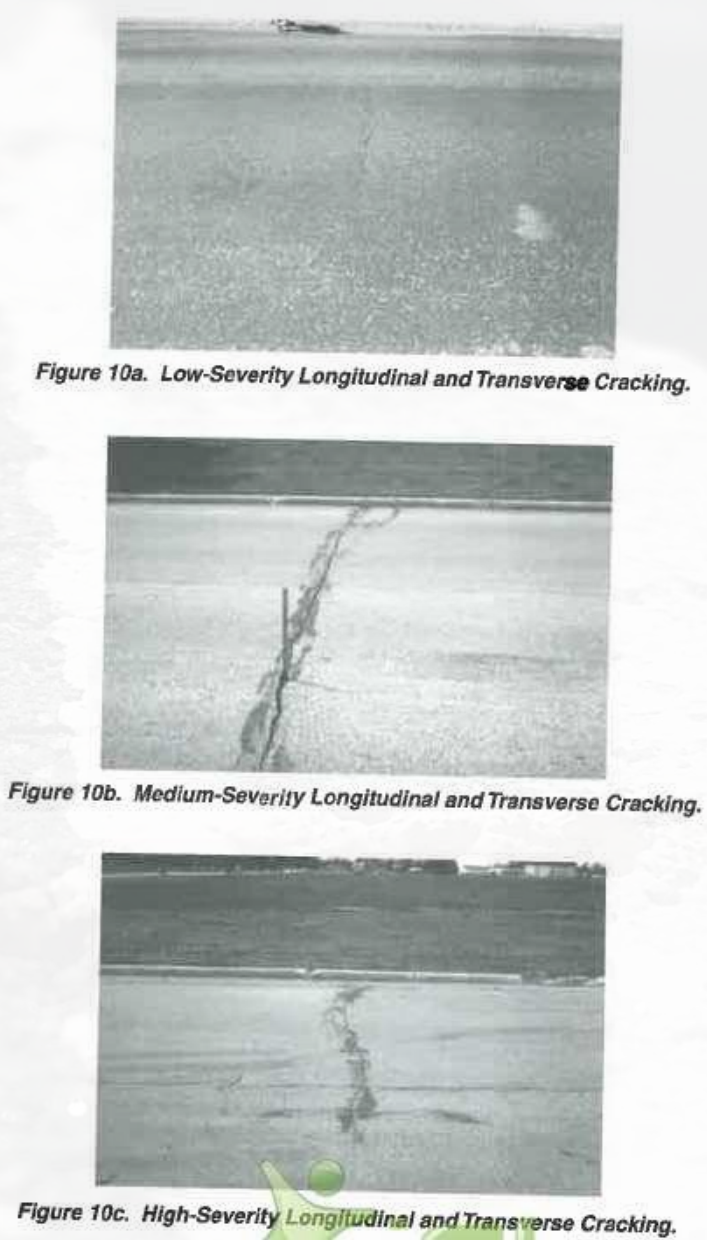
M•GEOKOM
הנדסה



סדקי תפיחה סידוק בד"כ לאורך המיסעה
 אשר נגרם באזורים חרסיתיים. כתוצאה
 בתפיחה של חרסיתות.
 (בנת"י יש הנחיה לזהות סוג זה של סדקים)

סדקי אורך ורוחב סידוק לאורך ורוחב
 המיסעה יכול להיגרם מגורמים שונים.
 נחשב לנזק תפקודי עלול להפריע לתנועה
 ולסכן את תנועת רכב דוד גלגלי (בנת"י רב
 הסדקים נכנסים לאותה קטגוריה)

הערות	קריטריונים להערכה			אופן המדידה	סוג הנזק	מספר הנזק
	H	M	L			
	מפתח < 7.5 ס"מ כל סדק עם שבירה מסביב	7.5 - 1 ס"מ סדקים סתומים וסדיקה קלה מסביב	מפתח > 1 ס"מ סדקים סתומים	מ' אורך	סדקי אורך ורוחב	10



סדקי אורך\רוחב

LONGITUDINAL & Trasvers Cracking

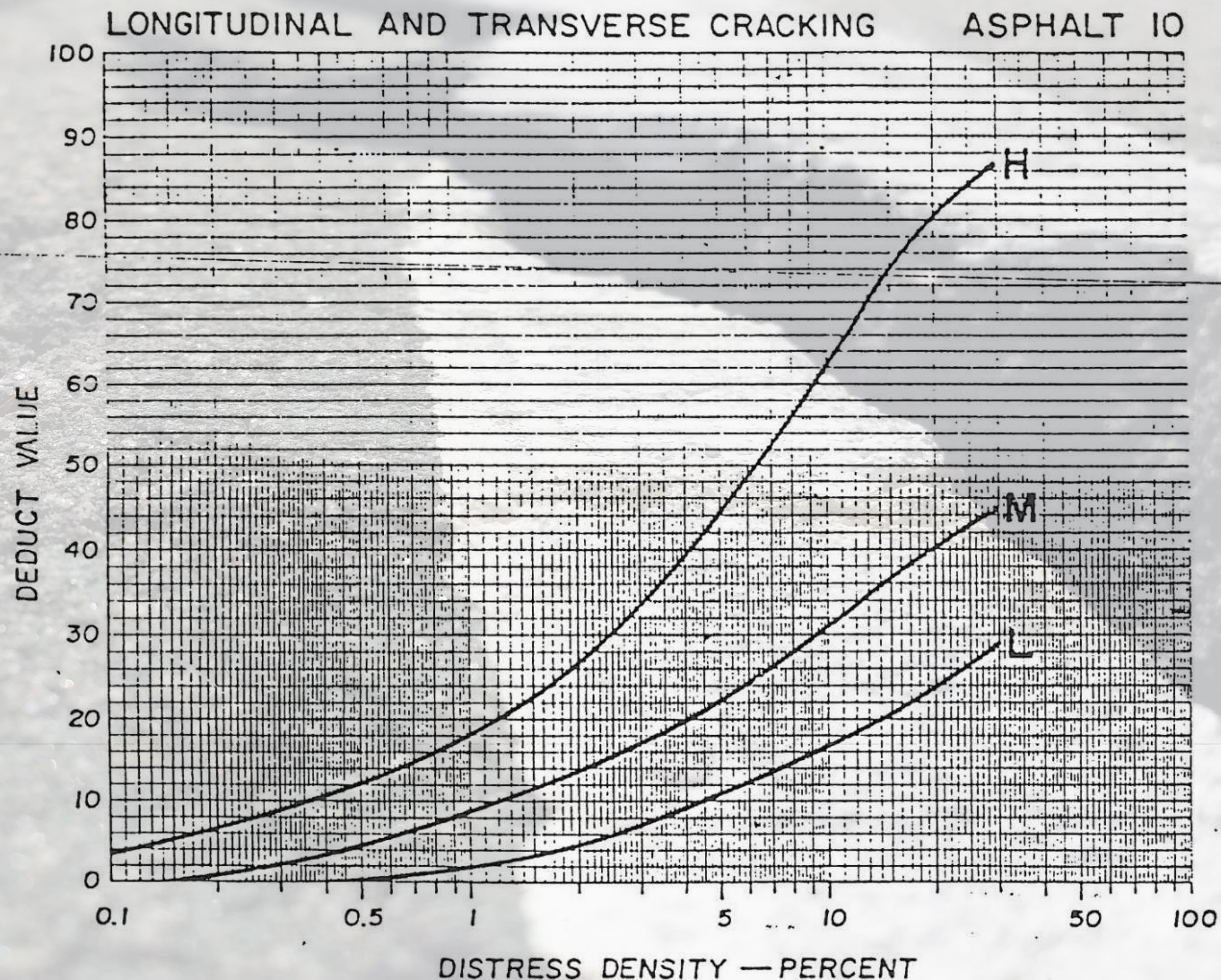
מנ"מ

נת"י

ASPHALT 10 LONGITUDINAL

סקר נזקים באספלט
Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה



הטלאות PATCHING



Figure 11a. Low-Severity Patching and Utility Cut Patching.



Figure 11b. Medium-Severity Patching and Utility Cut Patching.



Figure 11c. High-Severity Patching and Utility Cut Patching.

הטלאה איזור במיסעה בו הוחלפה שכבת אספלט מקורית בשכבת אספלט חדשה, על מנת לתקן את פני המיסעה. הטלאה תחשב תמיד כנזק.

נזק זה כולל הן הטלאות (שטחיות) החלפת שכבת אספלט עליונה (או עמוקות) החלפת כל שכבות האספלט וחלק מהמבנה (וכן סתימת בורות). הטלאה בדרגות נמוכות נחשבות נזק תפקודי. בדרגה גבוהה גם מבני.

הערות	קריטריונים להערכה			אופן המדידה	סוג הנזק	מספר הנזק
	H	M	L			
כל רמה מוגדרת בנפרד אין לכלול נזקים המופיעים בעלאי	עלאי הרוס חלקית ואז גורם להפרעה גסה באיכות הנסיעה	עלאי הרוס חלקית ואז גורם להפרעה באיכות הנסיעה	עלאי במצב טוב ואז גורם להפרעה קלה באיכות הנסיעה	מ"ר	הטלאה	11

סקר נזקים באספלט Paver

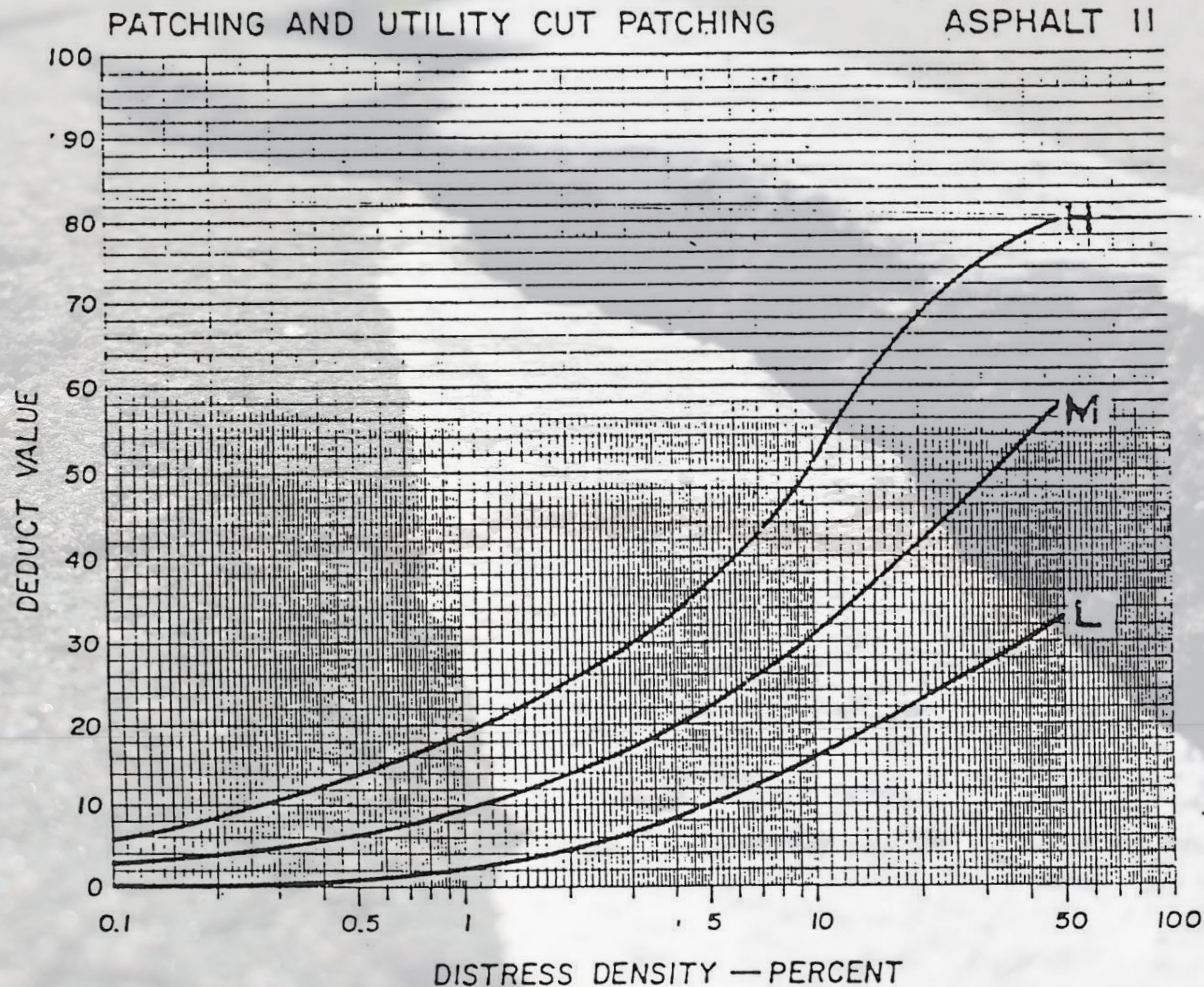
Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה

ASPHALT 11 PATCHING

סקר נזקים באספלט
Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה



אגרנט מלוטש מתאפיין בהופעה של כמות ניכרת של אגרנטים מלוטשים. (נזק קשה להבחנה)
 נחשב לנזק תפקודי עלול להפריע לתנועה ולסכן את כל סוגי הרכבים

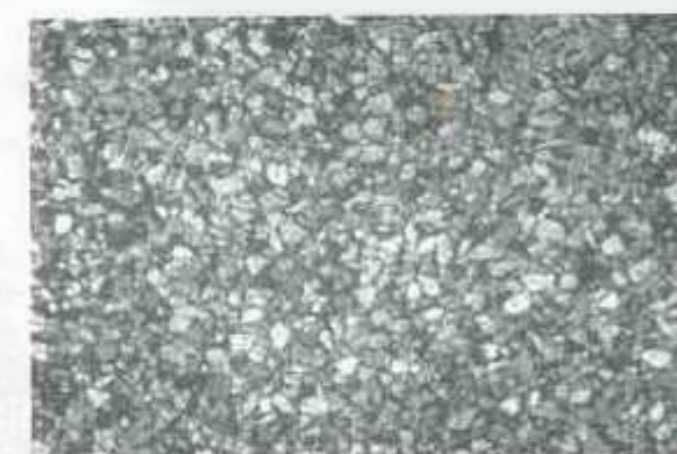


Figure 12. Polished Aggregate.

אגרנט מלוטש POLISHED



הערות	קריטריונים להערכה			אופן המדידה	סוג הנזק	מספר הנזק
	H	M	L			
רק כמות נזק משמעותית נכללת לא הולך עם הזעה	אין דרגות חומרה			מ"ר	אגרנט מלוטש	12

סקר נזקים באספלט Paver

Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה

בורות POTHOLES

מנ"מ
נתי"ו



Figure 13a. Low-Severity Pothole.

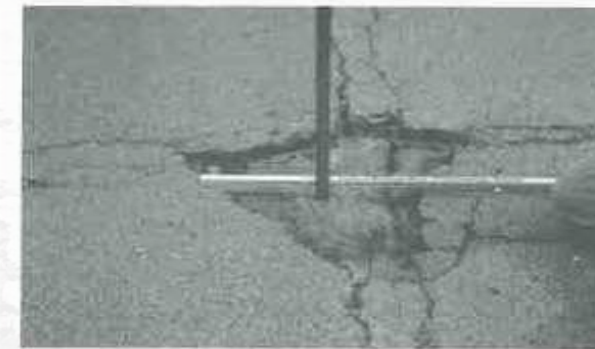


Figure 13b. Medium-Severity Pothole.



Figure 13c. High-Severity Pothole.

בור יוגדר באם קוטרו עולה על 10 ס"מ ועומקו גדול מ 1.5 ס"מ.
בורות יכולים להגיע לקוטר של עד 1.0 מטר.
קצוות הבורות בד"כ שבורים ומחודדים עם קירות אנכיים.

הבורות גדלים בתהליך הנובע מחדירת מי נגר בשילוב של עומסי
תנועה. נזק מבני ותפקודי חמור – עלול לסכן את כל משתמשי הדרך.

קביעת דרגת חומרה בבורות

קוטר עומק- ס"מ	10-20 ס"מ	45 - 20 ס"מ	45 - 20 ס"מ
1-2.5	L	L	M
2.5-5	L	M	H
> 5	M	M	H
כאשר קוטר הבור עולה על 75 ס"מ יש למדוד את השטח במ"ר ולחלק ב- 0.45 מ"ר על מנת למצוא את מספר הבורות האקוילנטי			

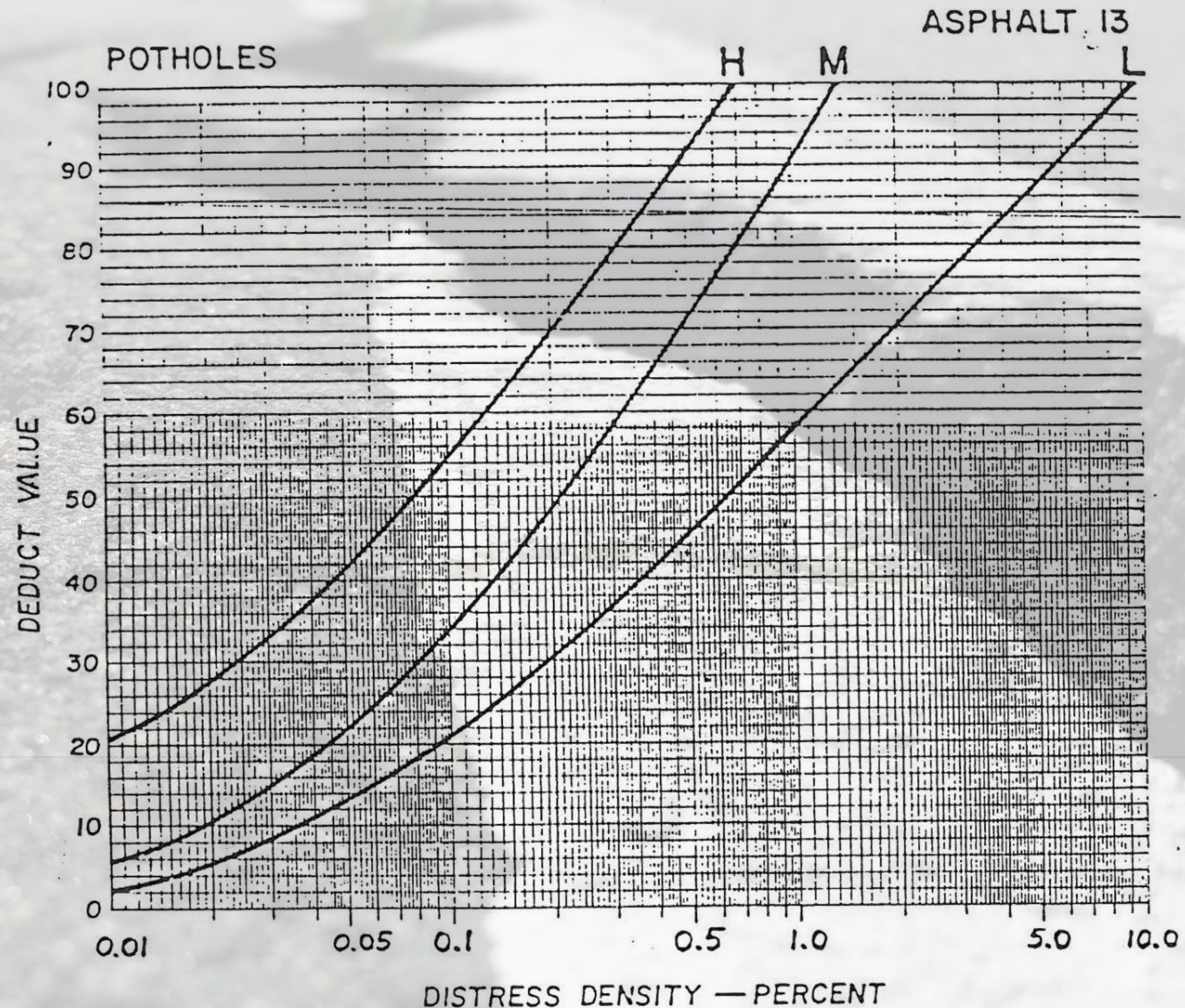
סקר נזקים באספלט Paver
Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה

ASPHALT 13 POTHOLES

סקר נזקים באספלט
Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה



מסילות רכבת RAILROAD



Figure 14a. Low-Severity Railroad Crossing.



Figure 14b. Medium-Severity Railroad Crossing.



Figure 14c. High-Severity Railroad Crossing.

הערות	קריטריונים להערכה			אופן המדידה	סוג הנזק	מספר הנזק
	H	M	L			
אם אין הפרעה אין צורך לרשום	הפרעות גסות לאיכות הנסיעה	הפרעות בינוניות לאיכות הנסיעה	הפרעות קלות לאיכות הנסיעה	מ"ר	חציית פסי רכבת	14

סקר נזקים באספלט Paver
Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה

חריצה RUTTING

מנ"ח
נת"י



Figure 15a. Low-Severity Rutting.



Figure 15b. Medium-Severity Rutting.



Figure 15c. High-Severity Rutting.

חריצה שקיעות בפני המיסעה בנתיב הגלגל. לעיתים יש התרוממות אספלט משני צידי החריצה (חריצה פלסטית).
ניתן לזהות נזק זה ע"פ רוב מיד לאחר גשם, כאשר מים מצטברים בנתיב הגלגל החרוץ. שיטת המדידה נדרשת בסקר של נת"י הינה איסוף אוטומטי, באמצעות סנסורים המורכבים ע"ג רכב הסקירה. נזק מבני ותפקודי חמור – עלול לסכן את כל משתמשי הדרך.

דרגות חומרה לפי נת"י
נמוך: 6-13 מ"מ
בינוני: 13 - 25 מ"מ
גבוה: מעל 25 מ"מ

הערות	קריטריונים להערכה			אופן המדידה	סוג הנזק	מספר הנזק
	H	M	L			
	עומק חריצה ממוצעת			מ"ר	חריצה	15
	2.5 ס"מ	1 - 2.5 ס"מ	0.5 - 1 ס"מ			

PMS - תנ"ן

- Measure Resolution- continuously, every 1M
- The Depth in mm
- **Low**- 6-13mm, **Medium** 13-25mm, **High** above 25mm
- Fatigue, sinking and Water accumulation in the wheel path
- By LCMS



GEOKOM - PMS Full PMS Road Network Survey

סקר נזקים באספלט Paver

Pavement Condition Index - PCI

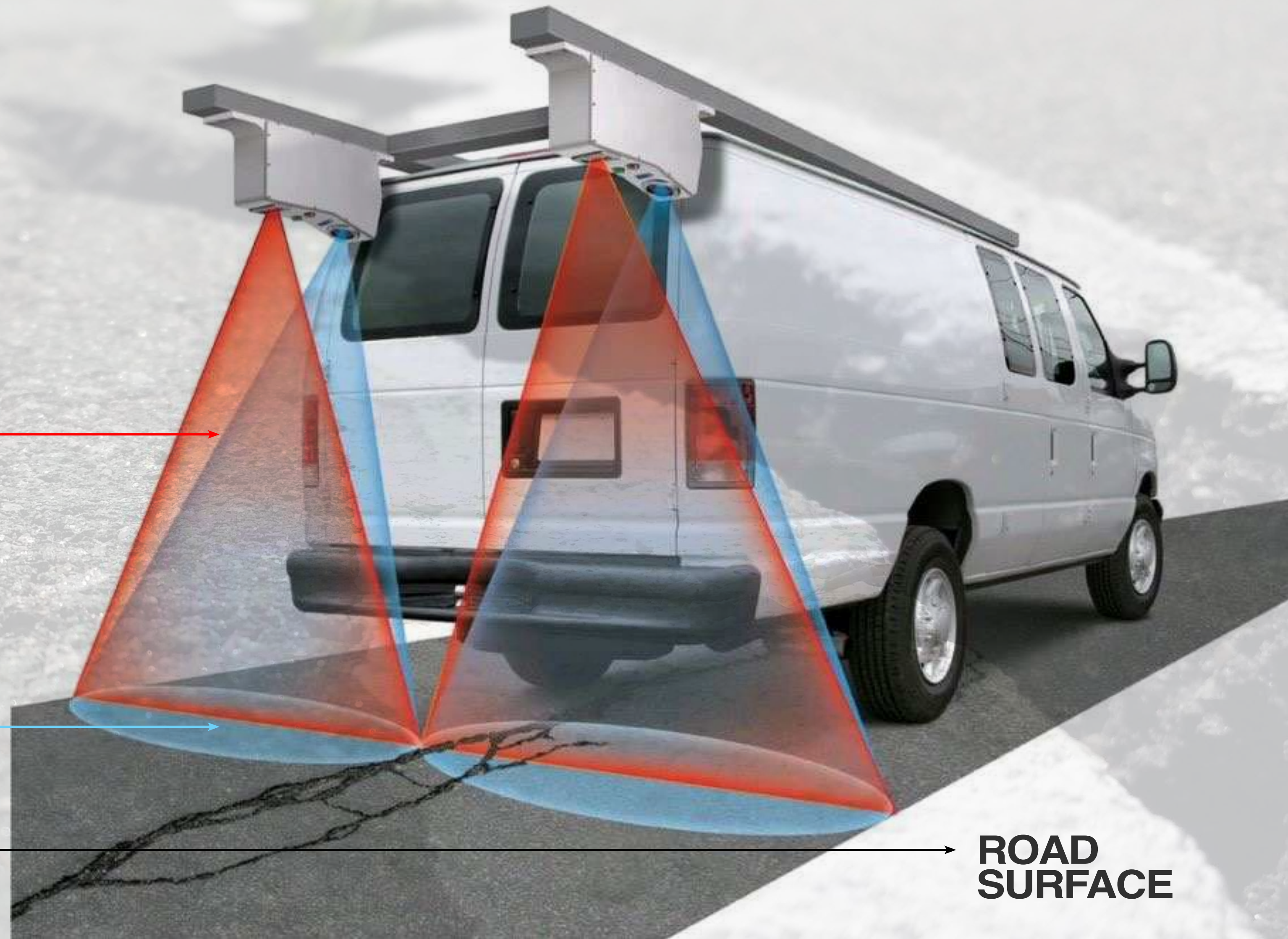
M GEOKOM
הנדסה

תנח - PMS

LCMS- Laser Rutting Measure System

2000points
sensor resolution

Invisible spread laser



**ROAD
SURFACE**

Full PMS Road Network Survey

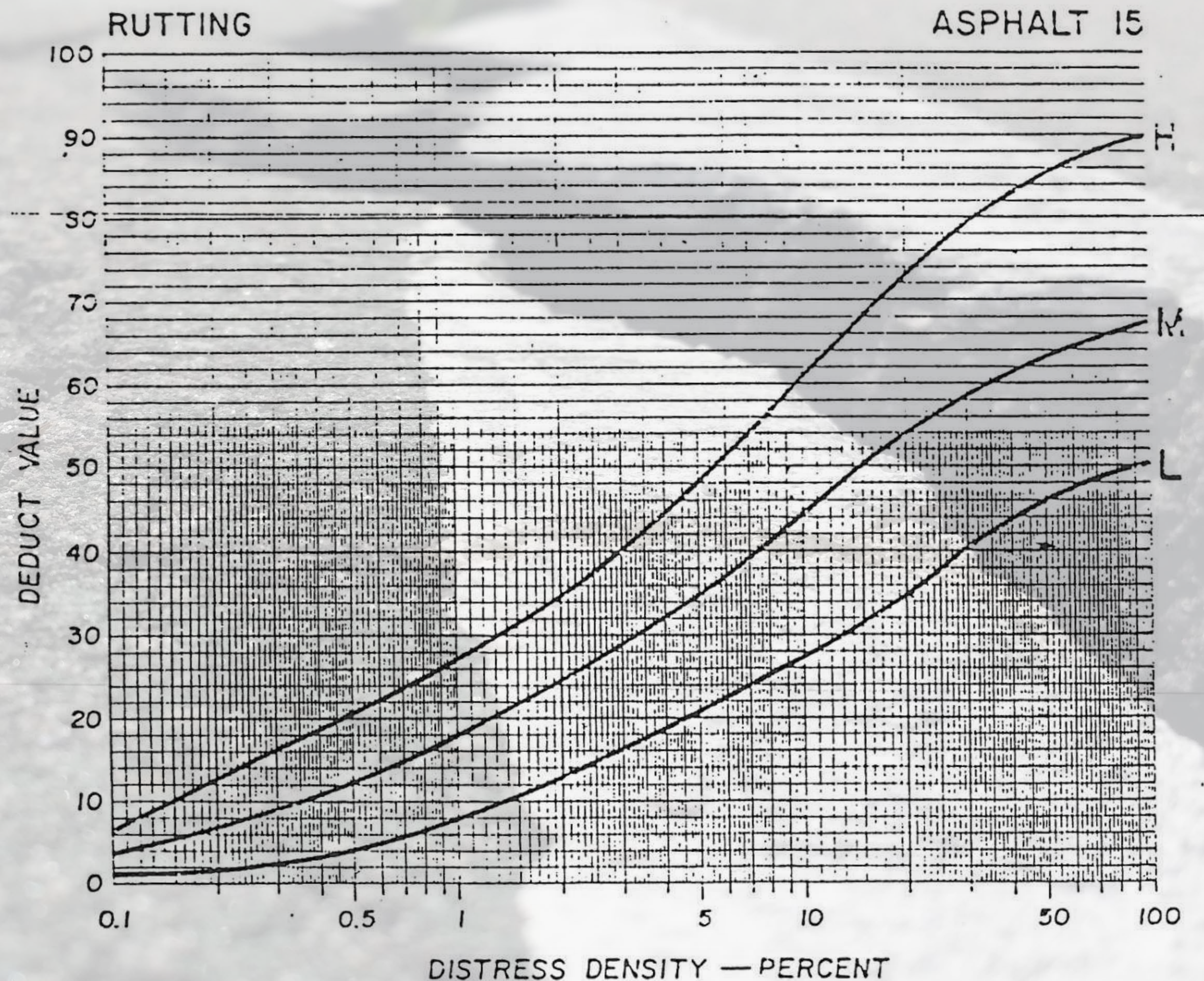
סקר נזקים באספלט
Paver Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה

ASPHALT 15 RUTTING

סקר נזקים באספלט
Paver Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה



דחיקה עיווי פלסטי SHOVING



Figure 16a. Low-Severity Shoving.



Figure 16b. Medium-Severity Shoving.



Figure 16c. High-Severity Shoving.

דחיקה הסטה במפלס הכביש, נוצר רצף של גלים שקודקודיהם בכיוון הנסיעה והגורמים הפרעה לתנועה.
סיבת הנזק: תנועה כבדה.

הנזק מואץ בשילוב עם תערובת אספלט לא מתאימה. או כתוצאה של חשיפה לממיסים. נזק זה אופייני לאיזורי צמתים ולכבישים בעלי שיפועים אורכיים גדולים.
נזק מבני ותפקודי – עלול לסכן את כל משתמשי הדרך.

הערות	קריטריונים להערכה			אופן המדידה	סוג הנזק	מספר הנזק
	H	M	L			
במידה ותופיע העלאה לא נחשב	הפרעות גסות באיכות הנסיעה	הפרעות בינוניות באיכות הנסיעה	הפרעות קלות באיכות הנסיעה	מ"ר	דחיקה	16

סדקי סהרון צורתם כצורת חצי ירח לכיוון הנסיעה. הסדקים נוצרים כתוצאה מכוחות בלימה או היגוי הגורמים לפני המיסעה להתעוות ו/או להחליק ע"ג שכבת האספלט מתחת. הבעיה משוייכת לביצוע לקוי, בה אין הדבקה לשכבת האספלט מתחתיה.

אופייני למצוא סדקי סהרון באיזורים הרריים, בהם האספלט יושם בכיוון הירידה במקום בעליה. או לחילופין בכניסה לתחנות אוטובוס. נזק תפקודי למרות שהמקור מבני

הערות	קריטריונים להערכה			אופן המדידה	סוג הנזק	מספר הנזק
	H	M	L			
חומרה לפי הדרגה הגבוהה שניתן לזהות	מפתח < 4.5 ס"מ כל סדק עם שבירה מסביב	1 - 4.5 ס"מ סדקים סתומים וסדקה קלה מסביב	מפתח > 1 ס"מ	מ"ר	סדקי סהרונים	17



Figure 17a. Low-Severity Slippage Cracking.



Figure 17b. Medium-Severity Slippage Cracking.



Figure 17c. High-Severity Slippage Cracking.

סדקי סהרון SLIPPAGE



סקר נזקים באספלט Paver

Pavement Condition Index - PCI

M GEOKOM
הנדסה

תפיחה נזקים בפני המיסעה אשר נוצרים באזורים עם שתית חרסתית אשר לא טופלה כראוי בעת הקמת מבנה הדרך.
 דורש מיומנות רבה לזהות את הנזק. בדרגות החומרה הגבוהות מלווה בנזקים האחרים.
 נזק מבני ותפקודי – עלול לסכן את כל משתמשי הדרך.



Figure 18. Example Swell. Severity level is based on ride quality criteria.

תפיחה SWELL

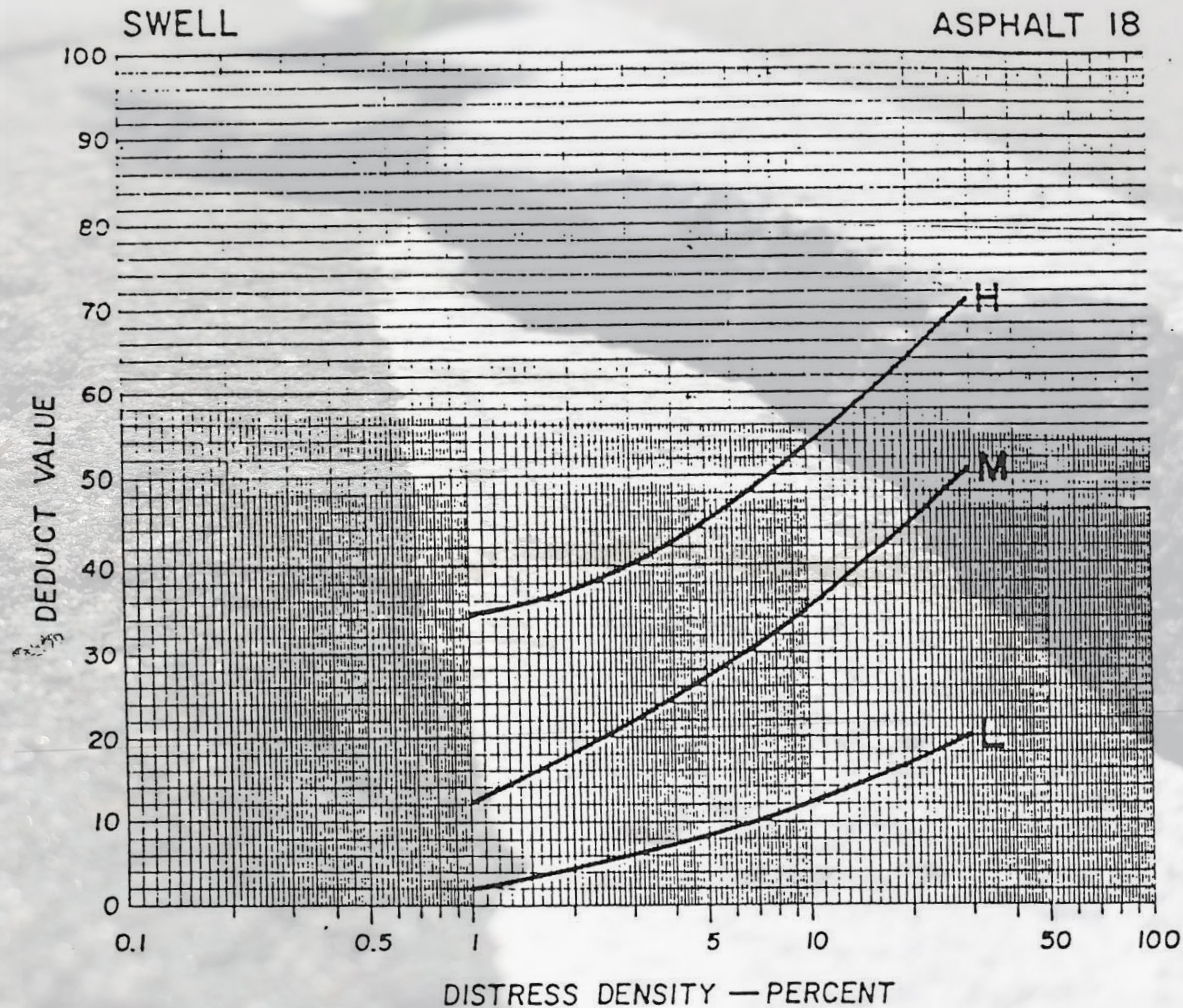


הערות	קריטריונים להערכה			אופן המדידה	סוג הנזק	מספר הנזק
	H	M	L			
סדקים המופיעים באזורי תפיחה יחידה ויסודות בנפרד בהתאם לרמתם	הפרעות גסות באיכות הנסיעה	הפרעות בינוניות באיכות הנסיעה	הפרעות קלות באיכות הנסיעה	מ"ר	תפיחה	18

סקר נזקים באספלט Paver
 Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
 הנדסה

ASPHALT 18 SWELL



סקר נזקים באספלט Paver
Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה

בלייה והתפוררות WEATHRING

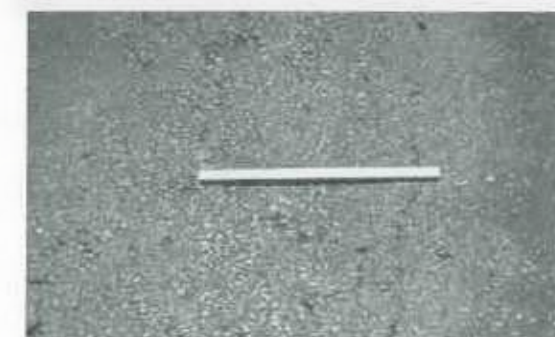


Figure 19a. Low-Severity Weathering and Raveling.



Figure 19b. Medium-Severity Weathering and Raveling.



Figure 19c. High-Severity Weathering and Raveling.

בלייה והתפוררות נוצרים עקב התחמצנות הביטומן Weathering המדביק ומקשר בין האגרגטים, כתוצאה מאיבוד החומר המקשר, מתנתקים האגרגטים והדקים מהמיסעה. נזק זה מעיד על הזדקנות והתקשחות השכבה האספלטית ו/או נוכחות של תנועה כבדה מרובה עם תנאי ניקוז נחותים נזק תפקודי קל. קשה לזיהוי על פי נהלי נת"י רק דרגות חמורות מדווחות

הערות	קריטריונים להערכה			אופן המדידה	סוג הנזק	מספר הנזק
	H	M	L			
אם קוטר חבורות גדול מ-10 ס"מ ועומק 1 ס"מ הנזק יוגדר כמס' 13	פני שטח מאוד מחוספסים עם בורות קטנים	שחיקה מוגבלת פני השטח מחוספסים	התחלת שחיקה פני השטח והופעת חורים קטנים	מ"ר	בלייה והתקלפות	19

סקר נזקים באספלט Paver

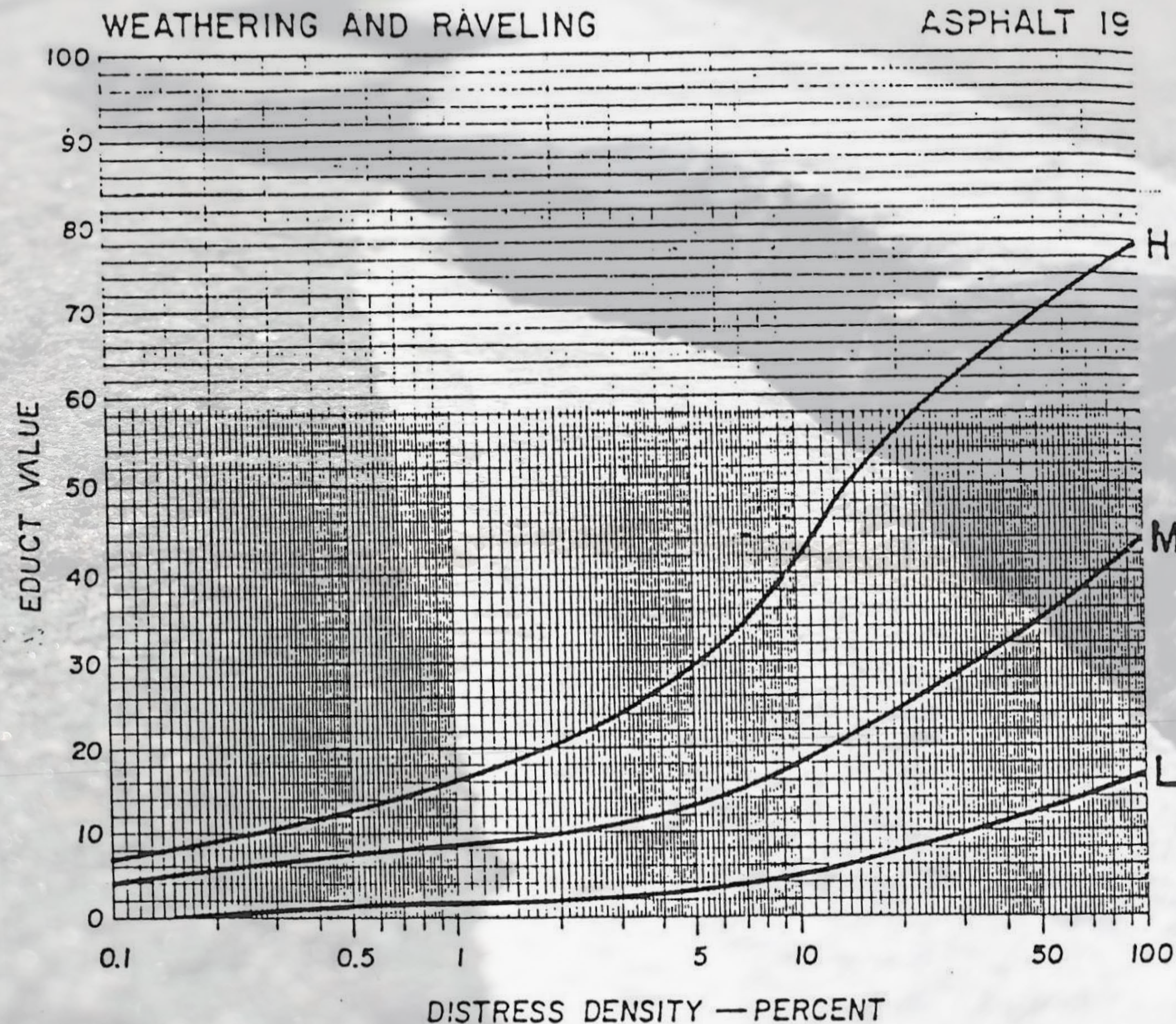
Pavement Condition Index - PCI

M GEOKOM
הנדסה

ASPHALT 19 WEATHRRING

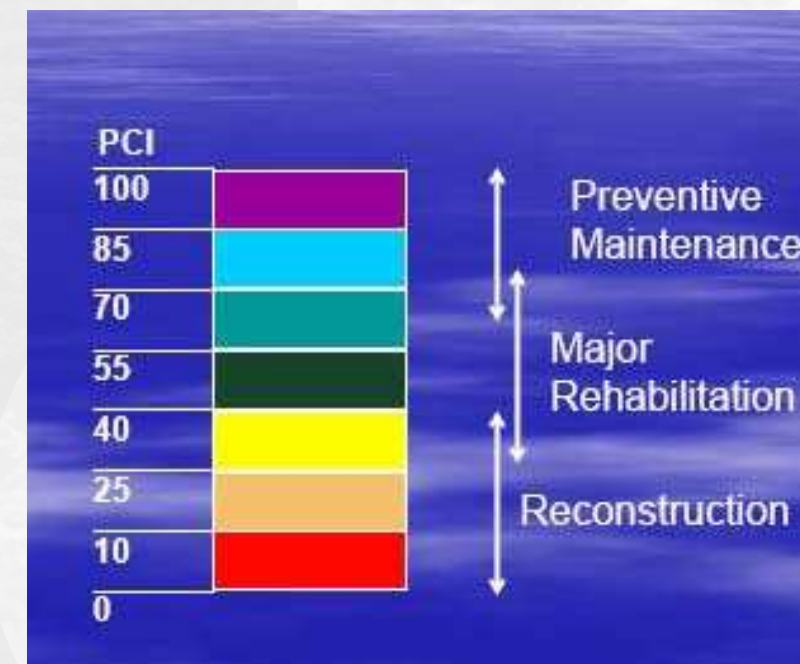
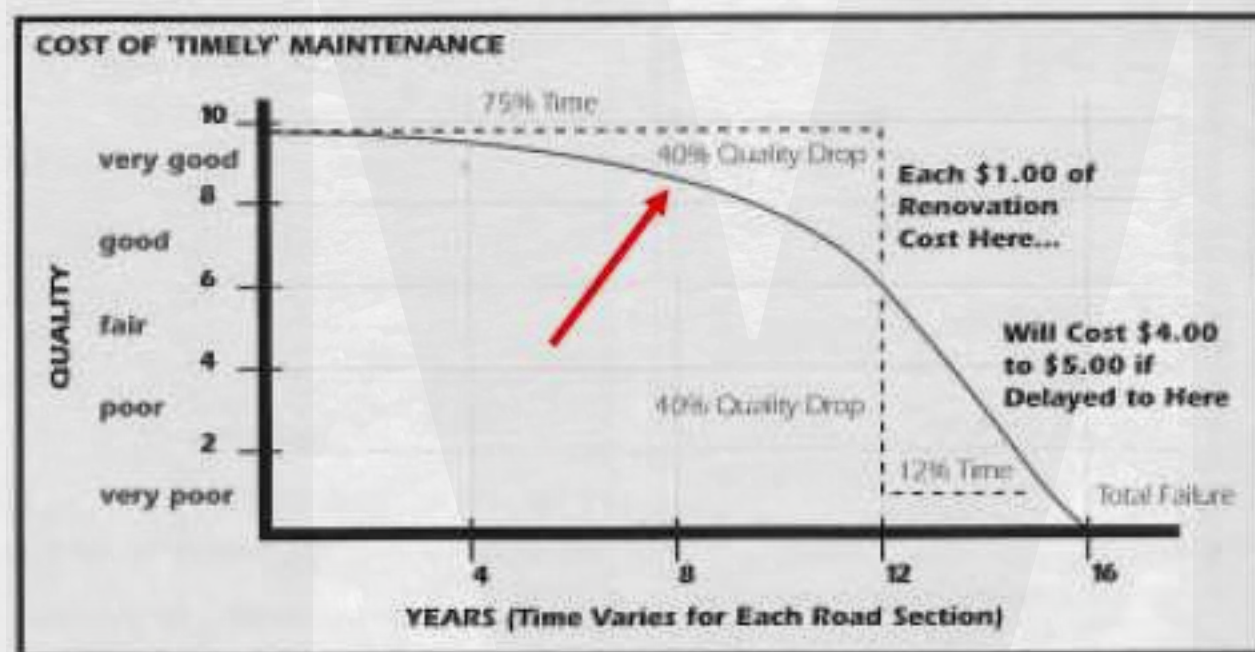
סקר נזקים באספלט
Pavement Condition Index - PCI

M•GEOKOM
הנדסה



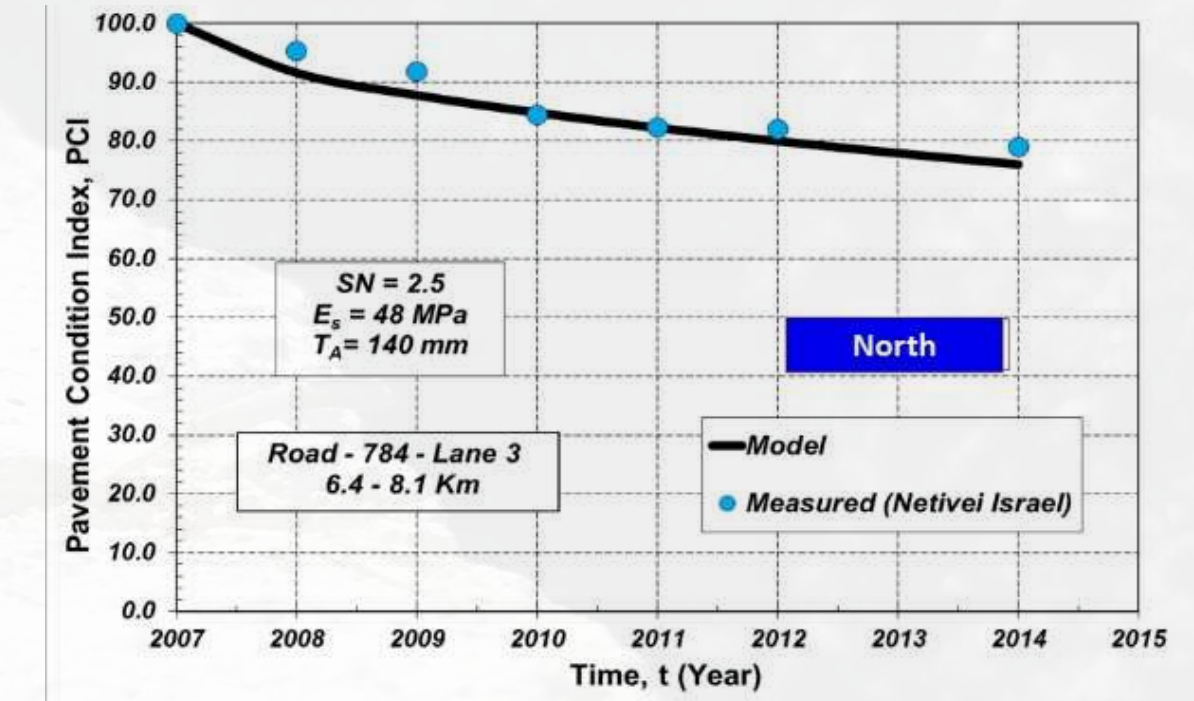
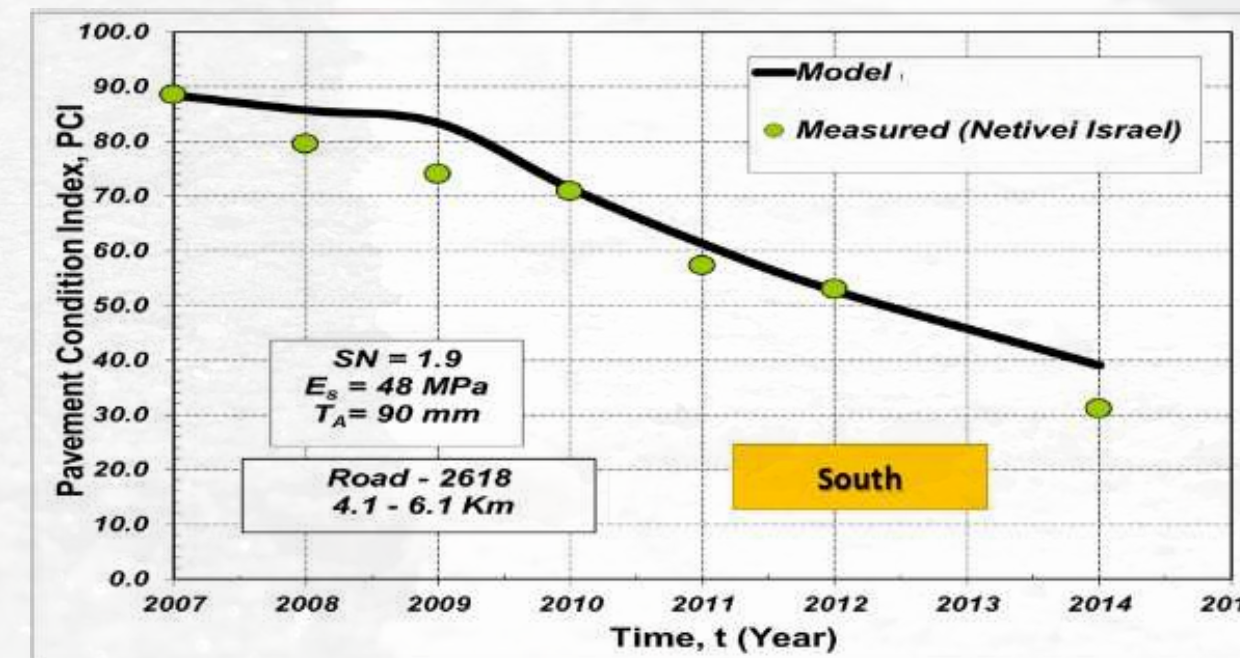
מנ"ם – מודל התדרדרות ה-PCI

General Model



GEOKOM - PMS Full PMS Road Network Survey

Geokom Models

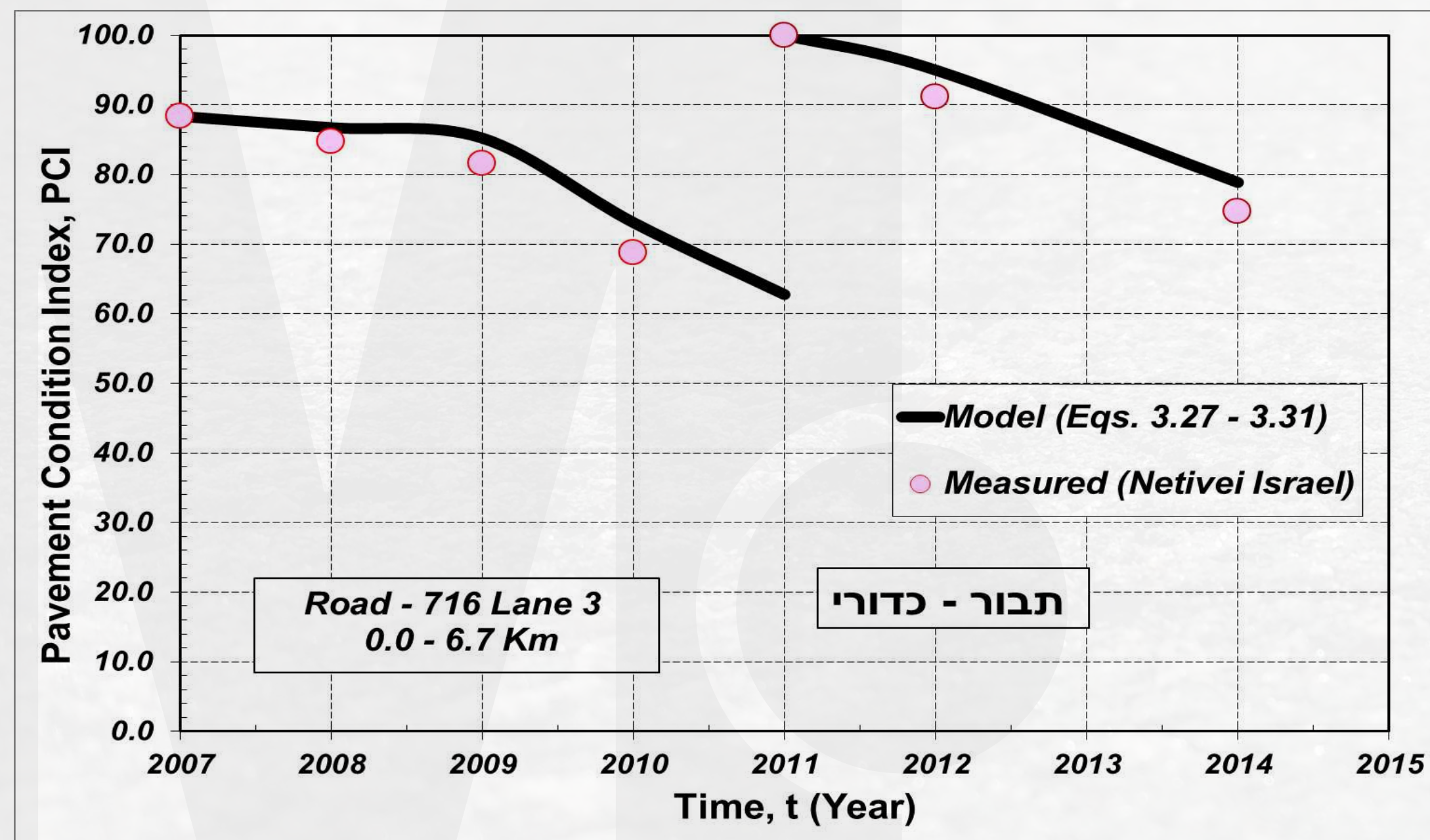


Adapted by Netivei Israel

סקר נזקים באספלט
Pavement Condition Index - PCI

M GEOKOM
הנדסה

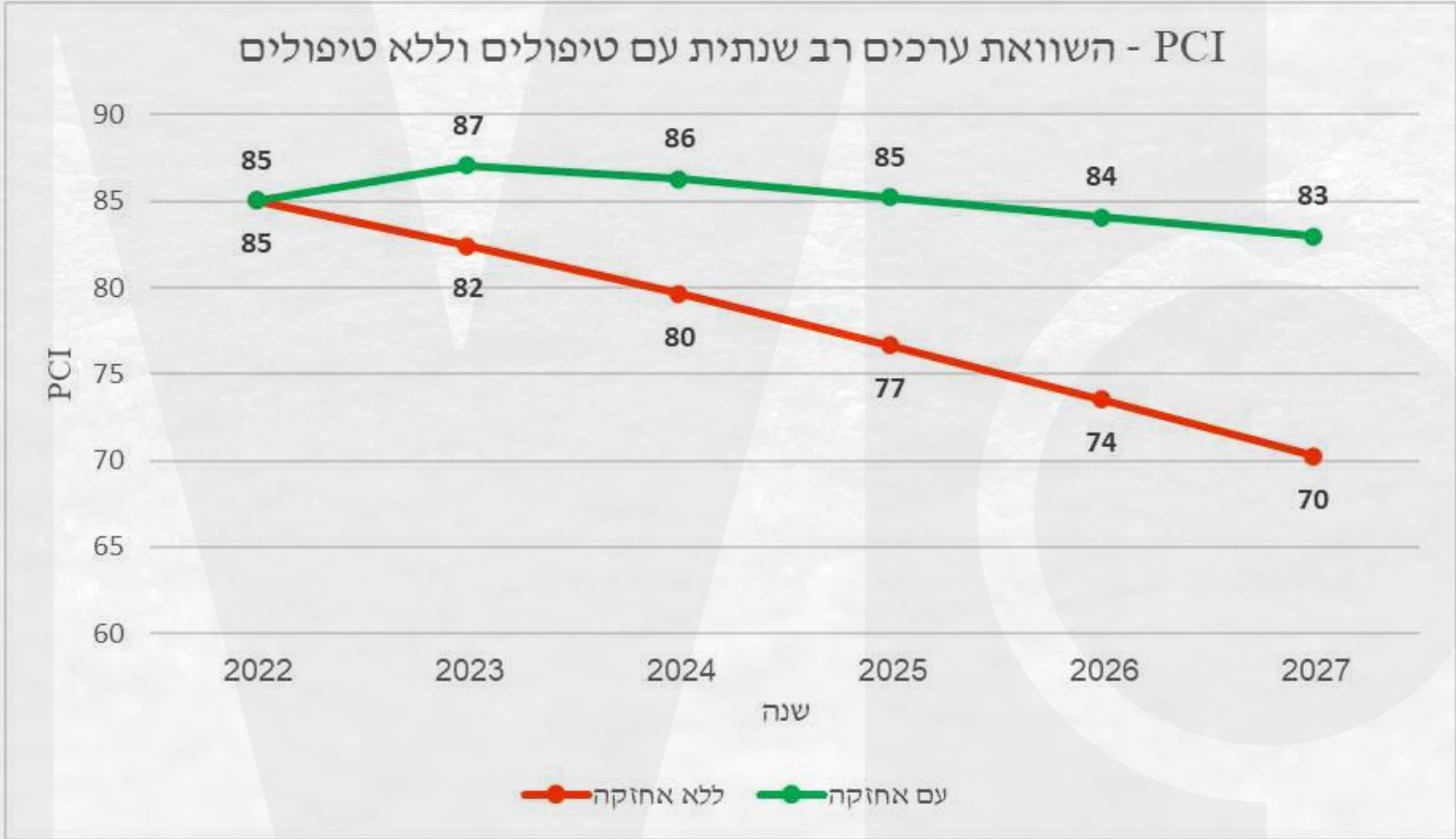
השוואת תוצאות מדודות לחזויות מיסעה משוקמת



סקר נזקים באספלט Paver
Pavement Condition Index - PCI

M GEOKOM
הנדסה

מנחם - PMS מודל התדרדרות ה-PCI



שנה	PCI - ללא טיפולים	PCI - עם טיפולים
2022	85	85
2023	82	87
2024	80	86
2025	77	85
2026	74	84
2027	70	83

הרצת מודל לבחינת
השפעת הטיפולים על
מצב הרשת - PCI

הנדסה

M•GEOKOM
הנדסה