

MINISTRY OF INDUSTRY AND TRADE  
THE NATIONAL PHYSICAL LABORATORY

משרד התעשייה והמסחר  
המעבדה הלאומית לפיסיקה

בס"ד  
ירושלים כ"ו באדר תשס"א  
21-03-2001

לכבוד דקוהיט  
קניון האחים ישראל  
תלפיות  
ירושלים

## דו"ח בדיקת מערכות חימום תוצרת דקוהיט

### חורף תשס"א

מוגש על ידי :

ד"ר שמואל שוראקי  
אלימלך לנגה

המעבדה הלאומית לפיסיקה, ירושלים.

## תוכן

מבוא

מטרות הבדיקה

מזג האויר בתקופת הבדיקות

תאור המבדקה

גששי טמפרטורות

פונקצית הנוחות

מערכת המדידות

התנור הנבדק

תכנון החימום

מתכונות הבדיקה

- טבלאות

תוצאות

- צריכת החשמל

- הטמפרטורה בחדר בימים שונים

- אחידות הטמפרטורה בחדר

סיכום

תרשימים

נספח 1.

מדינת ישראל  
STATE OF ISRAEL

MINISTRY OF INDUSTRY AND TRADE  
THE NATIONAL PHYSICAL LABORATORY

משרד התעשייה והמסחר  
המעבדה הלאומית לפיסיקה

## מבוא

חברת מערכות חימום המופעלות בחשמל. מערכות אלה מיועדות לתפקוד רצוף במשך כל החורף.

- כל מערכת מורכבת מיחידות חימום מותאמות לכל חדר, ומיועדת לחמם דירה שלמה ;
- כל יחידת חימום כוללת תרמוסטט אלקטרוני המאפשר לווסת את הטמפרטורה בחדר בדיוק רב ;
- כל יחידת חימום מצוידת בבקר הניתן לתכנות ;
- הבקר והתרמוסטט מאפשרים לקבוע מראש שני מצבי חימום: האחד לשעות ה"שיא" בהם דרושה טמפרטורה נוחה בדירה, והשני לשעות בהם דרוש חימום מועט בלבד (כגון בשעות הלילה) – לשמירת טמפרטורה מינימלית בדירה.
- המערכת כולה מצוידת בפיקוד כללי נוסף המפקח על תפקודה.

המערכות נבדקו בשנה שעברה בצרפת, בתא בדיקה מיוחד אשר נבנה לפי תקן צרפתי NFC 73-251, ואושר על ידי מעבדת LCIE. לגבי בדיקה זו – ראה דו"ח קודם של המעבדה הלאומית לפיסיקה, מתאריך 31-10-2000.

במשך החורף הנוכחי נבדקה במשך כחדשיים יחידת חימום אחת של חברת דקוהיט בחדר הבדיקה של המעבדה הלאומית לפיסיקה.

### מטרות הבדיקה

מטרת הבדיקות היתה לבדוק את יעילות ונוחות החימום בתנורים של חברת דקוהיט. הבדיקה נערכה עד כמה שאפשר בתנאים דומים לשימוש הביתי הרגיל בתנורי "דקוהיט", כגון: פתיחת חלון אוורור בזמנים מסוימים וכדומה – כפי שיתואר להלן.

נלקחו בחשבון בעיקר הפרמטרים הבאים:

- א. צריכת החשמל של תנורים אלה כפונקציה של מזג האויר.
- ב. הטמפרטורה בתוך החדר כפונקציה של מזג האויר, כלומר: יכולת התנור לשמור על טמפרטורה קבועה בחדר במזג אויר שונה.
- ג. אחידות הטמפרטורה בחדר בשעות החימום.

### מזג האויר בתקופת הבדיקות

הבדיקות נערכו בחודשים ינואר – פברואר 2001. בתקופה זו נעה טמפרטורת הסביבה היומית הממוצעת בין פחות מ- 5° ועד כ- 15°, כך שבמהלך הבדיקות היו גם ימי חורף קרים וגם ימים חמים יותר.

כפי שיתואר להלן נערכו כמה מתכונות של בדיקה. כל אחת מהן הופעלה במשך כ שבועיים, כדי לכלול בכל מקרה ימים עם טמפרטורות סביבה שונות.

## תאור המבדקה

כל הבדיקות נערכו במבדקה הממוחשבת שפותחה במעבדה הלאומית לפיסיקה לפני למעלה מ 15 שנים.

המבדקה זו היא חלק אינטגרלי של התקן הישראלי ת"י 149: תנורי חשמל להסקת חדרים.

המבדקה היא חדר שממדיו הם:  $4.7 \times 3.7$  מטר וגובהו 2.5 מטר. לחדר שני קירות חיצוניים (צפוני ומזרחי) ושני קירות פנימיים. במרכז הקיר הצפוני יש ארבע חלונות קטנים בגודל  $70 \times 35$  ס"מ כל אחד. שאר הקירות החיצוניים, כולל התקרה, מבודדים היטב.

כל מכשיר שעומד לבדיקה ממוקם במרכז הקיר הצפוני, מתחת לחלונות.

### גששי טמפרטורות:

המבדקה כוללת 21 גששי טמפרטורה, כאשר 19 מתוכם בתוך חדר המבדקה ועוד 2 מחוצה לו, כמתואר להלן:

במישור מקביל לקיר הצפוני ולתנור הנבדק, במרחק של 2.5 מטר מן התנור, ממוקמים 10 גששים (תרמיסטורים) למדידת טמפרטורת האויר במקומות שונים בחדר והם מסודרים באופן הבא:

\* ארבעה גששים במרכז – מול התנור הנבדק – בגובה של 20, 60, 120 ו- 220 ס"מ;

\* שלושה גששים בגובה של 20, 60, 120 ס"מ (באותו המישור) במרחק של 1.20 מטר ימינה ממרכז החדר;

\* שלושה גששים בגובה של 20, 60, 120 ס"מ (באותו המישור) במרחק של 1.20 מטר שמאלה ממרכז החדר

גשש נוסף ממוקם בציר המרכזי של אותו מישור בגובה של 130 ס"מ. גשש זה נמצא בתוך כדור מתכת שחור שקוטרו כ – 20 ס"מ, כך שהוא רגיש גם לטמפרטורות של קירות החדר. גשש כזה מכונה בדרך כלל "GLOBE".

8 גששים נוספים מיועדים למדוד את טמפרטורות הקירות של המבדקה, והם מסודרים באופן הבא:  
גשש אחד במרכז של כל קיר (כולל תקרה ורצפה), והוא מיצג את הטמפרטורה של אותו קיר;  
גשש נוסף ממוקם על פני החלון, והוא מודד את הטמפרטורה של פני החלון;  
גשש אחד ממוקם על הקיר מאחורי מכשיר החימום – מטרתו לבדוק עד כמה מחמם התנור את הקיר אליו הוא צמוד (חימום יתר של קיר זה הוא בזבוז אנרגיה).

שני הגששים שמחוץ למבדקה הם:  
גשש למדידת טמפרטורת הסביבה;  
גשש למדידת הטמפרטורה של הקיר החיצוני.

#### פונקצית הנוחות:

ברור שאין אפשרות ליצג טמפרטורה של חדר על ידי מדידת טמפרטורה אחת, שהרי הטמפרטורה שונה ממקום למקום באותו חדר. אדם הנמצא בחדר רגיש הן לטמפרטורה של האויר בחדר (חימום על ידי הסעה - CONVECTION), והן לטמפרטורה של קירות החדר. טמפרטורת הקירות משפיעה על הרגשת האדם בגלל מעבר חום על ידי קרינה (RADIATION).

לשם קביעת מדד מסוים של טמפרטורה מיצגת של החדר, נקבעה "פונקצית הנוחות", המורכבת ב 60% מטמפרטורת האויר וב 40% מטמפרטורת הקירות.

טמפרטורת האויר היא הטמפרטורה הממוצעת של האויר במישור בו ממוקמים הגששים (כאמור: במרחק של 2.50 מטר מן התנור) עד גובה של 1.20 מטר. ההנחה היא שחימום החלק התחתון של אויר החדר הוא הקובע את הרגשת הנוחות, ואילו חימום האויר בחלקו העליון של החדר, ובמיוחד סמוך לתקרה הוא בזבוז אנרגיה.

טמפרטורת הקירות היא ממוצע הטמפרטורה של כל הקירות, הרצפה, התקרה והחלון, בהתחשב בשטח של כל קיר וקיר.

### מערכת המדידות וקליטת הנתונים

מערכת ממוחשבת מודדת כל דקה את הטמפרטורות של כל הגשמים שהוזכרו. נוסף לכך נמדדים בכל דקה המתח המסופק לתנור וצריכת הזרם שלו. מכפלה של שני נתונים אלה נותנת את הספק האנרגיה של התנור באותו זמן (ווט).

כל רבע שעה מחושבים ונרשמים במחשב הערכים הממוצעים של כל הטמפרטורות וכן של הזרם והמתח באותה רבע שעה. נוסף לכך נרשמים במחשב כל רבע שעה: ערך פונקצית הנוחות הממוצעת וצריכת האנרגיה המצטברת של התנור (קילווט-שעה).

הנתונים נקלטו בקבצים נפרדים לכל יממה – משעה 5:00 בבוקר עד למחרת באותה השעה.

עבור כל יממה הוכנה טבלה של 96 שורות (שורה לכל רבע שעה) ו – 26 טורים לנתונים הבאים:

21 נתוני טמפרטורות (ראה לעיל בפרק: גששי טמפרטורות),  
מתח,  
זרם,

פונקצית הנוחות המחושבת,  
חישוב האנרגיה החשמלית המושקעת בממוצע באותה רבע שעה ( $v \cdot i$ ),  
חישוב סה"כ האנרגיה החשמלית שנצרכה עד אותה שעה.

נוסף לכך הוכנו לכל יום שני גרפים.  
האחד מראה את המהלך היומי של:

- טמפרטורת הסביבה
- פונקצית הנוחות
- תצרוכת החשמל
- GLOBE

והשני מראה את מהלך הטמפרטורה בגבהים שונים בזמן החימום – החל משעתיים לאחר תחילת החימום.

ראה דוגמה לנתונים של יום אחד בנספח 1.



### התנור הנבדק

לפי התכנון של חברת דקוהיט דרוש לחימום חדר בגודלה של המבדקה, תנור בהספק של כ - 1500 ווט. בהתאם לכך נבחר תנור בהספק זה. גודל המכשיר: 80\*1098\*690 מ"מ.

המכשיר הותקן במקום המיועד לו - במרכז הקיר הצפוני, מתחת לחלונות, בגובה של 15 ס"מ.

### תכנון החימום

כמו כל יחידות החימום של חברת דקוהיט מצויד התנור בתרמוסטט אלקטרוני, ובבקר הניתן לתכנות בצורה פשוטה. ניתן לכוון את התרמוסטט כך שבשעות מסוימות תהיה הטמפרטורה בחדר נעימה, ואילו בשעות אחרות - למשל בשעות הלילה, או בשעות שבהם לא נמצאים בבית - תישמר בחדר טמפרטורה נמוכה יותר, שלא תרד מתחת לסף מינימלי. המצב של החימום הרגיל מכונה "COMFORT" והמופחת נקרא "ECO".

היחס בין חימום בשעות "COMFORT" לבין החימום בשעות "ECO" נקבע בדרך הבאה:

מכוונים את התרמוסטט לדרגת החימום הרצויה בשעות ה"שיא" ("COMFORT"), ומכוונים את מצב החימום בשעות "ECO" למספר מעלות פחות מאשר בשעות השיא. כלומר: קובעים מראש הפרש טמפרטורה של מספר מעלות בין שעות "COMFORT" לשעות "ECO". ניתן לכוון את ההפרש כך שיהיה בין 2° ל 7° צלסיוס.

הבקר והתרמוסטט מאפשרים תכנון יומי ושבועי של שעות חימום "COMFORT" ו-"ECO", וכן את הפרש הטמפרטורות ביניהם. לדוגמה: קובעים חימום של כ - 20° בשעות הקימה בבוקר ובשעות אחר הצהריים והערב, וחימום של 3° פחות (17°) בשאר השעות.

### מתכונת הבדיקות

נקבעו שתי מתכונות בדיקה, מתוכם עם מכשיר החימום תוצרת "NOIROT".

כל אחת ממתכונות בדיקה אלו הופעלה ברציפות במשך כשבועיים.

בכל הבדיקות כוון התרמוסטט כך שפונקצית הנוחות במבדקה תהיה כ- 20° (בשעות החימום במצב "COMFORT")

מתכונת הבדיקה הראשונה נעשתה עם דרישות חימום מינימליות: החימום הופעל במצב "COMFORT" למשך 8 שעות ביממה בלבד, בשאר השעות נשמר חימום מינימלי במצב "ECO" (4° פחות מאשר "COMFORT"). החלונות הושארו סגורים במשך כל היום.

המתכונת השניה נעשתה עם דרישות גבוהות יותר, דומות יותר לשימוש הביתי הרגיל:

החימום הופעל במצב "COMFORT" למשך 12 שעות ביממה, בשאר השעות נשמר חימום במצב "ECO" גבוה יותר מאשר במתכונת הראשונה (3° פחות מאשר "COMFORT").

החלון נפתח במשך שעתיים בשעות הבוקר, כאשר התנור היה במצב "ECO", ועוד כחצי שעה אחר הצהרים בזמן שהתנור פעל במצב "COMFORT".

להלן סיכום מתכונות הבדיקה:

(1) יחידת חימום "NOIROT" 1500 ווט.  
חימום "COMFORT" למשך 8 שעות ביממה, ושאר השעות מצב "ECO".  
שעות "COMFORT" : 8 – 6 ; 22 – 16.  
במצב "COMFORT" היה התרמוסטט מכוון כך שפונקצית הנוחות  
תהיה:  $T_c = 20^\circ$   
ובמצב "ECO" :  $T = T_c - 4^\circ$  (כלומר סף של  $16^\circ$ ).  
החלון סגור במשך כל היום.

(2) יחידת חימום "NOIROT" 1500 ווט – כנ"ל.  
חימום "COMFORT" למשך 12 שעות ביממה, ושאר השעות מצב "ECO".  
שעות "COMFORT" : 8 – 6 ; 23 – 13.  
במצב "COMFORT" היה התרמוסטט מכוון כך שפונקצית הנוחות  
תהיה:  $T_c = 20^\circ$   
ובמצב "ECO" :  $T = T_c - 3^\circ$  (כלומר סף של  $17^\circ$ ).  
פתיחת חלון: שעתיים במשך הבוקר, כאשר החימום במצב "ECO";  
ועוד כחצי שעה בזמן חימום מלא ("COMFORT") בשעות אחר  
הצהרים, בסביבות השעה 15:30.

בימי ששי ובשבת הופעלה מתכונת זו ללא פתיחת החלון.

בכל אחת משתי המתכונות הנ"ל הופעלה המבדקה ברציפות במשך  
כשבועיים.

טבלאות 1, 2 מסכמות את מתכונת החימום וצריכת החשמל הכוללת  
בכל יום, וכן את טמפרטורות הסביבה והנוחות באותו יום.

כאמור : נתונים של יום חימום אחד מתיחסים למהלך החימום משעה  
5 בבוקר ועד למחרת בשעה 5 בבוקר.

מדינת ישראל  
STATE OF ISRAEL

MINISTRY OF INDUSTRY AND TRADE  
THE NATIONAL PHYSICAL LABORATORY

משרד התעשייה והמסחר  
המעבדה הלאומית לפיסיקה

**טבלה 1. חימום "דקוהיט" במשך 8 שעות ביום**

שעות החימום : 6 – 8 ; 16 – 22 . מצב "ECO" : 4-°

תאריך	פתיחת חלון בבוקר	פתיחת חלון אחה"צ	סביבה ממוצע יומי	סביבה מינימום	נוחות	צריכת חשמל יומית	הערות
						קו"ש	
09/01/01	---	---	10.4	6.8	20.0	4.4	הפעלה בשעה 9. הצריכה משוערת ל 24 שעות
10/01/01	---	---	11.0	6.7	20.0	3.9	
11/01/01	---	---	11.1	7.5	19.9	4.0	תרמוסטט נמוך
12/01/01	---	---	10.3	7.0	19.6	3.9	תרמוסטט נמוך
13/01/01	---	---	10.9	7.8	19.4	4.6	תרמוסטט נמוך
14/01/01	---	---	13.9	7.0	19.9	5.1	
15/01/01	---	---	15.2	10.6	20.0	5.3	
16/01/01	---	---	11.7	8.2	20.2	4.6	
17/01/01	---	---	10.2	6.9	20.0	4.7	
18/01/01	---	---	10.2	6.8	19.9	5.4	
19/01/01	---	---	7.8	6.8	19.3	7.3	
20/01/01	---	---	8.1	6.0	19.2	8.7	
22/01/01	9.00	11.00	8.8	5.8	19.7	6.9	

מדינת ישראל  
STATE OF ISRAEL

MINISTRY OF INDUSTRY AND TRADE  
THE NATIONAL PHYSICAL LABORATORY

משרד התעשייה והמסחר  
המעבדה הלאומית לפיסיקה

**2. חימום "דקוהיט" במשך 12 שעות ביום**

מצב "ECO" : 3-°

שעות החימום : 6 - 8 ; 13 - 23.

הערות	צריכת חשמל יומית	נוחות	סביבה	סביבה	פתיחת חלון אחה"צ		פתיחת חלון בבוקר		תאריך
	קו"ש	בשעות החימום אחה"צ	מינימום	ממוצע יומי					
	10.6	19.7	5.5	9.0	15.30	15.00	11.00	9.00	21/01/01
	8.9	19.9	6.3	8.2	15.45	15.15	11.00	9.00	23/01/01
	8.6	19.7	4.1	6.6	13.30	13.00	13.00	9.30	25/01/01
	13.2	19.4	3.2	5.8	---	---	---	---	26/01/01
	15.4	19.1	3.6	7.0	---	---	---	---	27/01/01
	14.1	19.4	4.3	9.5	15.30	15.00	10.45	8.45	28/01/01
	9.7	19.7	8.6	10.1	18.10	15.00	11.45	8.45	29/01/01
	6.4	20.3	8.5	12.8	15.15	14.45	11.00	9.00	30/01/01
	5.6	20.6	9.1	13.7	15.30	15.00	13.15	9.15	31/01/01
	5.5	20.6	9.4	13.9	16.45	16.00	11.15	9.00	01/02/01
	10.3	19.4	7.1	7.9	16.15	15.30	11.00	9.00	04/02/01

## תוצאות

בכל אחד מימי הבדיקה נרשמה עקומה המראה את מהלך טמפרטורת הסביבה, טמפרטורת הנוחות בחדר, טמפרטורת ה "GLOB" וצריכת החשמל במשך 24 שעות. ראה דוגמאות בתרשימים 1, 2. התרשימים נעשו בימים בהם פעל החימום במתכונת השניה, וניתן לראות בהם את שתי תקופות החימום לפי מתכונת זו: 6 - 8 בבוקר; 13 - 23 בשעות אחר הצהרים והערב. במשך שאר השעות, בהם היה התרמוסטט במצב "ECO", פעל התנור מעט ביום הקר (תרשים 1) כדי לשמור על נוחות מינימלית בחדר. בדוגמה השניה - יום חם יותר (תרשים 2) - לא היה צורך להפעלת החימום במשך כל שעות ה "ECO".

כל הנתונים בתרשימים אלה הם מיצוע לכל רבע שעה, ולכן העקומה של צריכת החשמל אינה מראה במדויק את ההדלקות והכבויים של התנור על ידי התרמוסטט. למעשה התרמוסטט מכבה ושוב מדליק את התנור בערך כל חצי דקה.

בניתוח התוצאות נבחנו בעיקר: צריכת החשמל, הטמפרטורה בחדר בימים שונים ואחידות הטמפרטורה באזורים שונים של חדר המבדקה.

## א. צריכת החשמל

### 1. מתכונת הבדיקה הראשונה

במתכונת זו, בה הופעל החימום במשך 8 שעות ביום, וחלון המבדקה סגור, היתה צריכת החשמל:

4 - 8 ק"ש ליום.

צריכת החשמל הממוצעת היתה:

5.3 ק"ש ליום

1.5 . והסטיה

מדינת ישראל  
STATE OF ISRAEL

MINISTRY OF INDUSTRY AND TRADE  
THE NATIONAL PHYSICAL LABORATORY

משרד התעשייה והמסחר  
המעבדה הלאומית לפיסיקה

בתרשים 3 רואים בבירור שצריכת החשמל היא פונקציה של טמפרטורת הסביבה, כצפוי. ככל שטמפרטורת הסביבה נמוכה יותר, כך גדלה צריכת החשמל.

## 2. מתכונת הבדיקה השניה

במתכונת השניה: 12 שעות חימום, עם פתיחת חלון, כמתואר לעיל, היתה צריכת החשמל:

6 - 16	קו"ש ליום.
9.8	קו"ש ליום, צריכת החשמל הממוצעת היתה
3.4	והסטיה

בתרשים 4 רואים שגם במתכונת זו צריכת החשמל היא פונקציה של טמפרטורת הסביבה.

פתיחת החלון לא השפיעה במידה ניכרת על צריכת החשמל, והנתונים בתרשים 4 כלולים גם ימים עם פתיחת חלון וגם ימים בהם נשאר החלון סגור (בדרך כלל יום ששי ושבת).

## 3. צריכת החשמל במשך החורף

העקומה בתרשים 4 מתיחסת לחימום חדר המבדקה במשך 12 שעות ביום, ושאר השעות במצב  $ECO = -3$ . ניתן לשער לפי עקומה זו מהי צריכת החשמל בחדר זה במשך עונה שלמה (100 ימי חימום). אם ניקח בחשבון שהטמפרטורה הממוצעת בחדשי החורף (דצמבר, ינואר, פברואר) בירושלים היא כ-8 - 10 מעלות, תהיה צריכת החשמל היומית כ-10 קו"ש. לפי זה במשך עונה שלמה, 100 ימים, תהיה הצריכה כ-1000 קו"ש לחדר דומה למבדקה מבחינת השטח, הבידוד והחלונות. (שטח החדר 17.4 מ"ר)

מדינת ישראל  
STATE OF ISRAEL

MINISTRY OF INDUSTRY AND TRADE  
THE NATIONAL PHYSICAL LABORATORY

משרד התעשייה והמסחר  
המעבדה הלאומית לפיסיקה



## ב. הטמפרטורה בחדר בימים שונים

המצב האידיאלי בחימום רצוף של חדר הוא שהטמפרטורה בחדר תהיה קבועה במשך כל החורף ולא תהיה תלויה כלל בטמפרטורת הסביבה. מצב זה לא יתכן כאשר החימום אינו מופעל 24 שעות ברציפות. ברור שבימים קרים תהיה טמפרטורת החדר בתחילת החימום נמוכה מאשר בימים חמים, ולכן ידרש זמן ארוך יותר עד שהחדר יגיע לטמפרטורת הנוחות הרצויה.

תרשימים 5, 6 מראים את טמפרטורת הנוחות הממוצעת במשך 10 שעות חימום כפונקציה של טמפרטורת הסביבה הממוצעת וכפונקציה של טמפרטורות המינימום באותו יום. הטמפרטורת הנוחות בחדר נעה בין 19.4 ל 20.6 מעלות. כלומר: התנור שמר על טמפרטורת נוחות דומה בימים קרים ובימים חמים יותר. גם פתיחת החלון כמעט ולא השפיעה על טמפרטורת הנוחות.

## ג. אחידות הטמפרטורה בחדר

כפי שמתואר לעיל נמצאים 10 גששי טמפרטורה במישור מקביל לתנור, במרחק של כ 2.5 מטר ממנו. 3 גששי טמפרטורה הם בציר המרכזי של מישור זה, מול התנור, בגבהים שונים (גשש רביעי נמצא באותו ציר מרכזי, קרוב לתקרה). 3 גששים נוספים נמצאים באותם גבהים, במרחק 1.20 מטר ימינה, ועוד 3 במרחק 1.20 מטר שמאלה מן הציר המרכזי.

גששים אלה מאפשרים לבדוק את אחידות הטמפרטורה בקו אופקי מקביל לתנור, וכן את אחידות הטמפרטורה בציר אנכי.

נוסף לכך הותקנו מול התנור, בגובה של 60 ס"מ, שני רשמים למדידת טמפרטורה, האחד במרחק של כ 50 ס"מ מן התנור והשני במרחק של כ 1.20 מטר מן התנור. שני רשמים אלה מאפשרים להשוות את הטמפרטורה בחדר בקו אופקי מאונך לתנור.

הבדלי הטמפרטורה בציר אופקי מקביל לתנור בין הציר המרכזי ובין שני הצירים הצדדיים (1.20 מטר ימינה או שמאלה מהמרכז) היו  $0.1^\circ - 0.2^\circ$  צלזיוס, כלומר: בקו האופקי המקביל לתנור נשמרה טמפרטורה אחידה.

הבדלי הטמפרטורה בציר אנכי – בגבהים שונים היו כ  $0.5^\circ$  צלזיוס בין גובה 20 ס"מ לבין גובה של 120 ס"מ. סמוך לתקרה, בגובה 220 ס"מ, היתה הטמפרטורה גבוהה בערך ב  $1.5^\circ$  צלזיוס מאשר בגובה 20 ס"מ. ראה דוגמה של מהלך הטמפרטורה בגבהים שונים בחדר בשעות החימום בתרשים 7.

בתרשים זה ניתן לראות גם את השפעת פתיחת החלון בשעה 15.15 – 15.45. כל הטמפרטורות יורדות מעט באותו זמן: בערך ב  $0.1^\circ$  עד  $0.2^\circ$  צלזיוס. רק הטמפרטורה בחלק העליון של החדר (בגובה 220 ס"מ) יורדת יותר:  $0.8^\circ$  צלזיוס.

עוד ניתן לראות בתרשים שבתחילת החימום עולה הטמפרטורה בחלק העיון של החדר בצורה ניכרת, אך במשך שעות החימום יורדת טמפרטורה זו מעט בעוד ששאר הטמפרטורות בחדר עולות, כך שהטמפרטורות בגבהים שונים של החדר נעשות יותר אחידות.

הבדלי הטמפרטורה בציר אופקי מאונך לתנור: ברור שככל שנתרחק מן התנור, יהיה החדר פחות חם. הטמפרטורה באיזור הקרוב לתנור (כ – 50 ס"מ) היתה כ  $23^\circ$ , ואילו במרחק של 1.20 מטר מן התנור היתה הטמפרטורה כ  $20^\circ$  צלזיוס, הבדל של כ  $3^\circ$ . לעומת זאת כמעט ולא היה הבדל בין הטמפרטורה במרחק של 1.20 מטר לזו שבמרחק 2.50 מטר מן התנור.

הבדלי טמפרטורה בזמן: כל מערכת חימום הכוללת תרמוסטט, מופעלת ומופסקת מידי זמן עקב פעילות התרמוסטט. ככל שזמני ההפעלה והכבוי ארוכים יותר, כך עלולות להיות תנודות טמפרטורה גדולות יותר בין הזמן שהתנור מופעל לבין הזמן שהוא כבוי. התרמוסטט בתנור "דקוהיט" הוא דיגיטלי, והוא מופעל ומופסק בתדירות גבוהה מאד, ולכן הכבוי וההדלקה על ידי התרמוסטט אינם גורמים לשנוי בטמפרטורת החדר.

מדינת ישראל  
STATE OF ISRAEL

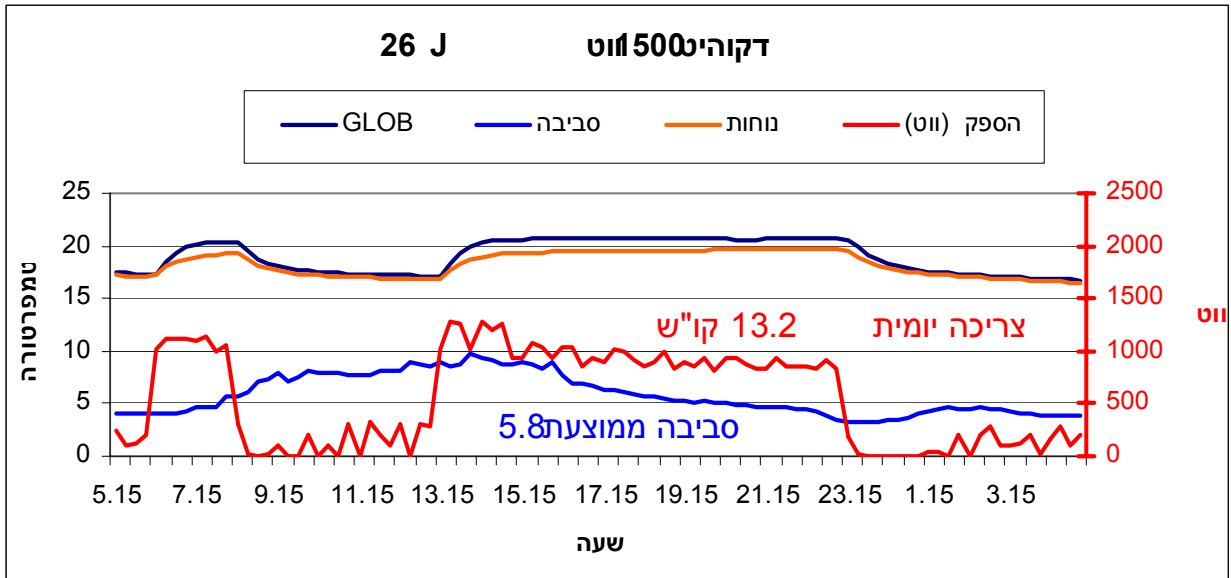
MINISTRY OF INDUSTRY AND TRADE  
THE NATIONAL PHYSICAL LABORATORY

משרד התעשייה והמסחר  
המעבדה הלאומית לפיסיקה

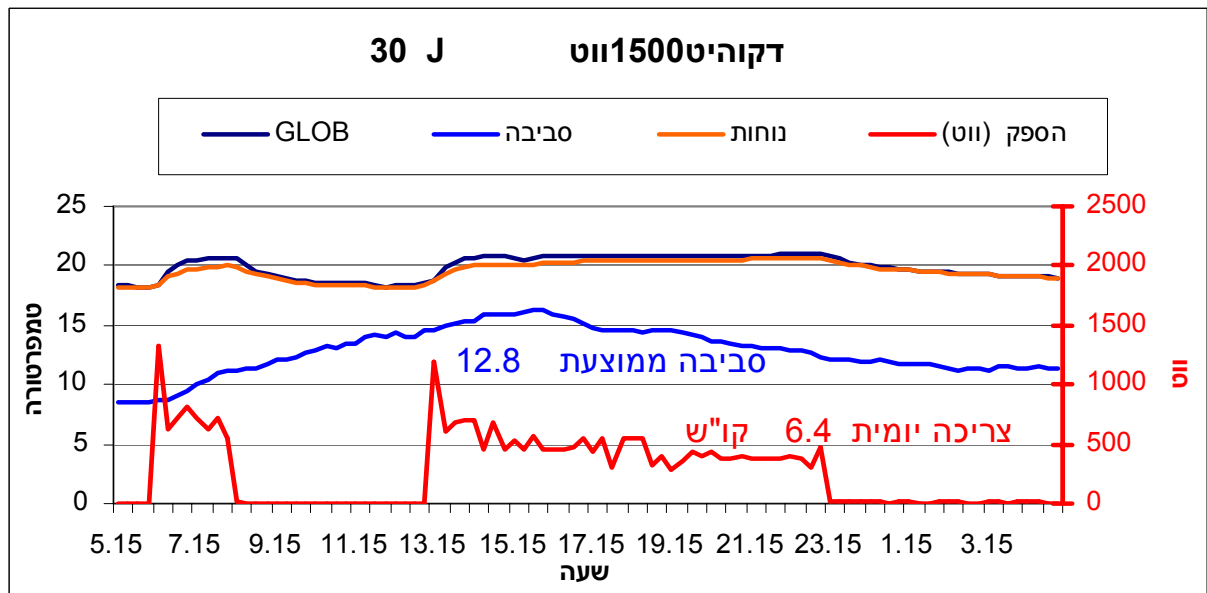
סיכום

1. התנור של חברת "דקוהיט", 1500 ווט, מסוגל לחמם את חדר המבדקה ולהחזיקו בטמפרטורת נוחות של 20° צלזיוס. שטח המבדקה: 17.6 מ"ר. גובה: 2.5 מטר.
2. צריכת החשמל לחדר המבדקה בתנאי החימום המפורטים להלן, מוערכת בסביבות 1000 קו"ש לעונת חורף שלמה.  
תנאי החימום במבדקה (במתכונת השניה) היו:  
שעתיים בבוקר (6 - 8); 10 שעות אחה"צ ובערב (13 - 23);  
טמפרטורת נוחות בשעות אלה: 20° צלזיוס;  
שאר השעות: 3° = "ECO";  
פתיחת חלון למשך שעתיים לפני הצהרים וחצי שעה אחר הצהרים.
3. נוחות: הטמפרטורה בחדר היתה אחידה ולא נמצאו הפרשי טמפרטורות משמעותיים בחדר המבדקה, בעיקר בגלל צורת הפעולה של התרמוסטט הדיגיטלי.
4. מנגנון התרמוסטט הכולל מצב "ECO" עוזר לשמור על טמפרטורה מינימלית בזמן שבו לא דרוש חימום רב. בתנאי מזג האוויר בארץ ובדרישות החימום בבדיקה זאת, לא היה צורך רב במנגנון זה, היות וטמפרטורת החדר לא ירדה גם בשעות הלילה במידה ניכרת. לעומת זאת בימים קרים במיוחד, או כאשר מעונינים ברמת חימום גבוהה (למשל 22° צלזיוס בשעות השיא ושמירה על מינימום של 19°) יכולה האפשרות של מצב "ECO" לתרום במידה רבה לנוחות השימוש והיעילות.

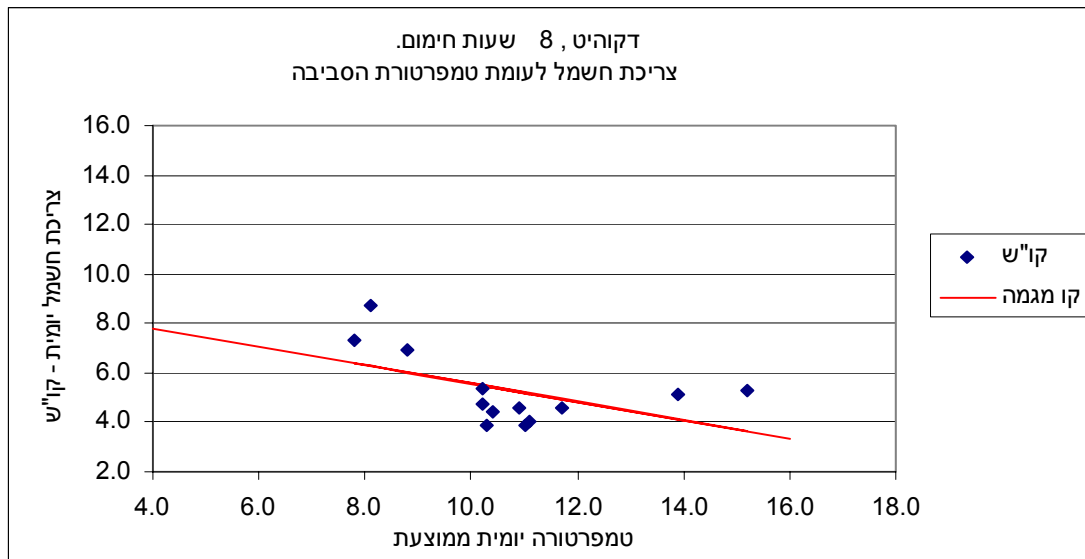
תרשים 1  
מהלך החימום על ידי דקוהיט ביום קר (26 בינואר)



תרשים 2  
מהלך החימום על ידי דקוהיט (30 בינואר)



תרשים 3  
צריכת החשמל היומית כפונקציה של טמפרטורת הסביבה היומית  
דקוהיט - 8 שעות חימום

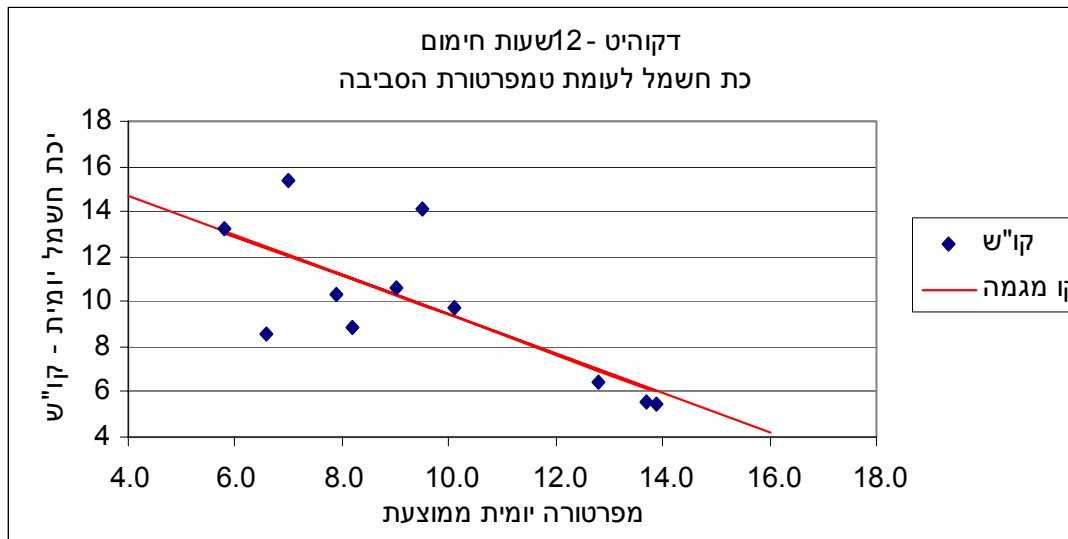


תרשים 4  
צריכת החשמל היומית כפונקציה של טמפרטורת הסביבה היומית  
דקוהיט - 12 שעות חימום יומיות

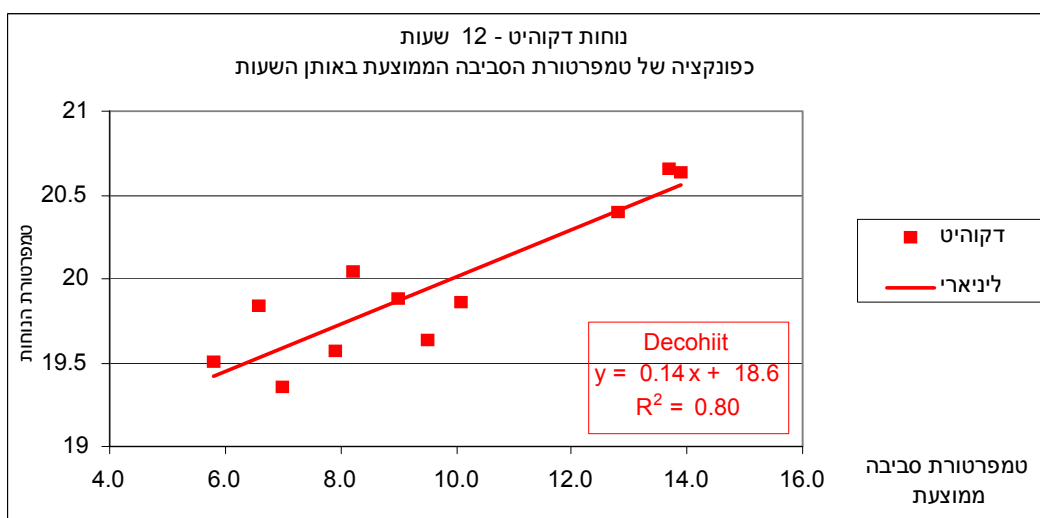
מדינת ישראל  
STATE OF ISRAEL

MINISTRY OF INDUSTRY AND TRADE  
THE NATIONAL PHYSICAL LABORATORY

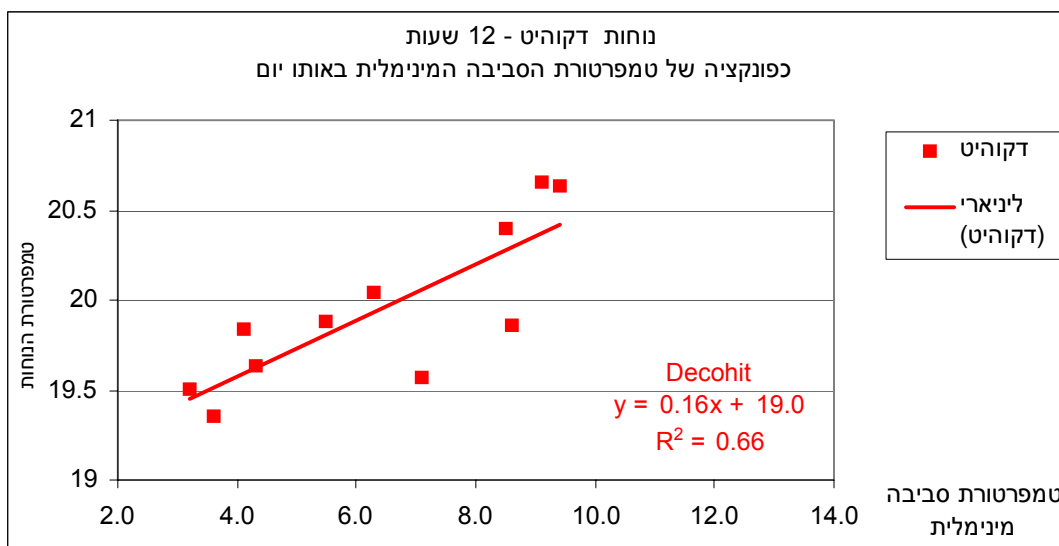
משרד התעשייה והמסחר  
המעבדה הלאומית לפיסיקה



**תרשים 5**  
**הנוחות הממוצעת בשעות החימום אחה"צ כפונקציה של טמפרטורת הסביבה באותן השעות**



**תרשים 6**  
**הנוחות הממוצעת בשעות החימום אחה"צ כפונקציה של טמפרטורת המינימום באותו יום**



תרשים 7  
טמפרטורת החדר בגבהים שונים בשעות החימום  
(בציר המרכזי)

