

THE GEOPHYSICAL INSTITUTE OF ISRAEL המכון הגיאופיסי לישראל
6 HABAAL SHEM TOV ST. LOD, ISRAEL 7128906 הבעש"ט 6, לוד, ישראל
P.O.B 182, 7110101 TEL: +972-8-9785888 FAX: +972-8-9208811 www.gii.co.il



מודלים רב שכבתיים של מהירויות גלי גזירה באתרי קידוחים וסקרי רפרקציה באזור השפלה מבוססים על מדידות רעש רקע

דו"ח מס' 026/842/16

דצמבר 2015

הוכן ע"י:

מיכאל קלמנוביץ' ומרינה גורשטיין

עבור

מחלקה להנדסת מבנים

אוניברסיטת בן גוריון, נגב

אנליזה של חתכי מהירויות גלי גזירה באזור השפלה בוצעה על פי בקשתה של ד"ר רוני קמאי. בגישה חצי ניסיונית המיושמת במכון, מודל תת הקרקע נקבע בכלים אנליטיים ופונקציה תגובת האתר המחושבת אמורה להיות זהה להערכה ניסיונית. הערכה ניסיונית מתקבל ממדידות רעש רקע בשילוב עם שיטת יחס ספקטרי של רכיבים אופקיים לאנכי (HVSR).

מודל רב שכבתי של תת הקרקע מתבסס על מידע גיאולוגי כללי, נתוני קידוחים, ותוצאות סקרים גיאופיסיים (חתכי רפרקציה ורפלקציה). הדמיון בין הערכות ניסיוניות ואנליטיות בערכי תדרי תהודה, הגברה וצורה הוא הוכחה לקבילותו של מודל תת קרקע.

כמה מילים על התפלגות תדר תהודה באזור השפלה ופרושה במובנים של חתך מהירויות גלי גזירה. השפלה ומישור החוף מאופיינים על ידי טווח רחב של תדרי תהודה מ-0.3 הרץ עד יותר מ-7 הרץ. השוואה עם המבנה הגיאולוגי בחלק המרכזי ומזרחי של השפלה מראה התאמה כללית בין תדר תהודה ראשון ועומק מחזיר אשר מיוצג על ידי גיר קרטוני ודולומיט (חבורת יהודה), כלומר תדר גדל כאשר עומק המחזיר פוחת בכוון למרגלות הרי יהודה. בכיוון החוף זוהה שינוי חד בערכי תדר תהודה מ-0.3 הרץ עד 1-2 הרץ. הסיבה לכך שהמחזיר הבסיסי, חבורת יהודה, יורד לעומקים 700-800 מ' (עומקים אלו מתאימים לתדרים 0.2-0.3 הרץ שזה גבול ההפרדה של סייסמומטר L-4C) ומתחלף על ידי אבן חול של חבורת כורכר. נציין כי בחלק מהאתרים באזור של החלפת רפלקטור זהו שני תדרי תהודה. תדר ראשון מתייחס למחזיר עמוק (דולומיט בחבורת יהודה) ותדר שני מתייחס למחזיר רדוד (חבורת כורכר).

טבלה 1 מציגה טווחי מהירויות גלי גזירה באזור השפלה בהתבסס על בניית מודלים באתרי קידוחים וסקרי רפרקציה.

טבלה 1. מהירויות גלי גזירה ליחידות מסלע באזור השפלה.

Material	Vs, m/sec
Alluvium, silt	150-250
Sand, loam	250-400
Sand, sandstone, gravel, conglomerate (Quaternary)	450-600
Calcareous sandstone (Kurkar Gr.), clay (Yafo Fm.)	600-700
Marl, chalk (Eocene-Senonian)	750-950
Chalky limestone and broken dolomite (Judea Gr.)	1100-1400
Dolomite and limestone (Judea Gr.)	1900-2000

במסגרת פרויקטים של הערכת סיכון סייסמי במישור החוף והשפלה, נמדד רעש רקע ביותר מ-300 נקודות; חלק מהמדידות בוצעו קרוב לקידוחים לבנית מודל אמין של תת הקרקע. בטבלה 2 ניתן לראות את הקואורדינטות של אתרי קידוחים מאזור השפלה שאינם כלולים בטבלה של רוני (ראה טבלה 3). מיקומם של אתרים מטבלאות 2 ו-3 מוצגים על גבי המפה הגיאולוגית בצירור 1.

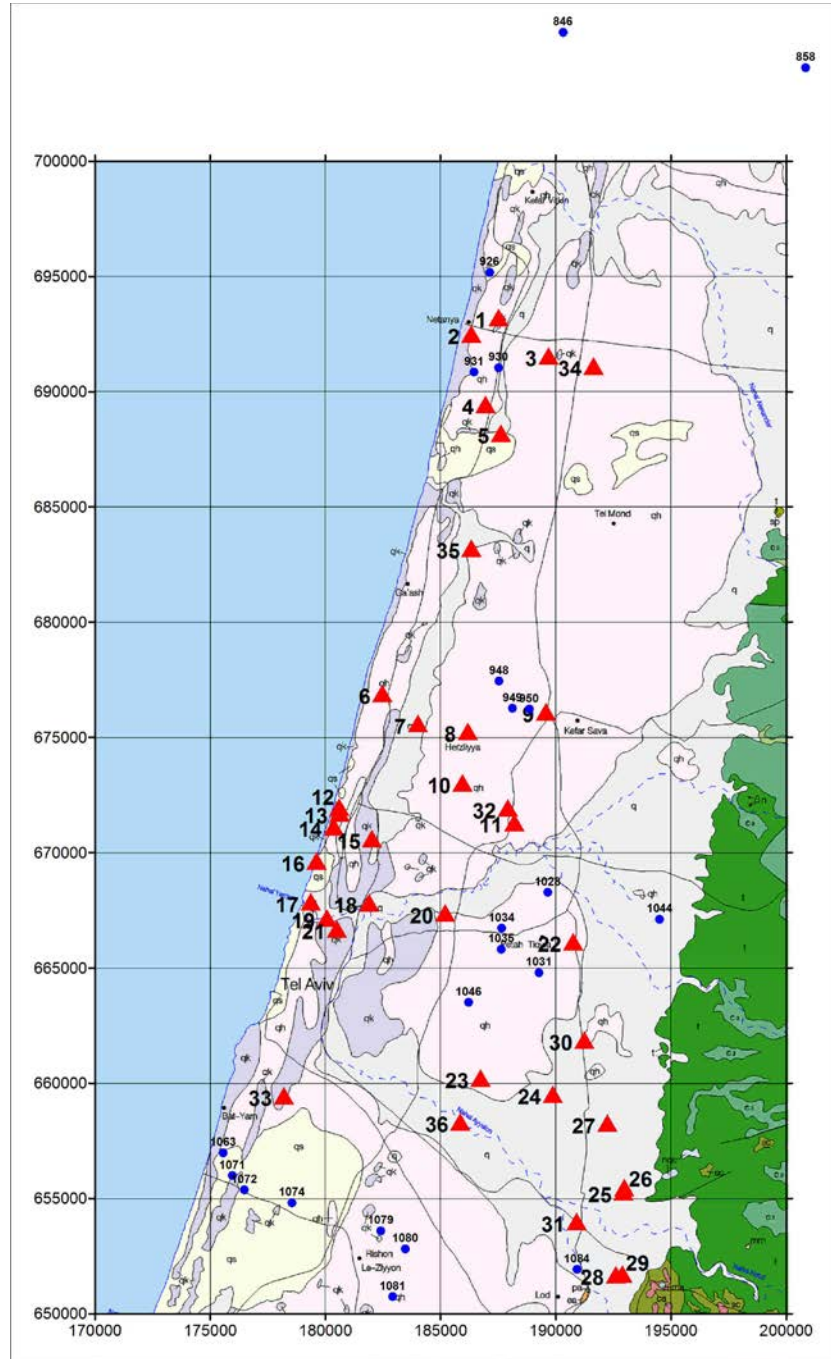
לכל נקודה מטבלה 2 מובאים הנתונים הבאים: חתכי מהירויות גלי לחיצה וגזירה מרפרקציה סייסמית (טבלה 4), מודל אופטימלי חד ממדי של תת הקרקע לאחר השוואת פונקציות תגובת אתר על פי מודל עם יחס ספקטרי ממוצע ממדידות רעש רקע (טבלה 5); חתכים ליתולוגיים וסטריגרפיים על פי מודלים של תת הקרקע (טבלה 6).

הסבר המפורט על תהליך פיתוח מודל רב-שכבתי של תת הקרקע באתרי קידוח וסקרי רפרקציה ניתן למצוא בפרסומים שלנו.
טבלה 2. אתרי מדידה שבהם נבנו מודלים של מהירויות גלי גזירה ומקורות מידע.

No	X	Y	Report	Refraction Line	Well
1	187520	693100	2002-595_274_02_COASTAL PLAIN		Netaniya 46/1
2	186335	692379	2002-595_274_02_COASTAL PLAIN		Netaniya 45/B
3	189685	691433	2002-595_274_02_COASTAL PLAIN		Netaniya 45/2
4	186950	689330	2003-569_313_03_HASHEFELA		Netaniya
5	187616	688083	2002-595_274_02_COASTAL PLAIN		Netaniya
6	182461	676784	2002-595_274_02_COASTAL PLAIN		Herzliyya C
7	184015	675480	2002-595_274_02_COASTAL PLAIN		Herzliyya Taasiya
8	186180	675146	2002-595_274_02_COASTAL PLAIN		Herzliyya 3
9	189566	675990	2003-569-345-03_KEFAR SAVA		Raanana 6
10	185953	672908	2006-569_237_06_PETAH TIKVA-haSHARON		Ramat Hasharon 36/3A
11	188199	671192	2006-569_237_06_PETAH TIKVA-haSHARON		Ramat Hadar 35/4
12	180589	671850	2008-519_401_08-NORTHERN_TEL-AVIV	NTA2	
13	180611	671597	2008-519_401_08-NORTHERN_TEL-AVIV	NTA2	
14	180365	671012	2002-595_274_02_COASTAL PLAIN	NTA1	
15	182019	670488	2002-595_274_02_COASTAL PLAIN		Sheikh Muneis 34/1
16	179605	669512	1998_516_22_Reading PS Delek-1-4	RPS_D1	
17	179359	667747	1998_516_22_Reading PS Delek-1-4	RPS_D4	
18	181900	667700	1998-516_22_98_Reading_Tel-Aviv		T" A 2
19	180062	667045	2002-595_274_02_COASTAL PLAIN		Usishkin 26
20	185200	667264	2006-569_237_06_PETAH TIKVA-haSHARON		Pardess Katz
21	180502	666576	2002-595_274_02_COASTAL PLAIN		Arye 30
22	190746	666024	2006-569_237_06_PETAH TIKVA-haSHARON	L-1	Petah Tiqwa
23	186727	660106	2007-569_303_07_LOD VALLEY		Tel Hashomer 30/5
24	189870	659405	2007-569_303_07_LOD VALLEY		Yahud
25	192930	655161	2007-569_303_07_LOD VALLEY	KIT-3	Lod32
26	192961	655352	2007-569_303_07_LOD VALLEY	KIT-3	
27	192233	658142	2007-569_303_07_LOD VALLEY	AT-2	Lod3
28	192598	651570	2007-569_303_07_LOD VALLEY	BS-4	YE 4
29	192890	651599	2007-569_303_07_LOD VALLEY	BS-4	
30	191225	661757	2007-569_303_07_LOD VALLEY		Lod23
31	190896	653875	2007-569_303_07_LOD VALLEY		LD-25
32	187915	671815	2007-569_303_07_LOD VALLEY		Saqiye 2
33	178190	659330	2002-595_274_02_COASTAL PLAIN		Holon 4
34	191636	690997	2002-595_274_02_COASTAL PLAIN		Nordia 45/3
35	186338	683095	2002-595_274_02_COASTAL PLAIN		B.Yehoshua
36	185852	658205	2002-595_274_02_COASTAL PLAIN		Or 'Yehuda29/5

טבלה 3. רשימת נקודות מדידה עם מודלים מרוני

Counting No.	Chart No.	No. in chart	X	Y	Lat	Long	max Vs in profile	profile depth
1106	5	846	190310	705580	32.44391	34.89456	700	31
1118	5	858	200840	704044	32.43029	35.00657	1900	189
1186	5	926	187123	695165	32.34991	34.86103	600	20
1190	5	930	187507	691031	32.31264	34.86525	750	41
1191	5	931	186450	690840	32.31089	34.85403	750	36
1208	5	948	187533	677433	32.19002	34.86598	1900	712
1209	5	949	188122	676254	32.17941	34.87226	1900	735
1210	5	950	188844	676216	32.17908	34.87992	1900	730
1288	5	1028	189650	668274	32.10749	34.88871	1900	264
1291	5	1031	189258	664793	32.07609	34.88467	1900	397
1294	5	1034	187649	666722	32.09344	34.86756	1900	405
1295	5	1035	187634	665814	32.08525	34.86743	1900	430
1304	5	1044	194509	667111	32.09712	34.94022	1900	22
1306	5	1046	186207	663504	32.06438	34.8524	1900	500
1323	5	1063	175557	656982	32.0052	34.73991	700	18
1332	5	1071	175956	655984	31.99621	34.74418	650	15
1333	5	1072	176478	655372	31.99071	34.74973	650	24
1335	5	1074	178543	654816	31.98578	34.77161	700	20
1340	5	1079	182388	653598	31.97493	34.81234	650	80
1341	5	1080	183457	652816	31.96791	34.82367	650	100
1342	5	1081	182914	650738	31.94915	34.81801	650	100
1345	5	1084	190908	651923	31.96007	34.90252	1900	132



ציור 1. מפת נקודות מדידה ממוקמות באתרי קידוחים שבהם נבנו מודלים של מהירויות גלי גזירה. מודלים מטבלה מסומנים במשולשים אדומים; מודלים מטבלה 3 מסומנים בנקודות כחולות (מספרים הם Counting). (No)

טבלה 4. חתכי מהירויות גלי לחיצה וגזירה מרפרקציה סייסמית ומקורות מידע

X	Y	Refraction Line	No Model	Layer 1		Layer 2		Layer 3		Layer 1		Layer 2		Layer 3		Project	GII report number
				Top	Vp	Top	Vp	Top	Vp	Top	Vs	Top	Vs	Top	Vs		
180522	671507	NTA2	12,13	0	460	-8.1	1800	-24	2280	0	270	-17	640	-36	940	Site effects from ambient noise measurements and seismic hazard assessment in northern Tel-Aviv	2008-519_401
180374	670843	NTA1	14	0	450	-10	1530	-22	2190	0	310	-26	1120			Site effects from ambient noise measurements and seismic hazard assessment in northern Tel-Aviv	2008-519_401
179560	669434	RPS_D1	16	0	720	-3.5	1640	-22	2390	0	200	-3.5	350	-22		Shtivelman V. Seismic Refraction Surveys near the fuel storage devices Delek-1 and Delek-4 in the Reading	1998_516_22
179361	667657	RPS_D4	17	0	390	-3.5	1570	-11	2350	0	210	-3.5	370	-11	1170	Shtivelman V. Seismic Refraction Surveys near the fuel storage devices Delek-1 and Delek-4 in the Reading	1998_516_22
191420	666762	L-1	22	0	464	-7.7	1638	-30	1907							M. Ezersky. Seismic refraction survey at the Dimona, Arad and Petah-Tikva areas for site response assessment	2006-266_220
192924	655114	KIT-3	25,26							0	240	-16	1100-1300			M. Ezersky. Seismic refraction survey for site response assessment in the Lod Valley area.	2007_286_07
192246	658171	AT-2	27	0	450	-21	1100	-50	2600	0	260	-21	550	-50	1100-1400	M. Ezersky. Seismic refraction survey for site response assessment in the Lod Valley area.	2007_286_07
192646	651600	BS-4	28,29	0		5-7				0	280	5-7	490	-17-22	800/1400	M. Ezersky. Seismic refraction survey for site response assessment in the Lod Valley area.	2007_286_07

טבלה 5. מודל אופטימלי של מהירויות גלי גזירה כתוצאה משימוש משולב של מדידות רעש רקע, מידע גיאופיסי ומקידוחים

f_1 and f_2 are the first (fundamental) and second resonance frequencies of HVSR;

A_1 and A_2 are amplifications associated with these frequencies respectively;

h_1 and V_{s1} are thickness and V_s velocity for each layer of multilayer model.

No	Point	f_1 , Hz	A 1	f_2 , Hz	A 2	h_1 , m	V_{s1} , m/sec	h_2 , m	V_{s2} , m/sec	h_3 , m	V_{s3} , m/sec	h_4 , m	V_{s4} , m/sec	h_5 , m	V_{s5} , m/sec	Reflector depth	V_s reflector
1	PSS70	6.6	2.5			10	270	0		0		0		0		10	600
2	PSS67	2.3	2.0			5	270	5	540	10	300	16	350	0		36	600
3	PSS68	2.1	3.0			20	250	17	340	0		0		0		37	750
4	PSS65- 2	2.0	2.5			8	250	4	500	13	280	5	500	7	270	37	750
5	PSS65	1.7	3.0			30	250	3	350	4	545	4	330	0		41	750
6	PSS58	3.4	3.0			19	250	0		0		0		0		19	750
7	PSS59	1.7	2.5			5	500	35	280	0		0		0		40	750
8	PSS60	1.6	2.5			10	350	40	320	0		0		0		50	750
9	KS130	0.4	3.0			120	550	26	610	200	660	270	850	0		616	1900
10	Pt535	1.5	2.0			15	350	42	350	0		0		0		57	700
11	Pt358	0.4	3.0	1.5	1.7	100	600	100	650	120	750	150	850	0		470	1900
12	NTA6	5.0	3.5			2	330	4	530	4	210	3	300	0		13	970
13	NTA8	4.5	4.0			3	280	3	400	3	160	4	330	0		13	950
14	PSS48- 2	3.3	3.5			10	310	9	315	4	390	6	550	0		29	1120
15	PSS49	12.0	2.0			1	290	2	350	2	470	1	440	1	240	7	720
16	D1	3.5	3.5			25	350	0		0		0		0		25	1170
17	D4	3.2	4.0			23	300	0		0		0		0		23	1170

18	DLK3-3	1.2	2.5			20	290	40	300	0		0		0		60	750
19	PSS51	1.4	5.5			10	295	10	190	8	200	7	300	5	290	40	1120
20	Pt550	2.3	2.0			45	420	0		0		0		0		45	750
21	PSS52	1.8	3.0			19	515	9	206	7	500	6	330	0		41	900
22	Pt155	1.2	4.5	1.9	3.5	55	320	165	1100	0		0		0		220	1900
23	LV88	0.4	3.5	1.7	2.0	50	590	200	650	100	750	110	850	0		460	1900
24	LV65	1.4	4.5	1.9	3.0	50	310	150	1101	0		0		0		200	1900
25	LV132	4.0	7			5	240	30	1300	0		0		0		35	1900
26	LV133	10.8	3			12	240	50	1300	0		0		0		62	1900
27	LV256	1.1	2.5	2.8	6.5	20	250	22	600	200	1100	0		0		242	1900
28	LV140	2.7	5.5			12	290	18	500	45	800	45	1400	0		120	1900
29	LV486	3.4	3			5	240	12	490	20	800	25	1200	0		62	1900
30	LV19	1.8	6			27	200	13	550	15	750	85	950	30	1100	170	1900
31	LV552	1.4	4.5	3	3	25	415	7	500	55	600	40	800	40	1250	167	1900
32	LV364	0.3	1.7	1.4	2.5	45	440	45	740	250	620	200	1200	0		540	1900
33	PSS129	4.1	2.5			18	300	0		0		0		0		18	700
34	PSS69	1.4	2			15	250	63	450	0		0		0		78	1000
35	PSS123	1.9	2.5			12	250	6	350	15	250	0		0		33	700
36	PSS130	1.5	2.5			40	250	0		0		0		0		40	700

טבלה 5. חתכים ליתולוגיים וסרטיגרפיים בהתאם למודלים תת הקרקע מבוססים על מידע מקיזוחים

No	Layer1		Layer2		Layer3		Layer4		Layer5		Reflector		Refraction	Well
1	Holocene	Alluvium									Pleistocene	Kurkar		Netaniya 46/1
2	Holocene	Alluvium	Pleistocene	Kurkar	Pleistocene	Hamra	Pleistocene	Hamra			Pleistocene	Kurkar		Netaniya 45/B
3	Holocene	Alluvium	Pleistocene	Hamra							Pleistocene	Kurkar		Netaniya 45/2
4	Holocene	Alluvium	Pleistocene	Kurkar	Pleistocene	Hamra	Pleistocene	Kurkar	Pleistocene	Hamra	Pleistocene	Kurkar		Netaniya
5	Holocene	Alluvium	Pleistocene	Hamra	Pleistocene	Kurkar	Pleistocene	Hamra			Pleistocene	Kurkar		Netaniya
6	Holocene	Alluvium									Pleistocene	Kurkar		Herzliyya C
7	Pleistocene	Kurkar	Pleistocene	Hamra							Pleistocene	Kurkar		Herzliyya Taasiya
8	Holocene	Alluvium	Pleistocene	Hamra							Pleistocene	Kurkar		Herzliyya 3
9	Pleistocene	Hamra, kurkar	Pleistocene	Kurkar	Pliocene	Marl	Pliocene	Marl			Turonian	LS		Raanana 6
10	Holocene	Alluvium	Pleistocene	Hamra							Pleistocene	Kurkar		Ramat Hasharon 36/3A
11	Pleistocene	Hamra, kurkar	Pliocene	Marl	Pliocene	Marl	Pliocene	Marl			Turonian	LS		Ramat Hadar 35/4
12	Holocene	Alluvium	Pleistocene	Hamra, kurkar	Pleistocene	Hamra, kurkar	Pleistocene	Hamra, kurkar			Pleistocene	Kurkar	NTA2	
13	Holocene	Alluvium	Holocene	Alluvium	Holocene	Alluvium	Pleistocene	Hamra, kurkar			Pleistocene	Kurkar	NTA2	
14	Holocene	Alluvium	Pleistocene	Hamra, kurkar	Pleistocene	Hamra, kurkar	Pleistocene	Hamra, kurkar			Pleistocene	Kurkar	NTA1	
15	Holocene	Alluvium	Holocene	Alluvium	Holocene	Alluvium	Pleistocene	Hamra, kurkar	Pleistocene	Hamra, kurkar	Pleistocene	Kurkar		Sheikh Muneis 34/1
16	Holocene	Alluvium									Pleistocene	Kurkar	RPS_D1	
17	Holocene	Alluvium									Pleistocene	Kurkar	RPS_D4	
18	Holocene	Alluvium	Pleistocene	Hamra, kurkar							Pleistocene	Kurkar		T"A 2
19	Holocene	Alluvium	Holocene	Alluvium	Holocene	Alluvium	Pleistocene	Hamra, kurkar	Pleistocene	Hamra, kurkar	Pleistocene	Kurkar		Usishkin 26
20	Pleistocene	Hamra, kurkar									Pleistocene	Kurkar		Pardess Katz
21	Pleistocene	Hamra, kurkar	Pleistocene	Hamra, kurkar	Pleistocene	Kurkar	Pleistocene	Hamra, kurkar			Pleistocene	Kurkar		Arye 30
22	Holocene	Alluvium	Senonian-Eocen	Chalk							Turonian	LS	L-1	Petah Tiqwa
23	Pleistocene-Holocene	Hamra, kurkar, alluvium	Pliocene	Marl	Pliocene	Marl	Pliocene	Marl			Turonian	LS		Tel Hashomer 30/5
24	Pleistocene-Holocene	Hamra, kurkar, alluvium	Senonian-Eocen	Chalk							Turonian	LS		Yahud
25	Pleistocene-Holocene	Silt, Clay, loam	Turonian	Chalky Limestone							Cenomanian	Dolomite	KIT-3	Lod32
26	Pleistocene-Holocene	Silt, Clay, loam	Turonian	Chalky Limestone							Cenomanian	Dolomite	KIT-3	
27	Pleistocene-Holocene	Silt, loam	Pleistocene	Kurkar	Turonian	Ch. LS and broken Dol.					Cenomanian	Dolomite	AT-2	Lod3
28	Pleistocene-Holocene	Silt, Clay	Pleistocene	Kurkar	Senonian	Marl					Cenomanian	Dolomite	BS-4	YE 4
29	Pleistocene-Holocene	Silt, Clay	Pleistocene	Kurkar	Senonian	Marl					Cenomanian	Dolomite	BS-4	
30	Pleistocene-Holocene	Sand, loam	Pleistocene	Kurkar	Pleistocene	Kurkar	Senonian	Chalk	Turonian	Chalky Limestone	Cenomanian	Dolomite		Lod23
31	Pleistocene-Holocene	Loam	Pleistocene	Conglomerate	Neogene	Clay	Senonian	Chalk	Turonian	Chalky Limestone	Cenomanian	Dolomite		LD-25
32	Pleistocene-Holocene	Sandy clay	Pleistocene	Kurkar	Neogene	Clay	Turonian	Ch. Limestone			Cenomanian	Dolomite		Saqiye 2
33	Holocene	Alluvium									Pleistocene	Kurkar		Holon 4
34	Pleistocene-Holocene	Sand, loam	Pleistocene	Clay							Pleistocene	Kurkar		Nordia 45/3
35	Pleistocene-Holocene	Loamy sand	Pleistocene	Loam	Pleistocene	Loamy sand					Pleistocene	Kurkar		B. Yehoshua
36	Pleistocene-Holocene	Silt, Clay									Pleistocene	Kurkar		Or 'Ehuda29/5

פרסומים

Zaslavsky, Y., Begin Z. B., Gorstein, M., Kalmanovich, M., and Shapira, A., 2002. On the correlation between surface geology and site response along the coastal plain of Israel, GII Report No. 595/222/02, GSI Report No. GSI/24/02.

Zaslavsky, Y., Shapira, A., Gorstein, M., Kalmanovich, M., Perelman, N., Giller, V., Livshits, L., Shvartsburg, A., Ataeva G., Aksienko, T., Giller, D., Dan I., and Perelman N., 2003. Local site effect of Hashfela and Hasharon regions based on ambient vibration measurements, GII Progress Report No 569/313/03.

Zaslavsky, Y., Shapira, A., Gorstein, M., Kalmanovich, M., Giller, V., Perelman, N., Livshits, I., Giller D., and Dan, I., 2005. Site response from ambient vibrations in the towns Lod and Ramle (Israel) and earthquake hazard assessment, Bulletin of Earthquake Engineering, Volume 3 No. 3, 355-381.

Zaslavsky, Y., Ataev G., Gorstein, M., Hofstetter, A., Kalmanovich, M., Aksienko, T., Giller, D., Dan I., Giller, V., Livshits, I., Perelman N. and Shvartsburg, A., 2006. Site effect and seismic hazard assessment for Petah Tikva, Hod Hasharon and Rosh Haayin towns: continuation of measurements in Hashefela area. GII Report No. 569/237/06.

Zaslavsky, Y., Gorstein, M., Ataev, G., Kalmanovich, M., Giller, D., Dan, I., Aksinenko, T., Giller, V., Livshits, I., and Shvartsburg, A., 2007. Empirical determination of site effects for the assessment of earthquake hazard and risk to the southern Sharon and Lod valley areas, Reput No. 569/237/07.

Zaslavsky, Y., A. Shapira, G. Ataev, M. Gorstein, T. Aksinenko, M. Kalmanovich, N. Perelman, and R. Hofstetter, 2009. Using Ambient Noise Measurements in the Process of Assessing Earthquake Hazards in Urban Areas: Examples from Israel, Authors / Editors: T. Miura and Y. Ikeda, Earthquake Engineering: New research, Nova Publisher, pp. 155-218.