

מרכז מידע

בסיוע "הפעולה המונעת" -

משרד התעשייה המסחר והתעסוקה
רח' מזא"ה 22, ת.ד. 1122, תל-אביב 61010
טלפון: 5266455-03 פקס: 5266456-03
e-mail: info@osh.org.il

ת-139

בטיחות בעבודה עם מצברי עופרת-חומצה

מאת: בוריס פרידלנדר



המוסד לבטיחות ולגיהות

מרץ 2005

חוברת זאת נועדה למסור מידע לקורא בתחומים בהם עוסק הפרסום
ואיננה תחליף לחוות דעת מקצועית לגבי מקרים פרטיים.
כל בעיה או שאלה מקצועית, הקשורות במקרה פרטים- יש לבחון,
לגופו של עניין, עם מומחה בתחום.

© כל הזכויות שמורות

למוסד לבטיחות ולגיהות - מרכז המידע

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגרי מידע,
לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי,
או מכני או אחר - כל חלק שהוא מהחומר שבספר זה
אלא ברשות מפורשת בכתב מהמו"ל.

תודתנו על הערותיהם המקצועיות של
"יאני הנדסת חשמל" ומר אורי כספי מ-"לאור אנרגיה (מצברים)".

תוכן העניינים

2	1. סיווג מצברים
4	2. תחיקה בישראל ובארה"ב
8	3. חישוב ספיקת אוויר מינימלית באזורי טעינת מצברים
14	4. דרישות בטיחות בעבודה עם מצברים
23	5. בטיחות אש במיתקני מצברים
25	6. אחסון מצברים
26	7. הובלת מצברים
26	8. פינוי פסולת מצברים
28	מקורות נספחים :
29	נספח 1 :
	לוח 1: שימושים טיפוסיים למצברים נייחים
	לוח 2: מבנים אופייניים של מצברים נייחים
30	נספח 2 : תקנות החשמל הנוגעות לזרם ישר
31	נספח 3 : לוח 1- Values for current I when charging with IU-or U-chargers
32	נספח 4 : בחירת המקום במפעל המיועד לטעינת מצברי מלגזות
34	נספח 5 : איורים - איור 1 - Small Charging Area איור 2 - Complete Battery Charging Room

1. סיווג מצברים

על פי אופן איוורור התאים האלקטרוליטיים מגזים מבחינים בין שני סוגים של מצברי עופרת- חומצה :

1.1 מצברים מאווררים (Vented Type Batteries - VLA) אשר התאים האלקטרוליטיים שלהם מצוידים בפקקים בעלי נקבים. פקקים אלו ניתנים להסרה בכדי לאפשר הוספת מים. גזים המשתחררים בתוך התאים האלקטרוליטיים נפטים דרך הנקבים האלו החוצה.

קיימים שני סוגי מבנה של מצברים מאווררים :

- א. מצבר תיבה רב תאים אלקטרוליטיים הנמצאים בתיבה אחת (Monoblock Battery) ;
- ב. תא אלקטרוליטי יחיד הנמצא במיכל אחד (Jar Electrolyte Cell).

מצברי תיבה הינם מסופקים בשני מצבים :

- מצב "רטוב" או "מוצף רטוב" (wet or flooded wet batteries).
במצב הספקה זה אלקטרודות המצבר מוצפות באלקטרוליט, והמצבר מוכן לשימוש מידי ללא טעינה התחלתית.

- מצב יבש (dry batteries)

במצב הספקה זה המצבר הינו יבש - לא מכיל אלקטרוליט. אלקטרוליט נמצא במיכל נפרד. מצברים אלה מסופקים בשני מצבי טעינה :

- לא טעון (dry uncharged).

במצב הספקה זה נדרש תחילה למלא את המצבר באלקטרוליט ולהטעינו לפני שימוש ראשוני בו.

- טעון (dry charged)

במצב הספקה זה נדרש תחילה רק למלא את המצבר באלקטרוליט לפני שימוש. ראשוני בו.

1.2 מצברים מווסתי שסתום (Sealed Type Batteries - VLRA)

במצברים אלו, אינם קיימים פקקים לצורך גישה לתאים האלקטרוליטיים ומסיבה זאת לא קיימת אפשרות להוסיף מים. פליטת גזים מתאי המצבר מתרחשת דרך שסתום אל-חוזר הנפתח לסירוגין כאשר הלחץ הפנימי בתא עולה על ערך מוגדר. על ידי כך נמנע נזק מכני כגון: עיוות (דפורמציה) של תא או של תיבת המצבר.

הערה: מצבר בעל תאים מווסתי שסתום נקרא לעיתים בספרות הטכנית "מצבר אטום" או "מצבר יבש". מונח "אטום" למצבר מסוג זה עשוי להטעות, מפני שהמצבר למעשה אינו אטום - מתאוו נפלים, בעיקר בתהליך הטעינה, גזים לסביבה דרך שסתום אל-חוזר. בתנאי טעינה חריגים כמויות מימן הנפלט ממצברים עשויות לגדול באופן ניכר. מצברים אלה גם אינם "יבשים" כיוון שכולם מכילים חומצה ספוגה או כנוזל חופשי.

בהובלה ההתייחסות למצברים נוגעת לאפשרות של שפך חומצה מתוך המצבר במהלך ההובלה. מבחינה זו המצברים מתחלקים לשתי קטגוריות: מצברים שפיכים (spillable) ומצברים בלתי שפיכים (non spillable). לצורך הובלה מצברים מסוגים לשני סוגים בהתאם לכמות נוזל החומצה: רטוב ממולה חומצה ורטוב בלתי שפיך (ראה סעיף 7 בהמשך). סיווג זה נקבע לאחר בדיקת מצברים לפי שיטה המתוארת בחקיקה רלוונטית להובלת חומרים ופריטים מסוכנים.

- **מצברי התנעה** (SLI Batteries – Starting, Lighting, Ignition)

מצברים הנ"ל, בעלי מתח נומינלי 6 או 12 וולט, מספקים פרץ קצר של אנרגיה גדולה המספיקה להתנעת מנוע. הם משמשים בעיקר כמקור זרם במנועי שריפה פנימית להתנעה ולהצתה באבזרים חשמליים, כמו תאורה.

קיים תקן ישראלי - ת"י 60095 חלק 1: מצברי התנעה מטיפוס עופרת-חומצה: דרישות כלליות ושיטות בדיקה (תקן רשמי).

- מצברי הנעה (Motive/Traction Batteries)

מצברים אלה הנקראים בלועזית Deep Cycle Batteries משמשים בעיקר כמקור זרם למנועים חשמליים. כמות האנרגיה המסופקת על ידם נמוכה יותר מזו של מצברי התנעה אך ברמה קבועה ובמשך זמן ארוך יותר. דוגמאות ייעוד השימוש בהם:

א. להנעה ראשית, לדוגמה ברכב חשמלי, במלגזה בכנת ועוד;

ב. למטרות ספציפיות כגון: הרמה במלגזה חשמלית, תאורה בפנסים קדמיים ברכב חשמלי.

- מצברים נייחים תעשייתיים (Industrial Lead-Acid Stationary Batteries)

קיימים תקנים ישראליים:

ת"י 60096 חלק 1 - מצברים נייחים מטיפוס עופרת- חומצה: דרישות כלליות ושיטות בדיקה: מצברים מאווררים;

ת"י 60096 חלק 2 מצברים נייחים מטיפוס עופרת- חומצה - דרישות כלליות ושיטות בדיקה: מצברים מווסתי שסתום.

ראה: נספח 1, לוח 1: שימושים טיפוסיים למצברים נייחים מתוך התקן הנ"ל.

מצברים אלו המחוברים דרך קבע לעומס ולמקור זרם ישר – מְטָעֵן (floating charge), מספקים את כמות האנרגיה הנמוכה יותר בהשוואה לזו של מצברי התנעה. רמת האנרגיה המסופקת היא קבועה במשך זמן ארוך יותר באופן ניכר בהשוואה לזו של מצבר הנעה טיפוסי.

- מצברים קטנים מווסתי שסתום המיועדים לשימוש במוצרי צריכה (Small Sealed Consumer Batteries).

מצברים אלו, במתח 6 וולט מטיפוס Deep Cycle משמשים כמקור זרם במוצרי צריכה. המצברים עשויים מחומרים אותם ממחזרים לאחר סיום חיי השרות שלהם.

2. תחיקה בישראל ובארה"ב

דרישות בטיחות לעבודות טעינה והחלפה של המצברים ולמקומות טעינתם מיועדות לתת מענה לסיכונים הבאים:

- סיכונים פיסיקליים: התפוצצות תערובת נפיצה מימן-אוויר;

- סיכונים כימיים הקשורים לאלקטרוליט-חומצה גפרתית;

- סיכוני חשמל;

- סיכוני תאונות מכנים הקשורים להרמה, העברה ושינוע של המצברים;

ראה: סיכוני מצברי עופרת-חומצה ומניעתם - מאמר תפוצה, ת-126 שבהוצאת מרכז המידע

2.1 תחיקה בישראל

דרישות למתקני מצברים, לביצוע עבודות טעינתם, ולמקומות התקנתם תהיינה לפי תחיקה ישראלית, כולל חוק החשמל ותקנותיו, לפי תקנים ישראלים וגם לפי הוראות היצרן. מצבר מוגדר בחוק החשמל, תשי"ד-1954 ותקנות הבטיחות בעבודה (חשמל), התש"ן-1990 כמיתקן חשמלי. לכן חוק ותקנות בנושא חשמל חלים עליו. ראה: נספח 2 - תקנות החשמל הנוגעות לזרם ישר.

יש לבצע עבודות חשמל במיתקן מצברים חי לפי דרישות תקנות החשמל (עבודה במיתקנים חשמליים חיים), התשכ"ז-1967. בתקנה 5 לתקנות הנ"ל נקבעת דרישות למורשה לביצוע עבודה במיתקן חי (ראה נספח 2). סוגי רשיון, תנאים לקבלתו ועבודות המותרות לביצוע ע"י חשמלאי בעל רשיון לסוגיו השונים נקבעים לפי תקנות החשמל (רשיונות), התשמ"ה - 1985. מספר תקנות בחשמל נוגעות למערכות מצברים נייחים המיועדות לאספקת אנרגיה חלופית במקרה של שיבושים ברשת אספקה רגילה של חברת החשמל כגון: תקנות החשמל (התקנת מערכות אל פסק סטטיות במתח נמוך, התשנ"ג - 1993, תקנות החשמל (מתקני חשמל באתרים רפואיים במתח עד 1000 וולט), התשנ"ה - 1994, תקנות החשמל (מיתקן חשמלי ציבורי בבניין רב קומות), התשס"ג-2003 (ראה נספח 2). התייחסות בתקנות הנ"ל כוללות דרישות כלליות למיקום של מערכות מצברים, לאיוורור ותאורה באופן נאות של מקום התקנתן. וגם לעמידות הרצפה ומסדים שעליהם מצברים מותקנים בפני השפעת האלקטרוליט תקנות אלו לא מתייחסות באופן ייחודי להיבטי בטיחות וגיהות הקשורים לטעינת מצברים. תקנות ותקנים מסוג זה אכן קיימים בארצות שונות.

הערה: יש לזכור שהדרישות לעבודה עם מצברים, לביצוע עבודות הטעינה ולמקום התקנת המצברים, תהיינה לפי חוקים, תקנות ותקנים הקיימים בישראל וגם לפי הוראות היצרן. התקנות והתקנים הזרים אשר מתוארים במאמר זה עשויים לשמש כללי מקצוע טובים (Good Practice) לביצוע עבודות טעינת מצברים ולדרישות לאזורי הטעינה. שימוש כנ"ל במידע, הלקוח מתוך תחיקה לאומית ובינלאומית, לצורך בטיחות וגיהות בעבודה במיתקן מוגדר, מחייב בחינת אפיונים של המיתקן, מקום התקנתו והמצברים המותקנים בו מול התחיקה הנ"ל על מנת לוודא שניתן ליישמה לעבודה במיתקן.

2.2 תקנות המינהל לבטיחות ולבריאות תעסוקתית בארה"ב -

OSHA (Occupational Safety and Health Administration).

המינהל הנ"ל פרסם מספר תקנות חשובות בנושא בטיחות טעינת המצברים - **Code of federal regulations (29 CFR Standards)**. התקנות הנ"ל קובעות דרישות בטיחות כלליות לעבודות טעינה והחלפה של מצברים, ולאזורי ביצוע טעינתם.

2.2.1 **Batteries and battery charging - 1926.441**

תקנות אלו חלות על מצברים מאווררים. להלן תרגום חופשי של התקנות הנ"ל:

(א) דרישות בטיחות כלליות

- (א) (1) יש למקם מצברים מאווררים בחדר מאוורר באופן נאות או בתוך תא עם פתחי איורור כך שאדי האלקטרוליט והגזים לא יתפזרו לאזורים אחרים.
- (א) (2) האיוורור בחדר יהיה מספיק כדי לערבב באוויר את הגזים הנפיצים הנפלטים מהמצבר ובכך למנוע ריכוזים מסוכנים של תערובת נפיצה.
- (א) (3) מסדים, מדפים ומגשים עליהם מונחים מצברים יהיו יציבים ועמידים בפני השפעת האלקטרוליט.
- (א) (4) משטח עליון של הרצפה בחדר המצברים יהיה עמיד בפני השפעת האלקטרוליט. במידה ולא יש להתקין מצברים בתוך מאצרה, כגון: מגש, ערסל וכו' בעלת קיבול מספיק כדי להכיל את האלקטרוליט שבתוכם.
- (א) (5) יש לספק לעובדים עם החומצה או עם המצברים ציוד מגן אישי הכרחי כגון: משקפי מגן או מגיני פנים, סינור וכפפות גומי.
- הערה: חובת המעסיק לספק לעובד ציוד מגן אישי הנדרש וחובת העובד להשתמש בו כפופות לתקנות הבטיחות בעבודה (ציוד מגן אישי), התשנ"ז-1997.
- (א) (6) אמצעים יעילים, לשטיפה מהירה של עיניים וגוף יותקנו במרחק שאינו עולה על 7.5 מטר ממקום הטיפול במצברים.
- (א) (7) יש להתקין במקום אמצעים לשטיפת שפך האלקטרוליט ולנטרולו וציוד כיבוי אש.
- (ב) טעינת מצברים
- (ב) (1) טעינת המצברים תבוצע רק במקומות המיועדים לכך.
- (ב) (2) יש להגן על ציוד הטעינה בפני נזק ממלגזות.
- (ב) (3) בעת טעינת מצברים מאווררים יש להרכיב ולהדק בפתחי המילוי את הפקקים כדי למנוע פליטת אדי האלקטרוליט. פקקים אלו צריכים להיות במצב תקין (ללא עיוות) ונקבי האיוורור בהם יהיו פתוחים

2.2.2 Battery charging and changing - 1917.157 תקנות

תקנות אלו חלות על טעינת מצברים והחלפתם במרכזי תחזוקת כלי שייט.

להלן תרגום חופשי של התקנות הנ"ל:

- (א) עבודות החלפת המצברים או טעינתם יבוצעו על ידי אנשים המורשים לכך.
- (ב) טעינת מצברים והחלפתם תבוצענה במקומות המיועדים לכך ע"י המעסיק.
- (ג) חל איסור עישון והימצאות מקורות הצתה אחרים במקומות טעינת מצברים.
- (ד) בעת העברת המצברים, הפקקים בפתחי המילוי יהיו מורכבים במקומותיהם.
- (ה) בולם חניה יופעל טרם ביצוע טעינה או החלפת מצברים.
- (ו) בטעינת "הקפצה" (טעינה מצבר "מת" ממצבר "חי") כאשר מחברים מצבר "חי" (המטעין) אל מצבר "מת", קוטבו המוארק יחובר לנקודת הארקה במרחק ממצבר הרכב. לפני חיבור כבלי טעינה יש לנתק את המעגלים החשמליים של תאורה ואביזרים חשמליים אחרים
- (ז) המצברים יהיו נקיים ממשקעי מלחים קורוזיביים שהצטברו עליהם, ונקבי האוורור שבפקקים של פתחי המילוי יהיו פתוחים.
- (ח) חדר בו מבוצעת טעינת מצברים יהיה מאוורר באופן נאות בשעת הטעינה.
- (ט) אמצעים יעילים לשטיפת עיניים, גוף ואזור העבודה במים יותקנו בכל מקום בו עובדים עם האלקטרוליט, פרט למקומות בהם מבוצעות בדיקת מפלסו והוספת מים בלבד.
- (י) לצורך ביצוע עבודות עם האלקטרוליט המאוחסן במיכלים גדולים, יש להשתמש במיתקנים להטיית מיכלים, או בסיפון להעברת נוזלים.
- (יא) ציוד המשמש לעבודה עם מצברים אשר עשוי ליצור מגע עם קוטבי התאים או עם המקשרים ביניהם צריך להיות מבודד או מוגן באמצעים אחרים.
- (יב) אסור להניח חלקים מתכתיים על גבי מצבר בלתי מכוסה.
- (יג) בעת טעינת מצברים יש להרכיב את הפקקים בפתחי המילוי של תאים אלקטרוליטיים.
- (יד) בעת חיבור הדקי כבלי הטעינה לקוטבי המצבר ופירוקם, מפסק המטען יהיה במצב מנותק (off).
- (טו) יש לקבע את המצברים בתוך תא התקנתם כך שלא ייווצר מגע פיזי או גלווני עם דפנות התא או עם חלקיו.

2.2.3 Powered Industrial Trucks - 1910.178 סעיף Charging and changing storage batteries - 1910.178 (g)

סעיף זה מתייחס לטעינה והחלפה של מצברי מלגזות. להלן תרגום חופשי של הסעיף הנ"ל:

- (1)(g)178 טעינת מצברים תבוצע במקומות המיועדים לכך.
- (2)(g)178 יש להתקין במקום אמצעים לשטיפת האלקטרוליט ונטרולו, לכיבוי אש, להגנת ציוד טעינה בפני נזק ממלגזות ולאיוורור נאות כדי לפזר את האדים ואת הגזים הנפלטים ממצברים (ראה הערה *).

- 178(g)(4) לצורך ביצוע עבודות טיפול במצברים יש להשתמש במסוע, בכננת, או בציוד דומה אחר.
- 178(g)(5) יש למקם ולקבע כהלכה את המצברים בתוך תא התקנתם שבמלגזה לאחר הטעינה.
- 178(g)(6) כאשר עבודות התחזוקה כוללות את הכנת האלקטרוליט, יש להשתמש במיתקנים להטיית המכלים, או בסיפון להעברת נוזלים. לצורך טיפול באלקטרוליט - יש להוסיף חומצה למים, אין להוסיף מים לחומצה.
- 178(g)(8) יש למקם מלגזה כהלכה ולהפעיל בולם חניה טרם טעינה או החלפה של מצברים.
- 178(g)(9) יש לבדוק שפקקים המורכבים בפתחי המילוי של התאים האלקטרוליטיים יהיו במצב תקין (ללא עיוות). מכסה תא התקנת המצברים יהיה פתוח כדי לפזר את החום הנוצר בזמן הטעינה.
- 178(g)(10) חל איסור על עישון במקומות טעינת מצברים.
- 178(g)(11) יש למנוע אש גלויה, ניצוצות, או קשתות חשמליות במקומות טעינת המצברים.
- 178(g)(12) יש להרחיק כלים ועצמים מתכתיים ממשטח עליון הבלתי מכוסה של מצברים.

* הערה: לפי דירקטיבה OSHA Instruction STD 1-11.4 OCTOBER, 1978, "Battery Charging Areas" - "מקומות טעינת מצברים" - מקומות בהם מבוצעות עבודות טעינת המצברים ללא פירוקם ממלגזה (onboard charging). במקומות אלו לא מבוצעות עבודות תחזוקה (מלבד הוספת מים מזוקקים לתאי המצבר לפי הצורך) ולא מאחסנים אלקטרוליט. דרישות להתקנת אמצעים יעילים לשטיפת עיניים וגוף, לפי סעיף CFR 29-1917.178(g)(2) אינן חלות על אזורי טעינת המצברים במשמעותם לפי הנ"ל. הסעיפים (12), (11), (10), (9), (8), (1) 178(g) אכן חלים על אזורי טעינת המצברים במלגזות.

2.3 קצב היווצרות מימן בתאי המצברים

כל אחד מתאיו של מצבר מאורר מייצר לכל אמפר-שעה של מטען חשמלי העובר דרכו (בעיקר בשלב הטעינה הסופי ובטעינת יתר) את כמות מימן של $0.42 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{Ah}$ בתנאי טמפרטורה ולחץ סטנדרטיים (NTP). גם מצבר בעל תאים מווסתי השסתום משחרר דרכו את הגזים, כולל גז מימן. בתנאי הפעלה המומלצים ע"י יצרן כמות מימן המשתחררת מתאי מצברים מווסתי שסתום חייבת להיות קטנה למדי כדי לאפשר שימוש בהם במקומות סגורים, לדוגמה במשרדים או בתוך הציוד.

אך כמות מימן זו עלולה לגדול משמעותית בתנאי הטעינה הקיצוניים, כגון: כשל תא או טעינת יתר. כך לדוגמה, לפי תקן ישראלי -

ת"י 60896 חלק 2, נפח הגז המשתחרר בתנאי טמפרטורה ולחץ סטנדרטיים (NTP) מתאי מצברים חדשים. שיטת איסוף ומדידה של הגז מתוארת בנספח לתקן הנ"ל -

ANNEX D Test for gas emission.

- א. בתנאי הטעינה בציפה - $V_{gas} \leq 30 \text{ cm}^3$ מכל תא בעל קיבול (capacity) נומינלי C_{10} באמפר-שעות במשך 30 יום ;
- ב. בתנאי טעינת יתר - $V_{gas} \leq 300 \text{ cm}^3$ מכל תא בעל קיבול נומינלי C_{10} באמפר-שעות במשך 30 יום.

3. חישוב ספיקת אוויר מינימלית במקומות טעינת המצברים

תערובת מימן-אוויר בעלת ריכוז מימן, הנמצא בגבולות תחום הנפיצות (המובעים ביחסים נפחיים) - $4 \div 75\%$, ניתנת להצתה בנוכחות מקור הצתה, כגון: ניצוץ בעל אנרגיה הצתה מינימלית נמוכה מאוד^{*)} (minimum ignition energy) או משטח חם בעל טמפרטורה השווה או גבוהה מטמפרטורת ההצתה העצמית^{**)} (autoignition/ignition temperature) הנוגע בתערובת נפיצה. הערות:

^{*)} א. לפי תקן NFPA 77, אנרגיית ההצתה המינימלית של מימן בריכוז של 28% באוויר היא 0.016 מיליג'אול (0.016 mJ).

^{**)} ב. טמפרטורת ההצתה או טמפרטורת ההצתה העצמית היא הטמפרטורה המינימלית הדרושה כדי ליזום או לגרום להצתה עצמית של גז, נוזל או מוצק באופן בלתי תלוי בחימום או גוף מחומם. לפי דיווח של משרד המכרות בארה"ב טמפרטורת ההצתה/ההצתה העצמית מינימלית של מימן בלחץ אטמוספרי תהיה נמוכה מ- 500°C .

חישוב ספיקת אוויר מינימלית הדרושה לאיוורור חלל טעינת המצברים מבוסס על השיעור המירבי המותר של ריכוז מימן באוויר – גבול נפיצות תחתון (Lower Explosion Level -LEL) של 4%. על מנת למנוע התפוצצות יש לדאוג לאיוורור כללי מספיק: טבעי או מאולץ של חלל אזור הטעינה, כך שריכוז מימן באוויר לא יעלה על שיעור גבול הנפיצות התחתון. התקנים הנוגעים למניעת דליקה והתפוצצות באטמוספירה הנפיצה של גזים ממליצים שהריכוז המירבי המותר של גז דליק לא יעלה 25% מגבול נפיצות תחתון, כלומר ריכוז מירבי של 1% גז מימן. יש לתכנן את ספיקת מערכת האיוורור לתנאי הטעינה הקיצוניים ביותר, לדוגמה, טעינה מהירה (boost/refresh charging) של כל המצברים בו זמנית.

הערה: מידע מפורט ביחס לפליטת גזים בטעינת מצברי עופרת-חומצה- ראה: **מצברי עופרת-חומצה, סיכונים בעבודה ודרכי מניעתם- מאמר תפוצה ת-126** בהוצאת מרכז מידע.

3.1 טעינת מצברי הנעה

דוגמה לחישוב מערכת האיוורור המאולץ בחדר ייעודי לטעינת מצברים ???

כל תא של מצבר הנעה טיפוסי מייצר כמות מימן של 0.016 ft^3 או $4.53 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ בקירוב לכל אמפר-שעה. ספיקת אוויר מינימלית הדרושה לאיוורור באזורי טעינת המצברים לקיבול הנומינלי (C_6) תלויה בקצב היווצרות מימן. קצב זה או ספיקת מימן ($Q_{hydrogen}$) - נפח

מימן הנוצר בשעה אחת של הטעינה בכל התאים של כלל המצברים המאווררים יחושב לפי הנוסחה הבאה :

$$Q_{hydrogen} = 4.53 \cdot 10^{-4} \cdot n \cdot N \cdot C_6 \cdot R \quad m^3/h \quad (1)$$

כאשר :

$$n = \frac{v(volt)}{2volt}$$

n - מספר תאים במצבר (2volt)

N - מספר המצברים הנטענים בו זמנית

C_6 - קיבול נומינלי באמפר-שעות (הקיבול שמפיקים בפריקת מצבר טעון בזרם המיועד

לפריקה בתום 6 שעות (הערך של הקיבול הנומינלי נתון בהוראות היצרן).

נניח שמטעינים מספר N של מצברי עופרת-חומצה מסוג מאוורר להנעת מלגזה

(Deep Cycle) בחדר מצברים ייעודי. להלן נתוני המצברים הנטענים וחדר הטעינה :

נתוני המצברים הנטענים :

- קיבול נומינלי של מצבר - $C_6 = 450 \text{ Ah}$

- מספר מצברים - $N=10$

- מתח מצבר - $U = 48volt(2volt \cdot 24)$

- מספר תאים במצברים הנטענים : $N \cdot n = 24 \cdot 10 = 240$

ממדי חדר הטעינה :

נפח החדר בעל ממדים הבאים (גובה) $8 \times 6 \times 4$ (ביחידות מטר שווה :

$$V_{room} = 8 \cdot 6 \cdot 4 = 192 \text{ m}^3$$

בהנחה שהציוד בחדר תופס נפח של 22 m^3 , הנפח החופשי של אוויר בחדר שווה :

$$V_{room \text{ eff}} = 192 - 22 = 170 \text{ m}^3$$

R - דרגת טעינת יתר - יחס של זמן טעינת היתר לזמן הטעינה לקיבול נומינלי C_6 . נניח, כי דרגת טעינת יתר היא 5%. ערך כזה של דרגת טעינת יתר הוא גדול למדי, אך מתאים למקרה של תנאי הטעינה המחמירים ביותר מבחינת פליטת מימן, כלומר בהנחה שפליטת מימן מתרחשת בו זמנית מכל תאי המצברים הנטענים. אחרי הצבת ערכים של מרכיבי הנוסחה (1) נקבל את ספיקת מימן המשתחרר בעת טעינת יתר מכל המצברים

$$Q_{hydrogen} = 4.53 \cdot 10^{-4} \cdot 24 \cdot 10 \cdot 450 \cdot 0.05 = 2.4462 \text{ m}^3/h$$

כדי לשמור על ריכוז מקסימלי מותר של מימן בחדר בשיעור של 1%, האוויר בחדר צריך

להתחלף כל

$$\frac{V_{room \text{ eff}} \cdot 0.01}{Q_{hydrogen}} = \frac{170 \cdot 0.01}{2.4462} = 0.6950 \text{ h} = 0.695 \cdot 60 \text{ min} = 41.7 \text{ min}$$

ספיקה מינימלית של המאוורר לפליטת האוויר מחדר :

$$Q = \frac{170}{41.7} = 4.0776 \text{ m}^3 / \text{min}$$

ובכן, המאוורר בעל ספיקה הנ"ל מסוגל לאוורר את חדר הטעינה תוך שמירה על ריכוז מירבי מותר של מימן בשיעור של 1% כאמור. יש להתקין את המאוורר במפלס הקרוב ביותר ככל הניתן לתקרת החדר.

3.2 טעינת מצברים נייחים

3.2.1 איוורור מאולץ (מכני)

חישוב ספיקת האוויר במקום טעינת המצברים הנייחים (גם מצברי ניקל-קדמיום (NiCad)). המוצג בהמשך מבוסס על תקן הנציבות האירופאית לאלקטרוטכניקה (GENELIC):

EN 50272-2: Safety Requirements for secondary batteries and battery installations. Part 2: Stationary batteries.

ספיקת האוויר המינימלית באזורי טעינת המצברים מחושבת לפי נוסחה הבאה:

$$Q = 0.05 \cdot n \cdot I_{gas} \cdot C_{rt} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/h$$

כאשר:

I_{gas} - זרם הטעינה לכל אמפר-שעה, שבעקבותיו מיוצר גז מימן, מחושב לפי הנוסחה

$$I_{gas} = I_{float/boost} \cdot f_q \cdot f_s \text{ mA/Ah}$$

הבאה:

n - מספר התאים

C_{rt} - קיבול נומינלי של התא באמפר-שעות - הקיבול שמפיקים בפריקת המצבר הטעון

למתח סופי- U_f , בזרם המיועד לפריקה בתום 10 שעות

עבור מצבר עופרת-חומצה $C_{rt} = C_{10}$ באמפר-שעות, $U_f = 1.80 \text{ V/cell}$ בטמפרטורה 20°C ;

עבור מצבר ניקל-קדמיום $C_{rt} = C_5$ באמפר-שעות, $U_f = 1.00 \text{ V/cell}$ בטמפרטורה 20°C ;

U_f - מתח סופי של הטעינה

I_{float} - זרם טעינה בציפה במצב שהמצבר טעון במלואו במתח טעינה המוגדר בטמפרטורה 20°C .

I_{boost} - זרם טעינה מהירה במצב שהמצבר טעון במלואו במתח טעינה מהירה המוגדר בטמפרטורה 20°C .

f_q - מקדם פליטת גז, הנמצא בקשר ישר לזרם הקיים במצב טעינה מלאה ושבעקבותיו מיוצר גז מימן.

f_s - מקדם בטיחות, המתחשב בהימצאות של תאים פגומים הקיימים בקבוצות המצברים ובבלאי שלהם.

במידה והערכים עבור I_{float} ו- I_{boost} לא מוגדרים ע"י היצרן, מומלץ להשתמש לצורך

החישוב בערכים יחד עם נתוני עזר מתוך Table 1 של תקן EN 50272 Part 2.

(ראהנספח 3).

מומלץ, שמערכת איוורור תופעל בחגור עם המטען, כלומר פעולת המטען תיפסק באופן אוטומטי ומערכת האזעקה תופעל במקרה של הפסקת פעולת מערכת האיוורור. ניתן גם,

כמו לדוגמה ממליץ תקן NFPA 70E^(*), להתקין בחדרי טעינת המצברים המאווררים גלאי זרימת האוויר המפעילים את מערכת האזעקה במקרה של הפסקת פעולת המאוורר (זרימת אוויר), וזאת כדי לשמור בחדר על זרם אוויר רציף במשך תהליך הטעינה. לפי תקן הנ"ל, ציוד בקרה על פעולת המאוורר יותקן במרחק של 1800 מ"מ לפחות מהמצברים ובגובה של 100 מ"מ לפחות מתחת לנקודה הנמוכה ביותר של פתח האיוורור הנמצא במפלס הגבוה ביותר בחדר.

^(*) הערה:

NFPA 70E Standard for Electrical Safety Requirements for Employee Workplaces 2000 Edition, Chapter 3 Safety Requirements Related to Batteries and Battery Rooms, 3-4.3 Ventilation for Batteries of the Vented Type

תקן NFPA 70E חל על מערכות מצברים, שקיבולת האנרגיה שלהם עולה על 1 קוט"ש או שמתח המוצא במצב ציפה הוא מעל 115 וולט אך אינו עולה על 650 וולט, ושכל מצבר במערכת זו הוא במתח 24 וולט לכל היותר וקיבולו 10 אמפר-שעות אשר מופק בפריקה במשך שעה אחת (1hour rate). גודל מערכות המצברים הללו יכול להיות שונה באופן ניכר, החל ממערכות תאורת חירום קטנות, מערכות אל-פסק, מערכות תקשורת וכלה במערכות גדולות להחלקת עקומת מתח במיתקני הספקת החשמל.

תקן ישראלי - ת"י 60686 חלק 2: מצברים מווסתי שסתום בנספח

Annex B - Thermal runaway

לתקן נציבות הבינלאומית לאלקטרוטכניקה IEC-(60)896-2 עליו מבוסס תקן ישראלי הנ"ל ממליץ להתקין מערכת אוטומטית המנתקת את הספקת החשמל למטען כאשר הטמפרטורה בחדר הטעינה עולה מעל זו המומלצת ע"י היצרן.

יש להפעיל מערכת איוורור מאולץ במשך כל מהלך הטעינה. במידה והטעינה נמשכת לאחר שהמתח עולה על 2.4 VDC, יש להפעיל את מערכת האיוורור במשך שעה נוספת אחת לפחות אחרי סיום הטעינה.

פרמטרים של הטעינה

בדרך כלל, טעינת המצברים מבוצעת בזרם קבוע או במתח קבוע. כאשר משתמשים בשיטות הטעינה האחרות המאופיינות בפרמטרים (זרם, מתח) הנמצאים בגבולות המוצגים ב- Table 1, ספיקת האוויר Q מחושבת לפי זרם מוצא מירבי של המְטָעֵן. במקומות שמשמשים בהם בציוד הטעינה המטעין בשיטת התנגדות קבועה (taper charge characteristic), יש לחשב את ספיקת האוויר הדרושה (Q) לפי שיעור הזרם שבסוף הטעינה, כלומר 25% מהזרם הנקוב (נומינלי) של המְטָעֵן. הערה: המְטָעֵן בהתנגדות קבועה מפחית את זרם הטעינה העולה בעקבות עלית דרגת הטעינה של המצבר.

טעינת יתר, תנאי כשל

במהלך הטעינה עלולים לעיתים להיווצר תנאים אחרים, החורגים מאלה המומלצים ע"י היצרן. לדוגמה, במקרה של כשל בפעולת המְטָעֵן, המצבר מייצר כמות גז העולה על זו שמערכת האיוורור מתוכננת לה. במקרה זה, מומלץ להתקין אמצעים אוטומטיים לניתוק מערכת הספקת החשמל של המְטָעֵן. לחילופין, ניתן לחשב את ספיקת האוויר של מערכת האיוורור לפי זרם הטעינה המירבי שהמְטָעֵן מסוגל לספק.

סביבת המצברים

לעיתים לא ניתן להגיע לדרגת הערבוב הנדרשת של גזים נפיצים בחלל החדר שבסביבת המצברים. לכן יש לשמור בחלל זה על מרחק הבטיחות בין מקור שחרור הגזים במצבר ולבין מקורות ההצתה האפשריים, כגון: ניצוצות ומשטחים חמים עם טמפרטורה השווה או גדולה מ-300°C. פיזור גזים נפיצים תלוי בקצב שחרורם ובתנאי איוורור הקיימים בקרבת מקור השחרור. בהנחה שהגזים מתפזרים בצורת חצי-כדור, מתאימה הנוסחה הבאה לחישוב מרחק הבטיחות d ממקור שחרור הגזים:

$$d = 28.8 \cdot \sqrt[3]{N^*} \cdot \sqrt[3]{I_{gas}} \cdot \sqrt[3]{C_{rt}} \quad mm$$

* גורם שיש להציבו לנוסחה תלוי במקור שחרור הגז:

N - מספר תאים במצברי תיבה (monoblocks) או

1/N - בתאים אלקטרוליטיים יחידים (Jars Electrolyte Cells) כאשר N - מספר פתחי האיוורור

ניתן לקבוע מרחק הבטיחות d גם לפי Figure B1 שלהלן:

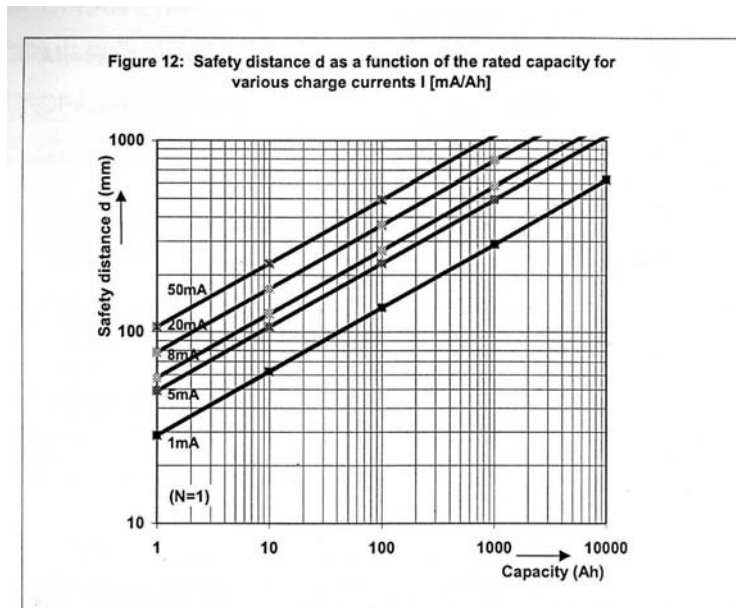


Figure B.1 - Safety distance d as a function of the rated capacity for various charge currents I [mA/Ah]

מתוך תקן :

EN 50272-2: Safety Requirements for secondary batteries and battery installations, Part 2: Stationary batteries

לחילופין, ניתן להשתמש במחיצה או באמצעי אחר לצורך הפרדה בין ציוד היוצר ניצוצות או בעל שטחים חמים בכדי לשמור על מרחק הבטיחות d.

הערות :

א. חישוב המובא לעיל מתוך תקן EN 50272-2 מבוסס על תקן EN 50091-1, 1993.

ב. נמצאים בהכנה קווים מנחים לאיוורור ותנאי חום בחדרי מצברים

ASHRAE Guideline 21P Guideline for Stationary Battery Room Ventilation and Thermal Condition

3.2.2 איוורור טבעי

הערך של שטח חופשי מינימלי של פתחי יניקה ופליטה של אוויר בחדרי מצברים ייעודיים ובמקומות הטעינה האחרים יחושב לפי הנוסחה הבאה : $A \geq 28 \cdot Q \quad cm^2$ כאשר :

Q - ספיקת אוויר נקי ביחידות m^3/h

A - שטח חופשי מינימלי של פתחי כניסה ופליטה של אוויר ביחידות cm^2

הערה : לצורך חישוב זה מניחים שמהירות תנועת האוויר 0.1 m/s.

איוורור טבעי של חדר המצברים אפשרי בתנאי שהאנרגיה החשמלית המייצרת גז מימן לא עולה על גבול מסוים. כאשר האנרגיה הזאת אכן גדולה מגבול מסוים, מידות הפתחים בחדר, המשמשים לכניסת אוויר ופליטת אוויר, עשויות לחרוג מאלו המקובלות. גבול האנרגיה אשר מאפשר איוורור טבעי תלוי בקיבול המצבר, מספר התאים בו, טכנולוגית ייצור התא (תא מאוורר או מווסת שסתום וכו') ומתח הטעינה. מיקום פתחי האיוורור צריך לאפשר את מיטב התנאים לחילוף אוויר בחדר. לשם כך מומלץ למקם אותם בקירות נגדיים. במידה ולא ניתן לעמוד בהמלצה זו, יש לוודא שמרחק בין פתחי הכניסה והפליטה של אוויר הנמצאים באותו קיר יהיה 2 מטר לפחות.

3.2.3 איוורור מקומות טעינת מצברים הנמצאים בבניין

במספר תקנות החשמל (ראה נספח 2) קיימות דרישות כלליות לאיוורור מספיק לצורך מניעת הצטברות הגזים הנפלטים ממצברים וסילוק החום הנוצר עקב פעילות הציוד המותקן בחדרי מצברים. דרישות כמותיות למערכת איוורור בחדרי מצברים הנמצאים בבניינים קיימות במספר תקנים לאומיים ובינלאומיים. לדוגמה, להלן המלצות מתוך

Edition 2003™NFPA 1 Uniform Fire Code תקן

Chapter 52 Stationary Lead-Acid Battery System

א. יש לתכנן את מערכת האיוורור בהתאם לתקנים לאומיים מוכרים כך שריכוז מקסימלי של מימן לא יעלה על 1% מהנפח החופשי של החדר בתנאים מחמירים ביותר של טעינה מהירה (boost charging) של כל המצברים בו זמנית.

ב. ספיקת מערכת האיוורור ליחידת שטח הרצפה תהיה:

יש לדאוג להפעלה רציפה של מערכת האיוורור במשך $1\text{ft}/\text{min}/\text{ft}^2$ ($5.1\text{ L}/\text{sec}/\text{m}^2$).

כל מהלך הטעינה.

הערה: התקן NFPA 1 חל על מערכות מצברי עופרת-חומצה ניחים, כגון מערכות גיבוי הספקת החשמל, מערכות חירום ואל-פסק בעלי נפח כולל של האלקטרוליט הנוזלי של 100 גלון (378.5 ליטר) הנמצאות בבניינים שמותקנת בהם מערכת מתזים לכיבוי (sprinklers) או של 50 גלון (189.3 ליטר) הנמצאים בבניינים שמערכת הנ"ל אינה מותקנת בהם.

יש לתכנן את מערכת האיוורור כך, שלא יתאפשרו הפרשי לחצים בבניין או מסביבו כדי לא לגרום להצטברות מימן במובלי אוויר של מערכת האיוורור הכללית, או במתקנים אחרים.

שיטת איוורור: איוורור טבעי (Passive Ventilation) או איוורור מאולץ

(Active Ventilation) תלויה במיקום חדר מצברים במבנה. האיוורור הטבעי מקובל בחדרי מצברים עם קיר חיצוני בעל פתחים. מערכת איוורור מאולץ מתקינים בחדרי מצברים שקירותיו אינם חיצוניים או שלא ניתן להיכנס לחדר מבחוץ. במקרה זה, יש למקם פתחי יניקת אוויר נקי קרוב לרצפה, ופתח פליטת התערובת מימן-אוויר - קרוב ככל הניתן לתקרת החדר.

4. דרישות הבטיחות בעבודה עם מצברים

4.1 אמצעי בטיחות למניעת התפוצצות

כדי למנוע דליקה והתפוצצות יש לפעול עפ"י כללי הבטיחות הבאים:

א. הורדת ריכוז מימן לשיעור של 1% באמצעות איוורור באופן נאות (ראה סעיף 3.2);

ב. מניעת מקורות הצתה וחום, כגון: ניצוץ, אש גלויה, וכו', במיוחד בקרבת המצבר (ראה

"סביבת המצברים" - סעיף 3.2.1);

ג. מניעת סיכוני חשמל סטטי

על מנת להגביל את הצטברות המטענים האלקטרוסטטיים בעבודה בחדר מצברים יש לנקוט באמצעי הבטיחות הבאים :

(1) ביגוד ונעליים

יש להשתמש בבגדי עבודה ובנעליים אנטיסטטיים. מומלץ שביגוד העובד יהיה מכותנה או בד העשוי 50% סיבי כותנה לפחות. התנגדות שטח הבד חייבת להיות קטנה מ- $10^8 \Omega$ כדי למנוע חשמל סטטי (לפי תקנים בריטיים BS 2050 ו- BS 5958 בסביבת עבודה של 60% לחות יחסית לפחות. נעלי בטיחות אנטיסטטיים יהיו בעלי התנגדות מעבר חשמלית של $10^5 - 10^8 \Omega$. הנחיות אלו מתאימות להמלצות בתקנים BS 2050 ו- BS 5958.

(2) הרצפה :

- כל שטח הרצפה חייב להיות עם ציפוי רצפה אנטיסטטי. ציפוי רצפה מותר שיהיה מחומר פלסטי גמיש, פולימר קשיח, צמנט עם תוספות.

- ציפוי הרצפה חייב לקיים שתי תכונות (בלתי תלויות) אלו :

- מתח חשמל סטטי המיוצר ע"י אדם הולך (Body Voltage Generation) יהיה קטן מ-100 וולט, לפי תקן EN 1815 (או תקן שווה ערך).

- התנגדות חשמלית בין פני שטח עליונים של ציפוי הרצפה לבין נקודת הארקה של הרצפה, הנמדדת לפי שיטת המדידה המתוארת בתקן IEC 61340-4-1, תהיה בתחום של $10^6 - 10^8 \Omega$.

(3) מטליות המשמשות לניקוי מצברים יהיו מבד אנטיסטטי, כגון: בד עשוי סיבי כותנה. יש להרטיב את המטליות הנ"ל במים בלבד. שימוש בתכשירי ניקוי עלול ליצור מטענים אלקטרוסטטיים ובנוסף לגרום נזק למיכל/תיבת המצבר.

בנוסף על כך, מומלץ לבצע הערכת סיכוני חשמל סטטי (על-ידי המומחים בתחום) כדי לתת פתרונות מול הסיכונים שאותרו. מידע נוסף הנוגע לחשמל סטטי נמצא במספר תקנים וקווים מנחים כלהלן :

תקנים ישראליים :

- ת"י 1069 אמצעי הגנה בפני חשמל סטטי,

ראה סעיפים 202.2 - לבוש (למעט מנעל) ו-202.3 - פריקה מטענים בעזרת נעליים

- ת"י 1282- מנעלי בטיחות: מנעלי גומי אנטיסטטיים מבוטנים או מנעלים בעלי סוליות גומי

- תקן אגודה להגנה בפני אש בארה"ב :

NFPA 77 Recommended Practice on Static Electricity Edition 2000

- בטיחות מכונות- קווים מנחים והמלצות למניעת הסיכונים הנובעים מחשמל סטטי

Safety of Machinery-Guidance and recommendations for the avoidance of hazards due to static electricity.

CENELEC REPORT R044-001. January 1998

European Committee for Electrotechnical Standardization-Central Secretariat: rue de Stassart 35 ,
B-1050-Brussels.

תקנים וקווים מנחים הנ"ל כוללים, בין השאר, המלצות הנוגעות לאמצעי הגנה בפני חשמל סטטי.

ד. זרמי דלף

לפי תקנים ישראליים: ת"י 60086-1 ו- ת"י 60086-2, התנגדות חשמלית ביחס לקרקע של מצברים חדשים חייבת להיות גדולה מ- $1 \text{ M}\Omega/\text{V}$ ושל מצברים שאינם חדשים - גדולה מ- $100 \text{ M}\Omega/\text{V}$. נוזל או משקע מוליך הנמצא על פני המצברים והציוד עשויים לגרום לזרמי דלף ולניצוצות וכתוצאה מכך לדליקה והתפוצצות. כדי למנוע סיכונים אלו או/ו קורוזיה, יש לשמור מצברים במצב יבש ונקי. לפי תקן EN 50272-2, התנגדות מינימלית של מעגל המצברים ביחס לכל חלק מוליך אחר הנמצא במקום חייבת להיות גדולה מ- 100Ω לכל וולט של מתח נומינלי של מצבר בהתאם לזרם דלף פחות מ- 10 mA , וזאת כדי המעגל יהיה עמיד בפני השפעות הסביבה, כגון: טמפרטורה, אדים, אבק, גזים, קיטור וכוח מכאני.

4.2 הגנה בפני חישמול

מיתקן מצברים יוגן בפני חישמול כפי שנדרש בתקנות. עבודות חשמל הקשורות בהפעלתו, בדיקתו, ותחזוקתו תבוצענה לפי חוק החשמל ותקנותיו (ראה: **נספח 2 - תקנות החשמל הנוגעות לזרם ישר**) ולפי הוראות היצרן. במערכות מצברים נייחים משתמשים כאמצעי הגנה בפני חישמול במתח נמוך מאוד בהתאם להגדרות הקיימות בתקנות ובתקנים ספציפיים החלים על אותו מיתקן (ראה הגדרה למתח ישר בנספח 2). הגנה זו מושגת ע"י גישור של המצברים בקבוצות כך שמתח מוצא מכל קבוצה לא יעלה על מתח נמוך מאוד כאמור. שיטת הספקת החשמל לזרם ישר כאשר הגנה בפני חישמול מבוססת על מתח נמוך תהיה ללא הארקה שיטה (ראה נספח 2).

4.3 הגנה בפני סיכוני האלקטרוליט (סיכונים כימיים)

4.3.1 אמצעי הגנה בפני שפכי האלקטרוליט

לפי תקנים לאומיים והבינלאומיים, מומלץ שמצברי המערכות הנמצאות בבניינים יותקנו בתוך מאצרה, כגון: מגש, ערסל וכדומה כדי למנוע זרימה של אלקטרוליט לאזורים הסמוכים. לדוגמה, תקן:

NFPA 1 Uniform Fire Code™ 2003 Edition
Chapter 52 Stationary Lead-Acid Battery System,
52.3.4.1 Spill Control

דורש, שתא אלקטרוליטי יחיד (Jars Electrolyte Cell) בנפח מעל 55 גלון (208 ליטרים) או מצברי תיבה (monoblocks) בעלי נפח כולל של האלקטרוליט הנוזלי החופשי (free-flooding liquid electrolyte) מעל 1000 גלון (378.5 ליטרים) יותקנו בתוך מאצרה המאושרת. המאצרה תהיה בעלת נפח מספיק כדי להכיל את כמות הנוזל שבתוך התא הבודד הגדול ביותר. בתקן הנ"ל מפורטות מספר שיטות הגנה בפני שפך האלקטרוליט וניקוז:

- א. רצפות אטומות בפני חדירת האלקטרוליט, משופעות או נמוכות ביחס למפלס הרצפה העליון - באזורים שבתוך הבניין או באזורים דומים מחוצה לו.
- ב. רצפות אטומות או נמוכות כנ"ל באזורים שבתוך הבניין או באזורים דומים בחוץ, עם מפתנים מוגבהים או תעלות נמוכות ביחס למפלס הרצפה העליון.
- ג. בורות ניקוז (מערכות האגירה) לשפך אלקטרוליט.

לפי דרישות התקנות הקיימות בארה"ב, יש להתקין כל מסד, או קבוצת מסדים שמותקנים עליהם מצברים מאווררים בתוך מאצרה אטומה בעלת גובה של 4 אינץ' (101.6 מ"מ) ואשר משתרעת מעבר לגבולות המסדים ב-1 אינץ' (25.4 מ"מ) לפחות בכל כיוון. לצורך ניטרול וסילוק של שפכי האלקטרוליט יש להשתמש בחומרים המאושרים. טיפול בשפך האלקטרוליט יבוצע לפי נוהל/הוראות מפעלי. (ראה: **נספח 3 מתוך "מצברי עופרת-חומצה, סיכונים בעבודה ודרכי מניעתם" - מאמר תפוצה ת-126** בהוצאת מרכז המידע). עדיף לבצע ניטרול שפכי האלקטרוליט באמצעות חומרי ספיגה. יש להתקין בקרבת המצברים מקור מים (ברז או מיכל) לצורך שטיפת הרצפה מתוצרי הניטרול. מי השטיפה הנ"ל לא ינוקזו למערכת הביוב הכללית של המפעל אלא למיתקן שפכים. יש לאסוף את תוצרי ניטרול השפך, כולל חומרי בספיגה המשומשים ולפנותם כפסולת חומרים מסוכנים כנדרש לפי התקנות הקיימות ולפי הוראות המשרד לאיכות הסביבה. קיימת אפשרות להציע את חומרי הפסולת למכירה באמצעות **"המרכז ליצור נקי"** אשר מרכז את ההיצע והביקוש לפסולת תעשייתית. ניתן לעיין ברשימת החומרים המוצעים והמבוקשים באתר האינטרנט של המרכז בכתובת <http://www.cpc.org.il>.

4.3.2 ציוד מגן אישי

כדי למנוע תאונות בעבודה עם האלקטרוליט הנמצא במצבר או במיכל אחסון, ובטיפול בשפך האלקטרוליט, יש להשתמש בציוד מגן אישי תקני ותקין המתאים לעבודה עם מצברים כלהלן:

הגנת עיניים ופנים :

משקפי מגן אטומות ועמידות בפני חומצה ובפני ערפול (נגד אדים) לפי דרישות התקן הישראלי-ת"י 4141, או מגן פנים.

הגנת כפות ידיים :

כפפות להגנת כפות ידיים תהינה בנוסף עמידות בפני האלקטרוליט (חומצה), ובנוסף לכך מבודדות למתח חשמלי הקיים במתקן המצברים.

הגנת הגוף :

סינור מחומר עמיד בפני אלקטרוליט

הגנת הנשימה :

שהייה ממושכת בחדר המצברים בזמן פריקתם, למשל לצורך ביצוע סריקת באינפרא-אדום (בדיקת צפיפות האלקטרוליט בזמן הפריקה), גורמת לחשיפה לאדי/ ערפלי חומצה. במקרים כאלה, יש להשתמש לצורך הגנה על דרכי הנשימה במסכה בעלת מסנן בהתאם לדרישות התקן הישראלי - ת"י 4013. מומלץ גם לשתות מים לפני ואחרי שהייה במקום.

הערה: דרישות לשימוש בציוד מגן אישי מפורטות בהתאם לעבודות ותהליכים מסוכנים בתקנות הבטיחות בעבודה (ציוד מגן אישי), התשנ"ז-1997 ותקנות החשמל (עבודה במתקנים חשמליים חיים), התשכ"ן - 1967.

4.3.3 עזרה ראשונה במקרה של פגיעה מאלקטרוליט

ציוד עזרה ראשונה במפעל יהיה כנדרש בתקנות הבטיחות בעבודה (עזרה ראשונה במקומות העבודה, (התשמ"ח-1988. ראה גם: נספח 5: עזרה ראשונה במקרה של פגיעה מחומצה גפרתית (עמ' 23) מתוך "מצברי עופרת- חומצה, סיכונים בעבודה ודרכי מניעתם" - מאמר תפוצה ת-126 בהוצאת מרכז המידע.

4.3.4 הציוד והכלים המיועדים לשימוש בחדרי מצברים

חומרים מהם עשוי הציוד, כגון: מסדים למצברים, ארונות או תאים המיועד לשימוש בחדרי מצברים חייב להיות עמיד בפני השפעת האלקטרוליט או מוגן בפני השפעתו. כלים לתחזוקת המצברים הנוגעים לאלקטרוליט, כמו משפכים, מד משקל סגולי (הידרומטרים), מד חום (תרמומטר), יהיו מיועדים למצברי עופרת-חומצה או מצברי ניקל-קדמיום בלבד. בעבודה עם מצברים יש להשתמש בכלי עבודה המיועדים לכך. כלים אלה יהיו מבודדים למתח הקיים במיתקן ועמידים בפני השפעת האלקטרוליט. דרישות לציוד וכלים המיועדים לביצוע עבודות חשמל במיתקן מצברים חי נקבעו בתקנה 4. נקיטת אמצעי בטיחות לתקנות החשמל (עבודה במיתקנים חשמליים חיים), התשכ"ז - 1967.

- א. ציוד הרמה: בציוד המשמש להרמת מצברים, יש לדאוג שהוא יהיה מבודד כדי למנוע סיכוני קצר ממגע עם קוטבי המצברים.
- ב. ציוד חשמלי: מומלץ שדרגת הגנה של מעטפות לציוד חשמלי ושל מחיצות מגן בחדר מצברים בו שוררת אווירת אדים קורוזיביים והלחות תהיה IP 2XX לפחות בהתאם לדרישות תקן ישראלי - ת"י 981. מנורות מיטלטלות המוחזקות ביד תהינה ללא מפסק ויוזנו במתח נמוך מאוד כנדרש בתקנה 6 מנורות חשמל לתקנות הבטיחות בעבודה (חשמל), התש"ן—1990.
- מכשירי חימום: אסור להשתמש במכשירי חימום אשר מקום החום בהם אינו מוגן כנדרש. בחדר מצברים המאוורר באופן נאות כנדרש (ראה סעיף 3.2 המציג חישובי איוורור) לא נוצרת, בדרך כלל, אטמוספירה נפיצה של גזים ולכן לא נדרש להתקין בו ציוד חשמלי מוגן התפוצצות מסוג EX.
- ג. כלי עבודה: יש להשתמש בכלי עבודה המיועדים לעבודה עם מצברים.

4.4 דרישות למקומות התקנת המצברים

- מצברים יכולים להיות מותקנים במקומות הבאים:
- א. חדר מצברים ייעודי הנמצא בבניין;
- דרישה להתקנת מצברים קבועים בחדר מצברים ייעודי קיימת:
- (1) **בתקנות החשמל (מיתקן חשמלי ציבורי בבניין רב קומות)**. התשס"ג-2003, אשר קובעות בתקנה 5(5) שמצבר מרכזי מאוורר אשר קיבולת האנרגיה שלו עולה על 0.9 קוט"ש יותקן בחדר חשמל ייעודי.
- (2) לפי תקנים זרים, חדר מצברים ייעודי נדרש להתקנת תאים אלקטרוליטיים יחידים.
- ב. בחדרים הכוללים ציוד אחר, כולל ציוד חשמלי, במקום ייעודי המאושר לכך. גישה למקומות אלו תוגבל לאנשים מורשים בלבד;
- ג. ארונות או תאים הנמצאים בבניין או מחוצה לו;
- ד. תאים ייעודיים למצברים במכונות, במכשירים או בכלים שונים.
- 4.4.1 שיקולים לבחירת מקום המיועד להתקנת המצברים
- בחירת מקום התקנת המצברים נעשית מתוך שיקול ביחס לגורמים הבאים:
- א. הגנת המצברים בפני הסיכונים החיצוניים:
- (1) מתנאי סביבה יום-יומיים, כגון: טמפרטורה, לחות, זיהומים וכו';
- (2) סיכונים הנוצרים בשעת חירום, כגון: אש, מים, הלם, רעידות וכו';
- ב. הגנה בפני סיכונים הנובעים ממצברים כגון: סיכוני חשמל התלולים בגודל מיתקן חשמלי (זרם, מתח), סיכוני התפוצצות, סיכונים כימיים מהאלקטרוליט וכו';
- ג. נגישות מתקן המצברים;
- ד. אפשרות הגבלת כניסה של אנשים בלתי מורשים.

4.4.2 דרישות לחדרי מצברים ייעודיים

- א. גובה של חדר מצברים יהיה 2 מ', ו-1.8 מ' לפחות - במעברי השרות והתחזוקה
- ב. הקונסטרוקציה של הרצפה חייבת לעמוד בעומס מצברים. בקביעת גבולות שטח הרצפה יש לקחת בחשבון שטח נוסף להרחבת מיתקן מצברים בעתיד. ברצפה יהיו שיפועים המיועדים לניקוז של האלקטרוליט (במקרה של שפך) לכיוון האיזור הניטרול. לגבי זווית שיפוע הרצפה לצורך ניקוז הנוזלים מוצע להיות בקשר עם מתכננים של בניין כדי למנוע בעיות בהתאמה לצנרת מערכת הניקוז למיתקן שפכים
- ג. רצפה בחדרי מצברים מאווררים, תהיה עמידה בפני השפעת האלקטרוליט או תוגן לפניו מאצרה (ראה לעיל סעיף 4.3.1). ציפוי הרצפה יהיה אנטיסטטי (ראה סעיף 4.1 ג).
- ד. יש לאוורר חדר מצברים מגזים נפיצים כדי למנוע הצטברותם. חדר מצברים מווסתי שסתום יאוורר מספיק כך שהטמפרטורה של המצברים לא תעלה על ערך מירבי המומלץ לפי התקנים הרלוונטיים והוראות היצרן. מערכת האיוורור בחדר מצברים מאווררים תהיה עמידה בפני השפעת אדים קורוזיביים של האלקטרוליט. חישובי מערכת האיוורור - ראה סעיף 3.2.
- ה. מיתקן חשמלי (מערכת חשמל) בחדר מצברים יותקן לפי דרישות חוק החשמל ותקנותיו, תקנות הבטיחות בעבודה (חשמל) והתקנים הרלוונטיים (ראה ונספח 2).
- ו. יש לדאוג לאמצעי הגנה בפני חשמל סטטי – ראה לעיל סעיף 4.1 ג).
- ז. אסור להתקין בחדר מצברים מערכות וציוד כגון: צינורות, כבלים, ציוד למיתוג זרם ישר, מכונות בעלות חלקים מסתובבים מלבד מאווררים או ציוד אחר שהוא אינו מהווה חלק בלתי נפרד ממיתקן מצברים או מציד הטעינה.
- ח. במידה והגישה לחדר מוגבלת לאנשים מורשים בלבד, ניתן לאמץ את הדרישה הקיימת בתקנה 7)6 לתקנות החשמל (מיתקן חשמלי ציבורי בבניין רב קומות), התשס"ג-2003 אשר קובעת שדלת הכניסה "תיסגר אוטומטית כך שפתיחתה מבחוץ תחייב שימוש במפתח ואילו פתיחתה מבפנים תהיה חופשית".

4.4.3 עבודה עם מצברים

4.4.3.1 מרחקי עבודה ומעברים

על מנת לאפשר עבודה נוחה של התקנת מצברים, בדיקתם ותחזוקתם יש לדאוג לגישה נוחה למצברים כנדרש בסעיף 49. גישה למקום עבודה, סימן ג': בטיחות הגישה ומעבר לפקודת הבטיחות בעבודה (נוסח חדש), תש"ל-1970. לפי תקן EN 50272, Part 2, במערכות מצברים בעלות מתח העולה על 120 וולט המרחק המינימלי בין חלקים מוליכים חיים חשופים שיש אפשרות לגעת בהם בו זמנית יהיה 1.5 מטר לפחות. לצורך פינוי עובדים בשעת חירום, רוחב חופשי של מעבר יהיה 60 ס"מ לפחות. יש לשמור על מעברים פנויים ממכשולים בכל עת.

הערה: כדי לאפשר באופן זמני אחסון של ציוד נוסף במעברים מומלץ להגדיל את רוחב המעברים כנ"ל עפ"י מידת רוחב הציוד, או פ-1.5 מרוחב התא האלקטרוליטי יחיד, או ל-1.2 מטר, כאשר מידע אחר אינו קיים.

4.4.3.2 עבודות מיוחדות בחדרי מצברים

עבודות מיוחדות בחדרי מצברים כוללות, בין השאר, עבודות באש גלויה כגון, הלחמה, ריתוך, השחזה וכו'. יש לבצע לפני ביצוע עבודות הנ"ל הערכה של מרחק הפיזור של נתזי המתכת, ניצוצות וחום כדי לנקוט באמצעי הבטיחות הדרושים. העובדים המבצעים עבודות אלו יודרכו כנדרש ביחס לסיכונים הפוטנציאליים הקיימים במתקן מצברים. לפני ביצוע העבודה יש לנתק את המצברים מהמטען, לאורר את החדר מתערובת נפיצה של גזים מימן-אוויר. אין לבצע בחדר מצברים עבודות באש גלויה ללא אישור מיוחד בהתאם לנוהלי המפעל.

4.4.3.3 תאורה בחדרי מצברים

א. עוצמת הארה

בתקנה 7 לתקנות החשמל (עבודה במתקנים חשמליים חיים), התשכ"ז-1967 נקבעה דרישה הבאה לתאורה בעבודה במיתקן חשמלי חי:

"לא תבוצע עבודה במיתקן חי אלא אם הוא מואר באור יום או במאור מלאכותי באופן המאפשר ראייה ברורה של כל חלקי המיתקן החי". לדוגמה, תקן NFPA 70E (Chapter 3) ממליץ על עוצמת הארה מינימלית של 300 לוקס בחדר מצברים. תקן ישראלי - ת"י 8995: תאורה למקומות עבודה בתוך המבנים כולל המלצות ביחס לעוצמת הארה וצד איכותי של התאורה לפי סווג חללים במקום העבודה.

ב. דרישות למנורות והתקנתן

המנורות המותקנות בחדר מצברים תהינה לפי דרישות התקן הישראלי ת"י 20. (תקן רשמי) ויותקנו כנדרש בתקנה 7 לתקנות הבטיחות בעבודה (חשמל), התש"ן-1990. גובה התקנתה מנורה יהיה 2 מטר לפחות מעל פני הרצפה. כדי למנוע הצטברות גזים יש לקבע או לתלות את המנורות לקיר במרחק 50 ס"מ לפחות מהתקרה, אך לא במאונך מעל המצברים או המטען. בשל סביבה לחה וקורוזיבית השוררת בחדר המצברים גופי התאורה (כמו ציוד חשמלי אחר) חייבים להיות מוגנים בפני חדירת נוזלים ואדים קורוזיביים וגזים בהתאם לדרישות התקן הישראלי ת"י 981 וגם עמידים בפני אש. אסור להתקין מנורות ומפסקים מעל המצברים או חלקים חיים בלתי מוגנים. הגישה למפסקי המנורות תהיה נוחה.

ג. תאורת חירום

תאורת חירום תותקן בחדר כנדרש בתקנות תוך תיאום עם רשות הכבאות. מנורות חירום יתאימו לתקן ישראלי- ת"י 20 חלק 2.22

4.4.3.5 שילוט

- יש להציב במקום התקנת המצברים שלטי בטיחות הבאים :
- א. "מתח מסוכן" (במיתקנים במתח העולה על מתח נמוך מאוד)
 - ב. "כניסה לאנשים מורשים בלבד"
 - ג. "זהירות, סכנת שיתוך" (קורוזיה)
 - ד. "זהירות, סכנת התפוצצות"
 - ה. "אש, להבה גלויה אסורים"
 - ו. "העישון אסור"
 - ז. שלטי הדרכה - חובה להשתמש בציוד מגן אישי
 - ח. "חדר מצברים" (ע"ג דלת חדר המצברים) או "מקום טעינת מצברים"
- ראה : תקנה 4(ב) לתקנות החשמל (עבודה במיתקנים חשמליים חיים), התשכ"ז-1967.

בנוסף לכך יש להציב שלטי אזהרה בפני סיכוני חשמל ייחודיים במיתקן חשמלי הכולל מצברים נייחים לפי דרישות התקנות והתקנים החלים על המיתקן.

4.4.4 מקומות ייעודיים הנמצאים בחדר חשמל

במקומות הנ"ל יש לנקוט באמצעי הבטיחות הבאים :

א. במקומות שקריסת התקרה עלולה לגרום לשפך האלקטרוליט, יש להתקין מצברים מאווררים בתוך מגש מאצרה, כגון : מגש. מאצרה זו חייבת להכיל תכולה של האלקטרוליט של תא יחיד אחד או מצבר תיבה אחד לפחות.

ב. יש להציב את שלטי האזהרה והאיסור קרוב למצברים – ראה סעיף 4.4.3.5.

ג. יש לנקוט באמצעי בטיחות להגנה בפני חישמול כנדרש בתקנות החשמל וגם בפני סיכוני התפוצצות.

ד. קיום מערכת איוורור ומיזוג מרכזי בבניין לא מבטל את דרישות האיוורור מגזים במקום טעינת המצברים. הספקה מינימלית של יהי בהתאם להספק המחושב Q. (ראה לעיל סעיף 3).

4.4.5 דרישות מיוחדות להתקנת מצברים בתוך תאי מכשירים.

- א. המרחק בין המצברים מווסתי שסתום יהיה 5 מ"מ לפחות.
- ב. משטח פנימי של תא התקנת המצברים יהיה עמיד בפני האלקטרוליט.
- ג. התא יצויד במנגנון נעילה כדי למנוע גישת אנשים בלתי מורשים לחלקים מסוכנים.
- ד. יש לתכנן את התאים כך שתתאפשר גישה נוחה לביצוע עבודות תחזוקה תוך שימוש בכלים סטנדרטיים.

5. בטיחות אש במיתקני מצברים

5.1 סיכוני אש

מצברי עופרת-חומצה לא מתלקחים ולא בוערים, אך עלולים לחשוף את הסביבה לחומרים מסוכנים של מרכיביהם, כמו עופרת, חומצה גפרתית, מימן ועוד', וזאת בעקבות התפקעות של תיבת/מיכל המצבר כתוצאה מהתפוצצות. לפי תקן NFPA 13 (המהווה בסיס לתקן הישראלי ת"י 1596- מערכת מתזים: התקנה) מסווגים מצברים לצורך התקנה מערכת מתזים לקבוצות דליקות כלהלן:

- מצברי רכב (כוללים אלקטרוליט). - Class 1

- מצברי מלגזות ומצברים גדולים יותר (עם אלקטרוליט וריקים) - Group A Plastic.

סיכוני אש בעבודה עם מצברים נוצרים מסיבות שונות. דליקה ופיצוץ עלולים להתרחש כתוצאה מהצתה של תערובות נפיצות של גזים: מימן-אוויר או מימן-חמצן ע"י ניצוץ (חיכוך או פנימי) או התחממות. מידע מפורט בנושא ראה - "מצברי עופרת- חומצה, סיכונים בעבודה עם מצברים ודרכי מניעתם" - מאמר תפוצה ת- 126 בהוצאות מרכז המידע.

5.2 אמצעים למניעת שריפה והתפוצצות

על מנת למנוע סכנת השריפה והתפוצצות באיזורי טעינת המצברים יש לנקוט באמצעי הבטיחות הבאים:

א. יש לשמור על ריכוז המימן באוויר בשיעור מרבי של 1% ע"י איורור טבעי או מאולץ (ראה סעיף 3). מערכת איורור מאולץ תופעל באופן רציף בעת טעינת המצברים ושעה אחת לפחות לאחר סיום הטעינה. לחילופין, ניתן לעשות חגור בין המאוורר ולבין גלאי מימן הפעול כאשר ריכוז מימן בחדר מגיע לערך הנקבע מראש, לדוגמה 20% או פחות מהריכוז המרבי המותר 1%.

ב. יש למנוע מקורות הצתה וחום, במיוחד בקרבת המשטח העליון של תאי המצבר. מגע אקראי בחלקים חיים של מתקן המצברים עלול לגרום לניצוץ או/ו קשת חשמל. כדי להימנע מסיכונים אלה יש לשמור על דרישות וכללי הבטיחות הבאים בעבודה עם מצברים:

(1) על העובד להסיר מהידיים ומהצוואר תכשיטי מתכת, כגון: שרשראות צוואר, צמידים, טבעות, עגילים וכדומה.

(2) אסור להניח על המצברים ועל מדפי המסדים כלים, מכשירים או ציוד אחר.

(3) אסור להכניס לחדר מצברים חפצים מתכתיים כמו צינורות, מוטות וכו' העלולים לגרום לקצר בין קוטבי המצבר.

(4) יש למנוע פריקה חיצונית של מטעני חשמל סטטי (ראה סעיף 4.2.2).

(5) יש להשתמש באבזרים וכלים ייעודיים לעבודה עם מצברים

ג. עבודות ריתוך השחזה וקידוח יבוצעו שעתיים לפחות לאחר שהופסק תהליך הטעינה והופעלה מערכת איורור (ראה סעיף 4.4.3.2).

ד. אסור לאחסן חומרים דליקים במקום טעינת המצברים.

ה. התקרה בחדר הטעינה עדיף שתהיה שטוחה כדי למנוע הצטברות מימן והיווצרות תערובת נפיצה.

5.3 עמידות אש של חלקי המבנה

עמידות אש של אלמנטי הבניין (בשעות) נקבעת בארץ לפי תקן ישראלי- ת"י 931. בתקן זה מפורטות דרישות לעמידות אש לבניינים בעלי ייעוד שונה. בתקנה 6 לתקנות החשמל (מיתקן חשמלי ציבורי בבניין רב קומות), התשנ"ג-2003 קיימות דרישות הבאות לעמידות בפני אש של קירות, רצפה ודלת בחדר מצברים מרכזי הנמצא בבניין ציבורי רב קומות:

- סעיף (6) - "הקיר, הרצפה והתקרה של חדר חשמל, לרבות חדר מצבר מרכזי המשמש לתאורת חירום יהיו מחומר בלתי דליק לפי ת"י 755 ועמיד אש למשך 120 דקות לפחות"
- סעיף (7) - "הדלת שלו תהיה עמידת אש למשך 30 דקות לפחות ותיסגר אוטומטית כך שפתיחתה מבחוץ תחייב שימוש במפתח ואילו פתיחתה מבפנים תהיה חופשית"

5.4 ציוד גילוי וכיבוי אש

התקנת ציוד גילוי וכיבוי תבוצע בהתאם לתקנות שירותי הכבאות תוך תיאום עם רשות הכבאות המקומית, מדור מניעת דליקות. אמצעי הכיבוי יתאימו לכיבוי דליקת מצברים, לדוגמה דו-תחמוצת הפחמן (CO₂). בעת שימוש בגז לכיבוי דליקת המצברים יש להימנע מהזרמת סילון הגז עליהן באופן ישיר כדי לא לגרום להלם תרמי וסדקים בתיבת המצבר. באופן עקרוני אין מניעה להשתמש במים לכיבוי דליקת מצברים. יש להיזהר משימוש במים מלוחים העלולים לגרום בטמפרטורה המתפתחת בשריפה להיווצרות גזים רעילים כתוצאה מתגובה כימית של כלוריד נתרן עם חומצה גפרתית. ציוד גילוי וכיבוי אש יעמוד בדרישות תקנים ישראליים רלוונטיים כגון:

- ת"י 318: מטפי פחמן דו-חמצני (CO₂);

- ת"י 1220: מערכות גילוי אש: גלאי עשן;

- ת"י 1596: מערכת מתזים: התקנה

הערה: ניתן להשתמש במערכות מתזים לכיבוי שריפות מצברים בתנאי שהתקנת צנרת של מערכות אלו אינה נוגדת דרישת איסור העברת צנרת מתכתית בחדר מצברים.

בנוסף לכך, בתקן NFPA 70E מומלץ לשעת חירום לספק למיתקני מצברים גדולים שירותי צוותי הצלה על ציודם.

ב. ניתן להתקין מערכת אוטומטית לגילוי מימן הפועלת כאשר ריכוז מימן בחדר מגיע לערך הנקבע מראש, לדוגמה 20% או פחות מהריכוז המירבי המותר 1%. מערכת הנ"ל מפעילה אזעקה ומנתקת את ציוד הטעינה מרשת הספקת החשמל. ניתן גם לכוון גלאי מימן לתגובה במספר ערכי ריכוז, לדוגמה 10%, 20% ועוד' מערך הריכוז המירבי המותר: 1% על מנת לספק אזעקה/התרעה מדורגת.

6. אחסון מצברים

יש לאחסן מצברים לפי הנחיות היצרן המובעת בגיליון הבטיחות. ניתן לאחסן מצברים במחסני מצברים מרכזיים ייעודיים וגם במחסנים כלליים (אחסון מעורב). במחסנים כלליים מומלץ לרכז את המצברים באיזור אחד. להלן כללי האחסון הבסיסיים של מצברים :

- א. יש לאחסן מצברים במבנים מקורים.
- ב. יש לשמור במחסן על תנאי הסביבה לפי הנחיות יצרן.
- ג. יש למנוע חשיפת המצברים לאש גלויה, חום, ניצוצות וכן לתנאי סביבה קיצוניים.
- ד. אסור לאחסן חומרים דליקים במחסן מצברים או בקרבתו.
- ה. מומלץ שהרצפה במחסנים ייעודיים תהיה עמידה ואטומה בפני אלקטרוליט, כגון: רצפה בטון המצופה בציפוי עמיד בפני אלקטרוליט.
- ו. יש להתקין במחסן ציוד כיבוי המתאים לכיבוי דליקות מצברים.
- ח. יש להתקין בסמוך למחסן, ארון עם ציוד חירום המכיל, בין השאר ציוד מגן אישי ואמצעים לנטרול החומצה המאושרים למקרה של שפך האלקטרוליט.
- ט. יש להציג במחסן בהבלטה את הוראות הטיפול בשפך האלקטרוליט.
- י. יש לפעול בעבודה במחסן לפי גיליון הבטיחות של המצברים ושל חומרי הנטרול.
- י"א. מסדים ומדפים לאחסון יכולים להיות נייחים, ניידים או משונעים. המבנה שלהם יהיה יציב, חוזקם ומידותיהם יתאימו למשקל ומידות המצברים.
- י"ב. אין לערום מצברים גבוה יותר משלוש שכבות. יש להפריד השכבות ביניהן ע"י לוחות העשויים קרטון או ע"י כל חומר בלתי מוליך אחר.
- י"ג. אסור להניח על גבי מצברים ומדפים חומרים מתכתיים וקצר בין הקטבים.
- י"ד. יש להדריך עובדים בדבר סיכוני אחסון המצברים, הרמתם, שינועם, דרכי מניעת הסיכונים הנ"ל וכללי התנהגות במקרה של שפך אלקטרוליט. מומלץ למנות מבין עובדי המחסן מספר עובדים שיהיו אחראים לטיפול בשפכי אלקטרוליט. עובדים אלו יוכשרו, יודרכו ויתורגלו תקופתית לביצוע הניטרול.
- ט"ו. יש להציב את השילוט כגון: העישון אסור, אש גלויה אסורה וחובה שימוש בציוד מגן אישי כנדרש בתקנות.
- ט"ז. יש להציב לעיון במקום בולט במחסן את הוראות הבטיחות לעובדים והוראות הטיפול בשפך האלקטרוליט.

7. הובלת מצברים

יש לבצע הובלת מצברים לפי דרישות חוק שירותי הובלה, התשנ"ז-1997 ותקנות שירותי הובלה, התשס"א-2001. מצברי עופרת-חומצה מסווגים בחקיקה הרלוונטית להובלה כפריטים השייכים לקבוצת סיווג 8. להלן מספרי אום למצברים הנ"ל:

UN 2794 - BATTERIES, WET, FILLED WITH ACID, electric storage

UN 2800 - BATTERIES, WET, NON-SPILLABLE LEAD-ACID, electric storage

בהתאם לתקנות שירותי הובלה, שינוע מצברים במשקל כולל מעל 500 ק"ג (משקל מצברים ולא חומצה בלבד) מחייב היתרים להובלת חומ"ס לרכב ולנהג. היתרים הנ"ל מונפקים ע"י אגף שינוע חומרים מסוכנים במשרד התחבורה. בהתאם להנחיות אריזה P 801 מתוך "ספר הכתום", יש לבצע שינוע יבשתי של מצברי עופרת-חומצה נטענים, המכילים חומצה נוזלית (UN 2794), חדשים ומשומשים כאחד באריזות מהסוגים הבאים: אריזה חיצונית קשיחה, תיבה עשויה לוחות עץ, משטחים. מותר להוביל מצברים משומשים בתוך ארגזים או תיבות עשויים פלדת אל-חלד או חומרים פלסטיים ובעלי קיבולת מספיק גדולה כדי להכיל את תכולת הנוזל מכל המצברים. דרישות נוספות לאריזת המצברים בזמן הובלתם:

- א. יש למנוע קצר חשמלי במצברים.
- ב. יש להדק היטב את שורות המצברים ולהפריד ביניהן ע"י לוח שאינו מוליך חשמל.
- ג. אסור להניח חלקים על קוטבי המצבר.
- ד. יש לארוז ולהדק את המצברים המובלים כך שתימנע הזזתם בשוגג.

8. פינוי פסולת מצברים

אורך חיי שירות המצבר הנטען מוגבל במספר מחזורי טעינה-פריקה ותלוי בדרך כלל בדרגת הפריקה שלו. מצבר נחשב למשומש לאחר שלא ניתן להטעינו ל-80% משיעור הקיבול המומלץ ע"י יצרן. הסיבה העיקרית להיווצרות מצב זה היא סולפטציה של לוחות המצבר הגורמת לאטימותן לצורנים (יונים) ולהפסקת יצירת האנרגיה החשמלית. המצברים המשומשים יש לפנות כפסולת חומ"ס אל אתרים מורשים בנושא או למפעלים המייצרים אותם למטרת המחזור. המפעלים העוסקים בפסולת מצברים חייבים:

- א. בהיתר רעלים כנדרש בחוק חומרים מסוכנים, התשנ"ג-1993,
 - ב. ברשיון כנדרש בתקנות רישוי עסקים (סילוק פסולת חומרים מסוכנים) התשנ"א-1990. מפעלים הנ"ל פועלים על-פי דרישות חוק איסוף ופינוי פסולת למיחזור, התשנ"ג-1993
- פינוי פסולת המצברים מתבצע על פי הנחיות המשרד לאיכות הסביבה. המשרד הנ"ל פרסם שני מסמכים הנוגעים לפסולת מצברי עופרת-חומצה:

א. תנאים מיוחדים לסקטור ייצור מצברים מתוך "תנאים להיתרי רעלים לסקטורים שונים, אוקטובר 2002" בהוצאת המשרד לאיכות הסביבה. במסמך זה מוצגות דרישות והוראות לאיחסון ולטיפול בחומרים מסוכנים שבתוך המצברים. מצוין בו, בין השאר ש"המפעל יקלוט

את הפסולת המסוכנת (מצברים משומשים) רק באישור אגף חומרים מסוכנים במשרד לאיכות הסביבה, וחובתו לדווח לממונה על חוק החומרים המסוכנים, התשנ"ג-1993."

ב. DRAFT TECHNICAL GUIDELINES ON WASTE LEAD-ACID BATTERIES
טיוטה לקווים מנחים טכניים הנוגעים בטיפול בפסולת מצברי עופרת-חומצה
הטיוטה הנ"ל פורסמה במסגרת

Environment Programme, United Nations UNEP/CHW/TWG/18/4, 1May 2001

על ידי Technical Working Group of the Basel Convention, Geneva, 18-20 June 2001

קווים מנחים אלו, המבוססים על אמנת בזל, (שאומצה ע"י המשרד לאיכות הסביבה) כוללים בין השאר המלצות לאיסוף, להובלה ולאחסון של פסולת מצברי עופרת-חומצה וכן תיאור תהליך מיחזורם.
להלן מספר ההמלצות למפעלים העוסקים באיסוף ולפינוי פסולת מתוך הקווים המנחים הנ"ל:

- א. אסור לנקז את האלקטרוליט מהמצבר.
- ב. אסור לאגור במקום כמות גדולה של המצברים.
- ג. יש לאחסן את המצברים במקומות המתאימים והמיועדים לכך. צורת האחסון המועדפת ביותר היא איחסון מצברים בתוך מיכלים עמידים בפני חומצה, אשר ניתן לאטום אותם בקלות כך שיהיו מתאימים לשינוע. צורת איחסון זו ממזערת את הסיכוי התאונות.
- ד. הרצפה באתר האחסון חייבת להיות מכוסה בכיסוי העשוי מחומרים פלסטיים או שתהיה עמידה בפני חומצה. כיסוי זה חייב להיות בנוי באופן שיכיל את כל הנוזל כך שיהיה ניתן להעבירו הישר לתוך המיכל הקולט ולרוקן אותו לאחר מכן.
- ה. אסור למכור מצברים משומשים להתכת עופרת למפעלים בלתי מורשים לכך.
- ו. אסור לשרוף פסולת מצברים- תוצאות השריפה עלולות להיות חמורות ביותר בעקבות התפוצצות.

מקורות

▼ חוק החשמל ותקנותיו

▼ תקנות הבטיחות בעבודה (חשמל), התש"ן – 1990

▼ ת"י 60095 חלק 1 – מצברי התנעה מטיפוס עופרת-חומצה: דרישות כלליות ושיטות בדיקה

▼ ת"י 60096 חלק 1 – מצברים נייחים מטיפוס עופרת-חומצה: דרישות כלליות ושיטות בדיקה: מצברים מאווררים

▼ ת"י 60096 חלק 2 – מצברים נייחים מטיפוס עופרת-חומצה – דרישות כלליות ושיטות בדיקה: מצברים מווסתי שסתום

- ▼ 29 CFR Standards - Code of federal regulation – OSHA
 - Battery charging and changing 1917.157
 - Batteries and battery charging 1926.441
 - Changing and Charging Batteries 1910.178(g)
- ▼ OSHA Instruction STD 1-11.4 OCTOBER, 1978
- ▼ NFPA 1, Chapter 52 Stationary Led-Acid Battery Systems
- ▼ NFPA 70-1999, National Electrical Code
 - Article 480 Storage Batteries
- ▼ NFPA 70E Standard for Electrical Safety Requirements for Employee Workplaces 2000 Edition,
 - Part IV Safety Requirements for Special Equipment,
 - Chapter 3 Safety Requirements Related to Batteries and Battery Rooms
- ▼ NFPA 72 Fire Alarm Code
- ▼ NFPA 505 Fire Safety Standard for Powered Industrial Trucks Including Type Designations, Areas of Use, Conversions, Maintenance, and Operation 1999.Edition, Clause 5-3.2
- ▼ EN 50272 –2 Safety Requirements for secondary batteries and battery installations Part 2: Stationary batteries
- ▼ Recommendations of the Transport of Dangerous Goods , Model Regulators, Twelfth Revised Edition
- ▼ DRAFT TECHNICAL GUIDELINES ON WASTE LEAD-ACID BATTERIES Technical Working Group of the Basel Convention, Geneva, 18-20 June 2001
- ▼ The Battery
 - <http://www.dep.state.pa.us/dep/deputate/minres/dms/website/training/battery.pdf>
- ▼ Explosion Risks in Battery Rooms
 - www.cholaaxa.com

נספח 1

לוח 1: שימושים טיפוסיים למצברים ניחים

(Stationary lead-acid batteries application)

(מתוך תקן 1 – IEC 600896)

שימוש	Application	Abbreviation
טלקומוניקציה	Telecommunication	TLCM
פעולת מיתוג בשעת החלפת שיטת הספקת החשמל בתחנות חשמל	Power Station Switch Operation	PSSO
מערכות מרכזיות לתאורת חירום, מערכות אזעקה	Central Emergency Lighting and Alarm System	CES
מערכות אל-פסק	Uninterrupted Power Supplies	UPS
התנעת מנועים ניחים	Stationary Engine Starting	SES
תחנת כוח סולרית	Solar Power Station	SPS

לוח 2: מבנים אופייניים של מצברים ניחים

(Stationary lead-acid batteries application)

(מתוך תקן 1 – IEC 600896)

שם	Designation	Abbreviation
לוח (אלקטרודה) יצוק עשוי חומר פעיל דו-תחמוצת העופרת (PbO_2).	Plated plate	PLA
לוח (אלקטרודה) מרוחה בחומר פעיל	Flat plate	FLA
לוח עשוי מצינוריות	Tubular plate	TUB
תא אלקטרוליטי יחידי בעל מכסה מקובע	Single Cell design with fixed cover	SC
מספר תאים בתיבה אחת תא מוכל – כולל מספר תאים באותו מיכל/תיבה, ללא גישה לחיבורים בין-תאיים	Monoblock enclosed cell – design with several cells into same integral container, with no access to the intercell connector	MB
איוורור חופשי - תא מוכל – מתוכנן כך שמתאפשר איוורור חופשי מגזים המשתחררים בתהליך האלקטרוליזה; קיימת גישה לתאים לצורך הוספת מים ובדיקת מפלס האלקטרוליט ומשקלו הסגולי.	Free Venting enclosed cell – design with allows free venting of electrolysis gas; provision is made for water addition and for measurement of electrolyte level and density	FV VLA – הקיצור המקובל בארצות הברית)
לחץ גזים מווסת ע"י שסתום: - תאים אלקטרוליטיים מצוידים בשסתום אל-חוזר לבקרת לחץ הגז (במידה וקיים בתאים). - אין פקקים לצורך גישה לתאים. - אלקטרוליט יכול להיות בצורת ג'ל (Gel), ("משולל תנועה"), ספוג בתוך חייצים (separators) או נפחו מוגבל	Valve Regulated sealed cells – design with control the venting of electrolysis gas (if any) by reclosing valve. Provision is not made for water addition. The electrolyte may be immobilized, absorbed or limited in volume.	VR VRLA – הקיצור המקובל בארצות הברית)

הערה: תקן ישראלי – ת"י 60086 חלק 1 זהה לתקן בינלאומי IEC 60086-1 למעט שינויים ותוספות.

נספח 2

תקנות החשמל המתייחסות לזרם ישר

- להלן תקנות החשמל העיקריות המתייחסות לזרם ישר:
- **תקנות החשמל (התקנת מובלים והתיוול שבהם במתח שאינו עולה על מתח נמוך), תשס"ג – 2002**
מתח בזרם ישר (DC), מוגדר כדלקמן :
"מתח גבוה" - מתח העולה על 1500 וולט בזרם ישר, בין שני מוליכים באותה שיטת אספקה והעולה על מתח נמוך ;
"מתח נמוך" - מתח השורר בין שני מוליכים באותה שיטת אספקה, העולה על מתח נמוך מאוד ואינו עולה על 1500 וולט בזרם ישר, הכל כאמור בתקנות החלות על המיתקן שאותו הם משמשים ;
"מתח נמוך מאוד" : מתח השורר בין שני מוליכים באותה שיטת אספקה שאינו עולה על 30, 60 או 120 וולט בזרם ישר. הכול כאמור בתקנות החלות על המיתקן אותו הם משמשים לפי העניין.
במתקנים שבהם קיימת סכנה מוגברת, כגון באתרים רפואיים או בחצרים חקלאיים מתח מגע מרבי הוא 60 וולט ובמתקנים אחרים 120 וולט.
 - **תקנות החשמל (עבודה במתקנים חשמליים חיים), התשכ"ן – 1967.**
תקנה 3 לתקנות הנ"ל קובעת :
"לא תבוצע עבודה במתקן חי אלא אם הוא במתח נמוך..."
תקנה 5 לתקנות הנ"ל קובעת בסעיף (א) :
"לא יבצע אדם עבודה במתקן חי אלא הוא בעל רישיון לעסוק בביצוע עבודות חשמל מסוג חשמלאי - מסויג או חשמלאי מוסמך לפחות, והוכשר במיוחד לעבודה זו בפיקוחו של בעל רישיון מסוג חשמלאי- מהנדס".
 - **תקנות החשמל (רישיונות), התשמ"ה - 1985 ;**
 - **תקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישהול במתח עד 1000 וולט), התשנ"א-1991.**
תקנות 7, 8 - קובעות כללי הארקות שיטה לזרם ישר
התקנת מובלים, התשכ"ו – 1965 :
 - **תקנה 8 הגנה בפני גזים מאכלים או נפיצים ;**
 - **התקנת מוליכים, התש"ל – 1970 :**
 - **תקנה 11(ב) (2) סימון מוליכים לזרם ישר ;**
 - **תקנה 36(א) (2) קובעת שהוראות תקנות אלה לא יחולו על מוליך המותקן במתח נמוך מאוד שעוצמת הזרם בו אינה עולה על 2 אמפר.**
 - **התקנת כבלים במתח שאינו עולה על מתח נמוך, התש"ס – 2000 :**
תקנה 7 (2) צבעי זיהוי של מוליכים בכבל וסימונם ;
תקנה 11 (א) הגנה בפני מפגעים, כגון איכול, פגיעה מכאנית.
 - **התקנת מערכות אל פסק סטטיות במתח נמוך, התשנ"ג – 1993.**
תקנה 11 הדורשת ש"מקום התקנת מצברים יאוורר כך שיימנע חימום יתר או הצטברות גזים הנפלטים מהם, וישולט לעניין הימצאות חומרים כימיים מסוכנים, פליטת גזים נפיצים או מאכלים וכיוצא באלה";
בתקנה 13(ב) נדרש ש"הארקת שיטה של מערכת תיבדק אחת לחמש שנים".
 - **מתקני חשמל באתרים רפואיים במתח עד 1000 וולט), התשנ"ה – 1994 :**
 - **תקנה 35 - מצברים כמקור לזינה חלופית קובעת דרישות לסוג המצברים המותקנים, לזרם טעינתם ולמקום התקנתם ;**
בתקנה 38(ה) - בדיקות תקופתיות למצברים נדרש לבדוק מצברים לפי הוראות היצרן וגם לבדוק תפקודם בהתאם לנדרש בתקנה 35(ב).
 - **מעגלים סופיים הניזונים במתח עד 1000 וולט), התשמ"ה – 1984 :**
תקנה 4 התאמה למקום ההתקנה ;
תקנה 42 אפשרות תחזוקה, אוורור וקריאת שלט הזיהוי ;
 - **תקנות החשמל (מיתקן חשמלי ציבורי בבניין רב קומות), התשנ"ג-2003,**
תקנה 5(5) ו-(2) מוגדר חדר מצברים כ"חדר שבו יותקן מצבר מרכזי מסוג המחייב תחזוקה, ואשר קיבולת האנרגיה שלו עולה על 0.9 קוט"ש"
תקנה 6. דרישות כלליות לחדרי חשמל
תקנה 10. חדר חשמל המשמש מצבר

נספח 3

Table 1 - Values for current I when charging with IU-or U-chargers

(תקן EN 50272-2:2001)

	Lead-acid batteries vented cells Sb < 3% ¹⁾	Lead-acid batteries VRLA cells	NiCd batteries vented cells ²⁾
Gas emission factor f_g	1	0,2	1
Gas emission safety factor f_s (incl. 10% faulty calls and ageing)	5	5	5
Float charge voltage ³⁾ U_{float} V / cell	2,23	2,27	1,40
typical float charge current I_{float} mA per Ah	1	1	1
Current (float) I_{gas} mA per Ah (under float charge conditions relevant for air flow calculation)	5	1	5
Boost charge voltage ³⁾ U_{boost} V/ cell	2,40	2,40	1,55
typical boost charge current I_{boost} mA per Ah	4	8	10
Current (boost) I_{gas} mA per Ah (under float charge conditions relevant for air flow calculation)	20	8	50
<p>1) For higher antimony (Sb) content contact the manufacture for suitable values. 2) For recombination type NiCd cells conduit the manufacture. 3) Float and boost charge voltage can vary with the specific gravity of electrolyte in lead-acid cells.</p>			

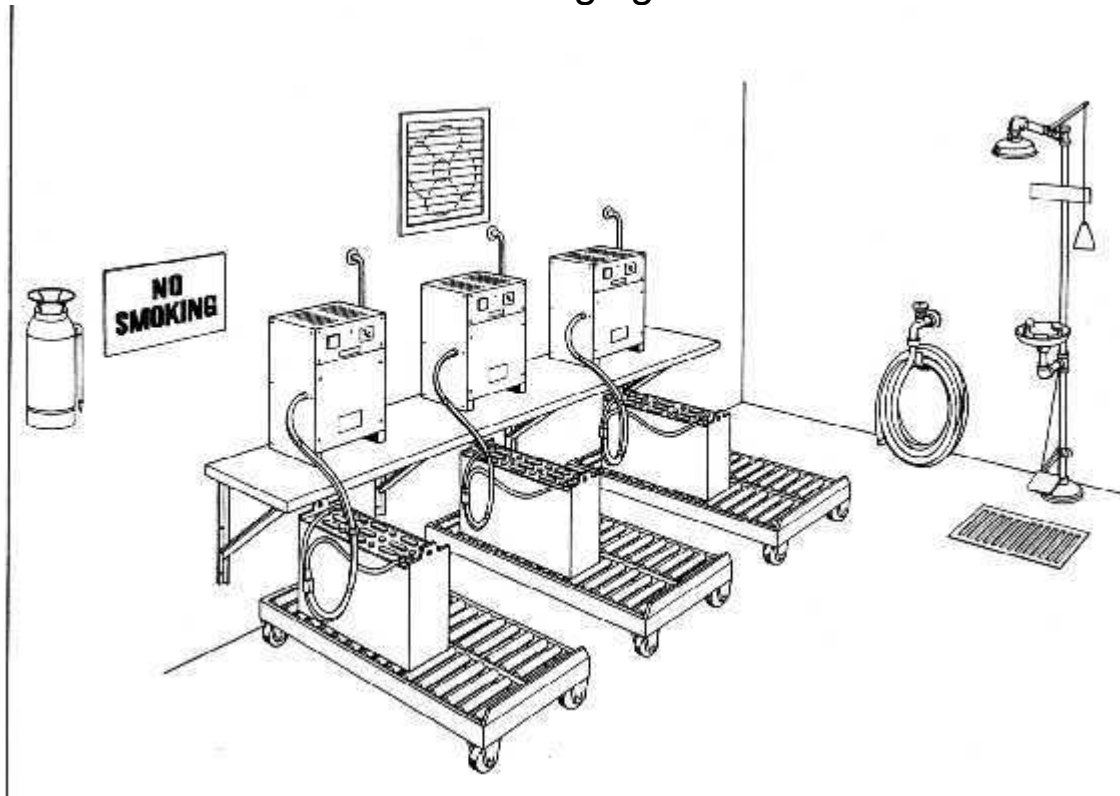
הערה: ערכים של float ו- I boost גדלים עם הטמפרטורה. יש להתאים את הנתונים שב- Table 1 כתוצאה מעלית הטמפרטורה עד ל- 40°C מקסימום. עבור תאים אטומים בעלי שסתומים הממחזרים את הגזים (שסתומים קטליטיים) ניתן להקטין את הערך של I gas ב-50% בהשוואה לתאים מאווררים.

נספח 4

בחירת מקום במפעל המיועד לטעינת מצברי מלגזות

1. טעינת מצברי מלגזות בחדר מצברים מרכזי
כאשר קיים במפעל מספר גדול של מלגזות מהן מפרקים מצברים לצורך טעינתם במקום ייעודי, חשוב מאוד לבחור נכון את מיקום חדר הטעינה במפעל. מיקום זה תלוי בפרישת שטחי הפעולה של מלגזות במפעל.
הניסיון מצביע על כך שהטעינה בחדר מצברים מרכזי יעילה יותר מבחינה כלכלית וכן מבחינה בטיחותית מזו הנעשה במספר חדרי מצברים הפרושים בשטח המפעל. בחדר מצברים מרכזי ניתן לרכז את אנשי התחזוקה המיומנים בביצוע בטיחותי של עבודות הטעינה והחלפה של מצברים. בנוסף, ריכוז עבודות הטעינה בחדר מצברים מרכזי מונע את כפילויות מערכות התשתית והציוד כגון:
 - א. מערכת חשמל (ציוד הטעינה יוזן ממעגל חשמלי נפרד)
 - ב. מערכת האיוורור;
 - ג. צנרת הספקת מים;
 - ד. מערכת ניקוז המיועדת לקליטת שפכי החומצה ומי השטיפה המנוטרלים;
 - ה. ציוד מיוחד לשינוע והרמה של מצברים שונים של מלגזות הפועלות במפעל;
 - ו. ציוד בטיחות ועזרה ראשונה;
 - ז. ציוד כיבוי;
 - ח. החסנת חומרים ספציפיים, כמו חומצה גפרתית, מים מזוקקים, חומרים מנטרלים כגון: סודיום ביקרבונט, חומרי הספיגה;במקרים מסוימים, כאשר המרחק מחדר מצברים מרכזי עד לאיזור פעולת המלגזה גדול באופן בלתי מתקבל על הדעת, טעינת מצברים מבוזרת במספר חדרי/מקומות הטעינה הפרושים במפעל, עשויה להיות חסכונית יותר. מומלץ לשמור על מספר מינימלי של חדרי/מקומות הטעינה כדי להקטין את הוצאת התפעול.
דוגמאות למקום טעינה קטן ולחדר מצברים - ראה נספח 5.

Small Charging Area



Complete Battery Charging Room

