

נוהל ניטור רציף בארובה

1. רקע

מערכות ניטור רציף הינן מערכות הנדרשות לספק מידע אמין ומדויק בכל עת לגבי ריכוז מזהמי אוויר בארובה. בעל מקור פליטה הנדרש להתקין מערכות ניטור רציף מכורח הוראות, תנאים, היתרים או נהלים נדרש לבצע פעולות אחזקה ובדיקה לאחר ההתקנה ולכל אורך פעילות המערכות בכדי להבטיח את פעילותן התקינה.

נוהל זה מתבסס על המדיניות הנהוגה במדינות אירופה לרבות תקן אירופי EN 14181. מערכת ניטור רציף לעניין ניהול זה היא מערכת ניטור הכוללת מערכת דיגום, מערכת מדידה וניתוח (analyzer), מערכת איסוף מידע, ומערכת אגירת נתונים.

2. מטרה

מטרת ניהול זה היא לקבוע את התהליכים לבחירה, התקנה והפעלה סדירה של מערכות ניטור רציף בארובות על מנת להבטיח כי תוצאות הניטור המתקבלות יהיו אמינות ומדויקות.

3. מסמכים נלווים

- 3.1 הנחיה למתן תנאים לניטור רציף
- 3.2 ניהול בדיקת מזהמי אוויר בארובה - 2002.
- 3.3 תקן BS EN 14181, "Stationary source emissions, Quality assurance of automated measuring system", דצמבר 2004.
- 3.4 תקן BS EN 13284 – 2, "Stationary source emissions, Automated measuring systems", Determination of low range mass concentration of dust : Part 2, ינואר 2005.
- 3.5 תקן EN 15267-3, "Air quality. Certification of automated measuring systems. Performance criteria and test procedures for automated measuring systems for monitoring emissions from stationary sources", מרץ 2008.

4. הגדרות

- 4.1 בעל תפקיד - מי שהוסמך כממונה לפי סעיפים 15 ו-16 בחוק אוויר נקי, התשס"ח-2008, עובד רשות מקומית שעיקר עיסוקו איכות הסביבה.
- 4.2 המשרד – המשרד להגנת הסביבה;
- 4.3 מזהם – כהגדרתו בחוק אוויר נקי, התשס"ח-2008.
- 4.4 ממונה – כהגדרתו בחוק אוויר נקי, התשס"ח-2008.
- 4.5 ממוצע תקף - ממוצע אריתמטי חצי שעתי או יממתי של ריכוז המזהם ביחידות מ"ג/מק"ת בהפחתת רווח בר סמך מוכפל בערך הפליטה, בהתאם לאמור בנספח 9.15.
- 4.6 מערכת ניטור רציף או מערכת (CEM - Continuous emission monitoring) - מערכת מדידה רציפה הכוללת מערכת דיגום, מערכת מדידה וניתוח (analyzer), מערכת איסוף מידע, ומערכת אגירת נתונים. מערכת הניטור קובעת את הרכב הגז הנפלט מארובה בהתבסס על תכונות כימיות ופיזיקאליות של הגז, אוספת את תוצאות הבדיקות ואוגרת את הנתונים לצורך בקרה;
- 4.7 מערכת ניטור רציף מסוג IN-SITU – מערכת ניטור רציף אשר מערכת הדיגום שלה מותקנת בארובה ומערכת המדידה והניתוח נמצאת סמוך למערכת הדיגום;
- 4.8 מערכת ניטור רציף מסוג EXTRACTIVE – מערכת ניטור רציף אשר מערכת הדיגום שלה מותקנת בארובה ומערכת הניתוח והמדידה נמצאת מחוץ לארובה;
- 4.9 מק"ת - מטר קוב של אוויר לאחר המרה לתנאים תקינים: גז יבש; טמפרטורה של 273.15 K; לחץ של 101.3 KPa;

אישור הנוהל

תאריך האישור: _____ חתימת המנהל/ת כללית: _____

נוהל ניטור רציף בארובה

- 4.10 שיטות מדידה סטנדרטיות (Standard Reference Methods - SRM) – שיטות דיגום תקניות בהתאם למוגדר בנוהל בדיקת מזהמי אוויר בארובה ;
- 4.11 קוטר אקויוולנטי - מוגדר כשטח חתך רוחב של ארובה/תעלה, כפול 4, מחולק בהיקף של חתך הרוחב ;

5. שיטה

5.1 מערכת ניטור רציף תעמוד בדרישות הבאות:

- 5.1.1 למערכת הניטור הרציף יהיה אישור כמערכת ניטור רציף בהתאם לתקן EN 15267-3 (QAL1) מאחד הגופים הבאים :
- 5.1.1.1 הארגון המוסמך על ידי המועצה הארצית הגרמנית להסמכה, לאישור מכשירי ניטור רציף - TÜV (Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH) .
- 5.1.1.2 המוסד שהוסמך על ידי הרשות הבריטית להסמכה ועל ידי ממשלת בריטניה לאישור מכשירי ניטור רציף - SIRA, MCERT (Monitoring Certification Scheme) - Certification Service .
- 5.1.1.3 אישור לעמידת מערכת הניטור הרציף בדרישות תקן EN 15267-3 ובדרישות הסף הטכניות המובאות בנספח 9.1 על ידי גוף שווה ערך לגופים כאמור בסעיף קטן 5.1 שאושר על ידי אגף איכות אוויר.
- 5.1.2 אין לראות באישור מערכת הניטור הרציף או חלקים ממנה לשימושים שאינם ניטור רציף בארובה על ידי גופי בדיקה כאמור בסעיף 5.1.1 כאישור תקף לעניין נוהל זה.
- 5.1.3 המערכת תתאים באופן ספציפי לניטור המזהם או המזהמים אותם היא מנטרת ולתנאים השוררים בארובה (טמפרטורה, לחות, ספיקה, הרכב גזי הפליטה וכדומה).
- 5.1.4 טווח המדידה של המערכת יתאים לערכי הפליטה שנקבעו עבור מקור הפליטה ולריכוזים הצפויים בארובה.
- 5.1.5 המערכת תצויד במכשור עזר למדידת תכונות גזי הפליטה, ובכלל זה ספיקת הגזים הנפלטים, תכולת מים, לחץ, טמפרטורה, ואחוז החמצן בתהליכי שריפה ;
- 5.1.6 המערכת תהיה בעלת רישום ממוחשב ומערכת כיוול אוטומטית, למעט מערכת שניתן להוכיח לגביה שאין יכולת טכנית להתקין בה מערכת כיוול אוטומטית ;

5.2 התקנה ומיקום המערכת

- 5.2.1 מערכת הדיגום של מערכת ניטור רציף תותקן בארובה בהתאם לנספח 9.3.
- 5.2.2 בארובה בה מותקנת מערכת ניטור רציף יהיו פתחים לצורך דיגום בארובה. הפתחים ומיקומם יתאימו לדרישות נוהל בדיקת מזהמי אוויר בארובה. יש למקם את מערכת הדיגום של מערכת הניטור הרציף ופתחי הדיגום בצורה שתבטיח הפרעה הדדית קטנה ככל האפשר ובהתאם לסעיפים הבאים :

(א) למערכות דיגום לא חודרניות (non-intrusive) לחלקיקים, שאינה גורמות להפרעה בזרימת אוויר בארובה, המרחק בין פתח הדיגום למערכת הדיגום לא יעלה על קוטר ארובה או מטר אחד (הקטן מביניהם) ובהתאם להמלצות ספק המערכת ;

(ב) למערכות דיגום חודרניות (Intrusive) לחלקיקים, הגורמות להפרעה בזרימת אוויר בארובה, המרחק בין פתח הדיגום למערכת הדיגום לא יעלה על שני קטרי ארובה או שני מטרים, לפי הקטן ביניהם, ובהתאם להמלצות ספק המערכת ;

אישור הנוהל

תאריך האישור: _____ חתימת המנהל/ת כללית: _____

נוהל ניטור רציף בארובה

(ג) במערכות דיגום של מזהמים גזיים המרחק בין נקודת הדיגום לבין מערכת הדיגום יהיה קרוב ככל האפשר. המרחק המינימלי בין נקודת הדיגום למערכת הדיגום יהיה שלושה קטרי ארובה אקוויוולנטיים במעלה או מורד הארובה;

5.3 בדיקות לאחר התקנת המערכת

5.3.1 בעל מקור פליטה יבצע את הבדיקות המפורטות להלן תוך 6 חודשים מהתקנת המערכת:

5.3.1.1 בדיקות פונקציונליות:

בדיקות פונקציונליות הכוללות שינויים בפעולת המערכת לרבות בדיקה חזותית של מערכות אופטיות, בדיקת דליפות, בדיקת אפס וספן, בדיקת זמן תגובה של המערכת ובדיקת לינאריות יעשו על פי הוראות היצרן ובאמצעות יצרן המערכת או נציגו הרשמי.

- (א) **בדיקה חזותית** - בהתאם להנחיית היצרן ולפי המפורט בנספח 9.4.
- (ב) **בדיקת יכולת מתן שירות למערכת (Serviceability)** – לפי נספח 9.5.
- (ג) **בדיקת דליפות** - בדיקה לאיתור ותיקון דליפות במערכת ניטור רציף מסוג EXTRACTIVE על כל חלקיה (מפיית הדגימה ועד למכשיר האנליזה). הבדיקה תבוצע בהתאם להנחיות יצרן המערכת.
- (ד) **בדיקת אפס וספן** – בדיקת אפס וספן אוטומטיים. במערכת שבה לא ניתן לבצע בדיקות אפס וספן אוטומטיים, תעשה בדיקת אפס וספן לפי נספח 9.6 באמצעות חומרי ייחוס (גזי כיוול) מתאימים.
- (ה) **בדיקת זמן תגובה של המערכת** - לפי נספח 9.7.
- (ו) **בדיקת לינאריות** – לפי נספח 9.8. במקרה בו מערכת הניטור הרציף מודדת ריכוז גזים, יש לבצע את הבדיקה עם אותם גזי כיוול ששימשו בבדיקות אפס וספן.

5.3.1.2 כיוול המערכת:

- (א) כיוול המערכת יעשה לפי נספח 9.9 ובהתאם לנוהל בדיקת מזהמי אוויר בארובה - 2002.
- (ב) כיוול המערכת יבוצע ע"י מעבדה מוסמכת על-פי ISO 17025 בתחום דיגום ארובות.
- (ג) הכיוול יבוצע על סמך תוצאות המדידה הגולמיות של מערכת הניטור הרציף ביחידת המדידה של האנלייזר (לרוב ביחידות של mA) ולא באמצעות תוצאות מנורמלות.
- (ד) במהלך הכיוול תקבע נוסחת כיוול שתשמש לצורך המרת יחידות המדידה של האנלייזר ליחידות של מ"ג/מ"ק בתנאי הארובה. נוסחת הכיוול תהיה נכונה רק לטווח הריכוזים שנבדק במהלך הכיוול. בדיקת הכיוול תבצע בתנאי תפקוד שונים של מקור הפליטה, לצורך קבלת טווח נרחב של ריכוזים.
- (ה) על אף האמור בסעיף ג לנספח 9.9, במקרה בו הפליטות האופייניות של מקור הפליטה לא עולות על 50% מערך הפליטה שנקבע בתנאים למקור הפליטה, רשאי בעל תפקיד לאשר ביצוע 12 בדיקות (במקום 15) לצורך כיוול, מתוכן 9 בטווחי הריכוז האופייניים למקור הפליטה ו-3 נוספות בטווח ריכוזים נמוך. אישור כאמור יינתן לפי בקשה מראש ובכתב של בעל מקור הפליטה.
- (ו) במקרה של כשלון של מערכת הניטור הרציף במבחן השונות לפי נספח 9.9, יכין בעל מקור הפליטה תוכנית פעולה לתיקון מערכת הניטור הרציף לרבות החלפתה בעת הצורך.

נוהל ניטור רציף בארובה

5.3.2. בתום הבדיקות המפורטות בסעיף 5.3.1 יגיש בעל מקור הפליטה לבעל התפקיד את המסמכים הבאים:

- 5.3.2.1 דוחות דיגום בארובה בהתאם למפורט בנוהל בדיקת מזהמי אוויר בארובה.
5.3.2.2 דו"ח בדיקת הכיול ואת המתאם בין תוצאות הניטור לבין ריכוז המזהם שהתקבל כתוצאה מבדיקת הכיול.
5.3.2.3 דו"ח בדיקות פונקציונאליות, אשר יכלול: את הנהלים לביצוע הבדיקות הפונקציונאליות והתוצאות של בדיקות אלה. בדו"ח יירשמו כל הליקויים שנמצאו. אם הליקויים עלולים להשפיע על איכות הנתונים על בעל מקור הפליטה להציג את הפעולות לתיקון כולל לוח זמנים לביצוען.
5.3.2.4 דו"ח אשר יכלול את האמור בנספח 9.10.
5.3.2.5 במקרה של כשלון במבחן השונות בהתאם לסעיף 5.3.1.2 (ו) לעיל בעל מקור הפליטה יגיש את התוכנית לביצוע פעולות מתקנות ופעולות מונעות לבעל התפקיד.

5.4 חישוב תוצאות הניטור הרציף ובדיקת עמידה בערכי פליטה יעשו לפי המפורט להלן:

5.4.1 המרת ערכי הריכוז ממערכת הניטור הרציף לתנאי היחוס הסטנדרטיים והצגתן ביחידות של מ"ג/מק"ט - במקורות פליטה שבהם קיימת שריפה יש לנרמל בהתאם לאחוז חמצן לנרמול כפי שנקבע למקור הפליטה בהוראות שניתנו לו על פי דין. את החישוב לעיל יש לבצע בהתאם לנוסחה הבאה:

$$y_{s,i} = \hat{y}_i * \left(\frac{T_{actual}}{273.15} \right) * \left(\frac{101.325}{P_{actual}} \right) * \left(\frac{21 - P_{O_2, norm}}{21 - P_{O_2, actual}} \right) * \left(\frac{100}{100 - P_{H_2O, actual}} \right)$$

כאשר:

- \hat{y}_i - ערך ריכוז ממערכת הניטור הרציף מחושב מנוסחת הכיול עבור המדידה ה- i ביחידות של מ"ג/מק"ט.
- $y_{s,i}$ - המדידה ה- i של ריכוז מערכת הניטור הרציף מתוקן לתנאים סטנדרטיים במ"ג/מק"ט.
- T_{actual} - טמפרטורה שנמדדה בארובה בקלווין ($^{\circ}K$).
- P_{actual} - לחץ בארובה בקילופסקל (kPa).
- $P_{O_2, norm}$ - אחוז חמצן לנרמול שנדרש כפי שנקבע בתנאים למקור הפליטה.
- $P_{O_2, actual}$ - אחוז חמצן שנמדד בארובה.
- $P_{H_2O, actual}$ - אחוז לחות שנמדד בארובה.

5.4.2 תוצאות מערכת הניטור הרציף בהתאם לסעיף 5.4.1 יחושבו כממוצע תקף כהגדרתו בנוהל זה אלא אם צוין אחרת בהוראות שנתנו למקור הפליטה לפי כל דין;

5.4.3 ממוצע חצי שעתי יחושב לפרקי זמן המתחילים בשעה עגולה או בחצי שעה עגולה, וממוצע יממתי יחושב לפרק זמן של 24 שעות המתחיל ב-24:00 בלילה.

5.4.4 במידה ולא פורטו תנאים אחרים בהוראות שניתנו למקור הפליטה, תוצאות הניטור הרציף יחשבו כעומדות בערכי הפליטה כאשר במדידה רציפה שנעשתה בשעות העבודה של המתקן המנוטר התקיימו שני אלה:

(א) הממוצעים של כל מדידות הניטור במשך יממה אינם עולים על ערכי הפליטה המרביים שנקבעו עבור מקור הפליטה.

(ב) אף אחד מממוצעי מדידות הניטור החצי שעתיות אינו עולה על פי שניים מערכי הפליטה המרביים שנקבעו עבור מקור הפליטה.

נוהל ניטור רציף בארובה

5.5 טיפול בתקלה במערכת הניטור הרציף

- 5.5.1 נמצאו במהלך יממה, חמישה או יותר ערכים חצי שעתיים ממוצעים שגויים לרבות ערכים שלא נרשמו כלל כתוצאה מקלקול או תחזוקה לקויה של מערכת הניטור הרציף, יסומנו וייפסלו כל הנתונים שנמדדו במערכת האמורה באותה יממה; נמצאו במשך פרק זמן של שנה, עשר יממות כאמור, ינקוט בעל מקור הפליטה, באופן מיידי, פעולות לשיפור אמינות מערכת הניטור הרציף, לרבות החלפתה לפי הוראת בעל התפקיד.
- 5.5.2 במקרה של תקלה במכשיר ניטור, ינקוט בעל מקור הפליטה בכל האמצעים הדרושים לתיקונה המיידית ולא יאוחר מ- 72 שעות מגילוי התקלה, למעט אם ניתן אישור בכתב על ידי בעל התפקיד למועד ארוך יותר.

5.6 בדיקות תקופתיות

- 5.6.1 **בדיקות שבועיות** - בעל מקור הפליטה יבצע את הבדיקות הבאות פעם בשבוע לפחות, לצורך הבטחת תקינות המערכת ופיקוח על טיב התוצאות:
- 5.6.1.1 **בדיקות אפס וספן** – את תוצאות הבדיקות יש לנתח בהתאם לסעיפים הבאים:
- (א) יש לייצר שני תרשימי בקרה – אחד עבור בדיקות האפס ואחד עבור בדיקות הספן.
- (ב) תרשים הבקרה יבנה מ- 10 או יותר בדיקות אפס ומ-10 או יותר בדיקות ספן רצופות, שנערכו בסמוך ככל הניתן לגמר הכיול הראשוני או הכיול החמש-שנתי, במטרה לייצר בסיס נתונים של תוצאות אופייניות של בדיקות האפס והספן.
- (ג) קביעת ערכי התרעה וערכי אזרה לצורך בניית תרשימי בקרה לפי נספח 9.12 ע"י שימוש בבסיס הנתונים שיוצר ע"פ סעיף ב לעיל;
- (ד) רישום ערכי האפס והספן המתקבלים בבדיקות השגרתיות על גבי תרשימי הבקרה במטרה לקבוע האם סחיפות/שינויים של האפס והספן נובעים מתופעות חולפות או מסיבה עקבית כל שהיא. מתרשימים אלה יקבע האם קיימת סחיפה במערכת הניטור הרציף.
- (ה) בעל מקור הפליטה יפעל לכייל את המערכת או לתקנה במקרים הבאים:
1. אחת או יותר מתוצאות הבדיקות נמצאות מעל לערך ההתרעה העליון או מתחת לערך ההתרעה התחתון.
 2. שלוש תוצאות שהתקבלו ברצף נמצאות מעל לערך האזהרה העליון או מתחת לערך האזהרה התחתון.
 3. שמונה תוצאות שנמדדו ברצף נמצאות באותו צד של ערך המטרה, וההפרש ביניהן לבין ערך המטרה גדול יותר ממחצית סטיית התקן, כפי שנקבעה בנספח 9.12.
 4. שש תוצאות שנמדדו ברצף נמצאות במגמה קבועה של עלייה או של ירידה.

5.6.1.2 **בדיקה של טווח כיול המערכת (span)** - טווח הכיול אינו תקין כאשר:

- (א) התוצאות של יותר מ- 5% ממספר המדידות (החצי שעתיות) אשר מתקבלות במערכת הניטור הרציף במשך שבוע, לאחר נירמול, גדולות ב-10% מהתוצאה המרבית שנמדדה בשיטות הבדיקה הסטנדרטיות במהלך הכיול, ומצב זה נמשך 5 שבועות או יותר.
- (ב) התוצאות של יותר מ-40% ממספר המדידות (החצי שעתיות) אשר מתקבלות במערכת הניטור הרציף במשך שבוע אחד לאחר נירמול, גדולות ב-10% מהתוצאה המרבית שנמדדה בשיטות המדידה הסטנדרטיות,

נוהל ניטור רציף בארובה

- 5.6.1.3 במידה וטווח הכיול איננו תקין יש צורך לבצע כיול מלא חדש בהתאם לנספח 9.9.
- 5.6.1.4 במקרה שבאישור המערכת לפי סעיף 5.1 לעיל נקבעה למערכת תדירות אחרת לביצוע בדיקות אפס וספן, או שהמערכת מצוידת בהתקן אוטומטי שמבצע את הבדיקות בתדירות אחרת יש לבצע את הבדיקה ע"פ תדירות זו ובהתאם להנחיות היצרן;

5.6.2 בדיקות שנתיות

- 5.6.2.1 בעל מקור הפליטה יבצע בדיקה שנתית בהתאם למפורט להלן, לצורך ווידוא ואישור כי פונקציית הכיול, אשר נקבעה במסגרת בדיקת הכיול, בתוקף וכי המערכת פועלת בצורה תקינה:
- (א) בדיקה חזותית - בהתאם להנחיית היצרן ולפי נספח 9.4.
- (ב) בדיקת דליפות - בדיקה לאיתור ותיקון דליפות במערכת ניטור רציף מסוג EXTRACTIVE על כל חלקיה (מפיית הדגימה ועד למכשיר האנליזה). הבדיקה תבוצע בהתאם להנחיות יצרן המערכת.
- (ג) בדיקת כיול שנתית – לפי נספח 9.13 ע"י מעבדה מוסמכת על-פי ISO 17025 בתחום דיגום בארובות. מטרת הבדיקה היא לוודא ולאשר כי פונקציית הכיול, אשר נקבעה במסגרת בדיקת הכיול ממשיכה להיות בתוקף; במקרה שיוכח כי פונקציית הכיול בתוקף, בעל המקור הפליטה לא יידרש לבצע בדיקות לינאריות וסחיפת אפס וספן לפי סעיפים (ד), (ה) שלהלן.
- (ד) בדיקת לינאריות באמצעות גזי כיול במספר ריכוזים – לפי נספח 9.8 לרבות בנושא תחום ריכוזי הבדיקה, אופן הכנת גזי הכיול, מספר החזרות בכל נקודת מבחן ואופן החישוב.
- (ה) ביקורת סחיפה של האפס והספן - יש לבדוק בתיעוד שהצטבר מהבדיקות השוטפות, באם הסחיפות בהתבסס על נתונים שנתיים של האפס והספן אינן עולות על הערכים המובאים בטבלה הבאה:

ערך הסחיפה המרבי המותר	החומר המנוטר
4%	גזים וחלקיקים
0.4%	חמצן
3%	סחיפת "0" של ספיקת גזי פליטה
5%	סחיפת ספן של ספיקת גזי פליטה

- (ו) בדיקת זמן תגובה של המערכת - במקרה בו מערכת הניטור הרציף מודדת ריכוז גזים, יש לבצע את הבדיקה עם אותם גזי כיול ששימשו בבדיקות אפס וספן והכל לפי נספח 9.7.
- 5.6.2.2 עם סיום הבדיקות השנתיות, בעל מקור הפליטה יערוך ויגיש לבעל תפקיד דו"ח לפי נספח 9.14, המסכם את כל הבדיקות שבוצעו ותוצאותיהן.

5.6.3 בדיקות 5 שנתיות

בעל מקור הפליטה יבצע בדיקות בהתאם למפורט להלן אחת ל- 5 שנים או בתדירות אחרת שתקבע ע"י בעל תפקיד. מטרת הבדיקה היא קביעת פונקציית הכיול ובדיקת תקינות המערכת.

אישור הנוהל

חתימת המנהל/ת כללית: _____

תאריך האישור: _____

נוהל ניטור רציף בארובה

- 5.6.3.1 הבדיקות אותן יש לבצע במהלך הבדיקה החמש-שנתית הן:
- (א) בדיקה חזותית - בהתאם להנחיית היצרן ולפי נספח 9.4.
 - (ב) בדיקת דליפות - בדיקה לאיתור ותיקון דליפות במערכת ניטור רציף מסוג EXTRACTIVE על כל חלקיה (מפיית הדגימה ועד למכשיר האנליזה). הבדיקה תבוצע בהתאם להנחיות יצרן המערכת.
 - (ג) **בדיקת יכולת מתן שירות למערכת (Serviceability)** – לפי נספח 9.5.
 - (ד) בדיקת אפס וספן - אם אין אפשרות לבדיקה אפס וספן אוטומטיים, יעשה שימוש בחומרי ייחוס (גזי כיוול), על מנת לבצע את הבדיקה. הבדיקות יעשו בהתאם למפורט בנספח 9.6.
 - (ה) בדיקת זמן תגובה של המערכת - במקרה בו מערכת הניטור הרציף מודדת ריכוז גזים, יש לבצע את הבדיקה עם אותם גזי כיוול ששימשו בבדיקות אפס וספן. תיאור הבדיקה והמצבים אותם יש לבדוק מפורטים בנספח 9.7.
 - (ו) בדיקות כיוול חמש-שנתיות - לפי המפורט בנספח 9.9. מטרת הבדיקה היא לוודא ולאשר כי פונקציית הכיוול, אשר נקבעה במסגרת בדיקת הכיוול ממשיכה להיות בתוקף, או לקבוע פונקציית כיוול חדשה במידת הצורך.
- 5.6.3.2 בתום הבדיקות יגיש בעל מקור הפליטה לבעל התפקיד מטעם המשרד את המסמכים הבאים:
- (א) דו"ח בדיקת הכיוול ואת המתאם בין תוצאות הניטור לבין ריכוז המזהם שהתקבל כתוצאה מבדיקת הכיוול.
 - (ב) דו"ח בדיקות פונקציונאליות, אשר יכלול: את הנהלים לביצוע הבדיקות הפונקציונאליות והתוצאות של בדיקות אלה. בדו"ח יירשמו כל הליקויים שנמצאו במידה והם עלולים להשפיע על איכות הנתונים.
 - (ג) הדו"ח יכיל את הסעיפים המפורטים בנספח 9.10.
- 5.6.3.3 בעל מקור הפליטה יכין תוכנית לביצוע פעולות מתקנות ופעולות מונעות בהתאם להנחיות היצרן, ויבצע פעולות אלה לפי תוכנית לביצוע פעולות מתקנות ופעולות מונעות.

5.7 מערכת הניטור הרציף תעבור כיוול במקרים הבאים:

- (א) בהעדר הנחיה מפורשת אחרת, בתדירות של פעם בחמש שנים.
- (ב) כאשר חל שינוי משמעותי במערכת הניטור הרציף, כגון החלפת מערכת הניטור או חלקים ממנה למעט החלפת חלקי חילוף בהתאם להוראות היצרן.
- (ג) כאשר חל שינוי משמעותי בתהליך הייצור אשר גורם לשינוי משמעותי בקצב הפליטה בהתאם לתנאים המובאים בנספח 9.8.
- (ד) כאשר תוצאות הבדיקות התקופתיות מצביעות על צורך בכך.

5.8 אחזקת מסמכים:

- 5.8.1 בעל מקור פליטה יחזיק, בכל עת, בסמוך למערכת ניטור רציף מסמכים מעודכנים כמפורט להלן:
- (א) טפסים כמפורט בנספח 9.2;
 - (ב) תוכנית מערכת הניטור הרציף;
 - (ג) ספרי הדרכה, תפעול ותחזוקה של מערכת הניטור הרציף;
 - (ד) תיק מערכת שיכלול את הפרטים הבאים - תקלות ותיקונים שבוצעו במערכת, דו"ח שירות ותחזוקה, ובדיקות שוטפות שמבוצעות למערכת;
 - (ה) נהלי תחזוקה, כיוול, רישום, דיווח, והדרכה;

נוהל ניטור רציף בארובה

- (ו) שרטוטים של הארובה, החל מנקודת היציאה של גזי הפליטה ממתקן הטיפול (באם קיים) ועד לפליטתם לסביבה, שיכללו את הפרטים הבאים:
1. תעלות, עיקולים, ברכיים, שסתומים וכדומה.
 2. קוטרו ואורכו של כל אחד מחלקי צנרת הולכת הגזים.
 3. מיקום מערכת הדיגום של מערכת הניטור הרציף.
 4. מיקום פתחים לצורך דיגום.

5.8.2 בעל מקור פליטה יחזיק, במשך 5 שנים, בסמוך למערכת ניטור רציף מסמכים מעודכנים כמפורט להלן:

- (א) תוכנית פעולה לתיקון מערכת הניטור הרציף לרבות החלפתה בעת הצורך במקרה של כשלון במבחן השוונות שנעשה לפי סעיף 9.9.
- (ב) תרשימי הבקרה ע"פ סעיף 5.6.1.1 ותוצאות האפס והספן החורגות בהתאם 5.6.1.1 (ה).

5.8.3 בעל מקור פליטה יחזיק, במשך 3 שנים, בסמוך למערכת ניטור רציף מסמכים מעודכנים כמפורט להלן:

- (א) רישום של תוצאות הניטור הרציף;
- (ב) רישום נתונים שגויים כאמור בסעיף 5.5;
- (ג) תוצאות בדיקות האפס והספן כאמור בסעיף 5.6.
- 5.8.4 מסמכים כאמור בסעיף 5.7 יעמדו לעיון וימסרו לבעל תפקיד על פי דרישתו.

6. אחריות

ראש אגף איכות אוויר אחראי ליישום נוהל זה.

7. פרסום הנוהל וסייגים לפרסום

אתר האינטרנט של המשרד להגנת הסביבה

8. מועד רענון הנוהל

לפי הצורך.

9. נספחים

1. קריטריוני סף עבור מערכות ניטור רציף
2. נתוני מקור הפליטה
3. מיקום התקנה בארובה של מכשיר הניטור הרציף
4. בדיקה חזותית.
5. יכולת מתן שירות (Serviceability).
6. הוראות לבדיקת אפס וספן.
7. הוראות לבדיקת זמן תגובה של המערכת
8. הוראות לביצוע בדיקת ליניאריות
9. הוראות לבדיקה כיוול חמש-שנתית
10. תכולת דו"ח סיכום בדיקות כיוול חמש-שנתיות למערכת ניטור רציף.
11. תנאים לקביעת מצב של שינוי משמעותי בקצב הפליטה.

אישור הנוהל

תאריך האישור: _____ חתימת המנהל/ת כללית: _____

בתוקף מתאריך : 11/2011/xx
מהדורה : 1
עמוד 9 מתוך 34 עמודים
מאשרת הנוהל :

המשרד להגנת הסביבה
אשכול תעשיות
אגף איכות אוויר

המשרד לאיכות הסביבה
وزارة جودة البيئة
Ministry of the Environment



שלום עם הסביבה

נוהל ניטור רציף בארובה

12. שיטה לחישוב ריכוזי אתרעה וערכים ממוצעים לאפס ולספן
13. הוראות לבדיקה כיוול שנתית.
14. תכולת דו"ח מסכם של הבדיקות השנתיות.
15. טבלת ערכים סטטיסטיים.

אישור הנוהל

חתימת המנהל/ת כללית :

תאריך האישור :

נוהל ניטור רציף בארובה

נספח 9.1 – קריטריוני סף עבור מערכות ניטור רציף

טבלה מס' 9.1.1 – קריטריוני הסף עבור מערכת ניטור רציף לניטור מזהמים גזיים

Performance characteristic	Performance Criteria	
	Gasses except O ₂	O ₂ ^B
Response time	<200 s (400 s for NH ₃ , HCl and HF)	<200s
Repeatability standard deviation at zero point	<2.0% ^A	<0.20% ^B
Repeatability standard deviation at span point	<2.0% ^A	<0.20% ^B
Lack-of-fit (linearity)	<2.0% ^A	<0.20% ^B
Influence of ambient temperature change from 20 °C within specified range at zero point	<5.0% ^A	<0.50% ^B
Influence of ambient temperature change from 20°C within specified range at span point	<5.0% ^A	<0.50% ^B
Influence of sample gas pressure at span point for a pressure change Ap of 3 kPa	<2.0% ^A	<0.20% ^B
Influence of sample gas flow on extractive CEM for a given specification by the manufacturer	<2.0% ^A	<0.20% ^B
Influence of voltage. at 15 % and at 10% from nominal supply voltage	<2.0% ^A	<0.20% ^B
Influence of Vibration	<2.0% ^A	<0.20% ^B
Cross-sensitivity	<4.0% ^A	<0.40% ^B
Excursion of the measurement beans of cross-stack in-situ CEM	<2.0% ^A	-
Convener efficiency for CEM measuring NOx	≥95.0%	-
Determination coefficient of calibration function R ²	≥0.95	≥0.95
Availability	≥95 %	≥98.0%
Lack-of-fit	≤2.0% ^A	≤0.20% ^B
Zero drift. within maintenance interval	≤3.0% ^A	≤0.20% ^B
Span drift within maintenance interval	≤3.0% ^A	≤0.20% ^B
Reproducibility, R field	≤3.3% ^A	≤0.20% ^B
^A Percentage value as percentage of the upper limit of the certification range ^B Percentage value as oxygen volume concentration (volume fraction)		

נוהל ניטור רציף בארובה

טבלה מס' 9.1.2 - קריטריוני הסף עבור מערכת ניטור רציף לניטור TOC

Performance Characteristic	Performance Criteria
Effect of Oxygen	2% ^A
Range of response factors:	
methane	0.9 to 1.2
aliphatic hydrocarbon	0.90 to 1.10
aromatic hydrocarbon	0.8 to 1.1
dichloromethane	0.75 to 1.15
aliphatic alcohols	0.7 to 1.0
esters and ketones	0.7 to 1.0
organic acids	0.5 to 1.0

^A Percentage value as percentage of the upper limit of the certification range.

טבלה מס' 9.1.3 – סיווג מערכת ניטור רציף לניטור חלקיקים (*)

Criterion	Class 1	Class 2	Class 3
Quantitative output (can be calibrated in mg/m3)	+	+	-
Qualitative output	+	+	+
Use for installation filling under the WID and LCPD	+	-	-
Use for installations other than those under the WID and LCPD. where the emissions may normally exceed 50 % of the ELV	+	-	-
Use for installations other than those under the WID and LCPD. where the emissions do not normally exceed 50 % of the ELV	+	-	-
Use for installations where there is no ELV expressed in mg/m3 to monitor changes in performance of dust-arrestment plants	+	+	•

(*) יש להשתמש במערכות שהינן מקבוצת סיווג 1 ו-2.

נוהל ניטור רציף בארובה

טבלה מס' 9.1.4 - קריטריוני הסף עבור מערכת ניטור רציף לניטור חלקיקים בהתאם לסיווגם

Performance Characteristic	Performance Criteria		
	Class 1	Class 2	Class 3
Response time	<200s	<200 s	<200 s
Repeatability standard deviation at zero point	<2.0% ^A	n.a.	n.a.
Repeatability standard deviation at span point	<5.0 % ^B	n.a.	n.a.
Lack-of-fit (linearity)	<3.0 % ^A	n.a.	n.a.
Zero shift due to ambient temperature change from 20°C within specified range	<5.0% ^A	<5.0% ^A	<5.0% ^A
Span shift due to ambient temperature change from 20°C within specified range	<5.0% ^A	n.a.	n.a.
Influence of voltage, at — 15 0 and at - 10 % from nominal supply voltage	<2.0 % ^A	<2.0 % ^A	<2.0 % ^A
Determination coefficient of calibration function, R ₂	>0.90	>0.90	>0.80
Response time	<200 s	<200 s	>200 s
Lack-of-fit	<3.0 %	n.a.	na
Zero drift, within maintenance interval	<3.0 %	<3.0 %	<3.0%
Span drift, within maintenance interval	<3.0 %	<3.0 %	<3.0 %
Availability	>95.0 %	>95.0 %	>95.0 %
Reproducibility, R _{field}	<3.3 %	<3.3 %	<10.0 %
^A Percentage value as percentage of the upper limit of the certification range			
^B Percentage value as oxygen volume concentration (volume fraction)			

טבלה מס' 9.1.5 - קריטריוני הסף עבור מערכת ניטור רציף לניטור ספיקת גזי פליטה

Performance Characteristic	Performance Criteria
Determination coefficient of calibration function R ²	>0.90
Response time	<60 s
Zero drift, within maintenance interval	2.0 %
Span drift, within maintenance interval	<4.0 %
Availability	>95.0 %
Reproducibility, R _{field}	<3.3 %
Response time	<60 s
Repeatability standard deviation at zero	<2.0 %
Lack-of-fit	<3.0 %
Zero shift due to ambient temperature change from 20°C within specified range	<5.0 %
Span shift due to ambient temperature change from 20°C within specified range	<5.0 %
Influence of voltage, at + 15 % and at - 10 % from nominal supply voltage	<2.0 %

נוהל ניטור רציף בארובה

נספח 9.2

נתוני מקור הפליטה

1. פרטי מקור הפליטה

- א. שם מקור הפליטה _____.
- ב. כתובת מלאה _____.
- ג. שם איש הקשר במקור הפליטה _____.
- ד. טלפון _____ פקס _____.

2. תיאור התהליך המנוטר

א. תיאור כללי של תהליך הייצור

במתן התיאור הכללי יש להתייחס לסעיפים הבאים

1. תיאור הליך הייצור.
2. זיהוי של תהליך ייצור ב-"שם המתקן" ו-"שם הארובה".
3. יש לתאר רק את תהליך הייצור הרלוונטי עבורו מתבצע הניטור הרציף.
4. במידה והניטור הרציף מתבצע עבור במספר תהליכים, יש לתאר כל תהליך בנפרד.
5. עבור תהליכים מנתיים או תהליכים בהם יש שינוי בריכוז ובקצב הפליטה כפונקציה של הזמן, יש לפרט את הזמנים בהם משתנה הריכוז, את תחום שינויי הריכוז, מספר שעות עבודה של המתקן ביום ופרמטרים רלוונטיים נוספים.

ב. תרשים זרימה של תהליך הייצור.

יש לצרף תרשים זרימה של תהליך הייצור. עבור כל שלב יש לפרט את הפרמטרים הבאים:

1. שם המתקן ושם הארובה
1. חומרי גלם
2. חומרי עזר (דלקים, קיטור וחומרים נוספים המשתתפים בתהליך)
3. קצב אספקת החומרים
4. משך התהליך
5. פרמטרים נוספים המשפיעים על הריכוז וקצב הפליטה: טמפרטורה, לחץ, ספיקות וכיו

3. נתוני בדיקה לאישור מכשירי ניטור רציף

- א. זיהוי ומספר הארובה: _____.
- ב. נתוני הארובה: _____.
- גובה (מי'): _____ קוטר/ מידות חתך (מי'): _____.

אישור הנוהל

תאריך האישור: _____ חתימת המנהל/ת כללית: _____

בתוקף מתאריך : 11/2011/xx
 מהדורה : 1
 עמוד 15 מתוך 34 עמודים
 מאשר/ת הנוהל :

המשרד להגנת הסביבה
אשכול תעשיות
אגף איכות אוויר



נוהל ניטור רציף בארובה

22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12
דרישות אחרות		תקני פליטה		נתונים מ- 4 בדיקות אחרונות						
		קצב פליטה (ק"ג/שעה)	ריכוז (מ"ג/מ"ק)	ריכוז (מ"ג/מ"ק)	קצב פליטה (ק"ג/שעה)	קוטר (מ')	ספיקת גזי פליטה (מ"ק/שעה)	לחות (%)	טמפרטורה מעלות צלסיוס	תאריך בדיקה
										1
										2
										3
										4

- הערות: 1 בעמודות 1-11 יש לציין את העמוד ממנו נלקח הנתון במסמך הבקשה לאישור.
 2 במידה וטור מסוים אינו רלוונטי יש לציין זאת בטבלה
 3 במידה ויש צורך בהכנסת נתון נוסף, יש להוסיף בתחתית הטבלה ולציין למה מתייחס .

אישור הנוהל

תאריך האישור: _____ חתימת המנהל/ת כללית: _____

נוהל ניטור רציף בארובות

נספח 9.3

מיקום התקנה בארובה של מכשיר הניטור הרציף

א. מערכת לנטור מזהמים גזיים:

מערכת הדיגום תמוקם במרחק של 5 קטרים אקווילנטיים אחרי המתקן לטיפול בגזי פליטה הקרוב ביותר, נקודת היווצרות מזהם/מזהמים, כל נקודה אחרת בה מתרחש שינוי בריכוז המזהם/המזהמים, או שנמצאת בה הפרעת זרימה. כאשר הקונפיגורציה של מערכת פליטת הגזים הקיימת אינה מאפשרת שמירה על המרחקים לנטור מזהמים גזיים המומלצים לעיל, ניתן להתקין את מערכת הניטור הרציף במרחקים קצרים מ- 5 קטרים אקווילנטיים. בכל מקרה מערכת לנטור מזהמים גזיים לא תמוקם במרחק קטן מ- 2 קטרים אקווילנטיים אחרי המתקן לטיפול בגזי פליטה הקרוב ביותר, או קטן מ- 2 קטרים אקווילנטיים אחרי נקודת היווצרות מזהם/מזהמים, או נקודה אחרת בה מתרחש שינוי בריכוז המזהם/המזהמים, או נמצאת בה הפרעת זרימה. במידה ומערכת לנטור מזהמים גזיים תמוקם במרחקים קצרים מ- 5 קטרים אקווילנטיים המומלצים לעיל, אזי על בעל מקור הפליטה לבצע מדידות המעידות, כי שינויים מרחביים בטמפרטורה, לחץ, ספיקה וריכוזי מזהמים לא יהיו גדולים מ- 15% מהמוצא האריתמטי בכל חתך הרוחב של ארובה/תעלה בו תותקן מערכת הניטור. המדידות הנ"ל יבוצעו אך ורק ע"י מעבדות בעלות הסמכה של "הרשות הלאומית להסמכת מעבדות" בתחום הדיגום בארובות.

ב. מערכת לנטור חלקיקים:

מערכת הדיגום תמוקם בחלק ישר (רצוי אנכי) של הארובה/תעלה, בעל צורה קבועה וחתך רוחב קבוע. מקום ההתקנה של מערכת הדיגום צריך להיות רחוק ככל האפשר מהפרעות כלשהן - הן מאלו שנמצאות לפני המערכת (בהתאם לכוון זרימת גזי פליטה) והן מאלו שנמצאות אחריה. כאשר מדובר בהפרעות הגורמות לשינויים בכוון זרימת הגזים כמו ברך, מפוח, שסתום וכד'. נתיב המדידה של מערכת לנטור חלקיקים ימוקם בחלק ישר של ארובה/תעלה, במרחק השווה לפחות ל- 5 קטרים אקווילנטיים אחרי הפרעה (לדוגמא אחרי ברך) ולפחות ל- 2 קטרים אקווילנטיים לפני הפרעה.

בנוסף מומלץ, כי המרחק המינימלי של נתיב המדידה של מערכת דיגום שמודדת בשיטה אופטית" מפתח היציאה מהארובה יהיה שווה ל-5 קטרים אקווילנטיים. כתוצאה מכך, האורך המינימלי של הארובה בחלקה הישר וללא הפרעות כלשהן, בו ניתן להתקין מערכת לניטור חלקיקים יהיה 10 קטרים אקווילנטיים.

בנוסף לאמור לעיל מיקום המערכת לניטור חלקיקים יעמוד גם בתנאים הבאים:

1. הסטייה המקומית, של כוון זרימת גזי פליטה מכוון של ציר הארובה/תעלה, לא תעלה על ± 15 מעלות.
2. בחתך שנבחר עבור מערכת לנטור חלקיקים לא תהייה זרימה מקומית שלילית.
3. בחתך שנבחר הפרש הלחצים (המדוד) במהירות הזרימה המינימלית המקומית של גזי הפליטה לא יעלה על 5 פסקל.
4. היחס בין המהירות המרבית ל גזי הפליטה לבין המהירות המינימלית, המדודות בחתך לא יהיה גדול מ- 3.

ג. מערכת לנטור רציף של ספיקת גזי פליטה:

המערכת תמוקם בחלק ישר של ארובה/תעלה, בעל צורה קבועה וחתך רוחב קבוע. רצוי למקם את המערכת בחלק אנכי, על מנת להמנע מהצטברות חלקיקים.

אישור הנוהל

תאריך האישור: _____ חתימת המנהל/ת כללית: _____

נוהל ניטור רציף בארובה

מקום ההתקנה של מערכת לנטור רציף צריך להיות רחוק ככל האפשר מהפרעות כלשהן – הן מאלו שנמצאות לפני המערכת (בהתאם לכוון זרימת גזי פליטה) והן מאלו שנמצאות אחריה. הפרעות לצורך עניין זה הן הפרעות הגורמות לשינויים בכוון זרימת הגזים כמו ברוך, מפוח, שסתום וכד'.

מומלץ, כי מקום המדידה ימצא בחלק ישר של ארובה/תעלה בעל אורך השווה לפחות ל- 10 קטרים אקוילנטיים.

מקום המדידה ימצא במרחק השווה לפחות ל- 5 קטרים אקוילנטיים אחרי הפרעה כלשהי, ולפחות ל- 5 קטרים אקוילנטיים לפני הפרעה כלשהי.

בנוסף לאמור לעיל מיקום המערכת לניטור רציף של ספיקת גזי פליטה יעמוד גם בתנאים הבאים:

1. הסטייה המקומית, של כוון זרימת גזי הפליטה מכוון של ציר הארובה/תעלה, לא תעלה על ± 10 מעלות.
2. בחתך שנבחר עבור מערכת לנטור חלקיקים לא תהייה זרימה מקומית שלילית.
3. השינויים במהירות הזרימה בכל נקודה של חתך רוחב הארובה/תעלה יהיו נמוכים מ- 10%.

נוהל ניטור רציף בארובה

נספח 9.4 בדיקה חזותית

בדיקה חזותית תכלול את הסעיפים הבאים, בהתאם לסוג המערכת והרכבה:

1. למערכות מדידה אופטיות - מרכז ויישור מערכת המדידה, (alignment of the measuring system).
2. כיול פנימי של מכשיר האנליזה (אם קיים)
3. ניקיון החלקים האופטיים
4. אספקת אוויר המונע זיהום הרכיבים האופטיים.
5. הפרעות בנתיב האופטי
6. פיית הדגימה (sampling probe).
7. תקינות ופעולת מערכת הובלת הגז (אם קיימת) (gas conditioning system).
8. משאבות
9. חיבורים, מחברים וקווי דיגום (אם קיימים)
10. מערכת אספקת החשמל
11. מסננים

נספח 9.5 יכולת מתן שירות (Serviceability)

יכולת מתן שירות (serviceability) למערכת הניטור הרציף תיבדק בהתאם לסעיפים הבאים:

1. קיומה של סביבת עבודה בטיחותית, נקייה ומתאימה לצורך ביצוע אחזקה ובדיקות למערכת הניטור.
2. קיום גישה קלה ובטוחה למערכת הניטור הרציף, כולל מקום עבודה המאפשר הכנסת חומר ייחוס, כגון גזי כיול, הן לכניסת קן הדיגום (אם קיים) והן לכניסת מכשיר האנליזה עצמו, כולל קיומה של מרפסת דיגום מתאימה בהתאם לצורך
3. קיום של גזי כיול מתאימים עבורם יש תעודת אנליזה (certificate of analysis) של יצרן גזים, בעל מערכת איכות של לפחות ISO 9000. תעודות האנליזה/סרטיפיקטים לגזים יהיו זמינות באתר הבדיקה לצורך השוואה.
4. קיום והתאמה של כלי עבודה וחלקי חילוף הנדרשים לצורך תחזוקה וכיול.

נוהל ניטור רציף בארובה

נספח 9.6 - הוראות לבדיקת אפס וספן

סטיית תקן של נשנות (repeatability) בנקודת אפס - יש לקבוע את סטיית התקן של הנשנות בנקודת האפס, באמצעות חומר ייחוס עבור נקודת אפס. אם בדיקה זו מתבצעת כחלק מבדיקת הלינאריות (lack-of-fit test), ניתן להשתמש בחומר ייחוס המשמש בבדיקת הלינאריות עבור הריכוז השווה אפס, בתור חומר הייחוס לקביעת סטיית תקן של נשנות בנקודת אפס. כאשר נעשה שימוש בחומר הייחוס עבור נקודת אפס, יש להמתין פרק הזמן הנדרש לביצוע קריאה אחת עצמאית, ולאחר מכן יש לבצע 20 קריאות אינדיבידואליות. עבור גלאי חמצן ניתן להשתמש בגז בעל ריכוז נפחי של חמצן של 0.2% בתור גז אפס. עבור גלאי צירקוניה (שאינם מגיבים לריכוזי חמצן נמוכים כל כך) ניתן להשתמש בגז בעל ריכוז נפחי של חמצן של 2% בתור גז אפס. 20 תוצאות המדידות הנ"ל משמשות לקביעת סטיית תקן הנשנות בנקודת אפס, תוך שימוש במשוואה 9.1:

$$s_{r0} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{20} (x_{i0} - \bar{x}_0)^2}{(n-1)}} \quad \text{משוואה 9.1}$$

כאשר:

s_{r0} - סטיית התקן של נשנות בנקודת האפס

x_{i0} - קריאת ריכוז i

\bar{x}_0 - ממוצע אריתמטי של n קריאות הריכוז.

n - מספר מדידות (20 במקרה הנ"ל).

תוצאת בדיקת האפס תחשב כתקינה, כאשר סטיית תקן של נשנות בנקודת אפס תהיה קטנה מ- 3% מהריכוז העליון של טווח המדידה, המאושר עבור מערכת לנטור מזהמים גזיים, חלקיקים וספיקת גזי פליטה, וקטנה מ- 0.3% מהריכוז העליון של טווח המדידה, המאושר עבור מערכת לנטור חמצן.

סטיית תקן של נשנות (repeatability) בנקודת ספן - אם בדיקה זו מתבצעת כחלק של בדיקת הלינאריות (lack-of-fit test), ניתן להשתמש בחומר ייחוס המשמש בבדיקת הלינאריות עבור ערך גבוה ביותר, כחומר הייחוס לקביעת סטיית תקן של נשנות בנקודת ספן. כאשר נעשה שימוש בחומר הייחוס עבור נקודת ספן, יש להמתין פרק הזמן הנדרש לביצוע קריאה אחת עצמאית, ולאחר מכן יש לבצע 20 קריאות אינדיבידואליות. 20 תוצאות המדידות הנ"ל משמשות לקביעת סטיית תקן הנשנות בנקודת ספן, תוך שימוש במשוואה 9.2:

$$s_{rs} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{20} (x_{is} - \bar{x}_s)^2}{(n-1)}} \quad \text{משוואה 9.2}$$

כאשר:

s_{rs} - סטיית התקן של נשנות בנקודת האפס

x_{is} - קריאת ריכוז i

\bar{x}_s - ממוצע אריתמטי של n קריאות הריכוז.

n - מספר מדידות (20 במקרה הנ"ל)

תוצאת בדיקת האפס תחשב כתקינה, כאשר סטיית תקן של נשנות בנקודת ספן תהיה קטנה מ- 3% מהריכוז העליון של טווח המדידה המאושר עבור מערכת לנטור מזהמים גזיים קטנה מ- 7% מהריכוז העליון של טווח המדידה המאושר עבור מערכת לנטור חלקיקים, וקטנה מ- 0.3% מהריכוז העליון של טווח המדידה המאושר עבור מערכת נטור חמצן.

נוהל ניטור רציף בארובה

נספח 9.7 הוראות לבדיקת זמן תגובה של המערכת

יש לבצע את בדיקת זמן התגובה תוך הכנסת חומר ייחוס למערכת לניטור מזהמים דרך sampling probe. במידה והמערכת הנבדקת הינה לדוגמא מערכת לניטור מזהמים גזיים, אזי יש להשתמש בחומרי ייחוס שהם גזי מבחן לבדיקת אפס וספן. בדיקת זמן התגובה תתבצע תוך מעבר בין ערך האפס לבין ערך הספן. המעבר בין ערכים אלה צריך להיות מיידי ככל האפשר, תוך שימוש בשסתום מתאים. יש להתקין את השסתום כך שיציאתו תחובר ישירות לכניסה של מערכת הדיגום של מערכת הניטור. יש להתאים רמת ספיקה של גזי אפס וספן, כך שזמן זרימת הגזים דרך השסתום יהיה זניח בהשוואה לזמן "איחור" האנלייזר (lag time). יש לבצע את בדיקת התגובה עבור שני המצבים כדלהלן:

- (1) עלייה של ערך נמדד מאפס עד ספן
- (2) ירידה של ערך נמדד מספן עד אפס.

יש לבצע את הבדיקה באופן הבא:

- יש לשנות את מצב השסתום מ- "גז אפס" ל- "גז ספן"
- האנלייזר מודד ורושם את ערכי הפרמטר הנמדד העולים מערך של אפס עד ערך של ספן תוך מדידת הזמן
- כאשר הקריאה מתייצבת, יש לשנות את מצב השסתום מ- "גז ספן" ל- "גז אפס"
- האנלייזר מודד ורושם את ערכי הפרמטר הנמדד היורד מערך של ספן עד ערך של אפס תוך מדידת הזמן
- כאשר הקריאה תתייצב שוב, אזי יסתיים מחזור שלם של בדיקת זמן התגובה
- על בסיס תוצאות המדידה ניתן לחשב זמן התגובה (עבור עליית ערך הנמדד) שהינו פרק הזמן משינוי במצב השסתום (שינוי מאפס לספן) עד לרגע של עליית הפרמטר הנמדד עד לערך המהווה 90% של הערך המרבי (של הספן)
- בדומה לבדיקת זמן התגובה עבור עליית הפרמטר הנמדד, ניתן לבצע את הבדיקה עבור ירידת הפרמטר הנמדד. על בסיס תוצאות המדידה ניתן לחשב זמן התגובה שהינו פרק הזמן משינוי במצב השסתום (שינוי מספן לאפס) ועד לרגע של ירידת הפרמטר הנמדד עד לערך המהווה 10% של הערך המרבי (של הספן).

יש לבצע בדיקת זמן התגובה עבור ארבעה מחזורים, כפי שמתואר לעיל, עם הפסקה של 10 דקות לפחות בין המחזורים הבאים בתור. לאחר מכן, יש לבצע חישובי מיצוע עבור זמני עלייה וירידה בנפרד. זמן התגובה הממוצע, הארוך יותר (של העלייה או הירידה), המותר, צריך להיות קצר מ- 200 שניות עבור מערכות לניטור מזהמים גזיים וחלקיקים, וקצר מ- 60 שניות עבור מערכות לניטור ספיקה גזי פליטה.

נוהל ניטור רציף בארובה

נספח 9.8 - הוראות לביצוע בדיקת לינאריות

יש לבדוק לינאריות של תגובת אנלייזרים באמצעות חמישה ריכוזים שונים. מומלץ לעשות זאת ע"י שימוש ב- 5 חומרי ייחוס שונים, כולל חומר ייחוס המייצג ערך של אפס. כמותם ואיכותם של חומרי הייחוס הנ"ל יירשמו בדו"ח הבדיקה, ויהיו בני-אימות על סמך תעודות יצרן של חומרי הייחוס. במקרה של חומרי ייחוס גזיים, ארבעת חומרי הייחוס שאינם מייצגים את ריכוז האפס יילקחו ממכלי גז שונים או יוכנו, באמצעות מערכת מיהול ניידת, שעומדת בדרישות שיטת EPA METHOD 205 או בשיטה מקבילה שאושרה ע"י הרשות להסמכת מעבדות, משני גזים (ריכוז אפס וריכוז גבוה) שעומדים בדרישות עבורי גזי הכיול המפורטים לעיל. יש לבדוק את לינאריות תגובת האנלייזרים ע"י בדיקה בחמש רמות הריכוזים כדלהלן: ריכוז של אפס, 20%, 40%, 60%, ו-80% מהריכוז השווה לריכוז המרבי המותר לפליטה מוכפל בשתיים.

יש לבצע את בדיקת הלינאריות תוך הכנסת חומרי ייחוס למערכת המדידה והניתוח. מומלץ להשתמש בחומרי ייחוס לא לפי הסדר של רמות הריכוזים, אלא באופן אקראי, אך מוצע להתחיל מרמה של אפס ולסיים את הבדיקות גם ברמה של אפס. כאשר מכניסים חומר ייחוס שונים (כלומר כאשר חל שינוי בריכוז), הקריאה הראשונה של הריכוז החדש תתבצע לאחר זמן שווה לפי שלוש מזמן התגובה של המערכת. יש לבצע שלוש בדיקות עבור כל אחת מארבעת רמות הריכוזים - 20%, 40%, 60%, ו-80% ולבצע שש בדיקות עבור ריכוז האפס.

כלומר, במחזור מלא של הבדיקה יבוצעו סך הכל 18 מדידות. בין הקריאות יש לעשות הפסקות שאורכן פי 4 מזמן התגובה של המערכת. על סמך תוצאות המדידות הנ"ל יש לחשב את הלינאריות כדלהלן:

שלב ראשון: מציאת מקדמי A ו-B עבור מתאם לינארי המתאים למשוואה 9.3

$$Y_i = A + BX_i \quad \text{משוואה 9.3}$$

כאשר:

Y_i - קריאת מערכת ה-CEM שנתקבלה בבדיקה ה- i .

X_i - ריכוז חומר הייחוס שבה נעשה שימוש בבדיקה ה- i .

חישוב המקדמים:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i (X_i - X_z)}{\sum_{i=1}^n (X_i - X_z)^2} \quad \text{משוואה 9.4}$$

$$A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i - BX_z \quad \text{משוואה 9.5}$$

כאשר:

X_z - ממוצע של ריכוז חומרי הייחוס.
 n - מספר המדידות (18 במקרה הרגיל)

שלב שני: חישוב הסטיות של הריכוזים הממוצעים מהמתאם הלינארי.

א. חישוב ערך קריאה ממוצע ממערכת הניטור הרציף עבור כל ריכוז של חומר הייחוס:

$$\bar{Y}_c = \frac{1}{m_c} \sum_{i=1}^{m_c} Y_{c,i} \quad \text{משוואה 9.6}$$

כאשר:

c - ריכוז של חומר הייחוס (אפס, 20%, 40%, 60%, ו-80%).

\bar{Y}_c - ערך קריאה ממוצע ממערכת הניטור הרציף עבור ריכוז c של חומר הייחוס.

$Y_{c,i}$ - ערך קריאה מבדיקה i ממערכת הניטור הרציף עבור ריכוז c של חומר הייחוס.

נוהל ניטור רציף בארובה

m_c - מספר הבדיקות שבוצעו בריכוז c (3 בדיקות עבור הריכוזים – 20%, 40%, 60% ו-80% ו-6 בדיקות עבור ריכוז האפס).

ב. חישוב סטיות הממוצעים מהמתאם הלינארי:

$$d_c = \bar{Y}_c - (A + Bc) : 9.7$$

כאשר:

d_c - סטיית ממוצע קריאות הריכוז ייחוס c מהמתאם הלינארי.

יש להמיר את d_c מיחידות של ריכוז ליחידה יחסית ($d_{c,rel}$) ע"י חלוקת d_c בערך העליון של טווח המדידה (ערך הפליטה עבור המזהם הספציפי למקור הפליטה הספציפי מוכפל בשתיים).

$$d_{c,rel} = \frac{d_c}{c_u} * 100\% : 9.8$$

כאשר:

$d_{c,rel}$ - סטייה יחסית של ממוצע קריאות הריכוז באחוזים עבור ריכוז הייחוס c .

c_u - הערך העליון של טווח המדידה - ערך הפליטה עבור המזהם הספציפי למקור הפליטה הספציפי מוכפל בשתיים

ג. בדיקת עמידת המערכת בדרישות הלינאריות:

המערכת תעמוד בדרישות הבדיקה כאשר הסטיות היחסיות (חמישה ערכים עבור הריכוזים אפס, 20%, 40%, 60% ו-80%) תהיה קטנה מ- 5%, כלומר מתקיים אי-השוויון הבא, עבור כל ריכוז c :

$$d_{c,rel} < 5\%$$

נוהל ניטור רציף בארובה

נספח 9.9

הוראות לבדיקת כיוול חמש-שנתית

- א. יש לבצע סדרת מדידות מקבילות במשך 3 ימים לפחות.
- ב. הפריסה של מדידות הכיוול במשך יום בדיקות בודד הינה לפחות על פני 8 שעות ביממה. לדוגמא, אם יבוצעו 5 בדיקות חצי-שעתיים בבוקר בין שעה 07:00 לבין שעה 10:00 ולא יבוצעו מדידות בין השעות 11:00 ו-15:00, אזי לא יהיה ניתן לכלול תוצאות הכיוול מיום זה.
- ג. סדרת המדידות תורכב מ-15 מדידות באמצעות מערכת הניטור הרציף ו-15 מדידות באמצעות שיטות המדידה הסטנדרטיות, כתוצאה יתקבלו 15 זוגות ערכים, כאשר כל זוג כולל שני ערכים שנמדדו באותו הזמן.
- ד. משך מדידה בודדת באמצעות מערכת ניטור רציף יותאם לזמן הדיגום הנדרש על פי שיטת הבדיקה הסטנדרטית. עם זאת נדרש מתאם בין מדידות מקבילות ולכן יש לקחת בחשבון את איחור הקריאות התלוי באורך קו הדיגום.
- ה. יש לאסוף את הערכים הנמדדים ישירות ממערכת הניטור הרציף - אנלוגיים או דיגיטליים, תוך שימוש במערכת איסוף נתונים של המערכת. יש לרשום ערכים גולמיים בלבד, ללא נרמול/תיקון כלשהו מבחינת טמפרטורה, ריכוז חמצן וכד'.
- ו. יש לבצע לפחות 12 מדידות מקבילות בזמן בו תהליך הייצור גורם באופן טבעי לפליטה גבוהה ביותר. יחד עם זאת, אין לגרום לשינויים מלאכותיים בתהליך ייצור עצמו על מנת לחולל פליטות גבוהות; יש לבחור סדרת תנאי תפעול המייצגים והמכסים את תחום הערכים הנמדדים כך שיהיה רחב ככל האפשר. רצוי, כי נקודות מדידה אלו ימצאו בתחום הערכים המהווה לפחות 50% מהערך המרבי המותר לפליטה.
- ז. במקרים ספציפיים, בהם קצב הפליטה הינו יציב יחסית, יהיה ניתן להשתמש בתוצאות כיוול בעלות פריסה פחות רחבה, אך גבוהה או שווה ל-15% מהערך המרבי המותר לפליטה; כאשר 12 נקודות הכיוול עומדות בתנאים המפורטים לעיל, אזי ניתן לחשב את פונקציית הכיוול עבור מערכת הניטור הרציף בשיטה A המתוארת בהמשך.
- ח. כאשר 12 נקודות הכיוול אינן עומדות בתנאי, שפריסתן תהיה גבוהה או שווה ל-15% מהערך המרבי המותר לפליטה, אזי יש לחשב את פונקציית הכיוול עבור מערכת הניטור הרציף בשיטה B המתוארת בהמשך; בנוסף להנחיות הני"ל, רצוי כי הערך הנמדד הגבוה ביותר יהווה לפחות 80% מהריכוז המרבי המותר לפליטה.
- ט. קיימת חשיבות רבה ליחס בין הערך המרבי שהתקבל מבדיקה באמצעות שיטות סטנדרטיות (אשר נמדד במסגרת 12 המדידות המקבילות הני"ל) לבין הערך המרבי המותר לפליטה. כאשר פליטת המזהמים נמוכה מאוד ביחס לתקן הפליטה (לדוגמא כתוצאה מטיפול יעיל במזהמים נפלטים) והיחס בין הריכוז המרבי המתקבל בשיטת המדידה הסטנדרטית לבין הריכוז המרבי המותר לפליטה נמוך מ-30%, אזי יש להשלים את 15 המדידות המקבילות הנדרשות, תוך שימוש בשלוש מדידות שבוצעו במסגרת בדיקת הלינאריות (תוצאות ממערכת הניטור הרציף שהושגו באמצעות חומרי ייחוס) שבוצעו ברמת הריכוז המהווה כ-40% מהריכוז המותר לפליטה.
- י. יש לבצע 3 מדידות מקבילות נוספות על ה-12 לעיל בזמן בו תהליך ייצור באופן טבעי אינו גורם לפליטה או גורם לפליטה קרובה לאפס. ערך נמדד נחשב לקרוב לאפס כאשר הוא מהווה לא יותר מאשר 5% מהריכוז המרבי המותר לפליטה.
- יא. לאחר ביצוע המדידות המפורטות לעיל יש להמיר את תוצאות הניטור הרציף ושיטות הבדיקה הסטנדרטית לאותם תנאים סטנדרטיים.
- יב. לאחר ביצוע מדידות הכיוול, לפי ההנחיות המתוארות לעיל, יש לחשב את נוסחת הכיוול:

$$y_i = a + bx_i \quad 9.9 \text{ משוואה}$$

כאשר:

אישור הנהל

חתימת המנהל/ת כללית: _____

תאריך האישור: _____

נוהל ניטור רציף בארובה

y_i - ערך נמדד באמצעות שיטת מדידה סטנדרטית עבור המדידה ה- i ביחידות של מ"ג/מ"ק אחרי שהותאם לתנאים שנמדדו ע"י מערכת הניטור הרציפה בהתאם לצורך (במידה וקיימים הבדלים בין התנאים שנמדדו בדיגום הארובה לאלו שנאספו ע"י מערכת הניטור)
 x_i - ערך לא מעובד שנמדד באמצעות מערכת ניטור רציף עבור המדידה ה- i ביחידות של מכשיר המדידה (בדרך כלל ביחידות של mA).
 b - שיפוע של נוסחת הכיול.
 a - נקודת החיתוך של נוסחת הכיול.

אופן חישוב נוסחת הכיול:

- יש לארגן את תוצאות הכיול בטבלה.
- יש לחשב את ההפרש בין ערך הריכוז המרבי והמינימלי ($y_{\max} - y_{\min}$) שהתקבל בשיטת הבדיקה הסטנדרטית. כאשר ההפרש יהיה גדול או שווה ל- 15% מהריכוז המרבי המותר לפליטה (C_{ELV}) אזי יחושבו המקדמים a ו- b באמצעות שיטה A. במידה וההפרש הנ"ל יהיה קטן מ-15% מהריכוז המרבי המותר לפליטה, אזי יחושבו המקדמים a ו- b באמצעות שיטה B (השיטות מתוארות בהמשך).

$$:A \text{ שיטה} \quad (y_{\max} - y_{\min}) \geq 0.15 * C_{ELV} \text{ - חישוב המקדמים ע"פ שיטה} A$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})} \quad \text{משוואה 9.10}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad \text{משוואה 9.11}$$

$$:B \text{ שיטה} \quad (y_{\max} - y_{\min}) < 0.15 * C_{ELV} \text{ - חישוב המקדמים ע"פ שיטה} B$$

$$b = \frac{\bar{y}}{\bar{x} - Z} \quad \text{משוואה 9.12}$$

$$a = -bZ \quad \text{משוואה 9.13}$$

כאשר:

\bar{y} - ממוצע ערכים נמדדים באמצעות שיטת מדידה סטנדרטית, מחושב באמצעות:

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

\bar{x} - ממוצע ערכים נמדדים באמצעות מערכת ניטור רציף ממוצע, מחושב באמצעות:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

N - מספר בדיקות מקבילות (15 במקרה הרגיל)

Z - ממוצע ההפרשים בין הקריאות באמצעות מערכת הניטור הרציף בנקודת האפס לאפס המוחלט.

נוהל ניטור רציף בארובה

3) נוסחת הכיול שתשמש לצורך חישוב ערכי הריכוז ממערכת הניטור הרציף תהיה:

$$\hat{y}_i = a + bx_i \quad 9.14$$

כאשר:

\hat{y}_i - ערך ריכוז ממערכת הניטור הרציף מחושב מנוסחת הכיול עבור המדידה ה- i ביחידות של מ"ג/מ"ק.

x_i - ערך נמדד באמצעות מערכת ניטור רציף עבור המדידה ה- i .

ג. יש לחשב את ערכי הריכוז ממערכת הניטור הרציף באמצעות משוואה 9.15 לעיל. לאחר החישוב יש להמיר הן את ערכי הריכוז ממערכת הניטור הרציף והן את ערכים שנמדדו באמצעות שיטת מדידה סטנדרטית לתנאי היחוס הסטנדרטיים (טמפרטורה של 273.15K, לחץ של 101.325 kPa, לאוויר יבש ולמתקני שריפה - אחוז חמצן לנרמול כפי שנקבע בתנאים למקור הפליטה). את החישוב יש לבצע בהתאם לנוסחה הבאה:

$$y_{s,i} = \hat{y}_i * \left(\frac{T_{actual}}{273.15} \right) * \left(\frac{101.325}{P_{actual}} \right) * \left(\frac{21 - P_{O_2, norm}}{21 - P_{O_2, actual}} \right) * \left(\frac{100}{100 - P_{H_2O, actual}} \right) \quad 9.15$$

$y_{s,i}$ - המדידה ה- i של ריכוז מערכת הניטור הרציף מתוקן לתנאים סטנדרטיים במ"ג/מ"ק.

T_{actual} - טמפרטורה בארובה בקלווין ($^{\circ}K$).

P_{actual} - לחץ בארובה בקילופסקל (kPa).

$P_{O_2, norm}$ - אחוז חמצן לנרמול שנדרש כפי שנקבע בתנאים למקור הפליטה.

$P_{O_2, actual}$ - אחוז חמצן שנמדד בארובה.

$P_{H_2O, actual}$ - אחוז לחות שנמדד בארובה

ד. יש להגדיר את טווח הריכוזים עבורם נוסחת הכיול תהיה בתוקף, כדלהלן:

$$y_{max} = y_{s, max} + 0.1(y_{s, max} - y_{s, min})$$

$$\hat{y}_{min} = y_{s, min} - 0.1(y_{s, max} - y_{s, min})$$

$$\hat{y}_{min} > 0, y_{min} = \hat{y}_{min}$$

$$\hat{y}_{min} \leq 0, y_{min} = 0$$

כאשר:

$y_{s, max}$ - ערך המדידה המרבי שהתקבל במהלך הכיול מתוקן לתנאים סטנדרטיים במ"ג/מ"ק.

y_{max} - הריכוז הגבוה ביותר עבורו נוסחת הכיול תהיה בתוקף.

$y_{s, min}$ - ערך המדידה המזערי שהתקבל במהלך הכיול מתוקן לתנאים סטנדרטיים במ"ג/מ"ק.

y_{min} - הריכוז הנמוך ביותר עבורו נוסחת הכיול תהיה בתוקף.

טו. יש לחשב את השונות (variability test) של נתוני הכיול באמצעות הנוסחה הבאה:

נוהל ניטור רציף בארובה

$$\sigma_D = \left(\frac{\sum_{i=1}^N (D_i - \bar{D})^2}{N-1} \right)^{0.5} \quad \text{משוואה 9.16}$$

כאשר:

- σ_D שונות נתוני הכיול.
 - N מספר בדיקות מקבילות (15 במקרה הרגיל).
 - D_i ההפרש בין המדידה ה- i של ריכוז מערכת הניטור הרציף לערך נמדד באמצעות שיטת מדידה סטנדרטית עבור המדידה ה- i ביחידות של מ"ג/מק"ת אחרי ששניהם הומרו לתנאים סטנדרטיים.
 - \bar{D} ממוצע אריתמטי של ההפרשים בין מדידות מערכת הניטור הרציף לערכים שנמדדו בשיטת הבדיקה הסטנדרטית ביחידות של מ"ג/מק"ת לאחר ששניהם הומרו לתנאים סטנדרטיים.
- יש לחשב ע"פ הנוסחה הבאה:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^N D_i}{N} \quad \text{משוואה 9.17}$$

טז. שונות נתוני הכיול תחשב כעומדת בקריטריונים אם היא עומדת במבחן השונות הבא:

$$\sigma_D \leq \sigma_0 * k_v \quad \text{משוואה 9.18}$$

כאשר:

- k_v פרמטר של מבחן השתנות התלוי במספר הבדיקות (15 במקרה הרגיל) בהתאם לטבלה בנספח 9.15.
- σ_0 אי הוודאות של הבדיקה, יש לחשב בהתאם לחישוב הבא:

$$\sigma_0 = \frac{P_{ELV} C_{ELV}}{(1.96 * 100)} \quad \text{משוואה 9.19}$$

כאשר:

- P_{ELV} רווח בר סמך לבדיקה בהתאם לטבלה בנספח 9.15.
- C_{ELV} ערך פליטה כפי שניתן בתנאים למקור הפליטה במ"ג/מק"ת

נוהל ניטור רציף בארובה

נספח 9.10

תכולת דו"ח סיכום בדיקות כיול חמש-שנתיות למערכת ניטור רציף

- תיאור המתקן ומיקומם של נקודות הדיגום.
- תיאור תהליך הייצור, סוגי חומרי גלם וסוג של דלק/דלקים שהיו בשימוש בזמן הבדיקות.
- שם המעבדה הבודקת ושמות אנשי הצוות.
- פרטים לגבי המעבדה הבודקת
- תיאור של מערכת ניטור המזהמים (עיקרון פעולה, דגם, טווח פעולה, מיקום).
- תיאור של שיטות מדידה סטנדרטיות (עיקרון פעולה, טווח פעולה, נשנות ואי וודאות של מדידות, שם תקן אם רלוונטי).
- תאריכים ושעות של מדידות מקבילות.
- נתונים מפורטים של כל הערכים הנמדדים, אשר התקבלו באמצעות שיטות מדידה סטנדרטיות ומערכות ניטור מזהמים כמו כן ממוצעים מתקופות רלוונטיות.
- פונקצית כיול וטווח כיול תקף, כל הנתונים אשר שימשו בחישובי פונקצית כיול ובמבחן השתנות,
- תרשים X – Y עבור תוצאות מדידות מקבילות, כולל סימון של טווח כיול תקף.
- פירוט כל סטייה מהנהלים הנדרשים במסגרת הבדיקות, כולל הערכות של השפעותיהן האפשריות על תוצאות הניטור.
- תוצאות של בדיקה פונקציונלית אחרונה.

נוהל ניטור רציף בארובה

נספח 9.11

תנאים לקביעת מצב של שינוי משמעותי בקצב הפליטה

- שינוי פליטה יוכר כשינוי פליטה משמעותי כאשר, לאחר שינויים בתהליך הייצור:
1. לפחות 5 ממוצעים יומיים של קצב פליטה, מתוך 30 ממוצעים הנמדדים באמצעות מערכת CEM במהלך החודש הראשון לאחר השינוי בתהליך הייצור, יעלה לפחות ב-10% מעל הממוצע היומי המרבי של קצב הפליטה שנמדד באמצעות אותה מערכת הניטור הרציף במשך 3 החודשים האחרונים לפני השינוי בתהליך הייצור.
 2. לפחות 10 ממוצעים יומיים של קצב הפליטה, מתוך 90 הממוצעים היומיים הבאים בתור לאחר שינוי בתהליך הייצור, יעלו לפחות ב-10% מעל הממוצע היומי המרבי של קצב הפליטה שנמדד באמצעות אותה מערכת הניטור הרציף במשך 3 החודשים האחרונים לפני השינוי בתהליך הייצור.

נוהל ניטור רציף בארובה

נספח 9.12

שיטה לחישוב ריכוזי אתרעה וערכים ממוצעים לאפס ולספן

- א. יש לחשב את סטיות התקן לאפס ולספן ($s_{rs} - 1 s_{r0}$) בהתאם לאופן החישוב המובא בנספח 9.6, יש להציב את n - מספר המדידות המתאים (מספר המדידות יהיה שווה ל-10 במקרה הרגיל).
- ב. יש לחשב את הממוצעים האריתמטיים של ערכי האפס והספן ע"פ החישוב הבא :

$$\bar{y}_0 = \frac{\sum_{i=1}^n y_{0,i}}{n} \quad \text{משוואה 9.20}$$

כאשר:

- \bar{y}_0 - ממוצע אריתמטי של n מדידת האפס.
- $y_{0,i}$ - מדידת האפס ה- i .
- n - מספר מדידות האפס (10 במקרה הרגיל).

$$\bar{y}_{span} = \frac{\sum_{i=1}^n y_{span,i}}{n} \quad \text{משוואה 9.21}$$

כאשר:

- \bar{y}_{span} - ממוצע אריתמטי של n מדידת הספן.
- $y_{span,i}$ - מדידת הספן ה- i .
- n - מספר מדידות הספן (10 במקרה הרגיל).

- ג. בכל אחד מתרשימי הבקרה עבור האפס והספן יחושבו ויסומנו חמש הרמות כדלהלן:
עבור תרשים הבקרה של בדיקות האפס

ערך מטרה (ממוצע) עבור אפס - \bar{y}_0

סף ערך התרעה עליון עבור אפס יחושב ע"פ הנוסחה הבאה :

$$\bar{y}_0 + \frac{3 * s_{r0}}{\sqrt{m}}$$

סף ערך התרעה תחתון עבור אפס, יחושב ע"פ הנוסחה הבאה:

$$\bar{y}_0 - \frac{3 * s_{r0}}{\sqrt{m}}$$

סף ערך אזהרה עליון עבור אפס, יחושב ע"פ הנוסחה הבאה:

$$\bar{y}_0 + \frac{2 * s_{r0}}{\sqrt{m}}$$

סף ערך אזהרה תחתון עבור אפס, יחושב ע"פ הנוסחה הבאה:

$$\bar{y}_0 - \frac{2 * s_{r0}}{\sqrt{m}}$$

נוהל ניטור רציף בארובה

עבור תרשים הבקרה של בדיקות הספן

ערך מטרה (ממוצע) עבור ספן \bar{y}_{span}

סף ערך התרעה עליון עבור ספן, יחושב ע"פ הנוסחה הבאה: $\bar{y}_{span} + \frac{3 * s_{rs}}{\sqrt{m}}$

סף ערך התרעה תחתון עבור אפס, יחושב ע"פ הנוסחה הבאה:

$$\bar{y}_0 - \frac{3 * s_{r0}}{\sqrt{m}}$$

סף ערך אזהרה עליון עבור אפס, יחושב ע"פ הנוסחה הבאה:

$$\bar{y}_0 + \frac{2 * s_{r0}}{\sqrt{m}}$$

סף ערך אזהרה תחתון עבור אפס, יחושב ע"פ הנוסחה הבאה:

$$\bar{y}_0 - \frac{2 * s_{r0}}{\sqrt{m}}$$

כאשר:

m - מספר המדידות, $m = 1$ בבדיקה שגרתית.

נוהל ניטור רציף בארובה

נספח 9.13 - הוראות לבדיקה כיוול שנתית

- א. יש לבצע סדרה של מדידות מקבילות באמצעות מערכת הניטור הרציף ובשיטת מדידה סטנדרטית במשך לפחות יום אחד (שמונה שעות לפחות), לדוגמא, אם יבוצעו 5 בדיקות חצי-שעתיים בבוקר בין שעה 07:00 לבין שעה 10:00 ולא יבוצעו מדידות בין השעות 11:00 ו-15:00, אזי לא יהיה ניתן להכיר במדידות אלו כנכונות.
- סדרת המדידות תורכב מ-5 מדידות באמצעות מערכת ניטור רציף ומ-5 מדידות באמצעות שיטות מדידה סטנדרטיות כתוצאה יתקבלו 5 זוגות ערכים, כאשר כל זוג כולל שני ערכים שנמדדו באותו זמן.
- ב. משך מדידה בודדת באמצעות מערכת ניטור רציף יהיה זהה לזמן הדיגום הנדרש עבור שיטת המדידה הסטנדרטית. עם זאת נדרש מתאם בין מדידות מקבילות ולכן יש לקחת בחשבון את איחור הקריאות התלוי באורך קו הדיגום.
- ג. יש לאסוף את הערכים הנמדדים ישירות ממערכת הניטור הרציף - אנלוגיים או דיגיטליים, תוך שימוש במערכת איסוף נתונים של אותה המערכת, יש לרשום ערכים גולמיים בלבד, ללא נרמול/תיקון כלשהי מבחינת טמפרטורה, ריכוז חמצן וכד'.
- ד. יש לבצע לפחות 3 מדידות מקבילות בזמן בו תהליך הייצור גורם באופן טבעי לפליטה גבוהה ביותר. יחד עם זאת, אין לגרום לשינויים מלאכותיים בתהליך ייצור עצמו על מנת לחולל פליטות גבוהות.
- ה. יש לבצע 2 מדידות מקבילות בזמן בו תהליך ייצור באופן טבעי אינו גורם לפליטה או גורם לפליטה קרובה לאפס; ערך נמדד יחשב לקרוב לאפס כאשר הוא מהווה לא יותר מאשר 5% מהריכוז המרבי המותר לפליטה.
- ו. יש לחשב את ערכי הריכוז ממערכת הניטור הרציף באמצעות משוואה 9.22 להלן. לאחר החישוב יש להמיר הן את ערכי הריכוז ממערכת הניטור הרציף והן את הערכים שנמדדו באמצעות שיטת מדידה סטנדרטית לתנאי היחוס הסטנדרטיים (טמפרטורה של 273.15K, לחץ של 101.325 kPa, לאוויר יבש ולמתקני שריפה - אחוז חמצן לנרמול כפי שנקבע בתנאים למקור הפליטה). את החישוב יש לבצע בהתאם לנוסחה הבאה:

$$y_{s,i} = \hat{y}_i * \left(\frac{T_{actual}}{273.15} \right) * \left(\frac{101.325}{P_{actual}} \right) * \left(\frac{21 - P_{O_2,norm}}{21 - P_{O_2,actual}} \right) * \left(\frac{100}{100 - P_{H_2O,actual}} \right) \quad \text{משוואה 9.22}$$

$y_{s,i}$ - המדידה ה- i של ריכוז מערכת הניטור הרציף מתוקן לתנאים סטנדרטיים במ"ג/מק"ט.

T_{actual} - טמפרטורה בארובה בקלווין ($^{\circ}K$).

P_{actual} - לחץ בארובה בקילופסקל (kPa).

$P_{O_2,norm}$ - אחוז חמצן לנרמול שנדרש כפי שנקבע בתנאים למקור הפליטה.

$P_{O_2,actual}$ - אחוז חמצן שנמדד בארובה.

$P_{H_2O,actual}$ - אחוז לחות שנמדד בארובה

ז. יש לחשב את השונות (variability test) של נתוני הכיוול באמצעות הנוסחה הבאה:

$$\sigma_D = \left(\frac{\sum_{i=1}^N (D_i - \bar{D})^2}{N - 1} \right)^{0.5} \quad \text{משוואה 9.23}$$

σ_D - שונות נתוני הכיוול.

N - מספר בדיקות מקבילות (5 במקרה הרגיל).

אישור הנהל

חתימת המנהל/ת כללית:

תאריך האישור:

נוהל ניטור רציף בארובה

D_i - ההפרש בין המדידה ה- i של ריכוז מערכת הניטור הרציף לערך נמדד באמצעות שיטת מדידה סטנדרטית עבור המדידה ה- i ביחידות של מ"ג/מק"ט אחרי ששניהם הומרו לתנאים סטנדרטיים.

\bar{D} - ממוצע אריתמטי של ההפרשים בין מדידות מערכת הניטור הרציף לערכים שנמדדו בשיטת הבדיקה הסטנדרטית ביחידות של מ"ג/מק"ט לאחר ששניהם הומרו לתנאים סטנדרטיים.
יש לחשב ע"פ הנוסחה הבאה:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^N D_i}{N} \quad \text{משוואה 9.24}$$

ח. שונות נתוני הכיול תחשב כעומדת בקריטריונים אם היא עומדת בתנאי הבא:

$$\sigma_D \leq \sigma_0 * k_v \quad \text{9.25 משוואה}$$

כאשר:

k_v - פרמטר של מבחן השתנות התלוי במספר הבדיקות (5 במקרה הרגיל) בהתאם לטבלה בנספח 9.15.

σ_0 - אי הוודאות של הבדיקה, יש לחשב בהתאם לחישוב הבא:

$$\sigma_0 = \frac{P_{ELV} C_{ELV}}{(1.96 * 100)} \quad \text{9.26 משוואה}$$

כאשר:

P_{ELV} - רווח בר סמך לבדיקה בהתאם לטבלה בנספח 9.15.

C_{ELV} - ערך פליטה כפי שניתן בתנאים למקור הפליטה במ"ג/מק"ט

ט. יבוצע מבחן הכיול (calibration test) כדלהלן:

$$|\bar{D}| \leq t_{0.95} (N-1) \frac{\sigma_D}{\sqrt{N}} + \sigma_0 \quad \text{9.27 משוואה}$$

כאשר:

$t_{0.95}$ - ערך מבחן של Student-t עבור רווח בר-סמך של 95% בהתאם לטבלה בנספח 9.15

נוהל ניטור רציף בארובה

נספח 9.14

תכולת דו"ח מסכם של הבדיקות השנתיות

- תיאור המתקן הפולט ומיקומם של נקודות הדיגום.
- תיאור תהליך הייצור, סוגי חומרי גלם וסוג של דלק/דלקים שהיו בשימוש בזמן הבדיקות.
- שם המעבדה הבודקת ושמות אנשי הצוות,
- פרטים לגבי המעבדה הבודקת
- תיאור של מערכת הניטור הרציף: עיקרון פעולה, דגם, טווח פעולה, מיקום
- תיאור של שיטת הבדיקה הסטנדרטית: עיקרון פעולה, טווח פעולה, נשנות ואי וודאות של מדידות, שם תקן.
- תאריך ושעות של מדידות מקבילות,
- נתונים מפורטים של כל הערכים הנמדדים אשר התקבלו באמצעות מערכת הניטור הרציף ושיטת הבדיקה הסטנדרטית, כמו כן ממוצעים מתקופות רלוונטיות של מערכת הניטור הרציף.
- פונקצית כיוול וטווח כיוול תקף, אשר נקבעה בבדיקה אחרונה במסגרת בדיקת הכיול,
- תרשים X – Y עבור תוצאות מדידות מקבילות שנעשו בהתאם לבדיקה השנתית.
- חישובים ותוצאות של מבחן השתנות,
- חישובים ותוצאות של מבחן הכיול,
- פירוט כל סטייה מהנהלים, הנדרשים במסגרת בדיקות שנתיות (כולל תוצאות של בדיקה פונקציונלית אחרונה), והערכות של השפעותיהן אפשריות על תוצאות הניטור.

נוהל ניטור רציף בארובה

נספח 9.15 טבלאות ערכים סטטיסטיים

רשימת רווחי בר סמך

מזהם	P_{ELV} (%)
פחמן חד-חמצני (CO)	10
גופרית דו-חמצנית (SO_2)	20
חנקן חמצני (NO)	20
כלל חומר חלקיקי	30
חומרים אורגניים כללי מבוטאים כפחמן (TOC)	30
תרכובות כלור אנאורגניות גזיות (HCl)	40
תרכובות פלואור אנאורגניות גזיות (HF)	40

רשימת קבועים סטטיסטיים

מספר המדידות (N)	kv(N)	$t_{0.95(N-1)}$
3	0.8326	2.92
4	0.8881	2.353
5	0.9161	2.132
6	0.9329	2.015
7	0.9441	1.943
8	0.9521	1.895
9	0.9581	1.86
10	0.9629	1.833
11	0.9665	1.812
12	0.9695	1.796
13	0.9721	1.782
14	0.9742	1.771
15	0.9761	1.761
16	0.9777	1.753
17	0.9791	1.746
18	0.9803	1.74
19	0.9814	1.734
20	0.9824	1.729
25	0.9861	1.711
30	0.9885	1.701