

# הערכת תפקוד בניינים לאחר אכלוס – POE

## על מכשירים ואנשים



פרופ' יצחק מאיר, אדריכל

היחידה לאדריכלות ובינוי ערים במדבר  
המחלקה לאדם מדבר

המכונים לחקר המדבר ע"ש י. בלאושטיין – אוניברסיטת בן-גוריון בנגב



ניטור אנרגיה במבנים

24 בנובמבר 2016



# POE מהו?

## Post Occupancy Evaluation (POE): הערכת תפקוד לאחר אכלוס

- לימוד שיטתי של בניינים לאחר אכלוסם
- זיהוי בעיות תכנוניות ותפעוליות
- ניתוח והסקת מסקנות לשם תיקון תקלות בהווה ושיפור התכנון העתידי

Meir, I.A., Y. Garb, Dixin Jiao, A. Cicelsky (2009) Post Occupancy Evaluation (POE): An inevitable step toward sustainability. *Advances in Building Energy Research* 3(1): 189-220.



ניטור אנרגיה במבנים

24 בנובמבר 2016



# מה נבדק?

איכות הסביבה התוך מבנית (Indoor Environment Quality – IEQ):

- נוחות תרמית - טמפרטורת אוויר, לחות יחסית, תנועת אוויר, טמפרטורה קרינתית
- נוחות ויזואלית - תאורה ובוהק
- נוחות אקוסטית – רעש, מקורותיו, עוצמתו ומשכו
- נוחות פסיכולוגית
- ריחות
- מזהמים, אלרגנים, פתוגנים
- קרינה אלקטרומגנטית
- צריכת אנרגיה
- שימושיות המבנה:
- חסמים התנהגותיים המונעים שימוש נכון
- טעויות תכנוניות וביצועיות המשפיעות על השימוש היעיל במבנה

Meir, I.A., Y. Garb, Dixin Jiao, A. Cicelsky (2009) Post Occupancy Evaluation (POE): An inevitable step toward sustainability. *Advances in Building Energy Research* 3(1): 189-220.



ניטור אנרגיה במבנים

24 בנובמבר 2016



# באילו כלים משתמשים?

כלים כמותיים ואיכותניים:

- ניתוח תכניות ומפרטים – אדריכליות, הנדסיות, מערכות בניין, פרטים, חומרי בניין וחומרי גמר
- מדידות וניטור
- ניתוח שימוש במשאבים – אנרגיה, מים
- סיורים ביקורתיים
- שאלונים, ראיונות, תצפיות
- ניתוח תפקוד הדיירים – היעדרויות מחלה, פריזן בעבודה, השיגים בלימודים, שביעות רצון מהבניין

Meir, I.A., Y. Garb, Dixin Jiao, A. Cicelsky (2009) Post Occupancy Evaluation (POE): An inevitable step toward sustainability. *Advances in Building Energy Research* 3(1): 189-220.

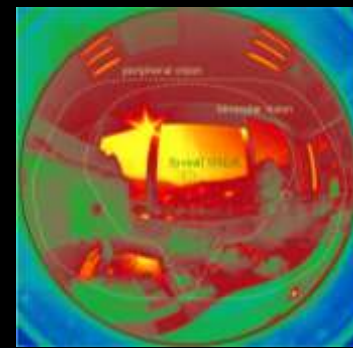
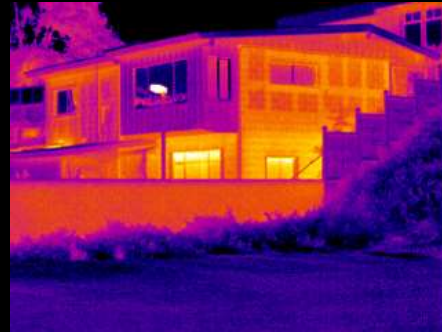


ניטור אנרגיה במבנים

24 בנובמבר 2016



# באילו כלים משתמשים?



ניטור אנרגיה במבנים

24 בנובמבר 2016



# השאיפה היא ליצור סביבה תוך-מבנית נוחה וחוסכת אנרגיה ומשאבים אחרים – "תיקון עולם" בהשוואה למצב הקיים

נוחות ויזואלית



נוחות תרמית

נוחות אקוסטית



איכות אוויר פנים נאותה

נוחות פסיכולוגית



ריחות

העדר מרכיבים אלה – חלקם או כולם - יוצר תופעות בעיתיות המוכרות בשמות כגון תסמונת הבניין החולה (Sick Building Syndrome - SBS) או מחלות תלויות בניין (Building Related Illness - BRI)



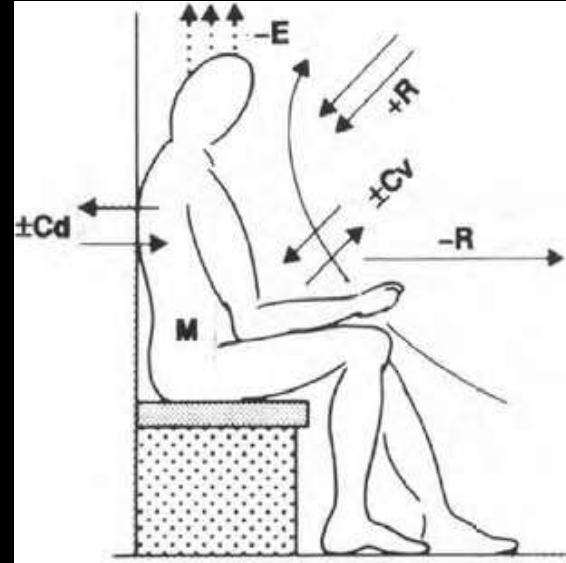
ניטור אנרגיה במבנים

24 בנובמבר 2016



# נוחות תרמית: האם היא מוחלטת או יחסית?

מודל שיווי המשקל התרמי הכללי ע"פ Gage, 1936  
 הגישה הפיסיולוגית



$$M \pm R \pm C_v \pm C_d - E = \Delta S$$

(W), where  $M$  = metabolic rate;  $C_v$  = convection;  $R$  = net radiation;  $C_d$  = conduction;  $E$  = evaporation heat loss;  $\Delta S$  = change in heat stored. If  $\Delta S$  is positive, the body temperature increases, if negative, it decreases.



ניטור אנרגיה במבנים

24 בנובמבר 2016



# נוחות תרמית: הגישה האדפטיבית (סתגלנית)



Human Thermal Sensation (HTS) is a complex, non-linear, wide-ranging and intelligent behavioral response to climate, affected by a roster of factors, which, on par with heat regulation physiology and clothing insulation, also comprise such elements as mood, personality, culture and other individual, organizational and social peculiarities.

*Neutrality is NOT necessarily to be equated with comfort!*

*המודל האדפטיבי ע"פ Humphreys*



נוחות תרמית תלויה ב:

- יסות חום הגוף
- פיסולוגיה
- בידוד הבגדים
- מצב רוח
- אישיות
- תרבות
- היבטים אישיים ארגוניים וחברתיים

**ניטרליות אינה בהכרח נוחות!**



ניטור אנרגיה במבנים

24 בנובמבר 2016



ג'ויס ל'יוזדי תכניכה י'יוס פ'ורסי  
אונ'ברסיטת תל אביב



המועצה הישראלית  
לבנייה ירוקה



אוניברסיטת תל אביב  
UNIVERSITY



# נוחות תרמית: בשמה מבזבזים אנרגיה ויוצרים תנאים ירודים!

Measured Indoor Temperatures: 22-25°C

Measured Ambient Temperature: <13 °C

$$\text{Adaptive Model: } T_c = 13.5 + 0.54T_o$$

$T_c$  - calculated comfort temperature

$T_o$  - monthly ambient average temperature

December ( $T_{oDec} = 13.8$ ) -  $T_{cDec} = 20.9$

January ( $T_{oJan} = 11.2$ ) -  $T_{cJan} = 19.55$

February ( $T_{oFeb} = 12.6$ ) -  $T_{cFeb} = 20.30$



**3-5°C lower than the measured indoor temperatures**

**Measured Indoor RH: ~20%**



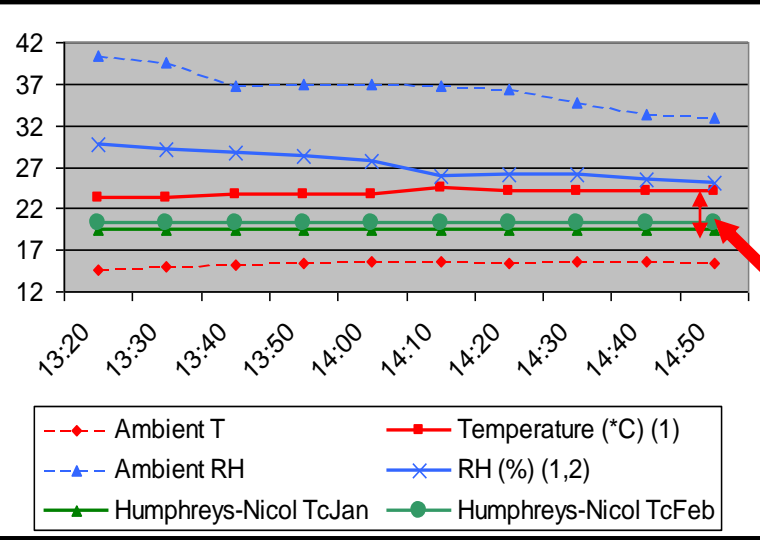
L. Morhayim, I. Meir (2008) Survey of an office and laboratory university building – An unhealthy building case study. *Proc. Indoor Air 2008 Conf.*, Copenhagen.



ניטור אנרגיה במבנים

24 בנובמבר 2016

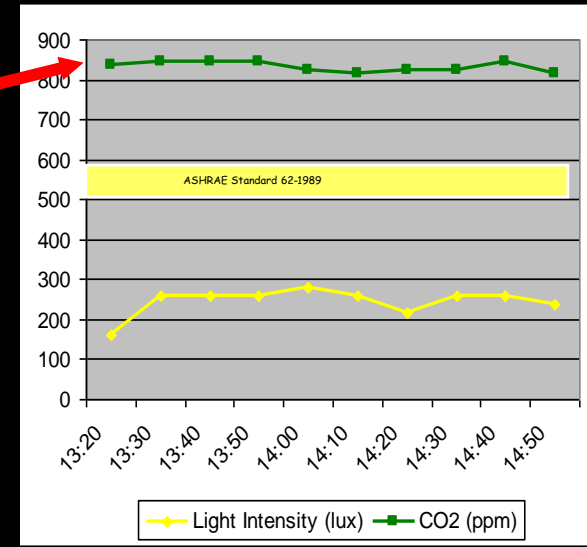




CO2 @ half-capacity!

Overkill!!!

Adaptive Model:  
 $T_c = 13.5 + 0.54T$



Y. Davara, I.A. Meir, M. Schwartz (2006) Architectural design and IEQ in an office complex. In E. de Oliveira Fernandes, M. Gameiro da Silva, J. Rosado Pinto (eds) *Healthy Buildings: Creating a Healthy Environment for People*, Proc. HB2006 Int.Conf. Lisboa, III:77-81.



ניטור אנרגיה במבנים

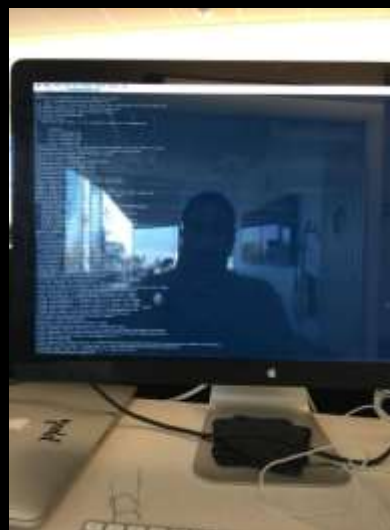
24 בנובמבר 2016



# נוחות ויזואלית



עוצמת הארה ממוצעת [lx]	סוג האזור, המשימות והפעילויות
20	אזורי מעבר המיועדים לאנשים ולכלי רכב או לצורך שהיות קצרות
50	אזורי מעבר המיועדים לאנשים ולכלי רכב במקומות עם רמת סיכון מסוימת; מקומות שבעבודה בהם לא נדרשת הבחנה בפרטים (פסי ייצור אוטומטיים, הרכבת לא מדויקות, דרגנועים וכד')
100	מקומות שבעבודה בהם לא נדרשת התייחסות לפרטים מדויקים (מסדרונות וכד')
500	משרדים סטנדרטיים, חדרי לימוד, חדרי ישיבות
600	משרדים בשיטת "open space" עם תוספת של הארה לא ישירה
1000	חדרי בקרה לצבע, חדריים עם עבודות בעלות רמת דיוק גבוהה
300	אודיטוריום (להופעות. לא ללימודים)
500	חדרי הרצאות
200	חדרי המתנה
1000	משימות עם דרישות ראייה מיוחדות



מחושב למרחק של 6 רגל



ניטור אנרגיה במבנים

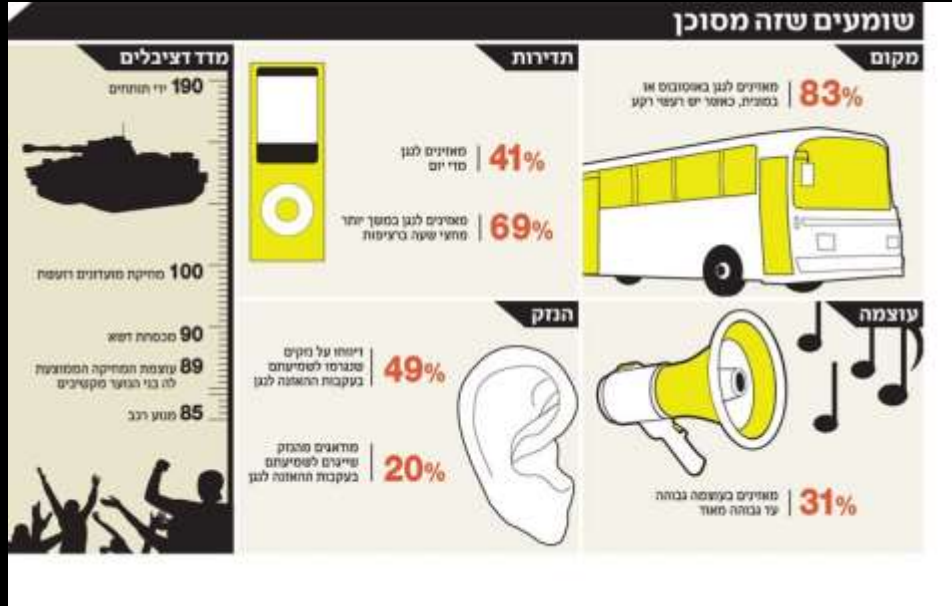
24 בנובמבר 2016



# נוחות אקוסטית



מפלס רעש Ldn dB(A)	תגובת הקהילה הממוצעת	יחס הקהילה לאזור
55 ומטה	חלשה עד בינונית	הרעש אינו חשוב משאר הגורמים הסביבתיים
60 - 65	בינונית	הרעש עלול להיחשב לגורם שלילי של הסביבה
65 - 70	משמעותית	רעש הוא גורם שלילי חשוב של הסביבה
70 - 75	חריפה	רעש הוא אחד הגורמים השליליים החשובים ביותר של הסביבה
75 ומעלה	חריפה מאוד	הרעש הוא החשוב ביותר מכל הגורמים השליליים של הסביבה



מפלס רעש ביחידות דציבל (db)	סוג
0	סף שמיעה
20	רשרוש עלים
30	דיבור שקט
40	מסעדה שקטה
50	ציוץ ציפורים
60	דיבור רגיל
70	שואב אבק ביתי
80	מסעדה רועשת
90	אבן משחזת
100	צופר רכב
110	תזמורת
120	גנרטור (סף ההרגשה)
140	מנוע סילון (סף הכאב)



ניטור אנרגיה במבנים

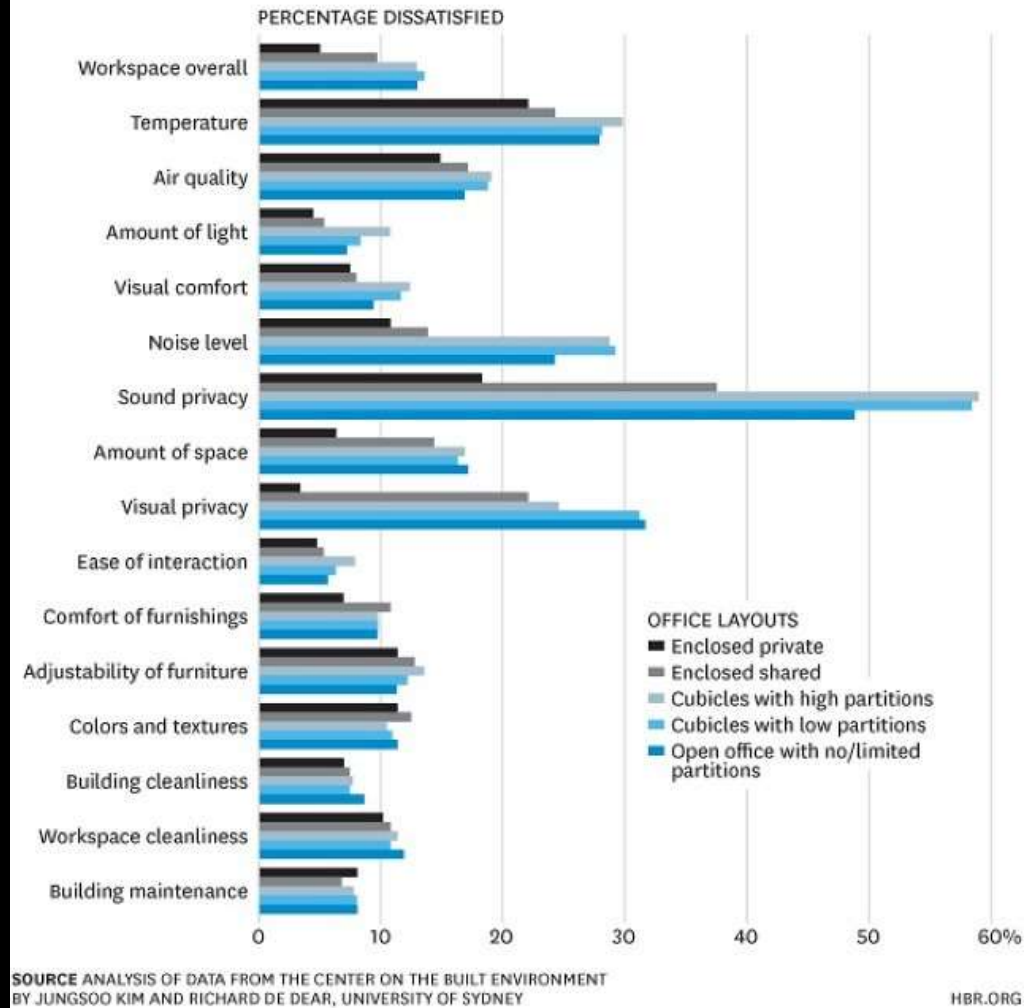
24 בנובמבר 2016



# נוחות אקוסטית

## EVERYONE CAN HEAR YOU, NOW

Lack of sound privacy is the biggest frustration we have with our cubicles.



Jungsoo Kim & Richard De Dear, Center on the Built Environment, U. Sydney



ניטור אנרגיה במבנים

24 בנובמבר 2016



# נוחות פסיכולוגית



ניטור אנרגיה במבנים

24 בנובמבר 2016



# איכות אוויר פנים (IAQ) נאותה

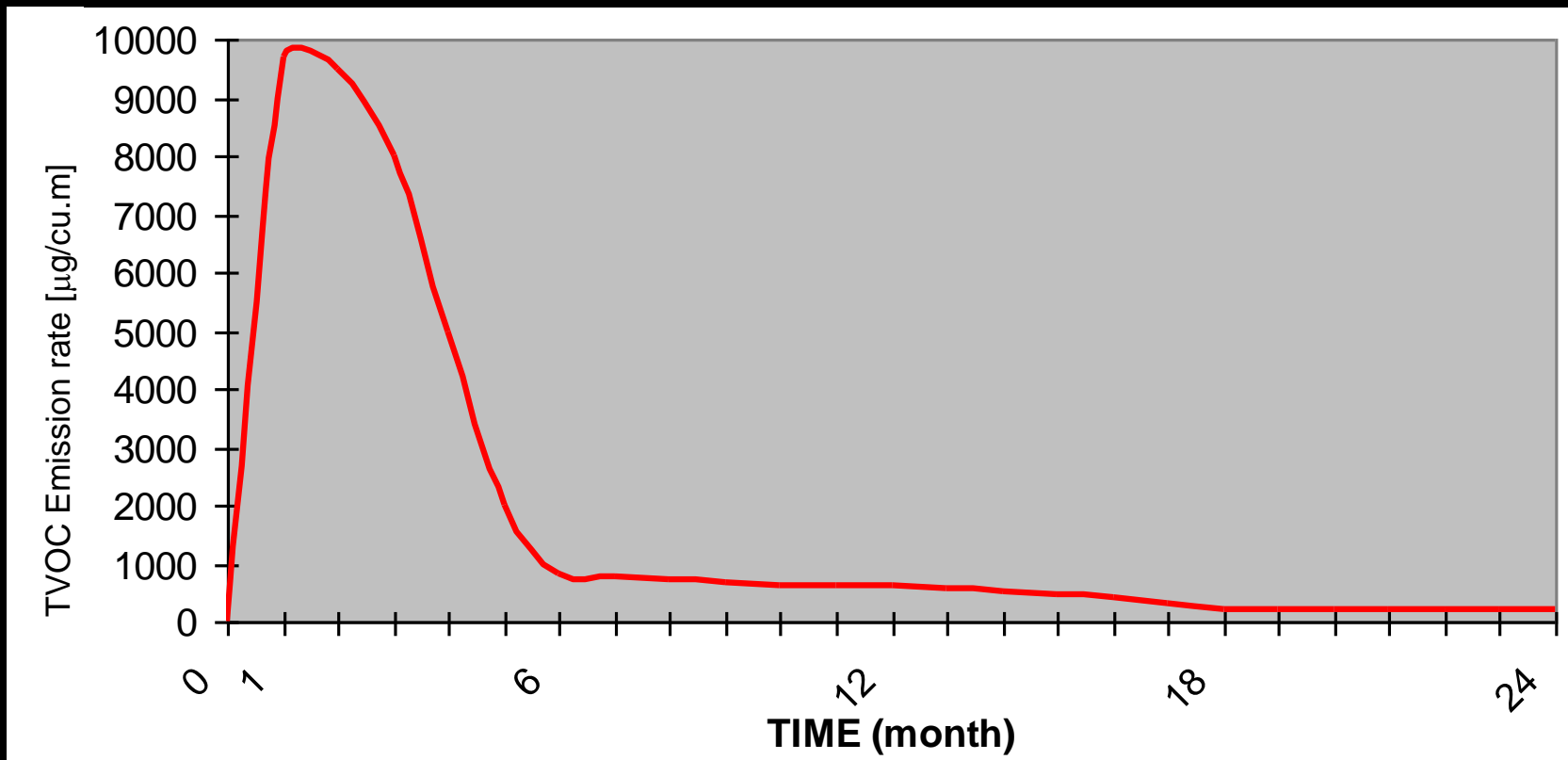


ניטור אנרגיה במבנים

24 בנובמבר 2016



# תרכובות אורגניות נדיפות (VOC)



Yu C., Crump D., Squire R. The indoor air concentration and the emission of VOCs and formaldehyde from materials installed in BRE Low Energy Test Houses.



ניטור אנרגיה במבנים

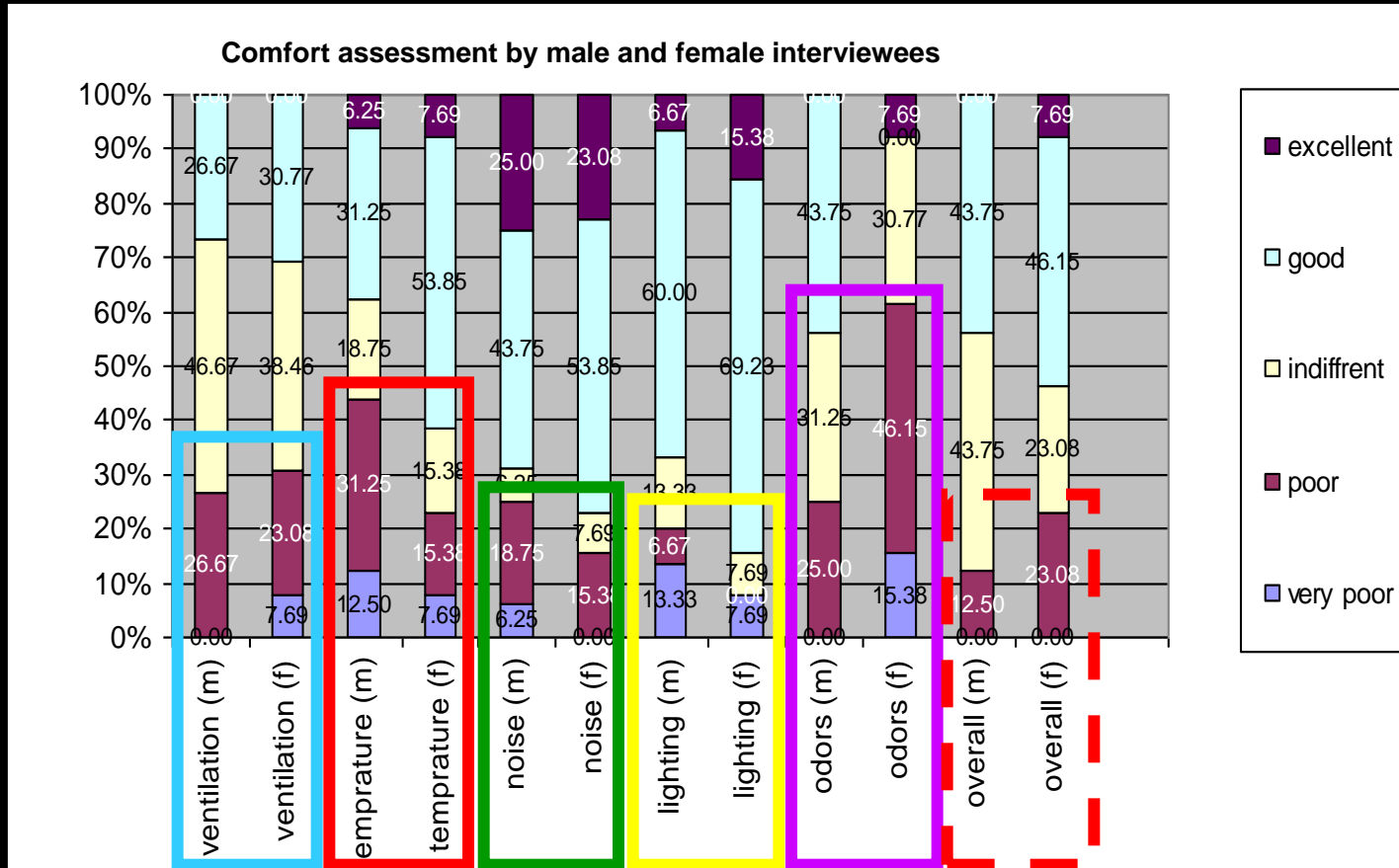
24 בנובמבר 2016



תל אביב  
אוניברסיטת תל אביב  
TEL AVIV UNIVERSITY



# הסובייקטיביות של הנוחות והבדלים מגדריים



L. Morhayim, I. Meir (2008) Survey of an office and laboratory university building – An unhealthy building case study. *Proc. Indoor Air 2008 Conf.*, Copenhagen.

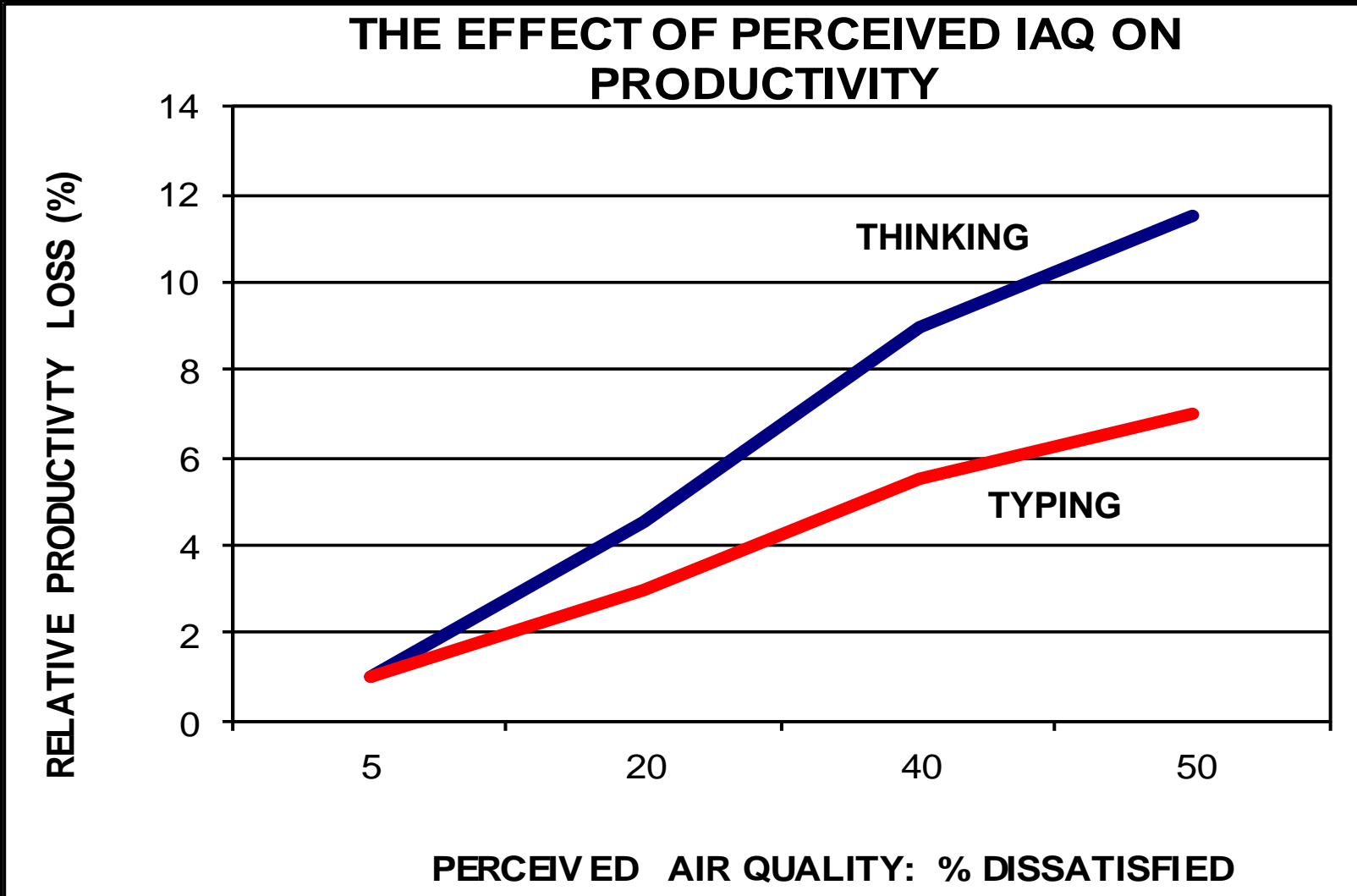


ניטור אנרגיה במבנים

24 בנובמבר 2016



# השפעת איכות האוויר התוך מבנית הנתפסת על הפריון בעבודה



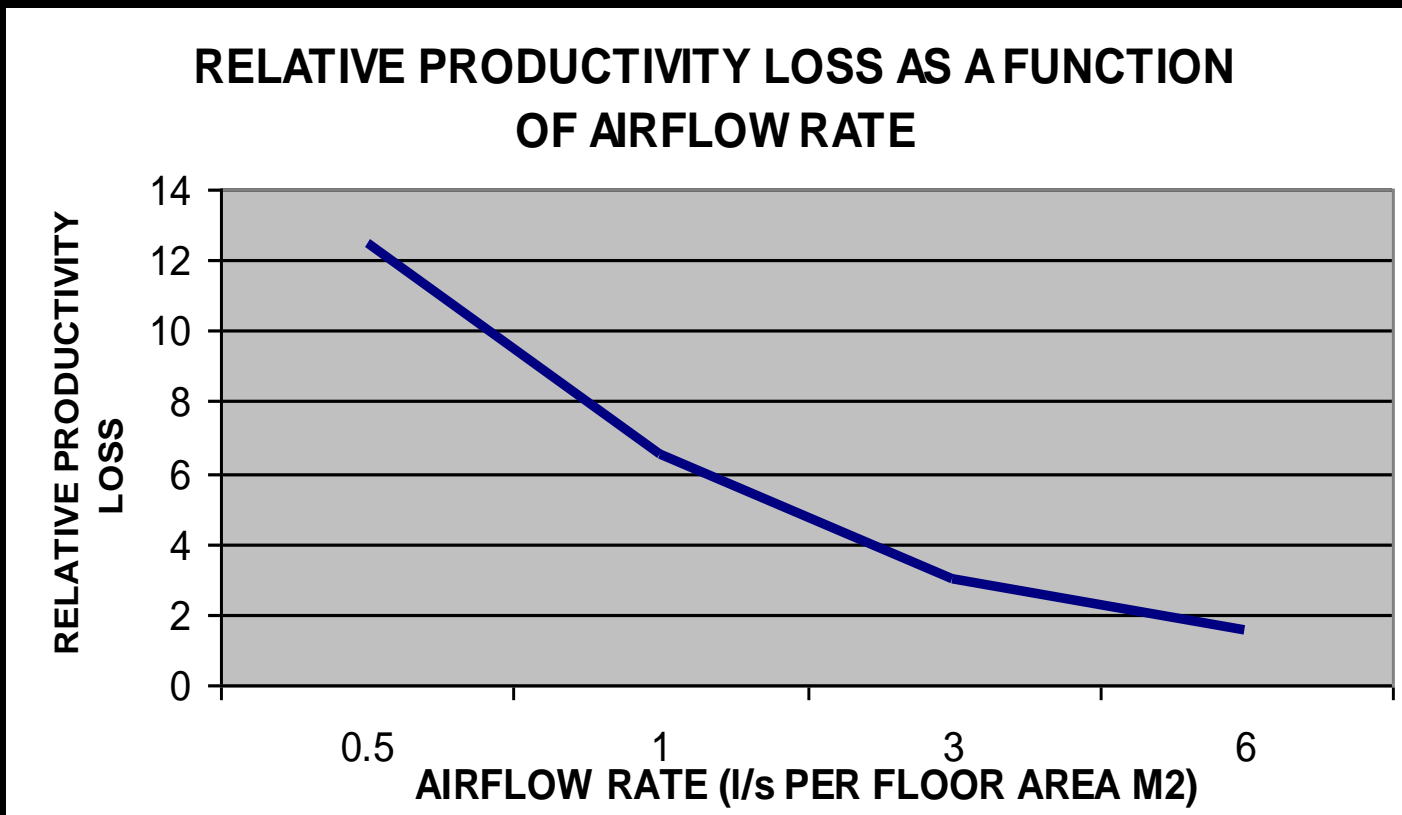
The effect of perceived IAQ on productivity (Proc. 7<sup>th</sup> Int.Conf. Healthy Buildings 2003)



ניטור אנרגיה במבנים  
24 בנובמבר 2016



# חשיבות הספקת אוויר טרי/אוורור על הפריון בעבודה חלון לכל עובד!



תחלופת אוויר מצומצמת = הצטברות מזהמים = פגיעה באיכות הסביבה התוך מבנית =

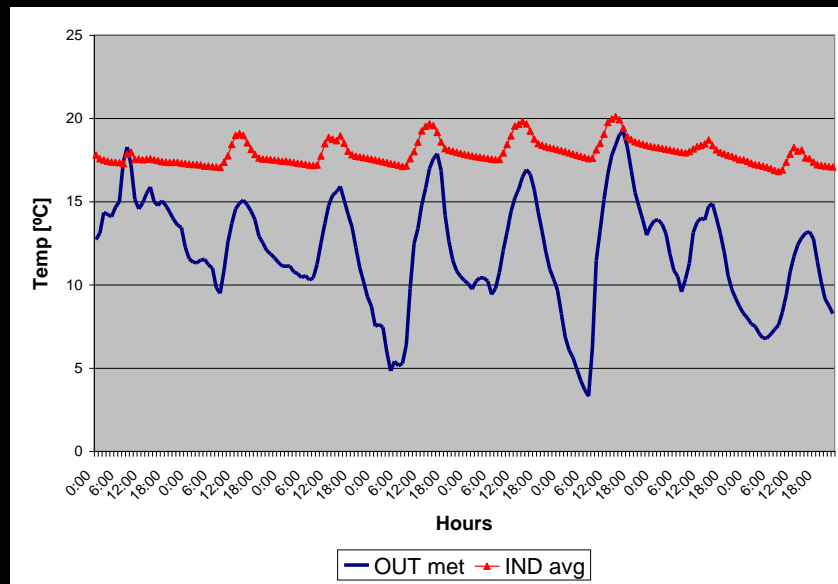
= פגיעה ברווחת הדייר/העובד/התלמיד = ירידה בפריון בעבודה



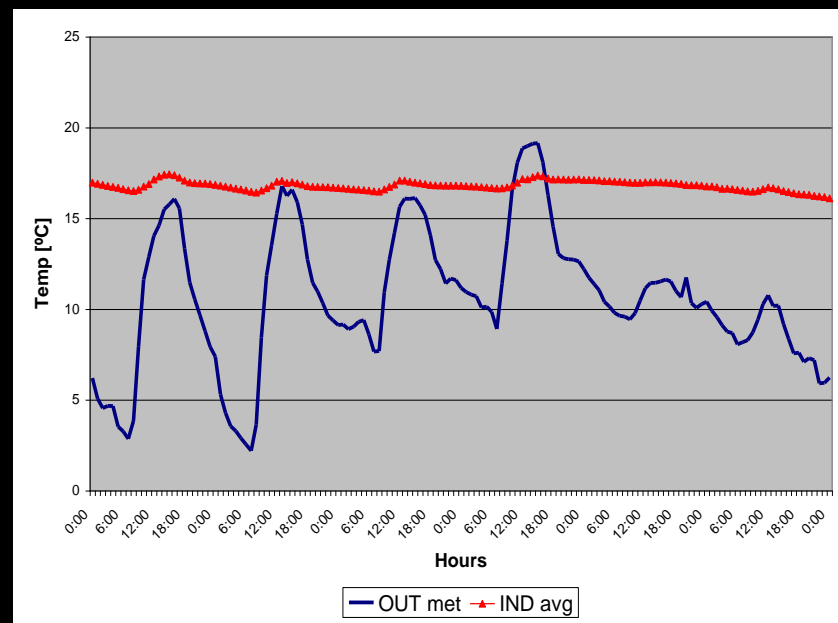
# חסמים התנהגותיים:

## גם כאשר התכנון נכון, העדר מודעות מביא לתפעול לקוי של הבניין

Winter - operated shutters



Winter - non-operated, closed shutters



I.A. Meir, W. Motzafi-Haller, E.L. Krüger, L. Morhayim, S. Fundaminsky, L. Oshry-Frenkel (2007) Towards a comprehensive methodology for Post Occupancy Evaluation (POE): A hot dry climate case study. In M. Santamouris, P. Wouters (eds) *Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation in the 21st Century*. Proc. 2nd PALENC & 28th AIVC Conf., Crete, II: 644-653



ניטור אנרגיה במבנים

24 בנובמבר 2016



מרכז המידע לרשתות חשמליות חדישות  
אנרגיה ירוקה

אלקטרה  
CONSIDER IT DONE

RENEWABLE ENERGY CENTER  
מרכז המידע לרשתות חשמליות חדישות

ILGBC  
המועצה הישראלית  
לבנייה ירוקה

תל אביב

תל אביב

# מילה אחרונה על בניינים וסביבה

"בניינים נבנים כדי לענות על צרכים שונים, אך אחד הבסיסיים ביותר הוא ליצור תנאים המקובלים על השוהים בהם, בעיקר בנוגע לתנאי האקלים השולטים."

פול אוליבר, 2003



"Dwellings are built to serve a variety of functions, but one of the most important is to create living conditions that are acceptable to their occupiers, particularly in relation to the prevailing climates."

Paul Oliver (2003)

Dwellings



ניטור אנרגיה במבנים

24 בנובמבר 2016

