



המדריך להפעלה נכונה של קמינים להסקה בעץ



למי מיועד המדריך

המדריך מיועד לכל מי שמחזיק בתנור קמין להסקה בעץ או כל דלק מוצק (דלק מוצק הוא עץ וגלילי הסקה משאריות חקלאיות – גלילי גפת, גלילי נסורת), ומעוניין ללמוד ולהבין את ההיבטים השונים הכרוכים ברכישה והפעלה של קמינים, כדי לייעל את חימום הבית. המדריך מיועד לשכנים של אנשים שלהם תנור הפועל על דלק מוצק, שכן הפעלה נכונה ויעילה של התנור תביא להורדה דרמטית של כמות העשן אליו נחשפים השכנים. המדריך מיועד לבעלי מקצוע המוכרים תנורים ולספקים של דלק מוצק המסבירים ללקוחותיהם כיצד להפעיל את התנור. הסבר טוב, מובנה וברור עשוי לשפר את התוצאות עבור הלקוחות של בעלי המקצוע.

המדריך מורכב משלושה חלקים המכסים את הנושאים העיקריים שעל בעלי קמין עץ לדעת. אלו כוללים את **סוגי התנורים**, **סוג ואיכות הדלק המוצק** ואופן **הפעלת התנור** במטרה להפיק את מירב האנרגיה האצורה בחומר, וכדי להקטין את פליטת העשן בצורה משמעותית.

האם מדריך כתוב בן 40 עמודים יכול להביא לשינוי משמעותי בנוגע לכמות החום שתשיגו מהתנור ומהדלק שלכם, ולהפחית דרמטית בכמות העשן שתפלטו דרך הארובה שלכם?

חד משמעית כן! השינוי שתשיגו הוא דרמטי.

הקו המנחה של המדריך הוא:

- אתם רוכשים תנור פעם בחיים.
- אתם רוכשים דלק מוצק פעם בשנה.
- אתם מפעילים את התנור 120 פעם בשנה.

יש לכם השפעה דרמטית על ביצועי התנור

קשה להפריז בפשטות של המידע ובמשמעות הרבה שיש לכם, המשתמשים, כדי לשנות את ביצועי תנור החימום שלכם בצורה דרמטית.

יש בפרקים השונים של המדריך חזרות על הנקודות החשובות. אין מדובר בהיעדר תשומת לב בשלב העריכה. עשינו זאת כדי להדגיש את הדברים וכדי להבטיח שהם ייזכרו. אני מאמין שקריאה במדריך זה ואימוץ הצעדים הפשוטים המוצעים בו, יעניקו לכם דלק טוב יותר, חום רב יותר, ולשכניכם ולסביבה, פחות עשן ויותר אוויר נקי.

רענן בורל

אוליובר בע"מ

<http://www.olivebar.co.il/>

אוליובר בע"מ
המדריך להפעלה נכונה של קמינים להסקה בעץ

Olivebar Ltd.
The Guide to Correct Operation of Wood Heating Stoves

כל הזכויות בעברית **אִיבֵן** שמורות

לאוליובר בע"מ

יש לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או בכל אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר – כל חלק שהוא מהחומר שבמדריך זה.

יש להפיץ לחברים, לשכנים, למכרים, לקרובי משפחה, לספקי עצים, לילדים, ולכל אדם ללא רשות מפורשת בכתב או בעל פה מהמו"ל.

תוכן עניינים

4	תקציר הדברים
10	תהליך הבעירה
12	התנור
16	הדלק
28	הפעלת התנור
30	עשן
33	סיכום הוראות הפעלה

רשימת טבלאות

10	טבלה מספר 1 - שלבי תהליך הבעירה
15	טבלה מספר 2 – סוגי דלק מוצק
24	טבלה מספר 3 – השוואה בין שתי הצעות של אותו סוג חומר
24	טבלה מספר 4 – השוואה בין שתי הצעות של חומרים שונים
26	טבלה מספר 5 – השוואה בין שתי הצעות שונות בכמות אנרגיה שניתן לרכוש בשקל אחד.
29	טבלה מספר 6 – פעולה תקינה ופסולה של תנור
23	עקומה מספר 1 – כמות אנרגיה כתלות בשיעור לחות
38	נספח מספר 1 – חישוב תכולת לחות בדלק מוצק

תקציר הדברים

מהו דלק מוצק

במדריך זה נעשה שימוש במונח דלק מוצק הכולל יריעה רחבה של חומרים בצורת מוצק המשמשים להפקת אנרגיה. מטרת ההגדרה היא להבדיל חומרים אלה מדלקים נוזליים (בנזין, סולר) או גזיים (גז טבעי, גפ"מ). המדריך מתמקד בקמינים הפועלים על עץ או מוצרים מעובדים של שאריות עץ (נסורת דחוסה) או שאריות חקלאיות כגון גפת זיתים. דלק מוצק הוא כל חומר בעירה המופיע בצורה של מוצק. הוא כולל עץ ומוצרים מעובדים של שאריות עץ או של פסולת ביולוגית אחרת אשר בתהליך המיחזור נדחסת לצורה של גליל, נקיקיות קטנות (pellets) או טבליות. צורות דחוסות אלה נקראות בריקטים. יש לעשות הבחנה בין דלק מוצק שמוצאו מחומר אורגני שעד לפני זמן לא רב היה עץ או פסולת חקלאית, לבין דלק מוצק שמקורו בתהליך כרייה ממעמקי האדמה, דוגמת פחם. סוג כזה של דלק הוא אמנם דלק מוצק אבל במדריך זה איננו מתייחסים אליו כיוון שהוא דלק מאובן (fossil fuel) או דלק שהיה טמון במעמקי האדמה משך מליוני שנים. כאמור, מדריך זה מתייחס רק לדלקים מוצקים שאינם דלקים מאובנים.

היקף ההסקה בדלק מוצק גדל מאוד בשנים האחרונות כיוון שהיא מאוד תחרותית במחיר ביחס לשיטות חימום אחרות. היא מספקת תחושת חום נעימה ומשמשת כמוקד חברתי לדיירי הבית. היא נושאת עימה יתרונות סביבתיים מובהקים לצד בעיות סביבתיות שאת רובן ניתן להפחית במידה ניכרת. מדריך זה מבקש ללמד את הקורא על הצעדים הדרושים לשם שיפור ביצועי קמינים הפועלים על דלק מוצק. אימוץ צעדים פשוטים אלה יביא לשיפור דרמטי בניצולת הדלק שרכשתם, ועל כן בכמות החום הנפלט לחלל הבית מהתנור עבור כל ק"ג של חומר שאתם שורפים. בנוסף, הם יביאו להפחתה דרמטית בכמות העשן הנפלט דרך הארובה.

שלושה גורמים משפיעים על כמות החום שנפיק ועל כמות העשן שנפלוט:

- איכות התנור
- איכות הדלק
- אופן הפעלת התנור

שלושה גורמים משפיעים על כמות החום שנפיק ועל כמות העשן שנפלוט. אלו הם:

- סוג ואיכות התנור
- איכות הדלק
- אופן הפעלת התנור

איכות התנור

איכות התנור חשובה בשורה של תחומים. העיקרי שבהם הוא האפשרות לשלוט על כמות ונקודת כניסת האוויר הדרוש הן להזנה של תהליך השריפה של הדלק והן לשריפה של הגזים הנפלטים בשלב השני של תהליך השריפה (ראו בהמשך). גורמים חשובים נוספים כוללים את סוג החומר ממנו עשוי התנור, עוביו ושיטת הייצור.

איכות הדלק המוצק

רוב החומרים שמקורם מהצומח מכילים כמות דומה של אנרגיה. הגורם העיקרי הקובע את כמות האנרגיה הזמינה לנו היא רמת הלחות שלו. גורמים חשובים אחרים קשורים למאפיינים של החומר כגון דחיסות, שכן ככל שהחומר דחוס יותר הוא מכיל יותר אנרגיה. לעניין זה חשוב לציין שמינים שונים של אותו סוג עץ שונים ברמת הדחיסות של החומר בצורה משמעותית. כך שמין אחד של אקליפטוס עשוי להיות דחוס פי 2 ממין אחר.

הפעלת התנור

אופן הפעלת התנור חשוב כדי שנפיק את מירב החום האצור בדלק, וכדי שנקטין את כמות העשן הנפלט דרך הארובה. **בהפעלה לא נכונה של תנור אנו עלולים לאבד כ- 50% מהאנרגיה דרך הארובה. בהפעלה נכונה אנו יכולים להפוך עד 75% מהעשן לאנרגיה שתחמם אותנו.**

- אנו קונים תנור פעם אחת בחיים
- אנו קונים דלק מוצק פעם בשנה
- אנו מפעילים את התנור בכל יום במשך 120 יום בשנה.

מכאן חשיבותם של הדלק ושל הפעלה נכונה של התנור.

אתם רוכשים תנור פעם בחיים, רוכשים דלק מוצק פעם בשנה ומפעילים את התנור 120 פעם בשנה. ההנחה שלנו היא שרוככם לא תצאו למסע רכישה של תנור חדש ועל כן הרחבנו בשני נושאים שתשומת לב שלכם להם עשויה לשפר את כל ההיבטים הקשורים להסקה בדלק מוצק – סוגי ומאפייני הדלק ואופן הפעלת התנור.

מה קורה בתהליך השריפה?

האנרגיה האצורה בעץ משתחררת בתהליך השריפה. אין בתהליך זה כדי להוות בעיה יוצאת דופן. כאשר השריפה שלמה ותקינה, נפלטים ממנה אדי מים ופחמן דו – חמצני. כאשר השריפה אינה שלמה, נפלטים ממנה מזהמי אוויר נוספים (הרשימה ארוכה), והחום שאנו מפיקים ממנה נמוך מכפי שיכול היה להיות בהפעלה נכונה. רמות גבוהות של מזהמי אוויר נפלטים בדרך כלל בעת ההדלקה, בעת הוספת חומר בעירה לתנור וכאשר האש חנוקה.

הדבר נראה היטב בצורת עשן סמיך לבן או אפור הנפלט מהארובה. זהו שלב הכרחי בראשית תהליך הבעירה או במהלך תוספת דלק מוצק לאש דולקת שלא ניתן להימנע ממנו, אבל אפשר לשפר אותו. הגזים הנפלטים בשלבים הראשונים של תהליך הבעירה, ניתנים לשריפה למרות שהשתחררו מהדלק המוצק שבתחתית התנור. אם לא נשרוף אותם, הם ייפלטו בצורת עש המורכב מחומרים רבים וחלקיקים. אם נשרוף את רובם, נפיק אנרגיה רבה יותר לחימום מאותו חומר שהכנסנו לתנור. כאשר איננו שורפים את הגזים האלה, אנו מאבדים עד 50% מהאנרגיה שהייתה בדלק שהכנסנו לתנור. וכפי שכבר נאמר, אנו פולטים מזהמים לאוויר שאין חובה שנפלוט אותם.

הגורמים המשפיעים על כמות החום המופקת מהדלק ועל שיעור פליטת המזהמים מהארובה.

שלושה גורמים עיקריים קובעים את איכות החום המופקת מדלק מוצק ואת חומרת המזהמים הנפלטים לאוויר הפתוח.

א. סוג התנור

קיימים מספר סוגי מתקנים לשריפת דלק מוצק. ההבדלים ביניהם משליכים על יעילות שריפת הדלק המוצק, על שיעור פליטת המזהמים ועל איכות העברת החום של המתקן מהאש בתא הבעירה אל חלל הבית. סוגי מתקני החימום עולים ביעילותם ככל שיוורדים ברשימה הבאה:

- אח פתוח
- התקן באח פתוח המאפשר לסגור אותו (ולשלוט על זרימת האוויר)
- תנור לא מתקדם הכולל פתח כניסת אוויר ללא יכולת בקרה על זרימת האוויר
- תנור עם פתח בקרת אוויר בחלק התחתון
- תנור מתקדם בעל פתחי אוויר בחלק התחתון ובחלק העליון של תא הבעירה
- תנור מתקדם הכולל מסנן קטליטי (לסינון הפליטות)

מן ההיבט של סוג החומר ממנו מיוצר התנור ואם יוצר ביציקת ברזל או ריתוכים של משטחי מתכת, מוצע להיוועץ עם מוכרי התנורים המכירים היטב את הנושא. ההבדל המהותי בין המתקנים האלה טמון באטימות המתקן, עובי המתכת וצורת ייצורה, ובאפשרות לכוון את כמות האוויר הנכנס לתוכו, אם בחלקו התחתון (מקום הבעירה) או בחלקו העליון (מקום זרימת הגזים אל הארובה).

- מתקנים חדשים ומתקדמים הראו שניתן לשפר את ביצועי התנור בשיעורים משמעותיים:
- הפחתת מזהמים רעילים בשיעור של עד 55%

- הפחתת פליטת חלקיקים נשימים (כאלו שחודרים למערכת הנשימה) בשיעור של עד 70%
- הגדלת יעילות התנור בשיעור של עד 70%
- הקטנת הצורך בדלק מוצק בשיעור 30 – 50% כדי להפיק את אותו חום.

ב. סוג הדלק

כמעט כל החומר שמקורו בצומח מכיל אנרגיה דומה – 18.5-19.5 מגה-ג'ול לק"ג חומר (לאלו שאינם מצויים ביחידות אנרגיה, זו אחת מכמה יחידות המבטאות כמות האנרגיה). אלא ששורה של גורמים משפיעים על כמות האנרגיה שאנחנו יכולים להפיק מחומר זה לצרכים שלנו. המשמעותי ביותר שבהם הוא מידת הלחות של החומר. לדוגמא, עץ שזה עתה נכרת מכיל כ-50% מים. הוא לא יישרף ולא יפיק חום. עץ מתאים לשריפה בתנור צריך להכיל בין 10-20% מים ולשם כך יש לייבש אותו באוויר הפתוח במשך לפחות שנה, אם כי עדיף במשך שנתיים.

דלק מוצק מסוג של שאריות חקלאיות דחוסות חייב אף הוא להיות מיובש. גלילי גפת זיתים המיוצרים על ידי אוליובר משווקים כשהם מכילים בממוצע 12% לחות. כך גם דלק מוצק מסוג של בריקטים המיוצרים מנסורת דחוסה.

דלק רטוב מדי לא יבער או שישאב את רוב האנרגיה הנפלטת משריפת העץ לשם אידוי המים שבו. כך שהבעירה תהיה לקויה. דלק יבש מדי (פחות מ-10% לחות) יבער מהר מדי ולפיכך יידרש חומר רב יותר כדי לשמר את תהליך הבעירה במשך זמן רב (שכן אנו מעוניינים להפיק חום לאורך זמן).

ג. אופן הפעלת התנור

לאופן שבו אנו מפעילים את התנור יש משמעות דרמטית על ביצועיו. כשם שנהיגת רכב לא נכונה גורמת לצריכה מוגברת של דלק, כך הפעלה לא נכונה של תנור גורמת לניצול לא אופטימלי של אנרגיה האצורה בדלק כמו גם לפליטה מוגברת של מזהמים.

בהפעלה שגויה אנו מאבדים 50-60% מהאנרגיה האצורה בדלק. בנוסף אנו פולטים את האנרגיה הזו דרך הארובה בצורה של עשן המכיל מזהמים כימיים וחלקיקים החודרים למערכת הנשימה. אנו לא רק פוגעים באיכות האוויר יותר מכפי שאנו חייבים, לעיתים אנו פוגעים בשכנינו.

הפעלה נכונה של תנור מאוד פשוטה. בעת הדלקה יש להביא את האש למקסימום בעירה כמה שיותר מהר כדי להעלות את טמפרטורת האש וטמפרטורת התנור, יש להחדיר אוויר בפתח התחתון כך שהאש תוזן במשך לפחות 20 דקות, ולהחדיר אוויר דרך הפתח העליון

כך שהגזים שנפלטו מהדלק המוצק יישרפו בנוכחות חמצן, גם כן במשך 20 דקות לפחות. כך גם יש לנהוג בכל פעם שמוסיפים חומר לאש קיימת.

הבנת מנגנון הפעולה הפשוט של דלק מוצק בקמין, ואימוץ שיטת פעולה נכונה, תניב לכם יותר אנרגיה מהדלק שעבורו כבר שילמתם, ולא פחות חשוב, תקטין משמעותית את אי הנעימות לשכניכם בשל הפחתת שיעור פליטת עשן.

השילוב של תנור יעיל, דלק טוב והפעלה נכונה יכולה לספק לכם שינוי דרמטי בכל ההיבטים הכרוכים בהפעלת קמין הפועל על דלק מוצק. ההיבטים החיוביים – הפקת חום רבה יותר, וההיבטים השליליים – הפחתת פליטת עשן.

מדריך זה מסביר את שלוש הנקודות האלה מתוך הכרה שנקיטת צעדים נכונים ברכישת התנור עצמו, ברכישת הדלק המוצק ובעיקר הפעלת התנור תעשה טוב גם לדירי הבית וגם לשכנים הזוכים לקבל רק את מה שנפלט מהארובה.

תהליך הבעירה

לפני שניכנס לפירוט בשלושת הנושאים של המדריך, מספר מילים כדי להסביר מה קורה בתהליך הבעירה.

בעירה דורשת שלושה מרכיבים – **דלק, אוויר וחום**. אם אחד מהם נעדר לא תהיה בעירה. אם אחד מהם פגום או מצוי בחסר הבעירה תהיה לקוייה. קצב שריפת הדלק המוצק נקבעת בהתאם לאספקת החמצן. מעט מדי חמצן יפגע באיכות הבעירה ויגרום לפליטת עשן. יותר מדי אוויר יגרום לשריפה מהירה או לקירור האש עד כדי כיבוייה. אם הדלק רטוב מדי הוא יפנה את רוב האנרגיה המופקת בהבעירה לאידוי מים, ולא לחום שאנו רוצים. תהליך הבעירה הופך דלק מוצק לחום ופולט חומרים כימיים וגזים בהתאם לתהליך הכימי שבו מימן ופחמן מתחברים לחמצן הנמצא באוויר. שריפה יעילה ומלאה של הדלק מייצרת אדי מים ופחמן דו חמצני בנוסף לחום ושארית אפר של חומר שלא נשרף. כאשר הבעירה אינה שלמה נפלטות גזים נוספים בהם פחמן חד חמצני, פחמימנים וגזים נוספים.

50% מהאנרגיה הזמינה בדלק מוצק נפלטת בצורה של גזים.

שריפה של רוב הגזים האלה בטרם ייפלטו דרך הארובה תעניק לכם חום רב יותר מהדלק שבתנור.

פליטה שלהם דרך הארובה מהווה בזבוז משווע בנוסף לפליטה לא הכרחית של מזהמים לסביבה ולשכנינו.

כ-50-60% מהאנרגיה הזמינה משריפת דלק מוצק נמצאת בגזים הנדיפים. אלו הם הגזים המתנדפים מהדלק ויוצאים ממנו בצורת עשן. כל שלושת השלבים של תהליך הבעירה (בטבלה מספר 1) עשויים להתרחש בו זמנית. אלא ששני השלבים הראשונים מתרחשים כאשר מדליקים את האש או כאשר מוסיפים דלק מוצק לאש קיימת. לקבלת שריפה יעילה חשוב שהגזים האלה, הנקראים תרכובות נדיפות,

יעורבבו עם אוויר וייחשפו לטמפרטורה גבוהה כדי שיישרפו בשלמותם עוד בתא הבעירה ולא ייצאו לאוויר הפתוח כעשן דרך הארובה. פירוש הדבר הוא שכאשר אנו מדליקים תנור או כאשר אנו מוסיפים חומר לאש דולקת, אנו צריכים לספק אוויר במשך 20 דקות לפחות כדי להביא לשריפה של רוב התרכובות הנדיפות. רק לאחר זמן זה ניתן לסגור את פתחי האוויר ולאפשר ליתרת החומר, ברובו פחם או קרוב למצב של פחם, לבעור לאט בנוכחות מעטה של אוויר. זו הסיבה שבתנורים מתקדמים ישנם שני פתחי אוורור. הפתח התחתון מזרים אוויר להזנת האש בדלק. הפתח העליון מזרים אוויר כדי לאפשר את שריפת הגזים שנפלטו ממנו (התרכובות הנדיפות).

טבלה מספר 1 - שלבי תהליך הבעירה

שלב ראשון - הדלקה

הדלק המוצק מחומם ומאדה את המים המצויים בו.

האנרגיה המופקת בשלב זה מופנית ברובה הגדול לאידוי המים. על כן החום הנפלט בשלב זה של תהליך הבעירה אינו מחמם את התנור ולכן גם אינו מחמם את החדר.



שלב שני – 250-500 מעלות

הדלק המוצק מתחיל להתפרק בתהליך כימי כבר בטמפרטורה של 250 מעלות, ותרכובות נדיפות משתחררות ממנו.

התרכובות האלה מכילות 50-60% מהאנרגיה המוכלת בדלק.

בטמפרטורה של למעלה מ-500 מעלות, ובנוכחות חמצן, תרכובות אלה נשרפות.

הטמפרטורה הגבוהה הזו חייבת להישמר כדי להשיג יעילות מירבית של שריפה של התרכובות האלה.



שלב שלישי – מעל 500 מעלות

לאחר שחרור התרכובות הנדיפות, החומר הנותר (בעיקר פחם) נשרף בטמפרטורות העולות על 500 מעלות ללא פליטת עשן משמעותית.. אפשר להקטין את כמות החמצן הנכנס לתא הבעירה באמצעות סגירת פתחי האוורור.



1. התנור

תנור הסקה בדלק מוצק הוא ביסודו של דבר חלל סגור שבו ניתן לשרוף חתיכות של דלק מוצק כדי להפיק חום. החום מוקרן דרך הברזל ממנו עשוי התנור לחלל החדר אותו אנו מבקשים לחמם. התנור כולל פתח או פתחים שדרכם יכול אוויר להיכנס ולהזין את תהליך שריפת החומר, וארובה שדרכה יכולים גזי הפליטה לצאת החוצה. מעת לעת יש לפנות את האפר שנותר כשארית החומר שנשרף.

מבנה יסודי של התנור

הציור מראה את פתח כניסת האוויר התחתון להזנה של תהליך הבעירה של הדלק המוצק, ופתח כניסת האוויר העליון להזנת תהליך שריפת הגאזים הנפלטים מהדלק המוצק.



צינור הארובה בו אין עשן כיוון שרוב הגאזים נשרפו בתנור

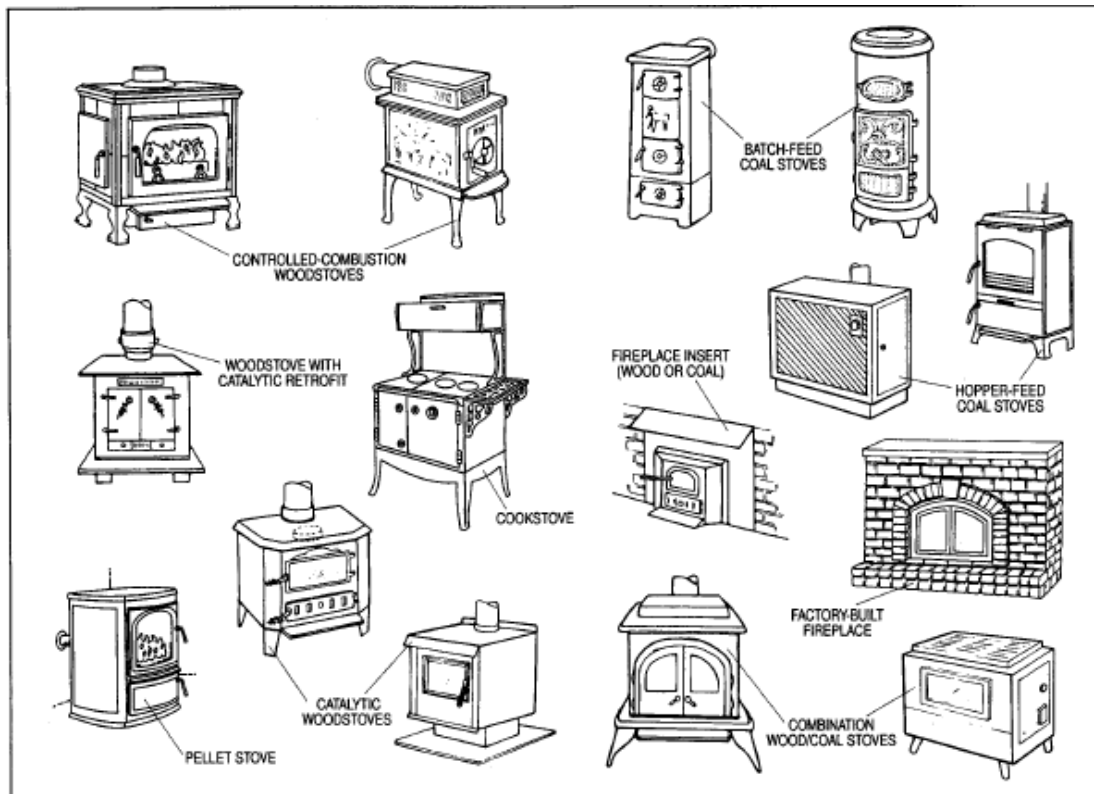
כניסת אוויר להזנת תהליך שריפת הגאזים הנפלטים מהדלק המוצק

כניסת אוויר להזנת תהליך הבעירה של הדלק המוצק

יעילות של מתקני חימום הפועלים על דלק מוצק

על מנת להפיק יעילות מירבית מהתנור הוא צריך לבצע שתי משימות בצורה טובה. ראשית כל הדלק צריך להישרף כולו כך שמעט עשן יוצא דרך הארובה (יעילות בעירה). שנית, התנור צריך להעביר את החום מתוך תא הבעירה החוצה אל החדר (יעילות העברת חום). יעילות התנורים היא נושא ראשון בסדר העדיפויות של פיתוח תנורי הסקה בדלק מוצק בשלושים השנים האחרונות. ככל שהתנור יעיל יותר הוא נותן יותר חום בצריכת כמות זהה של דלק ופולט פחות חום ומזהמים דרך הארובה. השיפור שהושג ביעילות של תנורים הוא דרמטי והביא להפחתה בשיעור פליטת החום והמזהמים דרך הארובה עד ל-85% לעומת הפליטות של תנורים ישנים.

להלן סקירה קצרה של סוגים של מתקני חימום הפועלים על דלק מוצק. לקבלת מידע רב



יותר על יעילות תנורים, מוצע לפנות אל גורמים המוכרים תנורי הסקה (קמינים) המצויים בקשר עם יצרני התנורים.

אח פתוח או אש חשופה



אש חשופה באח היא דרך מסורתית אטרקטיבית ונעימה לחימום אם כי מאוד מאוד לא יעילה ומאוד מזהמת. האוויר המזין את תהליך הבעירה אינו בשליטה וזורם בכמות נכבדה מתוך החדר וחדרים אחרים בבית, ויוצא דרך הארובה. אוויר זה מוחלף על ידי אוויר קר החודר לבית דרך פתחים ואזורים לא אטומים. יעילות אח פתוח נמוכה מאוד ועומדת על כ-10% ולעיתים יעילותה אף שלילית (כלומר גורמת לקירור הבית). רק אדם היושב בסמיכות לאש נהנה מהחום, אבל הבית כולו, או אפילו חלל החדר בו נמצא האח הפתוח, אינו מחומם בשיטה זו. התקנת דלתות בפתח האח הכוללות אמצעים להחדרה מוגבלת של אוויר תורמת לשיפור יעילות שיטה זו, אבל במידה מוגבלת.

תנורים יעילים



קמינים (תנורי ברזל סגורים) מסורתיים מקרינים חום לחדר או חלל בודד שבו הם ממוקמים. הם מספקים מקור חימום אטרקטיבי, בעלות יחסית נמוכה וקלים לתפעול, אם כי דורשים מדיירי הבית לעבוד בתפעול התנור. הם בעלי יעילות גבוהה ביחס לאש פתוחה, בדרך כלל 70% (החדשים שביניהם מגיעים ליעילות גבוהה יותר – עד 90%), כך שניתן להפיק חום רב יותר תוך צריכת פחות דלק לעומת תנורים פשוטים.

עקרון הפעולה של הקמינים מבוסס על שריפת דלק מוצק בתא בעירה כמעט אטום והקרנת חום הבעירה מהברזל ממנו בנוי הקמין אל חלל האוויר. העובדה שתא הבעירה סגור מאפשר לכוון את כמות האוויר הנכנס לתנור. בחלק מהתנורים ניתן לקבוע אם כניסת האוויר לתא הבעירה תהיה מתחתית תא הבעירה ו/או מעליו. כאמור מעלה, למיקום פתחי כניסת אוויר והיכולת לכוון את כמות האוויר, משמעות דרמטית בשיפור יעילות התנור.

כאמור, יעילותם של סוג כזה של קמינים גבוה בהרבה מזה של אח פתוח. הקמינים הפשוטים ביותר הכוללים פתח דרכו יכול אוויר להיכנס ולהזין את תהליך הבעירה ללא יכולת בקרה על כמות האוויר. אלו תנורים בעלי יעילות של פחות מ-70% בשריפת והמרת האנרגיה מהדלק המוצק לחום.

תנורים משוכללים יותר מכילים פתח אוויר שניתן לסגירה או סגירה חלקית, דבר המאפשר לשלוט על כמות האוויר הנכנסת לתנור ומזינה את הדלק המוצק בחלק התחתון של התנור.

תנורים משוכללים עוד יותר הם בעלי שני פתחי אוורור – אחד בחלק התחתון של התנור ואחד בחלקו העליון. ניתן לשלוט בכמות האוויר הנכנס דרך פתחים אלה. הפתח התחתון מזין את הבעירה של הדלק המוצק. הפתח העליון מזין את תהליך שריפת הגזים הנפלטים מהדלק המוצק. בצורה כזו רוב האנרגיה האצורה בדלק נשרפת והופכת לחום. בהמשך תוסבר החשיבות של נושא זה. בתחום זה חל שיפור נוסף לפיו האוויר הנכנס לתנור הוא אוויר מחוץ לחלל הבית, דבר המייעל עוד יותר את תהליך השריפה.

תנורים משוכללים עוד יותר מכילים מסנן גזים וחלקיקים הנקרא ממיר קטליטי. המסנן ממוקם בין תא הבעירה בתנור לבין הארובה, כך שהמזהמים נכלאים במסנן בטרם יצאו אל הארובה ודרכה לאוויר הפתוח.

ישנם מאפיינים נוספים של קמינים המשפרים את יעילותם בצורה משמעותי אולם אלה לא יפורטו במדריך זה. בנושא זה מומלץ להיוועץ עם מוכרי תנורים המכירים את תכונות התנורים על פי מפרטי היצרנים. כאמור בפרק הקודם יעילות התנור מבטאת יעילות שריפה של החומר (עד כמה אנו מנצלים את החום האצור בו) ויעילות המרת חום (עד כמה החדר מחומם על ידי התנור).

לסיכום, אם אתם מחזיקים בתנור לא יעיל, אין משהו ממשי שאתם יכולים לעשות כדי לשפר את הביצועים של התנור למעט רכישת דלק מוצק איכותי ויבש. במידה ואתם מחזיקים תנור יעיל, נותר לכם להתמקד בסוג ואיכות הדלק המוצק ובאופן הפעלת התנור. על כך בפרקים הבאים.

2. הדלק

- אתם רוכשים תנור פעם בחיים.
- אתם רוכשים דלק מוצק פעם בשנה.
- אתם מפעילים את התנור 120 פעם בשנה.

יש לכם השפעה דרמטית על ביצועי התנור

דלק מוצק

דלק מוצק הוא כל חומר מוצק שמקורו בעיקר מהצומח (אבל יכול להיות גם מהחי). המוכר והנפוץ מבין הדלקים המוצקים הוא העץ. בשנים האחרונות גדל חלקו היחסי של דלק מוצק מעובד משאריות של חומרים צמחיים. אלו כוללים נסורת עץ או שאריות של תעשיות מזון או תעשיות חקלאיות. החומר נדחס לצורה של גליל או לבנה ונקרא בריקט. במקומות רבים בעולם עושים שימוש במגוון של סוגים או צורות של דלק מוצק. אלו כוללים את בולי העץ הנפוצים כדלק מוצק, בריקטים שהם חומר אורגני (נסורת או שאריות של תעשייה חקלאית או תעשיית מזון) דחוס לצורה של לבנה או גליל, טבליות (pellets) שהם נקיקיות דחוסות של נסורת או חומר אורגני אחר ושבבי עץ שהם פיסות עץ גרוס. שני סוגי הדלק האחרונים מחייבים תנור ייחודי המתאים רק להם. עיקר ההתאמה הנדרשת היא במערכת ההזנה של הדלק לתא הבעירה, שכן בשונה מקמין רגיל שבו מערכת טעינת הדלק היא אנחנו, בתנורים טבליות או שבבי עץ ההזנה נעשית על ידי מערכת בקרה אוטומטית. נושא זה הינו מעבר לתחום של מדריך זה אשר יתמקד בשני סוגים של דלק מוצק בלבד – בולי עץ ובריקטים או גלילי הסקה דחוסים מחומר אורגני.

כאמור מוקדם יותר, רוב החומר שמקורו מן הצומח מכיל מידה דומה של אנרגיה. אלא שתכונות ספציפיות של החומר

קובעות כמה אנרגיה אנחנו יכולים להפיק מאותו חומר. אלו כוללות:

- שיעור צפיפות החומר או צפיפות האנרגיה אשר קובעת את כמות אנרגיה שיש בק"ג אחד של חומר.
- מידת הלחות של החומר המסופק לכם, הלקוחות.
- וכפי שיפורט בהמשך, האופן שבה תפעילו את התנור שלכם

רוב החומר שמקורו מן הצומח מכיל כמות אנרגיה דומה. תכונות הדלק המוצק הקובעות את כמות האנרגיה שנוכל להפיק ממנו הן: צפיפות החומר או צפיפות האנרגיה או עד כמה החומר דחוס. ככל שהחומר יותר דחוס, הוא מכיל יותר אנרגיה לכל ק"ג חומר. שיעור לחות הוא המדד החשוב ביותר הקובע כמה אנרגיה נוכל להפיק מהחומר. קמינים מסוגלים לשרוף היטב חומר אורגני עם שיעור לחות של עד כ- 20%.

תיקבע כמה אנרגיה תקבלו בפועל מכל ק"ג של חומר.

טבלה מספר 2 - סוגי דלק מוצק

שונות רבה מאוד בתכולת אנרגיה ראשית בשל תכונות היסוד של סוג העץ, ושנית בשל תהליך הייבוש שעבר.



בולי עץ

עץ שנחתך או בוקע לגודל המתאים לתנורים. תכולת לחות ממוצעת 15-20%. ערך קלורי ממוצע 15 מגה-ג'ול/ק"ג

אחידות בשיעור הלחות של הדלק ובגודל הגלילים.



גלילי גפת זיתים

גפת זיתים דחוסה לגודל אחיד. תכולת לחות 12-15%. ערך קלורי 20 מגה-ג'ול/ק"ג

אחידות בשיעור הלחות של הדלק ובגודל הגלילים.



בריקטים מנסורת

חומר דחוס לגודל אחיד. תכולת לחות 7-14%. ערך קלורי 15.9-18.4 מגה-ג'ול/ק"ג (תלוי בחומר הגלם ממנו יוצר הבריקט)

כאשר אתם רוכשים את הדלק המוצק, רצוי שתהיו מודעים למספר נושאים שיקבעו את יעילותו של הדלק עבורכם או במילים אחרות, מה קיבלתם עבור כספכם. כאמור, רוב החומר הצמחי מכיל אנרגיה דומה. מידת לחות והיקף וצורת עיבוד החומר משפיעים על איכותו של הדלק, או על היכולת של התנור שלכם להפיק ממנו את החום האצור בו.

ערך קלורי

כאשר מיובשים לגמרי, רוב העצים נותנים כמות דומה של אנרגיה עבור אותו משקל חומר. בהכללה ניתן לומר שכמות האנרגיה בחומר מן הצומח נע בין 16-20 MJ כאשר עץ מכיל אנרגיה רבה יותר משאריות חקלאיות (קש) בשל הימצאות רבה יותר של שני חומרים (שהם היסוד של עץ) ליגנין וצלוז.

כמות האנרגיה שניתן להפיק מהעץ פחותה בעץ לח לעומת עץ יבש. עץ שזה עתה נכרת עשוי להכיל 50% מים ועל כן יש חשיבות רבה לייבוש העץ עד לרמה של 20% תכולת לחות

ואף פחות מכך. ישנם גורמים נוספים המשפיעים על כמות האנרגיה שניתן לחלץ מהדלק, אבל אלו אינם נתונים לשליטה של הספק שלכם, ועל כן לא יידונו בפירוט. כמות האנרגיה ליחידת משקל נקראת **הערך הקלורי** של החומר. ערך זה יכול להיות מבוטא ביחידות שונות של אנרגיה – קילו קלוריות, מגה-ג'ול, קילוואט שעה, BTU ועוד. ישנן נוסחאות חשבונאיות מאוד פשוטות להמרה של יחידה אחת לאחרת. החשוב הוא להשתמש באותן יחידות כאשר משווים את הערך הקלורי של חומר בעירה. כיוון שלחומרים שונים צפיפות שונה, **חשוב שביטוי הערך הקלורי יהיה ליחידת משקל ולא לנפח**. מטר מעוקב (קוב) של חומר צפוף ישקול יותר מאשר מטר מעוקב של חומר לא צפוף. במקרה כזה אינכם יכולים להשוות את הערך הקלורי של שני חומרים כאלה (אלא אם יהיה בידיכם מידע נוסף הקושר בין המשקל לנפח). כך לדוגמא צפיפות החומר במינים שונים של אקליפטוס נעה בין 200-405 ק"ג למ"ק. פירוש הדבר הוא שבמטר מעוקב (מ"ק) אחד של אקליפטוס יהיה המשקל שונה עד פי שתיים בין שני מינים של אותו סוג עץ. לחילופין, במידה ותרכשו טון של אקליפטוס, במקרה אחד תקבלו 5 קוב ובמקרה השני 2 וחצי קוב.

בעצם, מה אתם קונים?

אתם קונים אנרגיה.

**אין כל משמעות לרכישת קוב
עץ כזה או אחר אם אינכם
יודעים כמה אנרגיה מכיל כל
סוג עץ, וכמה אתם משלמים
עבור יחידת אנרגיה אחת.**

ולכן אתם מעוניינים לדעת איזו כמות אנרגיה אתם רוכשים ולא נפח או משקל של חומר. למה הדבר דומה? הוא דומה לקביעה בחוק מראשית 2009 לפיה על רשתות השיווק להציג לנו, הלקוחות, מהי העלות של 100 גרם של מוצר. וזאת כדי לחסוך לנו את כל החישובים כאשר אנו מבקשים להשוות את המחיר של מוצרים דומים הנמכרים במשקל ובמחיר שונה. בדומה, האינטרס שלכם, הלקוחות, הוא לדעת כמה אתם משלמים עבור

יחידת אנרגיה אחת. זהו המדד הנכון להשוואה בין סוגי דלק מוצק שונים. נכון להיום, כמעט אף ספק של דלק מוצק אינו מסוגל למסור לכם מידע מפורט על המוצר שלו – דחיסות חומר, ערך קלורי ומחיר כולל – שממנו אתם הלקוחות יכולים לדעת בדיוק כמה אתם משלמים עבור יחידת אנרגיה אחת. בהמשך מוצג נושא זה בפירוט. על מנת להגיע להבנה איך מחשבים את המחיר של יחידת אנרגיה, חשוב להבין את המשמעות של התכונות הקובעות את הערך הקלורי של החומר. אלו – **צפיפות חומר ולחות** – מפורטים בפרקים הבאים.

צפיפות החומר

עצים קשים ועצים רכים

עץ קשה כמו אלון, מילה או אשור מכיל כמות אנרגיה דומה עבור אותו משקל. עץ רך כמו אשוח, אשוחית אורן או עצי מחט אחרים מכילים כמות אנרגיה פחותה מאשר עצים קשים. בעצים רכים החומר הבונה את העץ פחות צפוף כיוון שהוא מכיל נקבוביות מלאות באוויר ומים, כך שעץ רך יכול פחות חומר ופחות אנרגיה מעץ קשה. כאשר שני סוגי העצים יובשו לאותה רמת יובש, עץ רך שוקל פחות מעץ קשה ועל כן מטר מעוקב של עץ רך מכיל פחות אנרגיה מאשר נפח זהה של עץ קשה. ועל כן צריך לעלות פחות. כאשר שני סוגי העצים יבשים במידה דומה, העץ הרך יידלק ויבער מהר יותר, מה שהופך אותו לעץ מתאים להדלקה. לא רצוי לחמם רק עם עץ רך כיוון שקצב הבעירה שלו מהיר והדבר ידרוש מכם לטעון את התנור לעיתים תכופות יותר. עץ קשה נדלק ובווער לאט יותר מעץ רך, מה שהופך אותו למתאים להסקה לאחר שהאש דולקת ויציבה. צפיפות החומר מבטאת גם את דחיסות האנרגיה או כמה אנרגיה יש בכל ק"ג של חומר. דחיסות האנרגיה של עץ קשה גבוהה מזו של עץ רך.

חומר מעובד – בריקטים

במוצרים אלה החומר מיוצר בתהליך של דחיסה בלחץ, ועל כן צפיפות החומר גדולה יחסית - מטר מעוקב שוקל כשלושת רבעי טון לעומת עץ ממוצע בו מטר מעוקב שוקל כ-350 ק"ג. בהתאם גם דחיסות האנרגיה של החומר. בכל ק"ג של חומר יש יותר אנרגיה כי דחסנו אותה לנפח קטן יותר.

בולי עץ

בולי עץ מהווים את צורת הדלק המוצק הנפוץ והמוכר ביותר הנמצא בשימוש באש גלוייה ובתנורי עצים. הם יכולים לשמש כמקור אנרגיה במגוון סוגים של תנורים להסקה ובישול. מכל סוגי הדלקים המוזכרים בפרק זה, כקבוצה הם הפחות עקביים בתכונותיהם בשל השוני בתכונות היסוד של מיני העצים. כאמור, הבדלי האנרגיה בין מינים שונים עשויים להגיע לעשרות אחוזים.

הם נרכשים בדרך כלל בכמות המבוטאת בנפח – מטר מעוקב. חשוב לשים לב אם מדובר במטר מעוקב כאשר החומר מסודר ליד הבית עם כמה שפחות חללי אוויר או כאשר החומר נערם בערימה שבה נפח האוויר עשוי להגיע ל - 40%. בשל השונות הן בסוג העץ והן בצורת מדידת הנפח, קשה לדעת כמה אנרגיה אתם רוכשים. בחו"ל מקובל שספק העץ נותן תעודה המעידה על תכולת הלחות של החומר. בארץ אין הדבר מקובל אבל רצוי שכך יהיה. לעיתים נמכרות ערמות עצים כאשר הן מכילות מגוון מינים של עצים. על כן קשה לקונה לדעת מה הוא באמת קונה ומכאן הקושי להשוות מחירים בין ספקים שונים. העצים מסופקים בגדלים

שונים, מובלים ברכבים בעלי נפח שונה (שהם לעיתים משמשים כמדד לנפח המשלוח) או נארזים בצורות שונות לצד אספקתם בתפזורת. היכולת להשוות את טיב ומחיר המוצר קשה ביותר.

שאלות שצריך לשאול את הספק בטרם ביצוע הזמנה (בהנחה שאומר אמת)

- איזה סוג או מין של עץ
- כמה זמן יובש באוויר הפתוח או בשיטה אחרת
- האם נשמר מתחת לכיסוי ומהי מידת הלחות של העץ
- האם יודע לנקוב בערך הקלורי של החומר הספציפי שמוכר ויכול להציג תעודת מעבדה
- האם המחיר הוא לטון, מ"ק, ואיך מודדים את זה
- האם הבולים מבוקעים לגדלים שאינם עולים על 10-15 ס"מ קוטר מהו אורכם
- כמה ק"ג עץ יש בקוב

בריקטים

בריקטים עשויים מנסורת או שאריות מתעשיית המזון שנדחסו בלחץ, ויכולים לשמש כחומר בעירה בתנור עצים במקום בולי עץ. בדרך כלל הם מכילים אנרגיה רבה יותר מעץ עקב תהליך הדחיסה. כמו כן הם משווקים ברמת לחות בין 10-15%. הם מסופקים בגדלים שונים קוטר מ-10 ועד 25 ס"מ. הם נתפסים כיקרים מבולי עץ (ועל כך בהמשך) אבל אחידים בגודל, תכולת לחות וערך קלורי ונוחים יותר לתפעול, גם מן ההיבט של ניקיון סביב התנור.

בישראל קיימים בריקטים מגפת זיתים, פרי פיתוח ישראלי של אוליוובר (אשר כתבה ופרסמה מדריך זה). גפת זיתים היא שארית תעשיית שמן הזית. היא מורכבת מזיתים טחונים ושברי גרעינים. אין לה שימוש אחר ועל כן בהפיכתה לחומר גלם להסקה ביתית יש יתרון סביבתי מובהק. היא מכילה אנרגיה רבה יותר מעץ (33% יותר מעץ ממוצע), ובדומה לבריקטים מנסורת, מסופקת בגודל וצורה אחידים, תכולת לחות נמוכה (בממוצע 12%). היא מסופקת בקרטונים במשקל של כ-12 ק"ג הקרטון, מה שהופך את תפעול התנור לנוח.

בעולם מייצרים בריקטים ממגוון סוגים של שאריות חקלאיות. השיטה הנפוצה נקראת אקסטרוזיה, שיחול בעברית, הנפוצה בתעשיית הפלסטיקה. ביסודו של דבר התהליך דוחס את חומר הגלם בחום לצורה הרצויה. במקרה של שאריות חקלאיות קיימת מגבלה על גודל הגליל המיוצר בשיטה זו, והתוצאה היא קבלת בריקטים בגודל הקרוב יותר למקלות מאשר גלילים בעלי נפח ומשקל משמעותי, דבר המחייב הזנה תכופה של התנור.

אוליוובר הישראלית פיתחה שיטה שבה היא דוחסת את חומר הגלם בצירוף תוספים מתעשיית המזון לגלילים בעלי קוטר של 11 ו 15 ס"מ בטווח משקלים של 1.8 ועד 2.8 ק"ג הגליל. החומר הוא בעל דחיסות אנרגיה גבוהה ועל כן דרושה כמות קטנה יותר של חומר זה לחימום מאשר בולי עץ. אוליוובר הצליחה לייצר בריקטים גדולים מהמקובל בתעשייה (הממחזרת פסולת של תעשיית המזון) כיוון שפיתחה טכנולוגיה הקשורה למיכון ולחומרים, המאפשרים לה לייצר גלילים בגדלים שונים. כאמור מעלה, הטכנולוגיה הנפוצה מאפשרת לייצר בריקטים בקוטר שאינו עולה על 6 ס"מ.

שבבי עץ

בישראל עדיין לא משווקים תנורי הסקה ביתיים הפועלים על שבבי עץ ועל כן הם מופנים כיום לחיפוי גינות במטרה להקטין אידוי מים מהקרקע. על מנת להשתמש בשבבי עץ להסקה יש צורך בתנור מתאים שלו תא איחסון לשבבים, מערכת הזנה של השבבים לתנור ומערכת בקרת טמפרטורה. היתרון בשבבי עץ (וכן בפיתית עץ pellets) הוא ביכולת לטעון מיכל הזנה, לכוון את מידת החום הרצוייה, ולהימנע מהזנה מתמשכת של התנור, לפחות במהלך יממה. בנוסף חשוב לדעת כי נדרשת התאמה בין סוג התנור ומערכת ההזנה שלו לבין גודל שבבי העץ ותכולת הלחות שלהם. באירופה שיטה זו נפוצה בחימום מוסדות ציבור ושכונות מגורים שלהם צורך בחימום מבנים בעלי נפח גדול בשילוב הצורך באוטומציה בתפעול המערכת (בדומה לחימום בסולר אך בעלות נמוכה משמעותית). איכות גבוהה של שבבים דרושה כדי למנוע תקלות במערכת וכדי להבטיח שהיא תפעל בצורה חלקה. ברוב הגדול של מקרי תקלות, הסיבה נעוצה באיכות הדלק ולא במערכת התנור.

שבבי עץ מיוצרים מעץ שנכרת במסגרת דילול יערות, פסולת של מנסרות ומפעלי עיבוד עץ או מעץ נקי ממוחזר. שאריות גיזום עלולות להכיל יותר מדי עלים ירוקים הפוגמים באיכות הדלק. במקרה שיש כמות גדולה של קליפת עץ, היא תגרום לעודף בכמות האפר ועלולה לפגוע בפעולת התנור ומערכת ההזנה שלו.

על מנת להבטיח איכות שבבים טובה, העץ צריך להיות מרוסק במכונת ריסוק טובה ומתאימה לייצור שבבים לתנור הסקה, שכן רוב מכונות הגריסה הרגילות מייצרות שבבים שאינם זחים או ארוכים וחדים, מה שפוגם ביכולת הפעולה של מערכת ההזנה. העץ הנגרס צריך קודם כל להיות יבש לפני שהוא מרוסק. כאמור רוב הלקוחות הביתיים לא יעשו שימוש בשבבי עץ שכן התנורים המיוצרים לסוג זה של דלק גדולים ברובם עבור יחידת דיור אחת.

טבליות עץ (PELLETS)

טבליות pellets עשויות מנסורת דחוסה של תעשיית העץ. הם בצורה של גליל קטן בעל קוטר של 6-12 מ"מ ובאורך 1-3 ס"מ ובעלי תכולת לחות נמוכה מאוד – 10% או פחות. הם בעלי דחיסות אנרגיה גבוהה, מה שאומר שהן דורשות נפח איחסון קטן בהשוואה לבולי או שבבי עץ.

תנורי טבליות יפרטו את קוטר הטבליות המתאימות לתנור (6 מ"מ בדרך כלל לתנורים ביתיים) וכמובן איכות החומר מן ההיבט של תכולת לחות. טבליות הנשברות בקלות או מכילות יותר מדי אבק נסורת עלולות לגרום לתקלות חמורות בתנור. הן מסופקות בשקים של 10-20 ק"ג או בתפזורת למיכל איחסון גדול. חשוב ביותר לשמור את הטבליות בצורת איחסון המבטיחה שלא יירטבו, שכן הן עלולות לספוג לחות ולהפוך לבלתי שמישות.

מה בעצם אתם רוכשים? אתם רוכשים אנרגיה

כאשר אתם קונים דלק מוצק, אתם רוכשים אנרגיה. אנשים נוהגים להשוות בין דלקים מוצקים השוואה שאינה מעניקה להם את המדד הנכון להשוואה. בדרך כלל ספקי העצים מוכרים עץ בקובים (מידה של נפח = מטר מעוקב). הגם שאין נפח זה מלא כולו בחומר, הוא אינו נותן לכם מידע ביחס **לכמות האנרגיה** שאתם רוכשים. למה הדבר דומה? היום יש חוק המחייב את רשתות השיווק להציג טבלת השוואה של מחיר ל-100 גרם של מוצרים דומים. הסיבה שהחוק מחייב את הרשתות לעשות זאת, הוא כי בעבר נדרשנו להשוות בין אריזה של 220 גרם במחיר 3.70 לבין אריזה של 260 גרם במחיר 4.30. על מנת להקל עלינו, הצרכנים, נקבע שעל הרשתות לפרסם בצורה בולטת מהי העלות של כל מוצר ליחידת משקל זהה - 100 גרם.

בדומה, כשאתם משווים בין דלקים מוצקים אתם צריכים להשוות בין המכנה המשותף להם – כמות האנרגיה הזמינה לשימושכם כשתעשו שימוש בדלק.

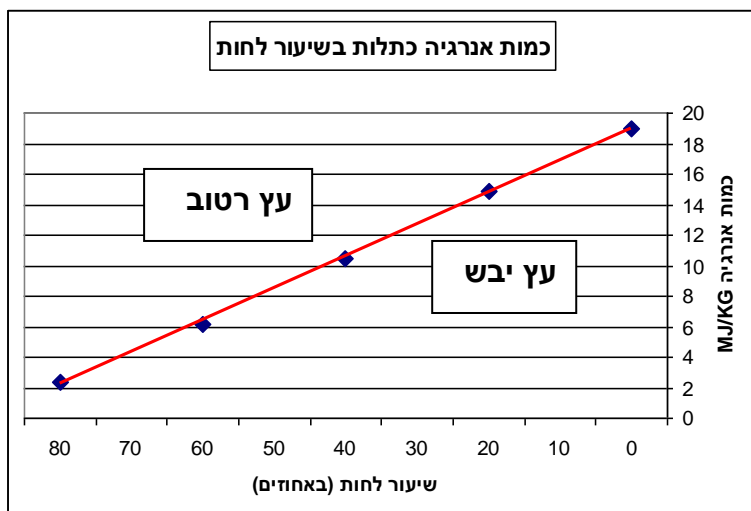
לחות וצפיפות

שני הגורמים החשובים לקביעת איכות דלק מוצק במדד של תכולת האנרגיה הזמינה לחימום, הנקראת הערך הקלורי של החומר (תכולת האנרגיה האצורה בו). אלו הם **לחות** ו**צפיפות החומר**. צפיפות החומר היא תכונה של החומר הטבעי ואין לאדם השפעה עליו, למעט במקרה של מוצרים מעובדים כמו בריקטים. על הלחות, לעומת זאת, יש בידי ספק הדלק להשפיע השפעה דרמטית. ביסודו של דבר הוא צריך לאפשר לחומר להתייבש באוויר הפתוח עד שתכולת הלחות יורדת לשיעור שבין 10-20%.

תכולת לחות

זוהי התכונה החשובה ביותר לקביעת ערך קלורי של חומר שעליה יכול ספק הדלק להשפיע. חשיבותה נובעת מכמות האנרגיה שהדלק יפנה לאידוי הלחות שבו לעומת כמות האנרגיה שישחרר כחום. ככל שיש יותר מים בחומר הבעירה, כך תופנה יותר אנרגיה לסילוקם, על חשבון אנרגיה המופנית להפקת חום, שבה אנו מעוניינים. חשוב מכך, דלק יבש עשוי להכיל עד פי 2 אנרגיה מדלק רטוב. נקודה זו לבדה צריכה לגרום לנו להקפיד הקפדה יתרה על מידת יובש החומר.

עץ שזה עתה נכרת עשוי להכיל 50% מים. השימוש בעץ כזה בתנור דומה לשפיכת כוס או שתי כוסות מים על העץ שבתנור בכל פעם שמכניסים בולי עץ. עץ יבש המוכן למכירה צריך להיות ברמת יובש של 20% לפחות.



עקומה מספר 1 מציגה את הקשר בין מידת הלחות לבין כמות האנרגיה. ככל שהחומר יבש יותר, כמות האנרגיה שניתן להפיק ממנו גדלה. כך ניתן לראות שעץ טרי המכיל כ-55% לחות יכול לתת כ-8 MJ לק"ג, בעוד שאותו עץ לאחר שיובש

ומכיל 20% לחות, יכול להעניק 14.5 MJ, כמות כמעט כפולה של אנרגיה.

רמת יובש העץ או תכולת הלחות שלו נמדדת באחוזים. קיימות שתי שיטות לחישוב לחות - על בסיס רטוב ועל בסיס יבש.

התעשייה העושה שימוש בביומסה משתמשת בשיטה שמודדת לחות על בסיס יבש. היערנים או כורתי העצים משתמשים בשיטה על בסיס רטוב. שתי השיטות עשויות להציג נתונים שונים על אותו חומר. ככל שהחומר יבש יותר, הפערים בין שתי השיטות קטנים. פירוט של צורת חישוב הלחות על פי שתי השיטות מוצג בנספח מספר 1. זה לא ממש חשוב באיזו שיטה בוחרים, מה שחשוב הוא שכל הנוגעים בדבר - הספקים והלקוחות - יעבדו על פי אותה שיטה.

תוכלו לבדוק את תכולת הלחות על ידי ייבוש העץ בתנור הבישול שבמטבח. אתם צריכים לשקול את בול העץ כפי שקיבלתם אותו ואז לייבש אותו בתנור בטמפרטורה של 60 מעלות ולשקול אותו שוב. כך תעשו עד שאין ירידה במשקל בול העץ. המשקל ש"נעלם" מהמשקל המקורי של העץ לפני ש"בישלתם" אותו בתנור, מבטא את משקל המים שהיה בעץ. ההבדל במשקל ההתחלתי לבין המשקל הסופי (של העץ המיובש) יבטא את תכולת הלחות. אם המשקל ההתחלתי היה 2 ק"ג וכעת הוא 1.5 ק"ג, תכולת הלחות הייתה 25%.

כבר עתה יש בידיכם מדד חשוב להשוואה בין הצעות של ספקי דלק מוצק. במקרה שאתם מעוניינים בסוג מסויים של דלק, נניח עץ זית, אתם צריכים לדרוש מספק העץ להציג את מידת היובש של החומר שלו. בטבלאות הבאות מוצגת השוואה של הצעות שונות של דלק מוצק (עץ) עם מידע שקיומו או היעדרו יאפשר לכם או ימנע מכם מלבצע השוואה בין שתי ההצעות. בטבלא מוצגת השוואה של שתי הצעות של אותו עץ בעל תכולת לחות שונה.

טבלה מספר 3: השוואה בין שתי הצעות של אותו סוג חומר

הצעה ב'	הצעה א'	
עץ א'	עץ א'	סוג החומר
20%	40%	תכולת לחות
500	500	מחיר לקוב (ש)
14	10.5	כמות אנרגיה לק"ג (MJ) לפי גרף כמות אנרגיה ולחות.

תוכלו לראות שעבור מוצר דומה ומחיר זהה אתם עשויים לקבל הרבה יותר אנרגיה --33% 25% או הרבה פחות אנרגיה (תלוי איך מחשבים את זה). **החשוב לזכור הוא שיש הבדל משמעותי בכמות האנרגיה שאתם רוכשים רק אם שיעור לחות החומר שונה.**

בטבלא הבאה מוצגות שתי הצעות. בהיעדר נתונים מסויימים אינכם יכולים להשוות בין שתי ההצעות.

טבלה מספר 4: השוואה בין שתי הצעות של חומרים שונים

הצעה ב'	הצעה א'	
עץ ב'	עץ א'	סוג החומר
20%	20%	תכולת לחות
400	500	מחיר לקוב (ש)
לא ידוע	לא ידוע	כמות אנרגיה סגולית

במקרה זה אנחנו לא יכולים להשוות את מחיר יחידה של אנרגיה שאנו רוכשים.

וכאן נכנס גורם נוסף שהיינו רוצים לדעת, אם כי לא תמיד נקבל את המידע הזה מספק הדלק. גורם זה נקרא **צפיפות אנרגיה** ופירושו היא כמות אנרגיה שיש ביחידת משקל. כאן המקום להזכיר שוב, שרוב החומר שמקורו מן הצומח מכיל אנרגיה בכמות דומה. בהנחה שתכולת הלחות של שני חומרים היא זהה, עדיין ייתכנו הבדלים בכמות האנרגיה האצורה בשני החומרים. זאת מכיוון שחומר אחד דחוס יותר מהשני וקוב של חומר אחד ישקול יותר מקוב של החומר השני. הוא ישקול יותר כי הוא צפוף יותר או מן ההיבט שמעניין אותנו, יש יותר אנרגיה באותו קוב.

למה הדבר דומה? ליטר אחד של מים שוקל ק"ג אחד. ליטר של חלב שוקל ק"ג ו-33 גרם. הנה שני נזלים בנפח זהה נותנים משקל שונה. זאת כיוון שצפיפות החומר שונה. במקרה של עצים, הבדלי המשקלים של אותו נפח עשויים להגיע לעשרות אחוזים. **והמשקל הזה הוא אנרגיה.**

צפיפות חומר

כשאתם רוכשים עץ רצוי לדעת אם הוא עץ קשה (HARD WOOD) או רך (SOFT WOOD). עץ קשה צפוף יותר ומשקלו רב יותר, הוא בוער זמן רב יותר אם כי נדלק לאט יותר. הוא כולל עצי מטע (ורדניים והדרים), אלון ופחות קשה ממנו - האקליפטוס. עץ רך כשמו כן הוא, רך וצפוף פחות, אם כי בוער מהר יותר. הוא כולל מחטניים – כמו אורן. כאשר ספק עצים מספק לכם נפח של עצי הסקה, אתם תקבלו זמן בעירה ארוך יותר במקרה של עצים קשים. כיוון שספק העצים מוכר לכם את העצים בנפח, משקל העץ הקשה גדול משל העץ הרך. לכן גם מחירו גבוה יותר.

מוצרי בעירה מעובדים – בריקטים - המיוצרים מפסולת (נסורת דחוסה, פסולת חקלאית דחוסה) מיוצרים באמצעות דחיסה של החומר בלחץ לצורה של גליל או לבנה. עוצמת הלחץ משפיעה על מידת הצפיפות של המוצר הסופי. בדרך כלל מוצרים אלה הם בעלי צפיפות חומר גבוהה יחסית, אלא שעל היצרן לפרסם את מידת הצפיפות של החומר. במקרה של גלילי גפת קיימים נתוני מעבדה לפיה צפיפות החומר בגלילי גפת היא 0.6 טון למ"ק. צפיפות האנרגיה היא 20 MJ/לק"ג.

צפיפות אנרגיה

כאמור, כמות האנרגיה בחומר שמקורו מן הצומח דומה. עץ קשה שהוא דחוס יותר מכיל יותר אנרגיה ליחידת נפח מאשר עץ רך כי יש בו יותר חומר ופחות חללי אוויר. בעץ רך יש

פחות חומר עצי ויותר חללי אוויר. לכן קוב אחד של עץ קשה יכיל יותר אנרגיה מק"גמקוב אחד של עץ רך.

מידע מפורט קיים בנוגע לגפת זיתים (שאריות תעשיית שמן הזית הכוללת זיתים וגרעיני זיתים גרוסים). כאשר החומר נבדק בתפזורת (כשהוא יבש ומכיל פחות מ-10% לחות) הוא מכיל עד 18.5 מגה-ג'ול לק"ג. כאשר הוא דחוס לצורה של גליל הוא מכיל מעט יותר מ-20 מגה-ג'ול לק"ג (רמת לחות 12%). מדובר בדיוק באותו חומר, אלא בצורתו הדחוסה יש פחות חללי אוויר בין פתיתי הזית כיוון שדחסנו אותו, ואגב כך גם דחסנו יותר אנרגיה. על כן בגלילי גפת דחוסים יש 8% יותר אנרגיה מאשר מגפת בתפזורת למרות שמדובר בדיוק באותו חומר, ואף שהוא מעט לח יותר מאשר במצב תפזורת.

עלות יחידת אנרגיה

עכשיו שאנו מכירים את מושג צפיפות החומר וצפיפות אנרגיה, אנו יכולים לחזור לטבלה מספר 4 כדי להשוות בין שתי הצעות של שני חומרים שונים. אלא שכעת, בשל תוספת מידע, טבלא זו היא טבלא מספר 5

טבלא מספר 5: השוואה בין שתי הצעות שונות בכמות אנרגיה שניתן לרכוש בשקל אחד.

	הצעה א'	הצעה ב'
סוג החומר	עץ א'	עץ ב'
תכולת לחות	20%	20%
מחיר לקוב (ש)	500	400
צפיפות אנרגיה (מגה-ג'ול לק"ג)	16.2	12.7
צפיפות חומר ק"ג/קוב	350	300
כמות אנרגיה בקוב (מגה-ג'ול)	5,670	3,810
מחיר ליחידת אנרגיה	1 ש"ח קונה 11.34 מגה-ג'ול	1 ש"ח קונה 9.525 מגה-ג'ול

הנה, כאשר אנו משווים כמה אנרגיה אנו מקבלים עבור שקל אחד שהוצאנו, מסתבר שההצעה שנראתה יקרה יותר, קונה לנו הרבה יותר אנרגיה – כמעט 20% יותר.

ככל שתדעו יותר על החומר שאתם קונים – תכולת אנרגיה ורמת לחות – תוכלו להשוות בין הצעות שונות. רוב ספקי העצים לא יוכלו למסור לכם מידע זה, כך שאתם תידרשו לבחור בין הצעות כשמידע חשוב אינו זמין. ככל שלקוחות ידרשו את המידע הזה, יידרשו ספקי העצים

להציגו. זה ייקח זמן, אבל רק בצורה כזו ניתן יהיה לשנות משהו בשוק הדלק המוצק, אשר היום נעדר כל מידע שעומד לרשות הלקוחות כפי שהוא קיים בשווקים אחרים.

הפעלת התנור

- אתם רוכשים תנור פעם בחיים.
- אתם רוכשים דלק מוצק פעם בשנה.
- אתם מפעילים את התנור 120 פעם בשנה.

יש לכם השפעה דרמטית על ביצועי התנור

זהו הנושא החשוב ביותר לאחר שכבר רכשתם תנור ולא תעשו זאת שוב, ולאחר שרכשתם דלק מוצק אשר לגביו אתם כבר יודעים מה חשוב לדעת. עכשיו נתמקד בהפעלה נכונה של התנור, שהיא הפעולה שאנו מבצעים פעמים רבות במהלך החורף, ואשר לו השפעה דרמטית על יעילות החימום והיקף פליטת העשן.

המטרות שלכם בהפעלה נכונה של התנור היא להפיק כמה שיותר חום מהדלק שרכשתם, ולגרום לפליטה נמוכה של עשן. שתי המטרות מושגות על ידי אותם צעדי הפעלה.

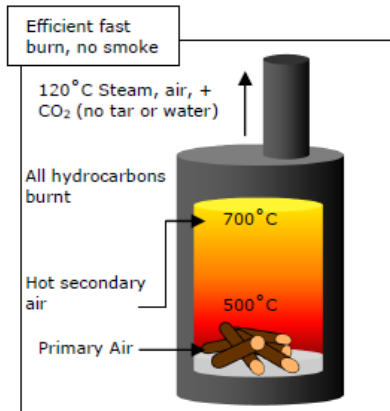
בתמצית – אתם רוצים להעלות את טמפרטורת התנור כמה שיותר מהר, אתם רוצים לשמור אותה גבוהה ואתם רוצים להזרים אוויר לתוך תא הבעירה ולאזור שריפת גזי

הפליטה במשך 20 דקות לפחות. אתם עושים זאת גם בעת הדלקה של התנור וגם בעת הוספת דלק נוסף לתנור דולק. לאחר שעשיתם זאת, אתם יכולים לסגור את פתחי האוויר של התנור ולאפשר לחומר המוצק הנמצא במצב של פחם או דומה לו, לבעור לאט.

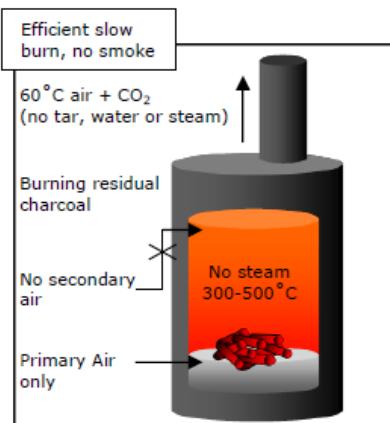
הנקודה החשובה לזכור היא שדלק מוצק, כל דלק מוצק, פולט גזים שנקראים תרכובות נדיפות. הוא עושה זאת גם בטמפרטורת החדר אבל בכמויות מזעריות. כאשר אנו מדליקים את הדלק, הוא פולט את התרכובות האלה בקצב מוגבר. זהו העשן שאנו רואים, לעיתים בגוונים שונים, הנפלט מעץ כאשר אנו מדליקים מדורה. התרכובות האלה הן אנרגיה. אם הן נפלטות דרך הארובה אתם יכולים לדמיין כאילו וויתרתם על מחצית האנרגיה שעבורה כבר שילמתם. העלאת טמפרטורת התנור כמה שיותר מהר והזנת אוויר גם לדלק המוצק בתחתית התנור וגם לגזים הנפלטים תאפשר לכם להפוך את רוב האנרגיה לחום.

מהצד השני – הארובה – אם לא שרפתם את התרכובות הנדיפות, הן מתקררות עם הגעתן לארובה, ונפלטות כעשן המכיל גם חלקיקים. חלקיקים אלה נוצרים כאשר התרכובות שהתנדפו מהדלק המוצק מתקררות. כאשר הן מתקררות הן מתלכדות לטיפות שהן הן החלקיקים שאנו עלולים לנשום. שריפת רוב התרכובות הנדיפות עשויה להקטין בשיעור דרמטי את כמות החלקיקים שאנו פולטים דרך הארובה. הנה, אותם צעדי הפעלה פשוטים מביאים לשתי תוצאות חיוביות. גם יותר חום לכם, דיירי הבית, וגם פחות עשן להם, השכנים.

פעולה תקינה ופסולה של תנור

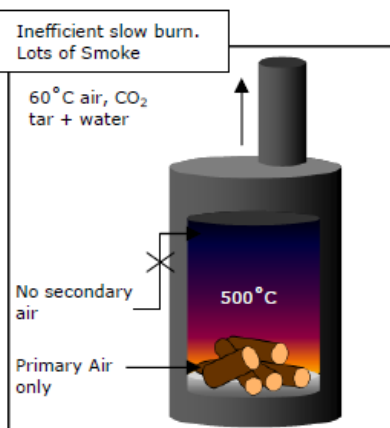


תמונה 1 – הפעלה תקינה בשריפה מהירה ללא עשן. אוויר ראשוני מזין את חומר הגלם הבוער בתחתית התנור. אוויר משני נכנס בחלק העליון של התנור ושוּרף את גזי הפליטה החמים. כל או רוב הגאזים (התרכובות הנדיפות) נשרפות. הטמפרטורה בארובה למעלה מ-100 מעלות. אין הצטברות של זפת וכל המים נפליטים בצורת קיטור. אין הצטברות של טיפות מים בתנור או בארובה. נפליטים פחמן דו חמצני וקיטור (מים מאודים).



תמונה 2 – הפעלה תקינה בשריפה איטית. אוויר ראשוני מזין את חומר הגלם הבוער בתחתית התנור. אין כניסה של אוויר משני בחלק העליון של התנור (כי גזי הפליטה כבר נשרפו). הטמפרטורה בארובה כ-60 מעלות אין הצטברות של זפת או התעבות מים או קיטור. נפליטים פחמן דו חמצני ואוויר חם.

זו הדרך הנכונה להפעיל תנור בשלב השלישי כמתואר בטבלה מספר 1 בעמוד 10 לאחר שבשלב ראשון סולקו המים והתרכובות הנדיפות ונותר ריכוז של פחמן (פחם) שבוער ללא עשן.



תמונה 3 - בעירה איטית לא יעילה עם עשן רב. אוויר ראשוני מזין את חומר הגלם הבוער בתחתית התנור. אין כניסה של אוויר משני בחלק העליון של התנור. נפליטים מהארובה אוויר בטמפרטורה 60 מעלות, פחמן דו חמצני זפת ומים.

הלכה למעשה, משלא שרפנו את התרכובות הנדיפות הפסדנו הרבה אנרגיה דרך הארובה. בנוסף, פלטנו דרך הארובה הרבה מאוד מזהמים שיכולים היינו שלא לפלוט.

לאחר הוספת דלק לאש דולקת, יש לאפשר לאוויר לחדור לתנור על מנת שכל הגזים שנפליטים עתה מהדלק החדש, יישרפו לגמרי במשך 20 דקות לפחות. לאחר מכן יש לסגור את פתחי האוויר לבעירה איטית.

אין לשרוף חומר שטופל בצבע, לכה או כל ציפוי עץ אחר, חומרים משמרים או בחומרים דוחי מזיקים שכן הם עלולים להשפיע על כמות הזפת והמשקעים המצטברים על דפנות הארובה ולשחרר כימיקלים מסוכנים לאוויר.

עשן

מדריך זה עוסק בשלושה נושאים החשובים להפעלת קמין הפועל על דלק מוצק. **יכולות התנור, תכונות הדלק ואופן ההפעלה**. תנור אנו רוכשים פעם אחת בחיים. דלק אנו רוכשים פעם בשנה. אבל אנו מפעילים את התנור כל יום במשך כ- 120 ימים בשנה. מכאן החשיבות של אופן הפעלת התנור. אני כותב פסקה זו גם ובעיקר בפרק העוסק בעשן, כיוון שאתם צריכים להיות מודעים לכך שהצורה בה אתם מפעילים את התנור היא בעלת השפעה דרמטית על כמות העשן הנפלט דרך הארובה.

בהפעלה נכונה של התנור, ניתן להפחית את כמות הפליטות בשיעור של עד 75%!!!

לעיתים קיימת בעיה בהבנה שעל בעל התנור ליטול אחריות אישית על העשן שהוא פולט. חלק מהאנשים כלל אינם מודעים לבעיה שהם גורמים, חלק חושבים על כך פה ושם, לחלק מהאנשים כלל לא איכפת וחלק סבורים שאף אחד לא צריך להגיד להם מה לעשות עם החימום שלהם. אם איכפת לכם מהשכנים שלכם, אנא קיראו פרק זה בעיון. הוא כולל גם רווחים עצומים עבורכם מן ההיבט של כמות אנרגיה שתחמם את ביתכם כפי שכבר הסברנו בעבר.

מהו עשן?

עשן נפלט בכל תהליך בעירה. במקרה של דלק מוצק, הוא נפלט בשלב השני של תהליך הבעירה (ראו עמוד 10 לתאור שלבי תהליך הבעירה) לאחר אידוי המים. ברוב המקרים השלב הראשון והשני של תהליך הבעירה מתקיימים יחד. עשן מורכב מגזים וחלקיקים של חומרים שבנו את החומר ממנו עשוי הדלק המוצק. אלו חומרים שמתנדפים מהדלק גם בטמפרטורת החדר, אם כי בכמויות מזעריות. בחום הם משתחררים מהדלק בקצב מוגבר ויוצאים דרך הארובה בצורת עשן. ניתן להסתכל על עשן משתי זוויות.

מהזווית שלכם, בעלי התנור, ככל שאתם פולטים יותר עשן, פירוש הדבר הוא שאתם מאבדים יותר אנרגיה דרך הארובה במקום ליהנות ממנה בצורת חום. התרכובות הנדיפות המשתחררות מהדלק במהלך הבעירה הן צורה של אנרגיה שלא הפכנו לחום בתהליך שריפה. זהו אבדן אנרגיה שהייתה בדלק, היכול להגיע לשיעור של 50-60% מכלל האנרגיה

שעבורה שילמתם! האם הייתם משלימים עם מצב שבו אתם משליכים מחצית מהמזון שקניתם מיד לאחר ביצוע הרכישה? סביר שלא.
מהזווית של השכנים העשן שהם נושמים אינו בריא. הוא מכיל גזים וחלקיקים החודרים למערכת הנשימה וגורמים למחלות, הקשורות בעיקר למערכת הנשימה.

עשן, אם כן, הוא גם אבדן אנרגיה שלכם וגם פגיעה בבריאות שכנים. מדהים עד כמה פשוט וקל להפחית אותו בשיעור ניכר, אני ממליץ **בחום** שתעשו זאת.

הפחתת כמות העשן

כאמור, העשן מורכב מגזים הנפלטים מהדלק. בטמפרטורה גבוהה ובנוכחות חמצן רוב הגזים האלה יישרפו ויהפכו לפחמן דו חמצני ומים. לכן חשוב שכאשר אתם מדליקים את הדלק המוצק, תביאו לכך שהטמפרטורה תעלה כמה שיותר מהר (למשל באמצעות תוספת של עיתונים מחומצ'צים) ותשאירו את פתחי האוויר הנכנס לתא הבעירה פתוחים. פתחי האוויר צריכים להיות פתוחים במשך 20 דקות לפחות. כך אתם צריכים גם לנהוג בעת הוספת דלק מוצק לאש קיימת.

אם הדלק שלכם יבש אתם תוכלו לראות את תוצאות צורת הפעלה כזו מיד. הדבר יתבטא גם בזכוכית נקייה של דלת התנור, ובעשן כמעט בלתי נראה. אתם תזכו ליהנות מיותר חום מהדלק ושכנים יזכו לפחות זיהום אוויר.
זה מאוד כדאי וכל כך פשוט –

להעלות את חום התנור כמה שיותר מהר, ולהשאיר את פתחי האוויר של התנור פתוחים במשך לפחות 20 דקות.

מה קורה אם אנחנו לא נוהגים כך
כאמור, התרכובות מתנדפות מהדלק. חלקן הגדול עולה דרך הארובה וחלקן נותר בתנור. אם התנור עדיין לא חם, תרכובות אלה יעברו תהליך של עיבוי על פני משטחים קרירים יחסית, למשל זכוכית דלת התנור, דפנות התנור והארובה. בתהליך ההתעבות, הגזים הופכים לטיפות מיקרוסקופיות של נוזל המתלכדות לטיפות גדולות יותר ומתמצקות לצורה של חלקיק – אלו הם החלקיקים. אלו שנותרו בתנור יתעבו על פני הזכוכית וילכלכו אותה. (אם הדלק שלכם יבש והזכוכית בכל זאת מלוכלכת, אתם מפעילים את התנור בצורה לא נכונה. אם אתם מפעילים את התנור בצורה נכונה והזכוכית מלוכלכת, סביר שהדלק שלכם רטוב מדי). אלו שנפלטו דרך הארובה מגיעים גם הם לאזור שבו הטמפרטורה נמוכה (החלק העליון של הארובה), ושם הם מתעבים ומתקבצים לחלקיקים.

ישנם שני סוגי חלקיקים הנפלטים מהתנור. סוג אחד הוא חלקיקים פיזיים של הדלק המוצק שהשתחררו ממנו בתהליך פיזיקלי. אלו הם גיצים. החלקיקים הכבדים שוקעים ונותרים באפר הנותר בתנור לאחר השריפה. הקלים שביניהם עולים דרך הארובה. אין לכם הרבה מה לעשות כדי להפחית פליטה של החלקיקים האלה הנפלטים דרך הארובה, שכן קצב יצורת השחרור שלהם מהחומר הוא תכונה של החומר.

הסוג השני של חלקיקים נוצר בתהליך כימי – פיזיקלי שבו הגזים הנפלטים הדלק המוצק מתעבים לטיפות נוזל כאשר הטמפרטורה נמוכה, למשל בארובה. הפעלה נכונה בה תשרפו את רוב התרכובות הנפלטות מהדלק, עוד לפני שהגיעו לאזור הקריר בארובה, תביא לירידה דרמטית בכמות הגזים המגיעים לארובה, ובהתאם לכמות החלקיקים הנוצרים מגזים אלה. כאמור, אתם עושים זאת באמצעות טמפרטורה גבוהה ונוכחות אוויר בתא הבעירה.

קשה להפריז בחשיבותה של הפעלה נכונה של קמין הפועל על דלק מוצק בהפחתה של כמות העשן ובתוספת האנרגיה לחימום הבית. כאמור בפסקה הראשונה של פרק זה, הפעלת התנור היא פעולה שחוזרת על עצמה 120 פעם בשנה ומכאן חשיבותה.

השפעות סביבתיות של עשן תנורים

המרכיב העיקרי הפוגם באיכות האוויר שלנו הם חלקיקים קטנים מאוד (קטנים מ2.5 מיקרון) אותם אנו נושמים. לחלקיקים אלה יש תכונה מצערת שהם יכולים לחדור עמוק לראות בעוד חלקם הגדול נותר לכוד באף או בגרון. אנו נושמים 10,000 ליטר של אוויר ביום כך שכמות החלקיקים הקטנים החודרים למערכת הנשימה שלנו עצומה. מכאן החשיבות להפחתתם. גם ללא תנורי הסקה בעץ, האוויר מכיל כמויות גדולות של חלקיקים כאלו, אולם כיוון שנושא המדריך הזה הוא תנורי עצים, וכיון שהם משפיעים על ילדנו ועל שכנינו בקרבת הבית וכיוון שיש משהו שאנו יכולים לעשות כדי לשפר את המצב, אנו דנים בנושא זה. כדי לשמור את הדברים בפרופורציה חשוב לזכור שבשנה אתם עלולים לפלוט מספר ק"ג של חלקיקים דרך הארובה שלכם בעוד שהרכב שלכם פולט כ-120 ק"ג חלקיקים בשנה (לפי נסועה של 20 אלף ק"מ).

סיכום הוראות הפעלה

הנה מה שאתם יכולים לעשות כדי לשפר את ביצועי התנור ולהפחית את כמות העשן הנפלט.

1. תמיד תפעילי את התנור במצב של פתחי אוויר פתוחים למשך 20 דקות לפחות בעת הדלקת התנור ובעת טעינת התנור בחומר חדש.
מדוע? בשלב ראשון של הבעירה נפליטים אדי מים ומיד אחר כך התרכובות הנדיפות. על מנת שאלו לא יהפכו לחלקיקים יש צורך בשריפתם השלמה או כמעט שלמה. לשם כך דרושה אספקה סדירה של חמצן וטמפרטורה גבוהה. לשם מהילת הגזים האלה עם אוויר, על פתחי האוורור להיות פתוחים. לאחר שרוב הגזים האלה נשרפו, אפשר לסגור את פתחי האוויר על מנת להעביר את התנור למצב פעולה של שריפה איטית, שאז נותר בתא השריפה פחם הבוער בצורה יעילה וללא עשן.

2. אל תמלא את התנור ביותר מדי עצים. צריך להשאיר מספיק מקום לתנועת אוויר בתא הבעירה, בין הזכוכית לפיסות הדלק המוצק. כמו כן צריך להשאיר מספיק מקום פנוי מעל בולי העץ כדי שגזי הפליטה יוכלו להישרף בנוכחות חמצן.
מדוע? גם במצב שבו תא הבעירה חם מאוד, הגזים לא יוכלו להישרף בטרם נפלטו דרך הארובה אם אין להם אפשרות להתערבב היטב עם חמצן. לכן יש להשאיר נפח שבו הגזים יוכלו להתערבב עם חמצן מעל הלהבה הגועשת. אם הגזים לא יישרפו בתא הבעירה, הם יגיעו לארובה הקרירה (ביחס לתא הבעירה) ושם יהפכו לחלקיקים בלתי רצויים.

3. במידה והעצים נשרפו ונותרו רק פחמים זוהרים, יש ללוות את העץ החדש שהוכנס לתנור בחומר דליק דוגמת עיתונים.

מדוע? כי למרות שהחום בתנור הוא גבוה ויגרום לפליטה של תרכובות נדיפות, הוא לא יגרום לשריפתם. להבה חמה תגרום לשריפה מיידית של גזים אלה עוד בתא הבעירה. נסו וראו איך דבר זה מתבטא היטב בפתח הארובה בצורת עשן או בהיעדרו. כאמור בעבר, בעת הכנסת דלק מוצק לאש קיימת, יש לנהוג בדיוק כפי שנהגתם בעת הדלקת התנור – טמפרטורה גבוהה ופתחי אוורור פתוחים.

4. כאשר מדליקים תנור קר תמיד השתמשו במספיק חומר הדלקה כדי לבסס בעירה טובה כמה שיותר מהר.

מדוע? כאשר להבות פוגשות משטח קר (כמו הדופן הקרה של תנור שזה עתה הופעל) הן מקוררות כאשר החום פוגש משטח קר. אם הלהבה תתקרר יותר מדי, היא תיכבה. בדומה, אם תתבוננו מקרוב על להבה עליה מחממים פינג'ן קפה כאשר הוא עוד קר, תוכלו לראות שכבה דקה מאוד של מספר מילימטרים שם אין להבה בכלל. זאת כיוון שהתחתית הקרה

של הפינג'ן כיבתה את הלהבה. זו הסיבה שחשוב מאוד לחמם את התנור כמה שיותר מהר בעזרת חומרים כמו חומרי הדלקה, נייר או כל דבר אחר הנדלק בקלות. רצוי לשים עיתונים מחומצ'צים על גבי העצים בעת הדלקה ראשונה של התנור כמו גם מתחתם.

מדוע? תנורי עצים תלויים ברוח פרצים "טבעית" של אוויר מהחדר לתוך התנור כיוון שאין להם מנגנון שדוחף אוויר פנימה. חדירת האוויר תלוייה בהפרש הטמפרטורה של הגז בארובה לבין האוויר החיצוני. בחימום הארובה כמה שיותר מהר בעזרת עיתונים שנדלקים בקלות ובמהירות, אוויר חם יוצא את הארובה ויוצר שאיבה של אוויר מהחדר לתוך התנור. אוויר זה מזין את האש.

5. השתמשי בחתיכות עץ קטנות להדלקה ופליטת חום רבה. השתמש בחתיכות גדולות לבעירה איטית.

מדוע? בחתיכות קטנות של עץ או כל דלק מוצק, היחס של שטח הפנים של החומר ביחס לנפחו, הוא יחס גדול. כלומר לאש שאנו מבקשים להבעיר ולהגדיל, יש יותר שטח פנים עליו היא יכולה לפעול, ויותר חומר שהיא יכולה לשרוף. החתיכות הקטנות מאפשרים ללהבה ולגזים שהשתחררו לנוע דרך העץ בתנור. הדבר גורם לשחרור מהיר יותר של גזים ולגדילתה של הלהבה והחום. לחתיכות גדולות יש שטח פנים קטן יותר ביחס לנפחם ולמשקלם ועל כן משחררים את הגזם לאט יותר ועל כן בוערים לאט יותר. כאמור, החשיבות בשלב ראשון היא בבניית החום של התנור באמצעות הדלקה מהירה של חומר.

6. השתמשו בדלק מוצק יבש. חומר רטוב פירושו יעילות נמוכה ועשן רב. מדוע? עץ שזה עתה נכרת, מכיל עד 50% מים. פירוש הדבר הוא שאתם מבזבזים אנרגיה רבה לאידוי המים (אם בכלל תצליחו להדליק את העץ) כדי לאדות את המים. דמיינו לעצמיכם שאתם מכניסים לתנור 10 ק"ג עץ טרי כאשר בפועל אתם מוסיפים 5 ק"ג עץ ו5 ק"ג מים. כיוון שאתם לא מעוניינים בכך, דאגו להכניס רק דלק מוצק יבש – בין 10-20 אחוז לחות.

7. מקמו את פיסות הדלק המוצק בתנור כאשר ישנם רווחים של לפחות 2 ס"מ ביניהן. דבר זה מאפשר לאוויר לזרום אל האזור ההולך ומתחמם ומאפשר בעירה טובה. מדוע? הבעירה היעילה והטובה ביותר מתרחשת כאשר לגזים הנפלטים מהדלק יש אפשרות להתערבב עם אוויר ולהישרף. על ידי כך שאנו מאפשרים לאוויר לזרום בין פיסות הדלק אנו מאפשרים מהילה טובה של הגזים עם חמצן, כך ששריפתם שלמה יותר. הגזים הנפלטים מבול עץ אחד "נהנים" מהחום של בול העץ השני, וההיפך. במידה ויש בול עץ אחד בלבד, הגזים הנפלטים אינם פוגשים מקור חום נוסף, כך ששריפתם פחות שלימה.

8. אל תציבו דלק מוצק בתא השריפה כך שהם חוסמים אספקה של כניסת אוויר. מדוע? רוב התנורים החדשים בנויים כך שהאוויר נכנס מתחת לזכוכית של דלת התנור. אספקה קבועה זו של אוויר מונעת היווצרות חומר שמנוני, זפת, על גבי הזכוכית. חומר זה גם שוקע על דפנות הארובה ועלול להידלק במקרים שבהם שאיבה חזקה של אוויר בליווי חום רב שעובר דרך הארובה. לפיכך יש חשיבות ועניין רב שלא לאפשר לחומר זה להיווצר. כאמור, מניעת היווצרות חומר זה קשורה קשר ישיר לאיכות הדלק המוצק ולהימנעות מחסימת פתחי זרימת האוויר לתא הבעירה של התנור.

9. בידקו בחוץ מעת לעת את הארובה לנוכחות עשן. אם הארובה פולטת עשן סמיך במשך זמן העולה על 15 דקות לאחר שהוספתם חומר, אז הדלק דורש טיפול (בהנחה שהשארתם את פתחי האוורור של תא הבעירה פתוחים). הוסיפו עיתונים מקווצ'צים או הזיזו את חתיכות הדלק המוצק. בכל סוג של תנור ניתן לעשות משהו שיפחית את פליטת העשן. זהו נושא שבו אתם, המפעילים, צוברים ניסיון על סמך ניסוי וטעיה.

מדוע? גזים שלא נשרפו בתא הבעירה הופכים לטיפות קטנות של זפת כאשר מתקררים לטמפרטורה של 40-50 מעלות. טיפות אלה מפזרות אור בצורה דומה שבה קיטור עושה כאשר הוא מתעבה לטיפות מים קטנות. האור המפוזר דומה לענן. ככל שההופעה של העשן עבה יותר, פירוש הדבר שיש יותר חלקיקים. בדרך כלל העשן הוא בעל צבע לבן, לעיתים כחול חיוור. אם העשן שחור פירוש הדבר שישנה כמות גדולה של פחמן או פיח. הדבר רומז לכך שהאש חזקה מדי ועלולה לפגוע בתנור או בארובה.

10. שימרו על התנור והארובה במצב פעולה תקין. הארובה צריכה להיבדק כל שנה ולעבור ניקוי משאריות זפת במידה וצריך. מדוע? אם הארובה חסומה בחלקה, זרימת האוויר בארובה מואט, דבר המקשה על הדלקת התנור ולפליטת עשן. זה גם אומר שלתנור ייקח יותר זמן להגיע לטמפרטורת פעולה מתאימה ועל כן ייצר יותר עשן. במקרים קיצוניים הדבר עלול לגרום לתנור לפלוט עשן אל תוך החדר במקום החוצה דרך הארובה. דבר זה אסור שיקרה אף פעם. אם הזפת שבארובה נדלקת, הארובה עלולה להתחמם עד כדי פגיעה ממשית באיכות המתכת של הארובה. המקרה כזה יהיה צורך להחליף אותה.

11. אם עשן מהתנור שלך זורם לתוך ביתו של שכן כדבר שבשגרה או לעיתים תכופות, ניתן לפתור את הבעיה באמצעות הגבהת הארובה. לדבר זה יש השלכות על אופן פעולת התנור שעלול להתחמם יותר מאשר קודם.

מדוע? כאשר הרוח נושבת היא יוצרת זרמי אויר סביב המבנה. חלק מהאוויר נדחף למטה כמעט עד הקרקע לאחר שעובר את המבנה. אם שכבת אויר זו כוללת עשן יש בכך כדי לפגוע בשכן. באמצעות הגבהת הארובה העשן משתחרר לשכבות אוויר גבוהות יותר אשר עוברות את הבתים השכנים בגובה וללא יצירת הפרעה.

נספח מספר 1 – חישוב תכולת לחות בדלק מוצק

לחות

מקובל כי שריפת עץ רטוב (עץ שלא יובש בשמש ובאוויר הפתוח לפחות במשך שנה אם כי עדיף שנתיים) גורם להגברת פליטת עשן. ההסבר נעוץ בצורך להפנות אנרגיה חום לאידוי המים כך שטמפרטורת הלהבות נמוכה מזו הבושרת עם עץ יבש, כך שהשריפה אינה שלמה. המצב יכול להגיע לכך שהאש תיכבה.

הניסיון מראה שרוב התנורים יחממו עם עץ המכיל עד 20% לחות ללא תוספת עשן מובהקת (עץ שיובש היטב מכיל 15% לחות). כאשר עץ מכיל עד 25% לחות כמות העשן גדלה ובתכולת לחות של 35-40% כמויות גדולות של עשן ייפלטו מהארובה.

עץ טרי שזה עתה נכרת מכיל כ-50% מים. אם מוערם באוויר הפתוח, שיעור תכולת הלחות בעץ תרד ל-20% ופחות בתוך כשנה. המרכיב החשוב ביותר בתהליך הייבוש הוא אוורור כך שאם אתם מתכננים לרכוש עץ רטוב במחיר זול יותר, ולייבשו בעצמכם, אל תכסו אותו בשום דבר.

קיימת שיטה פשוטה לחישוב תכולת הלחות בעץ. לצערנו קיימות אפילו שתי שיטות אבל לא זה הדבר החשוב. החשוב הוא שכל אחד יכיר את הנושא שכן הוא קריטי למוצר שאתם רוכשים. אין זה המקרה היחיד שבו הלקוחות יכולים ורוצים לבדוק את מה שהספק אומר להם, במיוחד שבדרך כלל אין הוא מציג בדיקת מעבדה המאששת את דבריו.

השיטה המקובלת למדידת לחות בעץ היא לשקול את דגימות העץ כשהתקבל, להכניס אותן לתנור המטבח (כן, לתנור הבישול לא לקמין) ב-60 מעלות ולשקול מעת לעת עד שאין רואים אבדן משקל. המשקל שפחת בין משקל העץ המקורי לעץ המיובש מבטא את תכולת המים של דגימות העץ.

לדוגמא, אם בול עץ שקל בתחילת התהליך 4 ק"ג ובסופו 2.2 ק"ג, החישוב יהיה:
$$\frac{(4-2.2) \times 100}{4} = \text{שיעור לחות בעץ שהתקבל}$$

4

לפיכך דגימת העץ הכילה 45% לחות.

כאמור מעלה, קיימות שתי שיטות לקביעת לחות העץ. האחת נקראת משקל יבש והשנייה משקל רטוב. החישוב שהוצג מעלה מייצג את שיטת המשקל הרטוב. רוב האנשים עושים שימוש בשיטה זו ועל כן נסתפק בהצגתה בלבד. רוב היערנים עושים שימוש בשיטה היבשה.

לאילו המעוניינים בשיטה היבשה –

Conversion is possible using the formulae:

$$\%dw = \frac{100 \times \%ww}{(100 - \%ww)}$$

$$\%ww = \frac{100 \times \%dw}{(100 + \%dw)}$$

כאשר DW היא השיטה היבשה, WW היא השיטה הרטובה