

**המוסד לבטיחות ולגיהות**

**מרכז מידע ואינטרנט**

רח' מזא"ה 22, ת.ד. 1122, תל-אביב 61010

טלפון: 03-5266455 פקס: 03-5266456

e-mail: info@osh.org.il

**תפוצה-183**

# עבודה בתנאי עומס חום



**מאת: יעקב מאירסון**

**יוני 2013**



**המוסד לבטיחות ולגיהות**  
בטיחות ובריאות בעבודה - זה אנחנו.

## הקדמה

חשיפה לעומס חום גבוה (heat stress) מהווה פוטנציאל לפגיעה בבריאות העובד. תנאי מזג האוויר הקשים, כאשר הטמפרטורות בקיץ נעות סביב  $35^{\circ}\text{C}$ , בצירוף הערכים הגבוהים של הלחות היחסית, מהווים סיכון חמור לבריאותם של אלפי עובדי חקלאות, בניין, סוללים ומתחזקי כבישים, עובדים העוסקים בעבודות בהכשרת קרקע לבנייה, עובדים בחצרי מפעלים ולכל מי שפעילותו קשורה בהימצאות ב"שטח". החשיפה לתנאי עומס חום גבוה עלולה להסתיים במכת חום ובמקרים קיצוניים אף במות העובד.

עומס חום גבוה עלול להוות גורם סיכון לבריאות העובדים גם לפעילויות שונות שמתקיימות באולמות ייצור מקורים (בתוך מבנים). צירוף של מספר גורמים כמו: הטמפרטורות והלחות הגבוהות, תנועת אוויר בלתי מספקת תוך ביצוע פעילות פיזית מאומצת הם תנאים המסכנים את בריאותנו באופן מידתי. חשוב לציין כי גיל העובדים ומצב בריאותם הכללית עלולים להוות גורם שלילי נוסף, שמגביר את ההיתכנות להיפגע מעומס חום גבוה. זיהוי מוקדם של תסמיני הפגיעה, ע"י העובד עצמו או הסובבים אותו, עשוי להקטין את חומרת הנזק לבריאות. מטרת החוברת: לספק מידע בטיחותי הקשור בסיכוני חשיפה לעומס חום גבוה, על מנת להגביר את המודעות של העובדים לסיכונים הבריאותיים הטמונים בתופעה.

## תוכן עניינים

עמ'	נושא
4	1. מקור החום בגוף האדם
4	1-1 . מקור החום בגוף חי
4	1-2 . הקשר בין קצב הנשימה התאית ורמת חום הגוף
5	1-3 . הקשר בין פעילות גופנית מאומצת, לבין נשימה תאית ולחום הגוף.
5	1-4 . היבטים פיזיולוגיים
6	2. עומס חום
7	3. מדד חום
7	4. מאזן החום בגוף
8	5. הקשר בין כמות הנוזלים בגוף האדם לחום גוף
10	6. מאזן נוזלים ופעילות גופנית
11	7. התייבשות
12	8. מכת חום
12	9. דרכים הנדסיות להורדת עומס החום במקומות עבודה
15	10. תחיקה

## **1. מקור החום בגוף האדם**

### **1-1 . מקור החום בגוף חי :**

משאב אנרגיית החום בגוף האדם, כמו בכל יצור חי, מופק באמצעות שני גורמים :

#### **א. פנימי, אקטיבי כימי.**

אנרגיית חום שמקורה בתא, מופקת כתוצר לוואי בתהליך הכימי הקרוי "נשימה תאית". תהליך זה משמש דוגמה לתהליכי בערה של חומר אורגני המלווים בשחרור של חום. בתהליך הנשימה התאית, החומר האורגני, בדרך כלל גלוקוז, עובר בערה באמצעות חמצן. בתהליך זה משתחררת אנרגיה. רוב האנרגיה המשתחררת היא אנרגיית חום (כ-80%) וחלקה האחר מופנה לבניית מאגר זמין של אנרגיה. מספר רב של תגובות כימיות במטבוליזם של התא מבוקרות על ידי המצב האנרגטי בו מצוי התא, כאשר ATP [Adenosine Triphosphate] הוא המקור האנרגטי הנפוץ ביותר בתאים, המשקף את רמתו האנרגטית של התא. כמות החום המיוצרת בגוף תלויה, בין היתר, במשקל הגוף, במין האדם, בכמות המזון הנאכל ובאיכותו וברמת הפעילות הפיזית של הגוף. שינויים בטמפרטורה משפיעים על מהירות התגובות הכימיות על המבנה המרחבי של החלבונים ועל פעילותם. מכאן גם החשיבות לשמירת טמפרטורה יציבה של הגוף.

#### **ב. חיצוני, פסיבי ופיזיקלי.**

אנרגיית חום זו מגיעה מחוץ לגוף האדם, מוסעת מהסביבה, במידה והיא גבוהה מחום הגוף, כאשר הגוף אינו יכול להתנגד לה. זהו תהליך פיזיקלי, בו אנרגיית החום זורמת מרמת חום גבוהה לנמוכה יותר.

### **1-2 . הקשר בין קצב הנשימה התאית ורמת חום הגוף :**

נשימה תאית, היא תהליך המתרחש בכל סוגי התאים, במהלכו מתחמצנות מולקולות אורגניות תוך כדי שחרור אנרגיה, שחלקה נפלט בצורת חום וחלקה נאגר במולקולות עתירות אנרגיה. במהלך חיי התא מתרחשות בו פעילויות רבות שלביצוען נדרשת אנרגיה (לדוגמה - העברה פעילה של חומרים דרך קרום התא). תהליכים צורכי אנרגיה אינם בהכרח צמודים בזמן ובמקום לתהליכים המספקים את האנרגיה. כלומר, האנרגיה שנוצרת בתא נשמרת לזמנים בהם יצטרכו אותה לביצוע פעולות. מאחר ואחת מסוגי האנרגיות המופקות בנשימה תאית היא אנרגיית חום, הרי שככל שקצב תהליך הנשימה התאית יהיה מהיר יותר, כמות החום שתופק בתהליך תהיה גבוהה יותר, והגוף יתחמם ויגיע לטמפרטורות גבוהות.

### 1-3. הקשר בין פעילות גופנית מאומצת, לבין נשימה תאית לחום הגוף.

פעילות גופנית מאומצת, שהיא בעצם פעילות תאי השריר, דורשת אנרגיה גבוהה. על מנת לספק את כמות האנרגיה הדרושה לפעילות המאומצת, מוגבר תהליך הנשימה התאית, ובמקביל מוגבר גם קצב יצירת אנרגיית החום. אנרגיית חום זו מביאה לעליית חום הגוף. מכאן, הזדקקות לאנרגיה גבוהה לפעילות גופנית, יוצרת בליית ברירה, גם עליה באנרגיית החום, ובטמפרטורת הגוף.

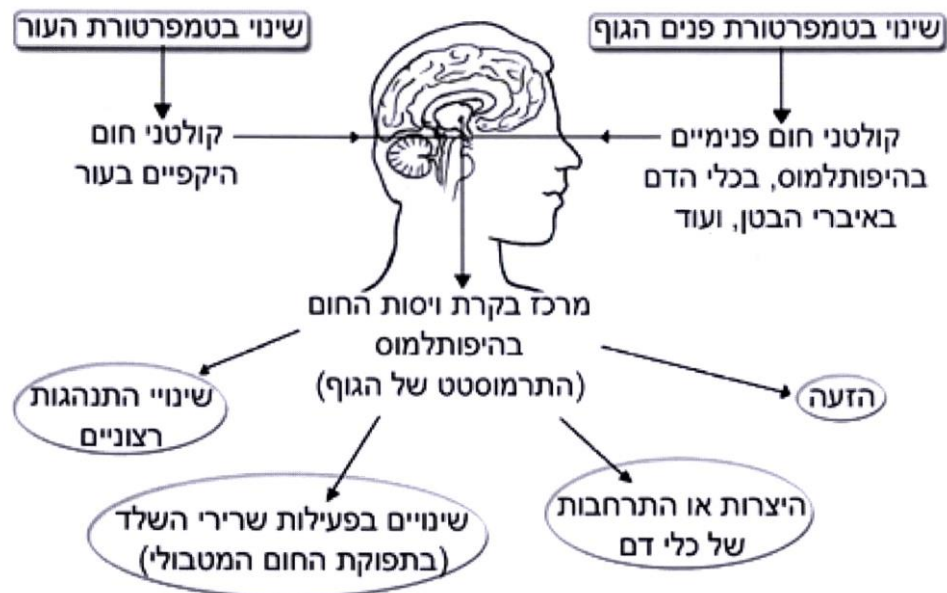
בדומה ליונקים בעלי דם חם, האדם אינו מושפע בדרך כלל מטמפרטורת הסביבה, מאחר שקיימים מנגנונים בגופו, השומרים על טמפרטורה קבועה, ועל מאזן הנוזלים, המלחים והחומציות.

בדרך כלל האדם מתפקד היטב כשטמפרטורת הגוף שלו כ-  $37^{\circ}\text{C}$ . סטייה של שתי מעלות לכל צד, עלולה לגרום להפרעה חמורה בתפקוד הגוף. סטייה גדולה יותר יכולה לגרום לסכנת מוות מיידית.

### 1-4. היבטים פיזיולוגיים

מבחינה פיזיולוגית, תחושת נוחות מתרחשת בזמן שנשלחים מינימום אותות עצביים על ידי קולטני חום שנמצאים בעור ובהיפותלמוס (מבנה קטן במוח הקדמי).

## בקרת ויסות החום



התמונה נלקחה מ"פיזיולוגיה של המאמץ" מאת: ד"ר עמרי ענבר ושחר נייס

הטמפרטורה הפנימית של האדם עומדת על  $37^{\circ}\text{C}$  בקירוב. אדם לבוש בזמן מנוחה יחוש תחושת נוחות כאשר טמפרטורת הסביבה הטבעית תהיה  $25^{\circ}\text{C}$  -  $20^{\circ}\text{C}$ . התחום הזה של טמפרטורת הסביבה שומר את הגוף במצב של יציבות בהקשר למאזן החום. בתנאים אלה לא יהיה צורך בהשקעת מאמץ בחימום או קירור שלו. כאשר טמפרטורת הסביבה גבוהה מ-  $25^{\circ}\text{C}$  גוף האדם יגיב בשתי דרכים עיקריות:

הראשונה, הרחבה של כלי הדם בפריפריה ועל-ידי כך איבוד רב יותר של חום דרכם, דרך זו מתקיימת רק כאשר טמפרטורת העור נמוכה מ-  $35^{\circ}\text{C}$ .

הדרך השנייה והמשמעותית יותר, תהיה הגברת הקירור על ידי אידוי הזעה. קצב הקירור באידוי באמצעות הזעה תלוי ברמה של לחות האוויר (לחות גבוהה תצמצם את התנדפות הזיעה מהגוף ובכך תאט את התקררותו) ובמהירות הרוח. לפיכך, במזג אוויר חם עם רוח יבשה יגבר קצב ההזעה מהגוף.

## 2. עומס חום - מדד/קטגוריות

עומס חום הוא מדד המבטא את מידת אי הנוחות הנובעת מהשילוב בין טמפרטורת האוויר ללחות הנמצאת בו.

המדד שנמצא בשימוש צה"ל ואומץ ע"י השירות המטאורולוגי נוסח ע"י פרופ' עזרא זוהר והוא מחושב כממוצע חשבוני של הטמפרטורה היבשה והטמפרטורה הלחה.

הטמפרטורה היבשה, או בשמה המלא יותר: טמפרטורת הגולה היבשה (dry bulb temperature) היא המינוח המקצועי למושג המקובל של טמפרטורת האוויר בו אנו משתמשים בחיי היום יום.

הטמפרטורה הלחה או בשמה המלא: טמפרטורת הגולה הלחה (wet bulb temperature) היא הטמפרטורה, אליה מתקרר האוויר באמצעות אידוי הלחות שבו.

בפועל נמדדת טמפרטורה זו בעזרת מד טמפרטורה שבקצהו מולבש פתיל רטוב.

על פי ההגדרות החדשות של צה"ל קיימות שש קטגוריות של עומס חום המוגדרות על פי הערכים המספריים הבאים:

קטגוריות:

1.	פחות מ- $22^{\circ}\text{C}$ :	ללא עומס חום
2.	22-24 :	עומס חום קל
3.	24-26 :	עומס חום מתון
4.	26-28 :	עומס חום בינוני
5.	28-30 :	עומס חום כבד
6.	מ-30 ומעלה:	עומס חום כבד מאד

בעומס חום חזוי ניתן וחשוב להתעדכן במהלך התכנון של העבודה ב"שטח" בימי הקיץ.

המידע זמין בכתובת: <http://www.meteo-tech.co.il/heat.asp>

מדד עומס החום (°C)

ל ח ו מ ס ת (%)	100	22	27	33	42					
	90	22	26	31	39	50				
	80	22	26	30	36	45	58			
	70	21	25	29	34	41	51	62		
	60	21	24	28	32	38	46	56	65	
	50	21	24	27	31	36	42	49	57	66
	40	20	23	26	30	34	38	43	51	58
	30	19	23	26	29	32	36	40	45	51
	20	19	22	25	28	31	34	37	41	44
	10	18	21	24	27	29	32	35	38	41
0	18	21	23	26	28	31	33	35	37	
		21	24	27	29	32	35	38	38	41

טמפרטורת האוויר (°C)

מדד עומס חום	הפרעות בריאותיות אפשריות בחשיפה ממושכת לחום ו/או פעילות פיזית עייפות
27 <sup>0</sup> עד 32 <sup>0</sup>	מכת-שמש, התכווצות שרירים, תשישות
33 <sup>0</sup> עד 40 <sup>0</sup>	סביר: מכת-שמש, התכווצות שרירים, תשישות אפשרית: מכת חום
41 <sup>0</sup> עד 54 <sup>0</sup>	מכת חום/מכת-שמש בסבירות גבוהה
מעל 54 <sup>0</sup>	

הערות: קרינת שמש ישירה מעלה את מדד עומס החום ב - 0.8 °C.

איור הקשר בין מדד עומס חום להפרעות בריאות קשורות לחום מקור: פרויקט מיפוי סיכונים בתעשייה 1994-2000, דו"ח מסכם.

### 3. מדד חום

"מדד חום" הוא מדד המבטא את השילוב בין הטמפרטורה היבשה והלחות בצורה של מעין טמפרטורה "אפקטיבית", כלומר, זו היא הטמפרטורה היבשה בתנאי לחות "רגילים" שגורמת לאותה תחושת אי נוחות הנגרמת מהשילוב של הטמפרטורה והלחות הנוכחיים. מכאן שבימים חמים ולחים מאד מדד החום ייתן ערכים גבוהים יותר מהטמפרטורה היבשה הנמדדת בפועל.

### 4. מאזן החום בגוף

בגופם של יצורים חיים כמו האדם, יש צורך בשמירה על מאזן חום - שמירה על טמפרטורת גוף קבועה - בעיקר במצב של פעילות גופנית או טמפרטורה חיצונית גבוהה, שעלול לגרום לעליית טמפרטורת הגוף.

על מנת שגוף האדם יתפקד בצורה תקינה, עליו לשמור על טמפרטורה קבועה של כ- $37^{\circ}\text{C}$ . סטייה של שתי מעלות לכל כיוון עלולה לגרום הפרעה מהותית בתפקוד הגוף, וסטייה גדולה יותר עלולה לגרום מוות.

במצב מנוחה הגוף מייצר חום בהיקפים מינימליים. לעומת זאת, בשעת מאמץ תהליכי חילוף החומרים מתקיימים באופן מואץ יותר, וכמובן הפקת החום גדלה באופן ניכר. למעשה, כמות החום הנוצרת בגופנו עומדת ביחס ישיר לרמת האינטנסיביות של המאמץ הגופני.

בשעת מאמץ גופני מוגבר הגוף יכול ליצור חום פי עשרה בהשוואה למצב המנוחה. המשאב הנוסף להספקת החום לגוף היא הסביבה החיצונית.

שהות האדם במקום לא מקורה ביום שמש חם גורמת לגוף לספוג חום רב, וטמפרטורת הגוף עלולה לעלות בקצב מהיר מאוד.

בגופנו קיימים מנגנונים שונים התומכים בשמירה על טמפרטורה קבועה (כ- $37^{\circ}\text{C}$ ) של אדם, הנמצא במנוחה. מקצתם גורמים להורדת הטמפרטורה של הגוף (איזוי הזעה, הסמקה) וחלקם האחר גורמים להעלאת הטמפרטורה (פעולת השרירים).

תהליך המתרחש בגופנו לשם שמירת טמפרטורת הגוף קבועה מכונה: "מאזן חום".

התהליך מאופיין בשוויון בין כמות החום שהגוף מייצר ו/או קולט מהסביבה לבין כמות החום שהגוף פולט אל הסביבה.

## 5. הקשר בין כמות הנוזלים בגוף האדם לחום הגוף

כ-70% ממשקל גוף האדם הם נוזלים, כאשר כ-50% הם נוזל תוך-תאי וכ-20% נוזל חוץ-תאי. אובדן הנוזלים עלול לגרום לשיבושים קשים בתפקוד תקין של גוף האדם. בין יתר הצרות ניתן לציין פגיעה ביכולת הגוף לסלק עודפי חום.

העברת החום מהאיברים הפנימיים של הגוף אל העור על מנת לסלקו, מתבצעת בעזרת נוזלי הגוף. הקטנת כמות הנוזלים מקטינה את האפקטיביות של התהליך.

טווח סביר של שינוי טמפרטורת גופנו היא כשתי מעלות צלזיוס (36-38). תהליך השמירה על הטווח הרצוי של טמפרטורת הגוף נגזר ממאזן בין כמות החום המיוצרת ע"י הגוף לבין היכולת שלו להיפטר מעודפי החום (קירור הגוף). לכן ניתן לקשר בין שני מנגנונים: מאזן הנוזלים ומאזן החום.

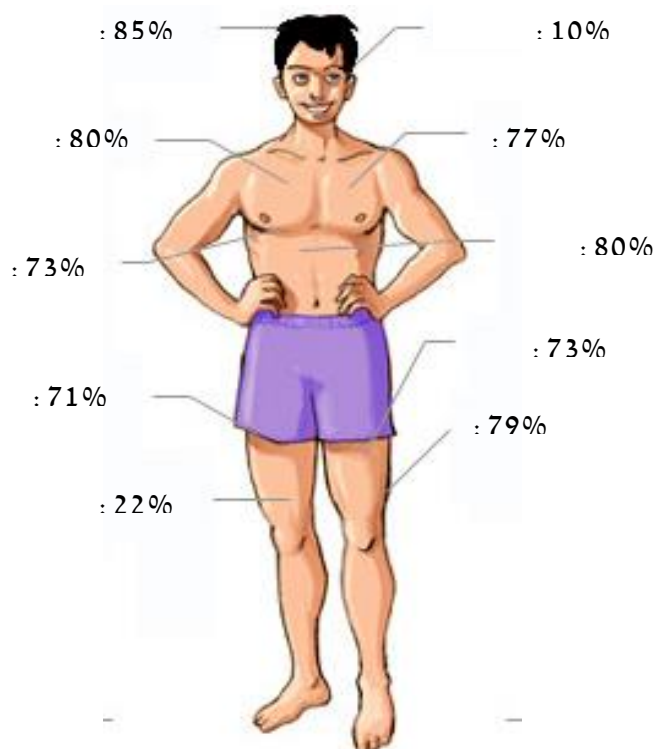
ה"בקר" שמתאם את התפקוד של שני המנגנונים הנ"ל נמצא בהיפותלמוס שבמוח.

ה"בקר" משווה בין טמפרטורת הגוף לבין הטמפרטורה הרצויה. בו בזמן, במרכז בקרת כמות הנוזלים מתבצע ויסות של כמות המים.



ירידת כמות הנוזלים בגוף גורמת לעליית הלחץ האוסמוטי של הדם. מנגנון הבקרה מתרגם זאת כפקודה לכליות למנוע הפרשת שתן שמעשית מתורגמת בגוף ולתחושת צמא. במקביל, מרכז ויסות החום עפ"י טמפרטורת הדם פוקד על בלוטות הזיעה להגביר את "ייצור" הזיעה על מנת להאיץ את תהליך קירור הגוף. בשל העובדה שההזעה מהווה אמצעי עיקרי לקירור הגוף, אנחנו מאבדים בתהליך ויסות הטמפרטורה כמות ניכרת של מים. מכאן, שקיים צורך קיומי לשמירת מאגר מים בגופנו על מנת להבטיח טמפרטורה תקינה של הגוף. מנגנוני הוויסות של כמות המים ורמת הטמפרטורה בגוף קשורים קשר עמוק. לא יתכן מצב בו פעילות של אחד מהם השתבשה בו בזמן שהשני ממשיך לתפקד בצורה תקינה.

### תכולת המים באיברים השונים



התמונה נלקחה מפרסום של האוניברסיטה העברית בירושלים/ הפקולטה למדעי החקלאות.

## 6. מאזן נוזלים ופעילות גופנית

- אחת הבעיות החמורות המתלוות למאמץ גופני בתנאי חום היא אובדן נוזלים, שמתבצע בשלוש דרכים עיקריות: הזעה, שתן ונשימה.
- הנגזרת מהתהליך היא קיום תופעות פיזיולוגיות בהן יש להתחשב תוך ביצוע מאמץ גופני:
- ירידה בנפח הדם.
  - ירידה בזרימת דם לאיברים פנימיים חיוניים.
  - עלייה בלחץ דם.
  - ירידה בתפקודי הלב ועלייה בדופק.
  - וירידה בזרימת דם אל העור.
  - קושי בפיזור החום.

חשוב לדעת:

- על כל ליטר נוזלים שמאבדים, טמפרטורת הגוף עולה ב- 0.3 מעלות צלזיוס.
- הדופק עולה ב- 8 פעימות בדקה.
- התייבשות מעל ל-3% משפיעה על כושר ביצוע עבודה.
- למניעת התייבשות חשוב להתחיל מאמץ במצב בו אנו רוויים.
- חשוב שהשתייה תהיה בכמויות קטנות ובתכיפות גבוהה.

מספר גורמים משפיעים על קצב ההזעה:

- \* גיל וטמפרטורת גוף
- \* ביגוד - אוורירי וקל יאפשר לנו לאבד חום לסביבה ביתר יעילות.
- \* עומס חום חיצוני - ככל שסביבת המאמץ חמה יותר כך מייע יותר ונאבד יותר מזלים
- \* עוצמת מאמץ - ככל שעוצמת המאמץ גבוהה יותר כך מייע יותר.
- \* אקלים - הזעה יחסית מרובה יותר באדם מסוים מעידה על אקלים גבוה יותר.

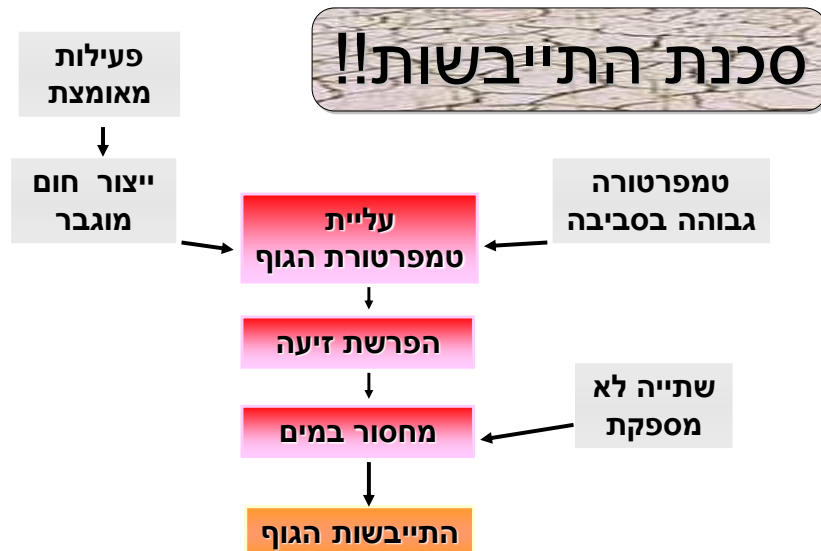
## 7. התייבשות

התייבשות היא תופעה של אובדן נוזלי הגוף, בעיקר באמצעות זיעה. הרגשת הצמא (הגירוי לשתייה) מתעוררת רק אחרי שאבדו לעובד כשני אחוזים ממשקל הגוף (כ-1.5 ליטר עבור משקל של 75 ק"ג).

קיים קושי לפיצוי מידי של הגוף על אובדן נוזלים בסדר גודל זה, כי בתנאי מאמץ וחום, קצב פינוי הנוזלים מהקיבה יורד ולכן קצב ספיגת הנוזלים קטן. לגבי אדם העובד בתנאי חום מוגבר ומתלונן על כאבי ראש וסחרחורת, בעל דופק מואץ, שתן שאינו שקוף אלא צהוב – יש חשד שלקה בהתייבשות.

צבע השתן הוא סימן מהותי, וככל שצבעו כהה יותר, כך דרגת ההתייבשות גדולה יותר. רופאים העוסקים בנושא ממליצים לשמור על צריכת נוזלים מספקת, על מנת לשמר מצב רווי. באופן כללי חשוב לשתות גם ללא תחושת צמא, ועל אחת כמה וכמה בעת ביצוע מאמץ בתנאי חום.

הטיפול בהתייבשות ניתן בהחזרת נוזלים לגוף. אם הנפגע ער ומסוגל לשתות, יש להשקותו במים. אם הכרתו מעורפלת, הטיפול יינתן באמצעות עירווי נוזלים דרך הווריד, שיבוצע על ידי גורם מקצועי שהודרך בעניין.



התרשים נלקח מפרסום של משרד החינוך / מנהל מדע וטכנולוגיה / הפיקוח על הוראת מדע טכנולוגיה

## 8. מכת חום

מכת חום ממאמץ ניתן להגדיר כעליית טמפרטורה של החלקים הפנימיים של הגוף מעל ל-40 מעלות צלזיוס. התופעה מתרחשת, כאמור, בזמן ביצוע פעילות גופנית. הסיבה להתפתחות מכת חום ממאמץ היא אגירה מואצת של חום מטבולי, תוך אי יכולת של הגוף להיפטר מעודפי החום שנוצרו בפרק זמן נתון. כל זה במצב שבו מנגנון ההזעה תקין. בעצם מדובר בכשל רב-מערכתי שללא קירור מידי מהיר ותמיכה בתפקוד מערכות החיים החיוניות, עלול להסתיים במוות.

במקרים רבים ניכרת מכת חום (Heat Stroke) באיבוד הכרה פתאומי, בלא כל אזהרה ובלא כל סימן מקדים. לעתים יופיעו סימנים מוקדמים - רובם הפרעות במערכת העצבים המרכזית: חולשה, כאב ראש, סחרחורת, הפרעה בדיבור, הפרעה בשיווי המשקל וכן בלבול, הזיות וערפול ההכרה. נוסף על כך עלול הנפגע לפתח פרכוסים ואי-שליטה על הסוגרים. לעתים מופיע דימום מהאף (Epistaxis).

עובד שלגביו קיים חשד שנפגע ממכת חום, מוצע עפ"י ההמלצות של מערכת הרפואה לנקוט בצעדים הבאים:

\* יש למדוד את חום גופו של הנפגע.

\* שמירה על נתיב אוויר פתוח: אובדן הכרה והקאה עלולים להביא לידי דום נשימה ומוות.

\* קירור מידי של הנפגע: להעביר את הנפגע למקום מוצל, להפשיטו מבגדיו, להתזי מי ברו ולכוון אליו משב רוח

\* מעקב רצוף אחר הסימנים החיוניים ופינוי הנפגע בדחיפות למתקן רפואי.

\* אם הנפגע סובל מפרכוסים, יש לפנותו בדחיפות עליונה, תוך השגחה על דרכי האוויר פתוחות ותוך קירור נמרץ.

אם מכת החום לא מאובחנת ומטופלת כראוי, היא עלולה להביא לתחלואה, לנכות ואף למוות. חומרת הפגיעה, בין היתר, תלויה במשך הזמן בו היה העובד עם חום גבוה מ-40 מעלות צלזיוס.

## 9. דרכים הנדסיות להורדת עומס החום במקומות עבודה

שיטות הנדסיות להקטנת עומס החום במקומות העבודה הוצגו ב:

Section III: Chapter 4 - HEAT STRESS

OSHA Technical Manual (OTM)

Occupational Safety and Health Administration

1. **General ventilation** is used to dilute hot air with cooler air (generally cooler air that is brought in from the outside). This technique clearly works better in cooler climates than in hot ones. A permanently installed ventilation system usually handles large areas or entire buildings. Portable or local exhaust systems may be more effective or practical in smaller areas.
2. **Air treatment/air cooling** differs from ventilation because it reduces the temperature of the air by removing heat (and sometimes humidity) from the air.
3. **Air conditioning** is a method of air cooling, but it is expensive to install and operate. An alternative to air conditioning is the use of chillers to circulate cool water through heat exchangers over which air from the ventilation system is then passed; chillers are more efficient in cooler climates or in dry climates where evaporative cooling can be used.

4. **Local air cooling** can be effective in reducing air temperature in specific areas. Two methods have been used successfully in industrial settings. One type, cool rooms, can be used to enclose a specific workplace or to offer a recovery area near hot jobs. The second type is a portable blower with built-in air chiller. The main advantage of a blower, aside from portability, is minimal set-up time.
5. Another way to reduce heat stress is to increase the air flow or **convection** using fans, etc. in the work area (as long as the air temperature is less than the worker's skin temperature). Changes in air speed can help workers stay cooler by increasing both the convective heat exchange (the exchange between the skin surface and the surrounding air) and the rate of evaporation. Because this method does not actually cool the air, any increases in air speed must impact the worker directly to be effective.

If the dry bulb temperature is higher than 35°C (95°F), the hot air passing over the skin can actually make the worker hotter. When the temperature is more than 35°C and the air is dry, evaporative cooling may be improved by air movement, although this improvement will be offset by the convective heat. When the temperature exceeds 35°C and the relative humidity is 100%, air movement will make the worker hotter. Increases in air speed have no effect on the body temperature of workers wearing vapor-barrier clothing.

6. **Heat conduction** methods include insulating the hot surface that generates the heat and changing the surface itself.
7. Simple engineering controls, such as shields, can be used to reduce radiant **heat**, i.e. heat coming from hot surfaces within the worker's line of sight. Surfaces that exceed 35°C (95°F) are sources of infrared radiation that can add to the worker's heat load. Flat black surfaces absorb heat more than smooth, polished ones. Having cooler surfaces surrounding the worker assists in cooling because the worker's body radiates heat toward them.

With some sources of radiation, such as heating pipes, it is possible to use both insulation and surface modifications to achieve a substantial reduction in radiant heat. Instead of reducing radiation from the source, shielding can be used to interrupt the path between the source and the worker. Polished surfaces make the best barriers, although special glass or metal mesh surfaces can be used if visibility is a problem.

Shields should be located so that they do not interfere with air flow, unless they are also being used to reduce convective heating. The reflective surface of the shield should be kept clean to maintain its effectiveness.

תרגום חופשי של עיקרי הדברים :

### **9-1. אוויר כללי**

שיטה המבוססת על ערבוב אוויר חם במקום העבודה עם אוויר קריר יותר שמוזרם מבחוץ. כמובן שהטכניקה המוצעת יעילה כשהטמפרטורה של האוויר החיצוני נמוכה מזו שבמקום העבודה. בשיטה זו מערכת אוויר מותקנת באופן קבוע ומזרימה את האוויר לאזורים גדולים ולעיתים למבנה כולו.

מערכות ניידות או מקומיות המשמשות לסילוק האוויר החם, יכולות לבצע את העבודה ביעילות באזורים קטנים, לדוגמה: בעמדת עבודה ספציפית.

### **9-2. טיפול/קירור אוויר**

השיטה נבדלת מאוויר רגיל (פסיבי) בכך שהיא מורידה את הטמפרטורה של האוויר ע"י סילוק החום ולפעמים גם הלחות.

### **9-3. מיזוג האוויר**

השיטה מאוד יעילה, אך יקרה בהתקנה ובהפעלתה. כתחליף משתמשים לפעמים במצננים, בהם מסוחררים מים קרים שבהעברה דרך מחליף חום מסוג מים-אוויר מקררים את האוויר שזורם דרכו.

### **9.4 קירור אוויר מקומי**

קירור אוויר מקומי יכול להוות אמצעי יעיל להפחתת טמפרטורת אוויר באזורים ספציפיים. בתעשייה קיימות שתי שיטות יישום של הגישה הזאת. שיטה אחת: חדרים מקוררים, שממוקמים בקרבת עמדות עבודה "חמות" ומהווים אזור התאוששות עבור העובדים. שיטה השנייה: מפוח עם מצנן מובנה שמוצב בעמדת עבודה הרצויה.

### **9.5 איורור**

דרך נוספת לצמצום עומס חום היא להגדיל את זרימת האוויר באמצעות פיזור האוויר ע"י מאווררים באזור העבודה. השיטה יעילה כל עוד טמפרטורת האוויר נמוכה מטמפרטורת העור של העובד. שינוי מהירות אוויר יכול לעזור לעובדים לקרר את עצמם על ידי הגדלת היעילות של החלפת החום בין פני העור והאוויר שבסביבה.

### **9.6 בידוד מקור החום**

השיטה מתמקדת בשינוי הולכת החום ע"י בידוד של המשטח החם.

### **9.7 קרינת החום**

משטחים שטמפרטורה שלהם העולה על 35 מעלות צלזיוס מהווים מקור של קרינה אינפרא-אדומה, שיכולה להגביר את עומס החום בו מתפקד העובד. אמצעים הנדסיים פשוטים, כגון מיסוך משטחים חמים בקווי הייצור שנמצאים בטווח הראייה של העובד, יכולים להפחית את קרינת החום.

## 10. תחיקה

התייחסות תחיקת הבטיחות בעבודה לגורמים כימיים ופיזיקליים מזיקים מעוגנת ב:  
**תקנות הבטיחות בעבודה** (ניטור סביבתי וניטור ביולוגי של עובדים בגורמים מזיקים),  
התשע"א-2011.

ע"פ הגדרת המונח בתקנות "גורם מזיק" הוא:

גורמים כימיים ופיזיקליים מזיקים, הנמצאים במקום העבודה, ואשר העובדים עלולים להיחשף אליהם  
בזמן העבודה והם רשומים בספר, בתוספת הראשונה או בתוספת השנייה;

תקנה 3 – "ערכי חשיפה מותרים בגורמים מזיקים" לתקנות הללו, מחייבת את  
המעביד כדלהלן:

(א) המעביד ינקוט את כל הפעולות הסבירות כדי –

(1) שלא לחרוג מערכי החשיפה המותרים;

(2) שלא יועבד עובד בחשיפה לגורם מזיק, מעבר לערכי החשיפה המותרים;

(3) שלא ייחשף עובד בקרינה מייננת לרמה העולה על המנה הגבולית, כנקוב בחלק ב' של התוספת השנייה, וסכום

מנות הקרינה המשוקללות לא יעלה על המנה הגבולית כנקוב באותה תוספת, ובכפוף להגבלות הנוספות שבאותה תוספת.

(ב) החשיפה המשוקללת המרבית המותרת, החשיפה המרבית המותרת, תקרת החשיפה המותרת והמדדים הביולוגיים לחשיפה  
תעסוקתית יהיו לפי הספר.

(ג) על אף האמור בתקנת משנה (ב), הערכים שנקבעו בתוספת השנייה לגבי גורמים מזיקים ובתוספת השלישית לגבי מדדים  
ביולוגיים לחשיפה תעסוקתית, יבאו במקום הערכים שבספר, ולגבי גורמים או חומרים שאין לגביהם ערכים בספר – נוסף עליהם.

מכאן, שלגבי כל גורם מזיק - כימי או פיזיקלי במקומות העבודה, המעביד מחויב  
לדאוג להקטנת החשיפה ולא רק לאותם חומרים/גורמים שלגביהם קיימות תקנות  
ייחודיות. בשל היעדר תקנות ייחודיות עבור "עומס החוס", שהוא גורם מזיק  
פיזיקלי, כאמור, ערכי סף החשיפה של העובדים לגורם זה יילקחו מ"הספר",  
שהגדרתו בתקנות הבטיחות בעבודה (ניטור סביבתי וניטור ביולוגי של עובדים  
בגורמים מזיקים), התשע"א-2011 מובא להלן:

**"הספר"** – *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure*

*Indices – ACGIH*, כתוקפו מזמן לזמן לפי עדכון השנתי, שעותק שלו מופקד לעיון הציבור במשרד אגף הפיקוח על העבודה  
בירושלים, תל אביב, באר שבע וחופה, וכן במרכז למידע של המוסד לבטיחות וגיהות בתל אביב, והפניה אליו מצויה באתר האינטרנט  
של משרד התעשייה המסחר והתעסוקה, שכתובתו [WWW.MOITAL.GOV.IL](http://WWW.MOITAL.GOV.IL); הנוסח התקף האחרון שאליו יש הפניה כאמור,  
הוא הנוסח המחייב;

ההמלצות של ה-ACGIH מרוכזות בפרק "**Heat stress and Heat Strain**"

ערכי הטמפרטורה המותרים בחשיפה לחום מופיעים בגרף 2 של הפרק, כאשר הקצב  
המטבולי ניתן לקבוע עפ"י המפורט בטבלה 3:

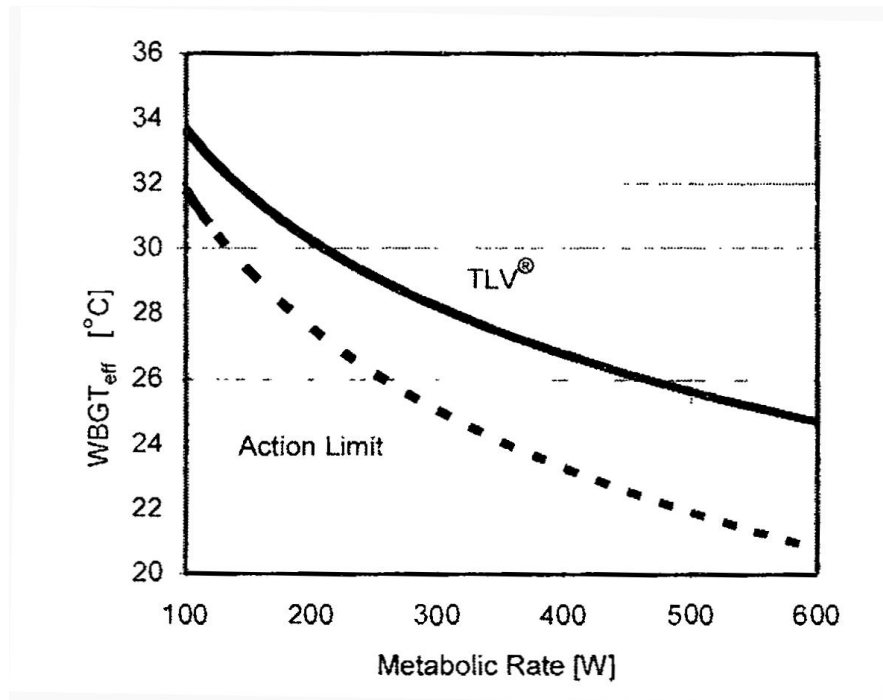


Table 3: Metabolic rate categories and the representative metabolic rate with example activities

**TABLE 3. Metabolic Rate Categories and the Representative Metabolic Rate with Example Activities**

Category	Metabolic Rate [W] *	Examples
Rest	115	Sitting
Light קל	180	Sitting with light manual work with hands or hands and arms, and driving. Standing with some light arm work and occasional walking.
Moderate בינוני	300	Sustained moderate hand and arm work, moderate arm and leg work, moderate arm and trunk work, or light pushing and pulling. Normal walking.
Heavy כבד	415	Intense arm and trunk work, carrying, shoveling, manual sawing; pushing and pulling heavy loads; and walking at a fast pace.
Very Heavy	520	Very intense activity at fast to maximum pace.

\* The effect of body weight on the estimated metabolic rate can be accounted for by multiplying the estimated rate by the ratio of actual body weight divided by 70 kg (154 lb).

בין היתר, הפרק דן גם בשליטה ובבקרת החום בסביבת העבודה ומפרט אמצעי בטיחות לביצוע עבודה ספציפית. מובא תרגום חופשי של רשימת פעילויות שאותה ACGIH ממליץ ליישם בקביעת תכנית לניהול העבודה בתנאי עומס חום:



- \* לספק הוראות מדויקות בעל פה ובכתוביו, לקיים הדרכות שנתיות, למסור מידע כללי על עומס ועקת חום.
- \* לעודד שתיית מים קרים או משקאות בתדירות של כ-1 כוס כל 20 דקות.
- \* לעודד את העובדים לדווח לממונים על הופעת התסמינים של עקת חום במהלך ביצוע העבודה.
- \* לעודד את העובדים להגביל את עצמם בחשיפת יתר לחום, זאת במצב שהעבודה מתבצעת ללא השגחת הממונים.
- \* לעודד מצב בו העובדים משגיחים אחד על השני במטרה לזהות סימנים ותסמינים של עקת חום באחרים.
- \* ליעץ ולפקח על מי שנוטל תרופות שעלולות במצב של עומס חום חריג לפגוע בלב ובכלי דם, ברמת לחץ הדם, בוויסות טמפרטורת הגוף, בתפקודי הכליות או בלוטות זיעה. כמו כן למי שמשתמש או נמצא בגמילה מאלכוהול או מחומרים משכרים אחרים.
- \* לעודד את העובדים לקיים אורח חיים בריא, לשמור על משקל גוף תקין ואיזון אלקטרוליטי.
- \* לשקול בדיקות רפואיות מקדימות לשם איתור עובדים הנוטים להיפגע מחום.
- \* לעקוב אחר תנאי עומס החום ודיווחי העובדים לגבי ההפרעות והליקויים הקשורים לעבודה בתנאי החום.
- \* לשקול להשתמש באמצעים הנדסיים המפחיתים את קצב היווצרות החום המטבולי, להבטיח תנועת אוויר מספקת, להפחית את שיעורי פליטת החום לסביבת העבודה ובין היתר לבודד מקורות חום המוקרן לסביבה.
- \* לשקול בקרה ניהולית שתקבע זמני חשיפה מקובלים, תאפשר זמני מנוחה מספקים ותקטין עקה פיזיולוגית.
- \* לשקול שימוש בצידוד מגן אישי שהוכיח את יעילותו במסגרת נהלי עבודה ספציפיים עבור התנאים בסביבת העבודה הנתונה.

ביבליוגרפיה :

\* Government of western Australia - MANAGEMENT AND PREVENTION OF HEAT STRESS

Document No: ZMR002SX

\* Stress Heat : OSHA Technical Manual (OTM) - Section III: Chapter IV

\* J. LaDou, Occupational & Environmental Medicine, Second Edition, 1997

\* מכללת בית ברל / החוג למדעי הטבע - הקשר בין משק המים ומשק החום

\* יפית גלילי - דיאטנית ספורט ופיזיולוגית של המאמץ - מאמץ גופני בתנאי חום

\* מרכז הרופאים המומחים – מאמר : פגיעות חום

\* "עזרה ראשונה להצלת חיים", מאת פרופ' יואל דונחין ונתן קודינסקי

משרד הביטחון - ההוצאה לאור

\* השירות המטאורולוגי הישראלי

\* "סיכונים בחשיפה לחום הקיץ" ד"ר אשר פרדו

\* "מאזן מים ומאזן חום" - משרד החינוך - מנהל מדע וטכנולוגיה - הפיקוח על הוראת מדע

וטכנולוגיה

\* עזרא זהר / אדם ואקלים 1980 בהוצאת כתר ירושלים בע"מ