

חשיפה לרטט יד-זרוע וכל-גופי והשפעותיה;
הערכה איכותנית וחצי כמותית בהשוואה
לכמותית

ד"ר אשר פרדו

המוסד לבטיחות ולגיהות



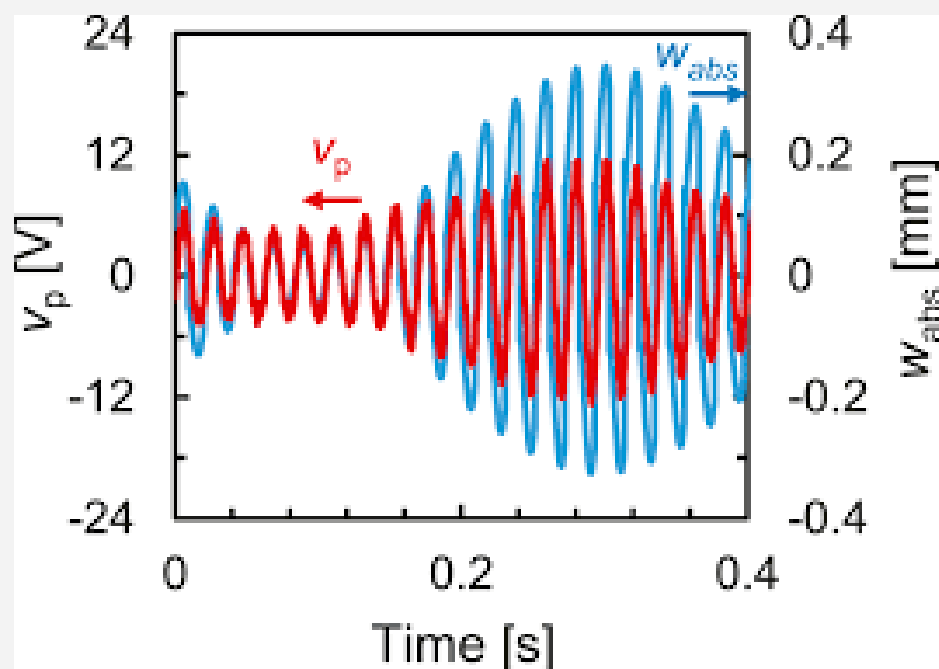
- Whole-body vibration (WBV)
- Hand-arm vibration (HAV)
- Foot-transmitted vibration (FTV)

Vibration “Types”



מצב תהודה

כאשר התדירות העצמית של גוף הרמונית עם התדירות של הכוח החיצוני המופעל מתפתח מצב תהודה (רזוננס) המגביר את עוצמת הרטט.





השלב כמערכת קפיצים

Exposure at resonance is linked with increase injury risk

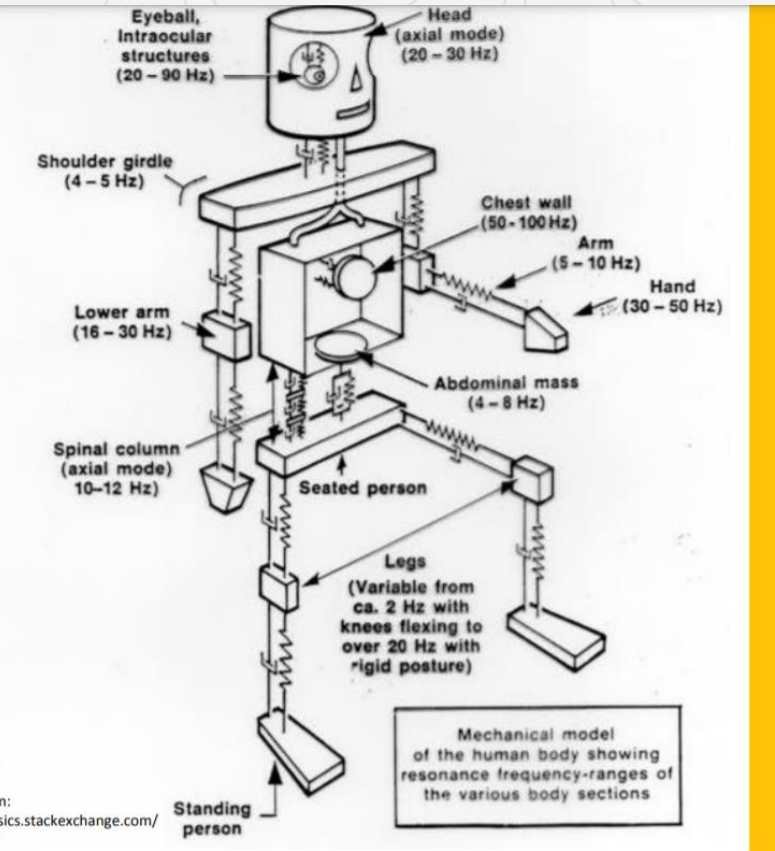


Image From:
<http://physics.stackexchange.com/questions/>



השלד כמערכת קפיצים

תדירות רזונטיבית אנכית של כלל הגוף ושל איברים בודדים (הרץ):

14 - 10 , 8 - 3	כלל הגוף
60 - 3	רוב אברי הגוף (ממוצע)
30 - 20	ראש - כתף
90 - 60	עיניים
200 - 100	גולגולת - לסת תחתונה
8 - 4 (בעיקר 5)	גב

הדעיכה בין הראש לרגליים היא בגובה 40 דציבל ובין הראש לידיים היא בגובה כ- 30 דציבל.

מחקרים מראים שסיבולת אדם היושב על מצע רוטט אנכית (כלל גופני) היא נמוכה ביותר בתחום התדירויות 3 - 14 הרץ וזו של אדם עומד היא בתחום דומה.



השלב כמערכת קפיצים

- ככל שמסת הגוף גדולה יותר תדירות הרזוננס נמוכה יותר.
- הגוף פגיע יותר לרטט בחשיפה לתדירות רזונטיבית (תדירות הגוף הטבעית בהרמוניה עם תדירות הכוח החיצוני המופעל).
- הנזק העיקרי מרטט מופיע בתחומי התדירות הבאים :
 - כלל גוף: 1 – 100 הרץ.
 - גפיים עליונות: 4 – 2000 הרץ



חשיפה תעסוקתית

- ❖ כ- 10 מיליון עובדים חשופים בארה"ב לרטט, מתוכם כ- 80% חשופים לרטט כל-גופי וכ- 20% לרטט יד-זרוע..
- ❖ במדינות האיחוד האירופי משתנות ההערכות של אחוז העובדים החשופים לרטט ממדינה למדינה ובחלק מהן האומדן מגיע ל- 25% - 30% מהעובדים.
- ❖ באוסטרליה אומדן אחוז החשופים דומה וגם בארה"ב מדובר במיליוני עובדים.
- ❖ הסתכלות בנפרד על כל ענף תעסוקה מצביעה על אחוזי חשיפה הגבוהים בענף הבנייה (באירופה 63%).



מקורות חשיפה

א. רטט יד-זרוע

ציוד פניאומטי: סימרור, קידוח, פיטוש, השחזה, מכונות שיבוב מונעות בדוושות, משורי סרט וכו'.

ב. רטט כל-גופי

כלים כבדים (טרקטורים, טנקים)

רכב כבד ואוטובוסים

כלים חקלאיים

ברוב הכלים האלה רוב התנודות הן בתדירות קטנה מ- 2 הרץ ולא מגיעה לרזוננס הגוף.

תדירות קטנה מ- 1 הרץ עלולה לגרום אצל אנשים רגישים ל"מחלת הנסיעה".





מקורות חשיפה

תעשיות שבהן מצאו ממצאים קליניים בעובדים שנחשפו חשיפת יתר לרטט מכני

מקור שכיח לויברציה	סוג רטט	תעשייה
הפעלת טרקטור	כל-גופי	חקלאות
מכשירים פניאומטיים	יד-זרוע	יצור דודי חימום
כלים כבדים, מקדחים, פניאומטיים, פטישי אוויר	כל גופי ויד-זרוע	בנין
כלי יד רוטטים	יד-זרוע	חיתוך יהלומים
הפעלת טרקטור, משורי חיתוך	כל גופי ויד-זרוע	יערנות
פירוק יציקות	יד-זרוע	בתי יציקה
מקצועה חשמלית	יד-זרוע	יצור רהיטים



מקורות חשיפה

תעשיות שבהן מצאו ממצאים קליניים בעובדים שנחשפו חשיפת יתר לרטט מכני

מקור שכיח לויברציה	סוג רטט	תעשייה
מפעילי רכבים, מקדחת סלעים	כל גופי ויד-זרוע	כרייה
ציוד הטבעה	יד-זרוע	מתכת
מכשירי יד פניאומטיים	יד-זרוע	מספנות
נולים, מכונות תפירה	יד-זרוע	טקסטיל
נהיגה והפעלת מכונות	כל-גופי	תחבורה



השפעות בריאותיות

נזקים מרטט יכולים להופיע במרכיבים הבאים:

- מרכיב עצם
- מרכיב שרירי
- מרכיב עצבי
- מרכיב וסקולרי

פעולות פשוטות כמו רפלקסים יכולות להיות מורכבות מאלמנט קינטי אחד. פעולות מורכבות יותר בנויות על שרשרת אלמנטים קינטיים.



השפעות בריאותיות

גירויים והפרעות (כללי)

- בתדירות קטנה מ- 2 הרץ – גירוי המבוך באוזן הפנימית, פעולה על איבר שיווי המשקל, גירוי מערכת העצבים המרכזית, בחילה. נגרם מאמצעי תעבורה (מטוס, ספינה, גמל).
- בתדירות 2 – 20 הרץ : הפרעות עצביות והפרעות בראייה. נגרם ממכוניות, רכבות, טרקטורים.
- בתדירות 20 – 2000 הרץ : תסמונת רינו ופגיעה בעצמות. נגרם מכלים רוטטים.



השפעות בריאותיות

רטט יד-זרוע

ניתן להסביר את הרטט כמכות הלם זעירות בעלות השפעה מצטברת - מיקרוטראומה.

50% מעובדים בחשיפת יתר לרטט יד-זרוע חווים סימפטומים קליניים.



- אחת התסמונות הידועות יותר כנזק מחשיפה ממושכת לויברציות היא תסמונת רינו (Raynaud) והיא חלק מקבוצת תסמונות של רטט יד-זרוע. התסמונית מתבטאת בניוון סיבי עצבים וכלי דם קטנים באצבעות כף היד וביד ואיבוד תחושה תרמית. האפקט מצטבר ונצפה לאחר זמן.



נזקי רטט הגפה העליונה



תסמונת Raynaud (אצבעות לבנות)

- צמצום אספקת דם לאצבעות
- ניוון כלי דם ועצבים
- כאבים
- עקצוץ וחוסר תחושה באצבעות

תסמונת רטט הגפה העליונה

- זרימת דם היקפית
- שרירים, עצמות, פרקים
- עצבים של הידיים והזרועות

- מוגבלות בביצוע עבודה
- הפחתה בביצועים פיסיים
- פגיעה ביכולת לבצע פעולות עדינות
- אבדן הכוח בידיים

שכיחות תסמונת הגפה העליונה ופוטנציאל חשיפה במקומות שונים בעולם



תסמונת האצבע
הלבנה (raynaud)

- 5,620 מקרים בעשור האחרון
- למעלה מ- 200 מקרים ב- 2019
- 2 מיליון חשופים
- כ- 50% צפויים לפתח את התסמונת
- כ- 100,000 מקרים
- כ- 50% צפויים לפתח את התסמונת
- 67% במדגם עובדים ממספר תעשיות חשופים מעל הרמה המרבית, 85% חשופים מעל רמת הפעולה.
- 300-400 מקרים בכל שנה בשנים האחרונות



מקרים חדשים של תסמונת יד-זרוע ותסמונת התעלה הקרפלית בכל שנה בבריטניה

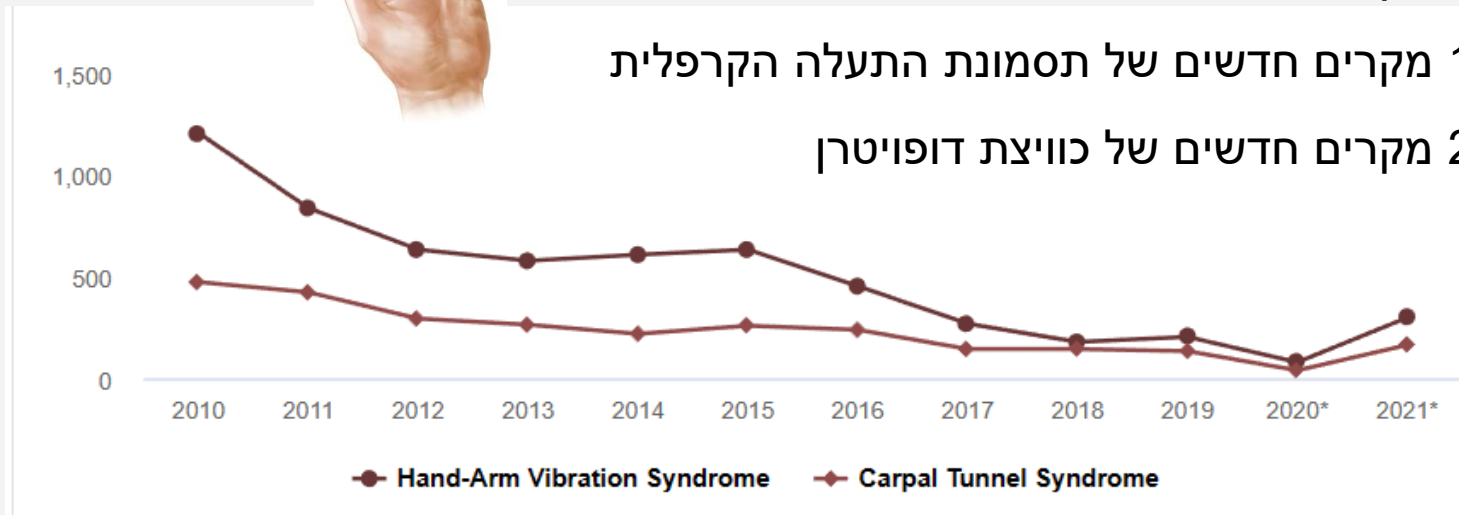


שנת 2021

▪ 300 מקרים חדשים של תסמונת יד-זרוע

▪ 165 מקרים חדשים של תסמונת התעלה הקרפלית

▪ 255 מקרים חדשים של כוויצת דופויטרן





תסמונת גפה עליונה - נזקליסטומכני
בטיחות ובריאות בעבודה - זה אנחנו.



**Hand-Arm Vibration
Syndrome (HAVs)**



**Vibration Induced
White Foot**

- osteoarticular, neurological and vascular disorders including vibration induced white finger and vibration induced white feet



השפעות בריאותיות

רטט יד-זרוע

ראיות קליניות נוספות בחשיפת יתר לרטט יד-זרוע

- ניוון עצבי ודלקתיות בעצבי האמה (חוסר תחושת מגע ותחושה תרמית, חולשת שרירים).
- בריחת סידן מעצמות האמה
- שינוי במבנה השרירים (ניוון)
- דלקות שרירים של הגפיים העליונות, דלקות עצבים, פגיעה בחוליות צוואר.
- השפעות נוספות: עצבנות יתר, הפרעות בשינה



השפעות בריאותיות

רטט כל גופי

שלד, שרירים

בלוטות הפרשה פנימית, ברקמות ובתאים

מערכת קרדיווסקולרית, צריכת חמצן,

גידיים, פעילות חשמלית של המוח.

שינויים ביכולת לבצע תפקידים מורכבים.

שינויים מכניים:

ביוכימיים:

פיסיולוגיים:

רפלקסים

פסיכולוגיים:



רטט כל-גופי: השפעות בריאותיות

בסיחות זכר יאמר בעבודתו - זהו אמת.

סימפטומים תדירות (Hz)

9 - 4	תחושה כללית של אי נוחות
20 - 13	תחושות בראש, השפעה על הדיבור
8 - 6	סימפטומים בלסת התחתונה
16 - 12	גוש בגרון
- 5	כאבים בחזה
	7
10 - 4	כאבי בטן
- 10	רצון עז להשתנה
	18
20 - 13	עליה בטונוס שרירים
8 - 4	השפעה על הנשימה
9 - 4	התכווצות שרירים



השפעות בריאותיות

תצפיות פיסיולוגיות

1. האצה מסויימת בקצב צריכת חמצן, איזורור ריאתי ותפוקה לבבית.

2. עיכוב רפלקסים גידיים

3. ליקוי בוויסות יציבות (השפעה על רפלקסים ספינליים)

4. שינויים בפעילות החשמלית של המוח

5. השפעות על המערכת האנדוקרינית

6. שינויים בחדות הראייה

נצפו גם ליקויים בביצוע מטלות מוטוריות מורכבות



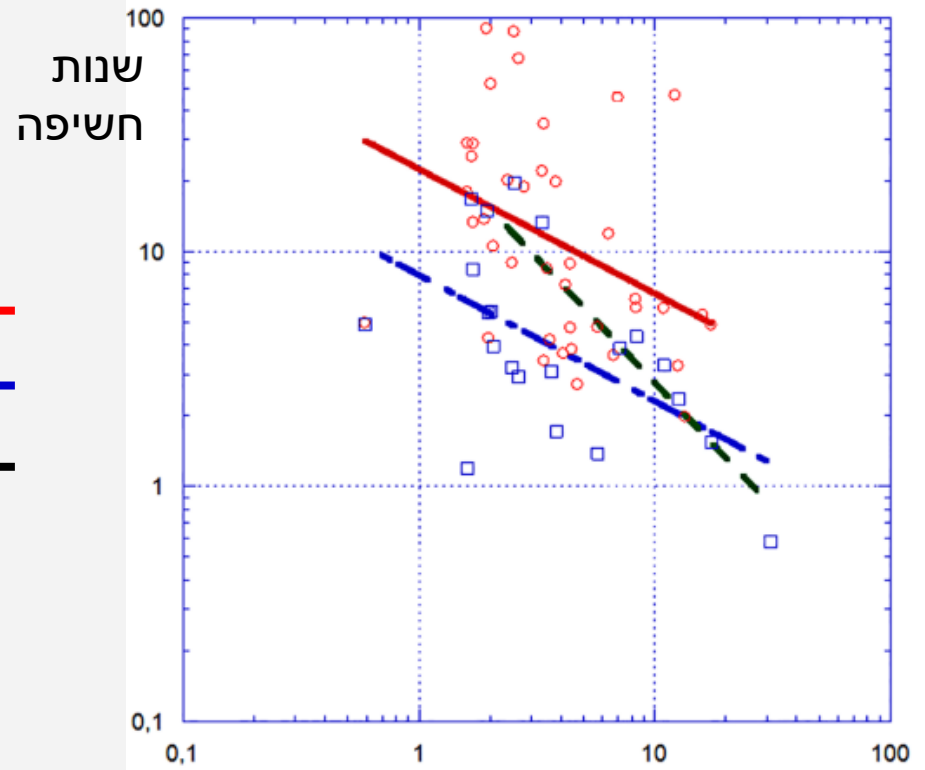
השפעות בריאותיות

גורמים המגבירים נטייה לפגיעה מרטט

- משך זמן עבודה (משך חשיפה מצטבר)
- סוג המקור (כלי)
- גיל העובד ומצב בריאותו
- אופן ביצוע העבודה
- תנוחת העובד ואופן אחיזתו בכלי רוטט
- פעילות ספורטיבית

קשר בין עוצמת חשיפה לנזק

תסמונת רינו
נזק עצבי
הערכת תקני
ISO



Nilsson et al, 2017

עוצמת חשיפה ממוצעת ומשוקללת ל- 8 שעות
(מטר/שנייה²)

קשר בין עוצמות חשיפה לנזק בגפה העליונה

נזק בריאותי		עוצמת חשיפה (מטר/שניה ²)	משך חשיפה (שנים)	סוג עבודה
אחוז נפגעים (%)	נזק			
36.4	פגיעה במרפק (רקמות חיבור בים גידם לשרירים)	<4	10	בית יציקה - עבודה בפטיש פניאומטי
47.1		8 - 4		
56.4		>8		
2.4	תסמונת אצבעות לבנות	<1	גבוה מ- 10 שנים	השחזה, מספנה, מוסך, בניין, מחצבה, בית יציקה, כריתת עצים
11.1		2.5 - 1		
19.5		5 - 2.5		
38.7		>5		

רמה מרבית מותרת לחשיפה - 5 מטר/שנייה²

קשר בין עוצמות חשיפה לנזק בגפה העליונה

נזק בריאותי		עוצמת חשיפה (מטר/שניה ²)	משך חשיפה (שנים)	סוג עבודה
אחוז נפגעים (%)	נזק			
19	נזק עצבי	2.5 - 2	10	השחזה
21	נזק לכלי דם			
44	תסמונת רטט (HAVS) ותסמונת אצבעות לבנות	3	10	השחזה בעבודות מתכת ובניין
42	תסמונת אצבעות לבנות	3.2	15 - 10	השחזה
				מקדחי אוויר (פטישי אוויר)
35	נימול וחוסר תחושה	4.15	30 - 8	מסור סרט
20		13.3		ריסוק בטון
24		2.05		מפתח ברגים (בוקסות)

רמה מרבית מותרת לחשיפה - 5 מטר/שנייה²

שיטות להערכה איכותנית, חצי כמותית וכמותית

- הערכה חצי כמותית של חשיפה לרטט בשילוב תצפית וראיון נערכה על פי שיטה בריטית הנהוגה בעולם ומתבססת על נתוני יצרן לתאוצת הרטט של כלי העבודה ומשך החשיפה ביום עבודה.
- הערכה כמותית נערכת באמצעות מדידה מכשירנית בהתאם לדירקטיבה האירופית ותקני ISO.

מדדים ותקנים

- תקן החשיפה התעסוקתית מורכב משילוב תאוצת הרטט ומשך החשיפה.

רמת פעולה	חשיפה ממוצעת משוקללת ל- 8 שעות	
(m/sec ²) 2.5	(m/sec ²) 5	גפה עליונה
(m/sec ²) 0.5	(m/sec ²) 1.15	כל גופי

הערכת חשיפה פוטנציאלית מתבצעת לפי:

- הנחיות הדירקטיבה האירופית לרטט 2002/44/EC

- תקנים: ISO 5349 ו- EN ISO 2631

תקני אומדן חשיפה פוטנציאלית: EN12096, CEN/TR

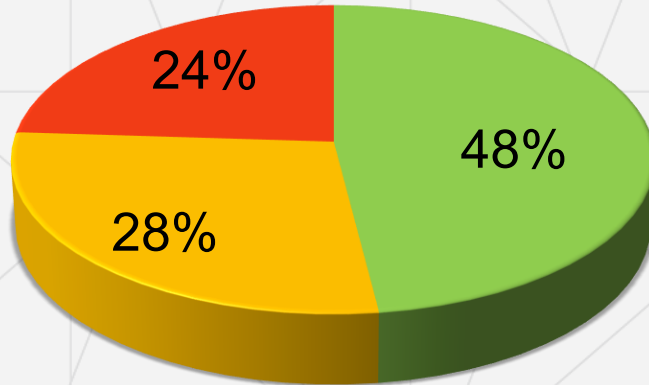
15350:2013



חשיפת עובדים לרעיונות צהובים בטיחות זכריות בעבודה - זה איתנו.

בהשוואה לתקן חשיפה מרבית

766 עובדים



■ אין חריגה

■ מעל רמת פעולה

■ מעל רמה מירבית

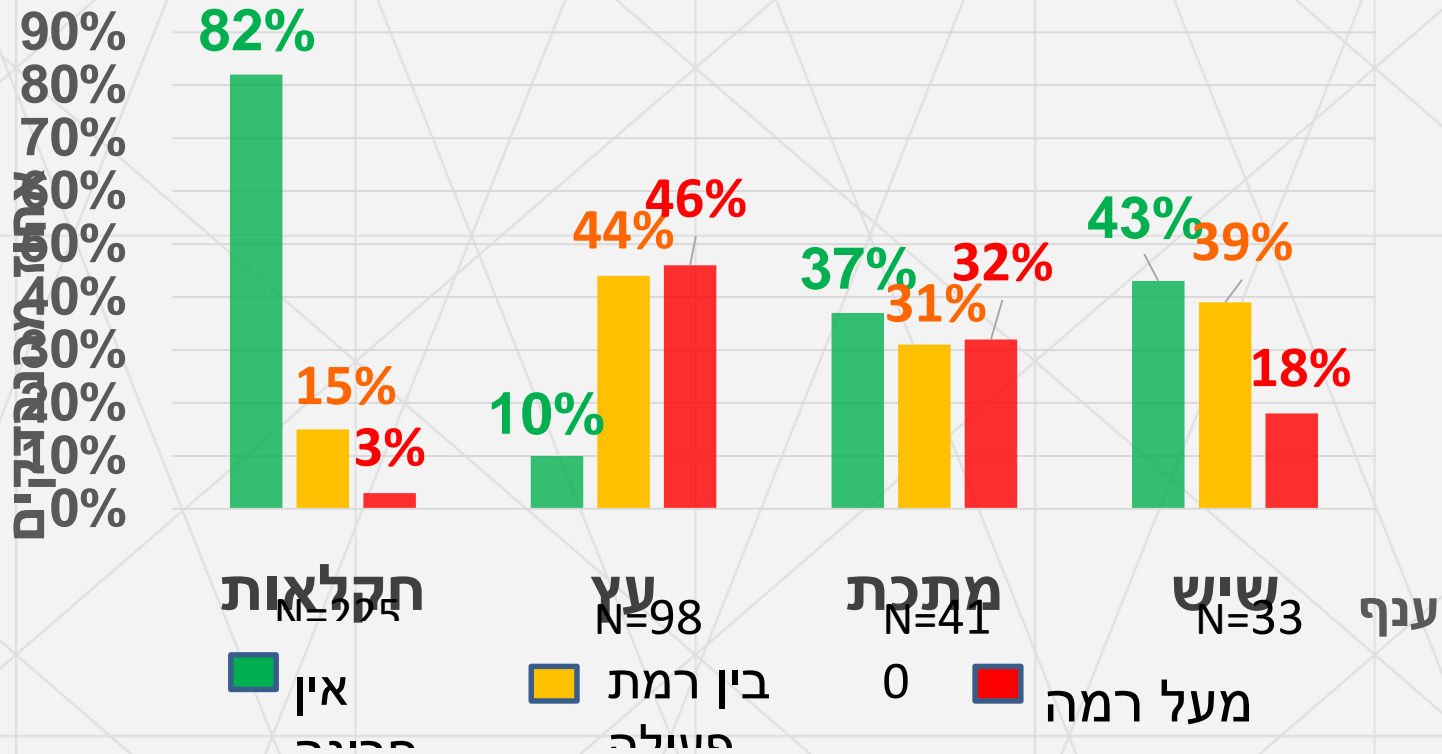


חשיפה תעסוקתית

בטיחות ובריאות בעבודה - זה אנחנו.

חשיפה גבוהה מרמה מרבית מותרת		ענף
רטט כל-גופי (%)	רטט יד-זרוע (%)	
2.1%	2.7	חקלאות
0.0	45.9	עץ
0.0	31.7	מתכת
0.0	18.2	תעשיית שיש
2.0	24.4	סה"כ

אומדני חשיפה ממוצעת בין שלושה תחומי חשיפה על פי ענפי תעסוקה ראשיים

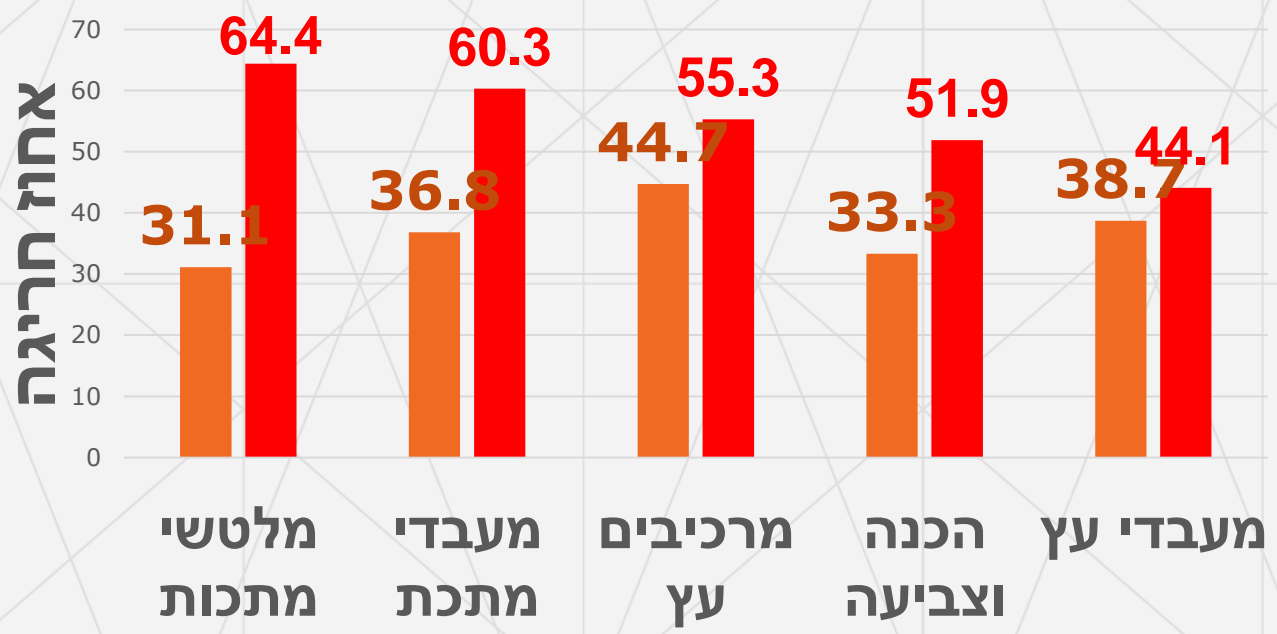




התפלגות אומדני חשיפה ממוצעת ומשוקללת לרטט יד-זרוע

מספר בטיחות ממוצע
בטיחות ובריאות בעבודה - זה אנחנו.

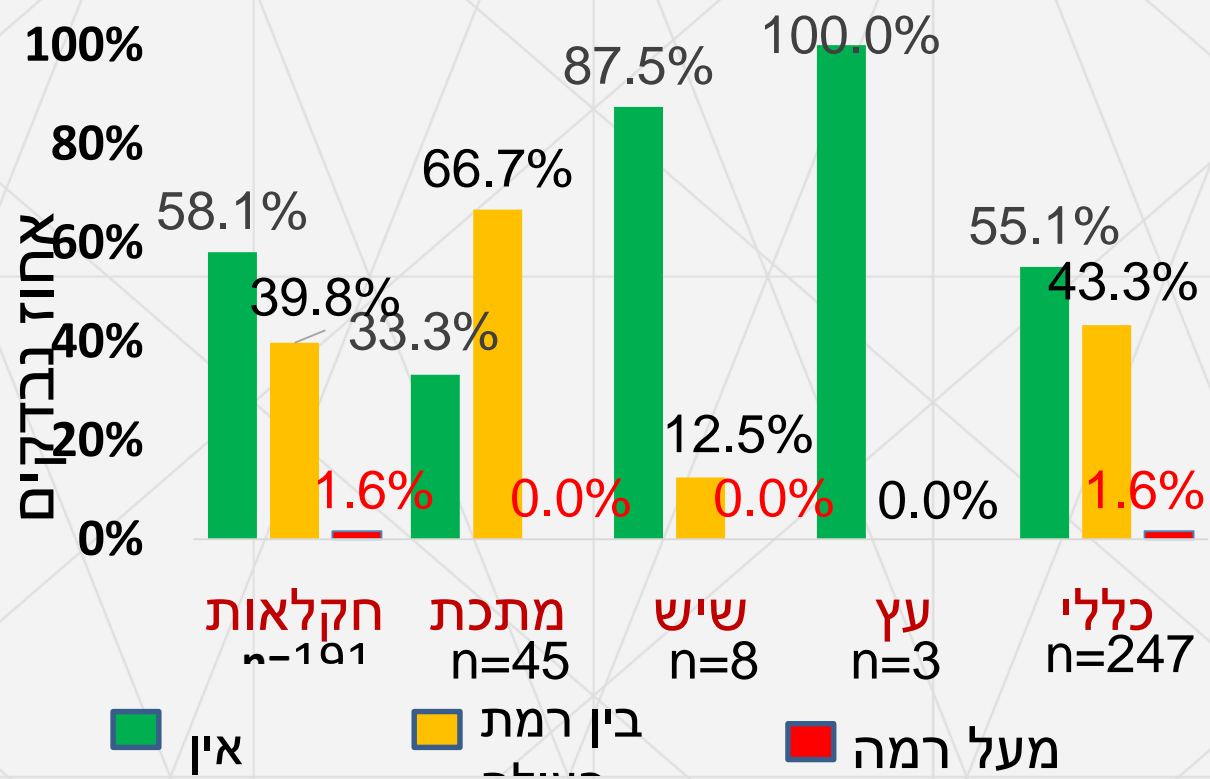
בתחומי עיסוק שונים



■ מעל רמת הפעולה



אומדני חשיפה בין שלושה תחומי חשיפה על פי ענפי תעסוקה ראשיים



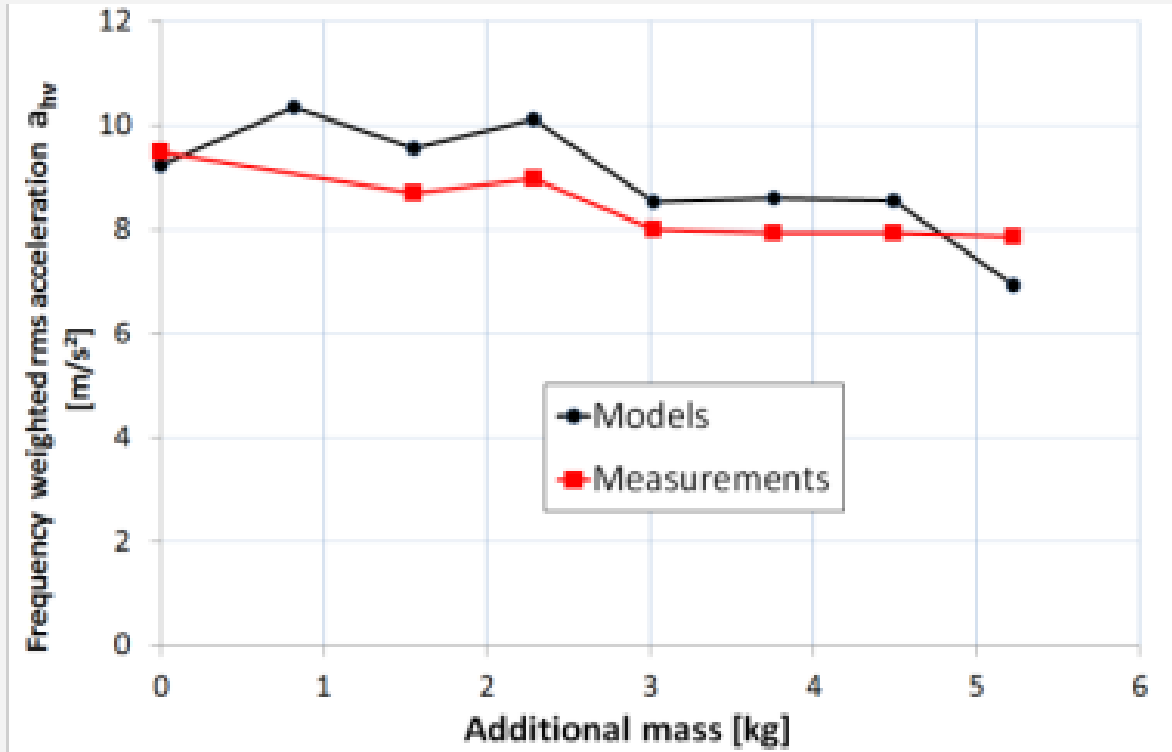
השוואה מדגמית בין תאוצה ממקורות ספרות לתאוצה שנמצאה במקומות עבודה (מטר/שנייה²) במחקרנו

מקורות ספרות (תחום)	מקומות עבודה בארץ (ממוצע)	
17 - 13	12.5	פטישון
9 - 6	9.3	מפתח ברגים
7 - 5	7.5	מסור
16 - 9	7.9	מקדחה
0.82 – 0.55	0.67	טרקטור
0.96 – 0.6	0.66	מלגזה

השוואה בין תאוצת כלי רוטט המוצהרת ע"י יצרן לבין
תאוצה נמדדת

תאוצה נמדדת (M/sec ²)	תאוצת יצרן (M/sec ²)	סוג כלי
5.96	5.1	משחזת זויתית
7.87	5.4	משחזת דיסק
4.4	3.4	משחזת ישרה
4	2.5	מסור עגול
15.9	11.4	מסור חרב
4.7	3.6	מקדחה חשמלית
3.2	3.3	כלים אחרים

פטיש פניאומטי: השוואה בין הערכה פוטנציאלית על פי מודל לבין מדידה עם ידיעות במשקל שונה





מחקר המוס"ל: השוואה בין אומדן חצי כמותי של
חשיפה לרטט יד-זרוע לבין תוצאות מדידה



פעילות	הערכה איכותנית/חצי כמותית (ממוצע)	הערכת מדידה
השחזה	4.8	4.1 – 2.6
השחזה וליטוש	2.16	1.68
פטיש אוויר גדול	טרם הוערך	11.7

מחקרים מצביעים הן על הערכת יתר והן על תת הערכה בהשוואה שבין הערכה על פי ערכי יצרן לעומת הערכה על פי מדידת שטח לכלים שונים.

מקדמי קורלציה בין אומדן על פי יצרן לבין תוצאת מדידה נעים בתחום $0.7 - 0.99$

המסקנה ממחקרים אלה היא שהערכת חשיפה על פי השיטה הבריטית (חצי כמותית) משקפת את סדר הגודל של החשיפה באופן משביע רצון למטרות מניעת חשיפה ונזקים.



המוסד לבטיחות ולגיהות
בטיחות ובריאות בעבודה - זה אנוני.



המוסד לבטיחות ולגיהות בטיחות ובריאות בעבודה - זה אנוני. מסקנות והמלצות

1. דרושה הדרכה בסיסית במקומות עבודה כדי שיכירו את גורם הסיכון והשלכותיו.
2. צריך להדריך מפעלים כיצד להתגונן.
3. צריך לשכנע מפעלים לרכוש מכשירים עם שיכוך ויברציות פנימי (A/V)
4. דרושה תקינה ספציפית לרטט מכני בדומה לתקנת הרעש



המוסד לבטיחות ולגיהות
בטיחות ובריאות בעבודה - זה אנחנו.

יום טוב לכולנו

ותודה על ההקשבה

