

גוליילמו מרקוני

אברהם אמיר – 4X4FW

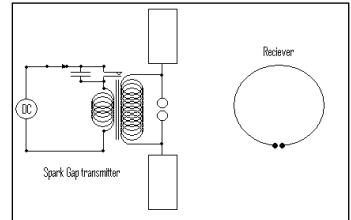
התיאוריות הראשונות בקשר לשדה האלקטרומגנטי והתפשטותו במרחב פותחו במחצית השנייה של המאה התשע עשרה. בין המדענים הבולטים שעסקו במחקר ופיתוח תיאוריות אלה היו מיכאל פאראדי, ג'ורג' מקסוול ובמיוחד היינריך הרץ שפיתח והרחיב את התיאוריות של מקסוול מ-1873. הרץ ביצע בשנת 1887 את הניסוי הראשון ביצירה ושידור תנודות אלקטרומגנטיות במרחב וקליטתן במרחק קצר. הוא ערך את החישובים המדויקים בקשר לאורך הגל, תדירותו ומהירות התפשטותו. בסוף המאה התשע עשרה מספר מדענים וחוקרים חזרו על הניסוי של הרץ וניסו ליישם באופן מעשי את התיאוריות שלו, אך הבולט ביניהם היה גוליילמו מרקוני.

היוכח ההיסטורי לגבי הממציא הראשון והבעלות על הפטנט להמצאת הרדיו מתקיים כבר למעלה ממאה שנים. ניקולה טסלה שכפר בתיאוריות של הרץ, הגה את הרעיון של שידור תנודות אלקטרומגנטיות במרחב לטווחים ארוכים לפני מרקוני, אך בפועל מטרת הניסויים שביצע הייתה העברת אנרגיה חשמלית למרחקים. טסלה יצר שדה אלקטרומגנטי בעוצמה גדולה מאוד באמצעות "סליל טסלה" ענק שהותקן במגדל. למעשה, זה היה שנאי ענק שהשדה השיווי שלו השרה על סביבתו הקרובה בלבד. לעומתו, מרקוני שביסס את ניסויו על התיאוריות של הרץ, שכלל מאוד את האמצעי הגורם להתפשטות התנודות האלקטרומגנטיות במרחב, שבהמשך נקרא אנטנה. מרקוני התמקד בעיקר ביישום שידור אותות טלגרף למרחקים ללא חוטים ולאור הצלחותיו הרבות נחשב לאבי הטלגרף האלחוטי.

מרקוני נולד בבולוניה באיטליה בשנת 1874 לאב ממשפחה עשירה. מוצאה של אמו היה ממשפחה אירית-סקוטית בעלת מזקקות וויסקי. היא נישאה לאביו באיטליה לשם הגיעה כדי ללמוד זימרה. את שנותיו הראשונות בילה מרקוני עם אחיו ואמו באנגליה וכשחזר לאיטליה למד לימודי יסוד אצל מורים פרטיים. את השכלתו התיכונית רכש במכון פרטי בפירנצה והמשיך במכון הטכנולוגי בליבורנו, אך מעולם לא סיים רשמית את לימודיו. למרות זאת, בהיותו בליבורנו הוא קיבל שיעורים פרטיים ברמה גבוהה בפיסיקה וחשמל מהמרצים שלו. הוא נפגש בליבורנו עם מפעיל טלגרף ותיק שלימד אותו לשרד ולקלוט אותות מורס. בהיותו בן שמונה עשרה, קבל רשות מהפיסיקאי אוגוסטו ריג'י - Augusto Righi להשתתף בהרצאותיו באוניברסיטת בולוניה ולהשתמש במעבדה וספריית האוניברסיטה. אוגוסטו ריג'י עסק במחקרים נרחבים בפיסיקה בנושאי חשמל אלקטרו-סטטי ואלקטרומגנטיות ובמיוחד בתיאוריות של היינריך הרץ.



חשיפתו של מרקוני לידע המדעי והתעניינותו בפיסיקה, חשמל ואלקטרומגנטיות הביאה לשאיפתו ליישום העברת אותות טלגרף למרחקים, ללא חוט מוליך. קדמו לו רבים בשאיפה זו, אך בתקופה שקדמה להרץ ניסו ליישם זאת ללא הצלחה מעשית, על ידי הולכת האותות החשמליים דרך מי נחלים ואגמים או דרך מוליכות האדמה. מרקוני התבסס על מחקריו וניסויו של הרץ והחל לבצע ניסויים מעשיים לשידור תנודות אלקטרומגנטיות (שכוננו בימים ההם "Hertzian Waves") במרחב למרחקים גדולים.



תרשים הניסוי של היינריך הרץ – 1887

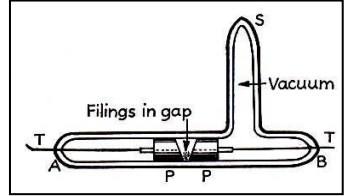
ניסויים המבוססים על התיאוריות של הרץ בוצעו לפני מרקוני על ידי אוליבר לודג', אלכסנדר פופוב ומורו הפרטי של מרקוני אוגוסטו ריג'י, במסגרת מחקריהם המעבדתי להוכחת התיאוריה. בשנת 1894 כשהוא בגיל עשרים ביצע מרקוני את הניסוי הראשון שלו בעליית הגג בביתו. במקום טבעת המתכת עם מרווח הניצוצות ששמש את הרץ לקליטת התנודות האלקטרומגנטיות, מרקוני הצליח להפעיל במעגל הקליטה פעמון חשמלי. כשהוא מעורר מהישג זה, צעדו הבא היה המשך הניסויים בחצר הווילה של משפחתו. במקום אנטנת הדיפול של הרץ העשויה משני לוחות מתכת קטנים (בתדר תהודה טבעית בתחום ה-UHF), מרקוני חיבר קוטב אחד של מחולל התנודות ללוח מתכת גדול התלוי על מסגרת ואת הקוטב השני חיבר לאדמה. בטווח של עשרות מטרים ממנו ישב אחיו אלפונסו עם מערך דומה שכלל מעגל קליטה עם הפעמון החשמלי. הידע של מרקוני באיתות מורס אפשר לו בניסוייו הבאים לשרד הודעות בטלגרף. מרקוני נוכח שככל שלוח המתכת והחוט המחבר גבוהים יותר מעל האדמה, הטווח גדל. בהמשך ניסוייו הבין שאין צורך כלל בלוח המתכת והסתפק בחוט מוליך ארוך הנישא אל על באמצעות עפיפון.



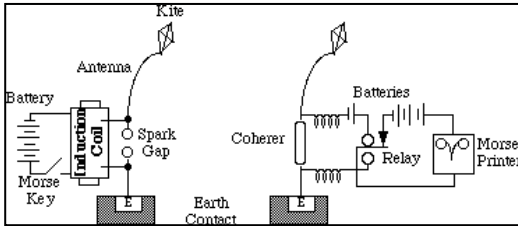
איור של הניסוי בחצר הווילה - 1895

נקודת התורפה בניסוי של הרץ הייתה הרגישות האפסית של הגלאי במעגל הקליטה שהתבסס על פריצת ניצוץ בין כדורי המתכת. המדען הצרפתי אדוארד ברנלי פיתח גלאי רגיש יחסית המבוסס על מבחנת זכוכית עם גרגרי מתכת לחוצים בין שתי אלקטרודות. הזרם שהשרו תנודות השדה האלקטרומגנטי גרמו לגרגרים להידבק ביניהם וזה הגביר את מעבר הזרם בין האלקטרודות. אוליבר לודג' הבריטי אימץ את רעיון הגלאי של ברנלי, יישם אותו בהצלחה בניסוייו וכינה אותו "קוהרר" COHERER. גלאי זה אומץ גם על ידי מרקוני ובניסוייו הבאים הצליח לקיים קשר טלגרף אלחוטי למרחקים. הניסוי של מרקוני בסוף שנת 1895 בו ביצע קשר בטווח של 1.5 ק"מ, הוא אבן דרך בהיסטוריה של הטלגרף האלחוטי.

מרקוני עניין גורמים בממשלת איטליה ביישום רעיונו להפעלת טלגרף אלחוטי, אך נענה בשלילה. הוא החליט לנסות את מזלו באנגליה לשם נסע עם אמו בשנת 1896. בעזרת ההשפעה הגדולה של משפחת אמו העשירה, הוצג מרקוני בפני המהנדס הראשי של הדואר הבריטי וויליאם פירס William Pierce. פירס קיבל אותו ואת רעיונותיו בזרועות פתוחות ותחת חסותו של הדואר הבריטי מרקוני ביצע ניסויים נוספים בהם הגדיל את טווח הקשר למספר רב של קילומטרים. באמצעות מימון ממשפחתו העשירה וידידיהם הוקמה חברת מרקוני בשנת 1897 והוקם מפעל ליד לונדון לייצור ושוק ציוד טלגרף אלחוטי. חברת מרקוני הפכה במהרה למובילה בעולם בשטח הטלגרף האלחוטי ונשארה כזו במשך שני עשורים. בין הסיבות להצלחתה של החברה יש לציין את מנהיגותו של מרקוני בהובלת צוות המחקר והפיתוח, אשר יישם את המצאותיו ורעיונותיו לשיפור ביצועי הציוד שיוצר בחברה.

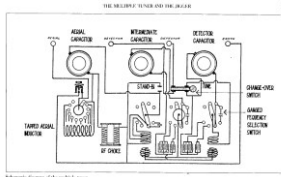


תרשים גלאי קוהרר - Coherer



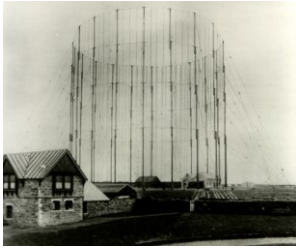
בנוסף לטלגרף האלחוטי לשימוש בקשר יבשתי, התפתח במהרה הטלגרף האלחוטי לקשר ימי לספינות אשר הפך לשוק העיקרי של חברת מרקוני. ציוד הטלגרף האלחוטי היה ירוד מאוד בשנים הראשונות. במשך הניצוצות האנטנה חוברת ישירות לסליל המתח הגבוה ומרווח הניצוצות, ללא מעגלי תהודה ותיאום לאנטנה. טווח הקשר היה עשרות קילומטרים בלבד והתאים לספינות השטות בקרבת החוף. משוכללים הניתנים לכיוון לתדר הרצוי. מעגלי התהודה שיפרו את התיאום לאנטנה והגדילו את עוצמת השידור האפקטיבית. אחת מהדגמות הקשר הימי שביצעה חברת מרקוני בין תחנת חוף לספינה בטווח ארוך, נכשלה כתוצאה מהפרעה קשה מתחנת חוף מתחרה ששדרה בתדר אחר. מרקוני הגיע למסקנה שחייבים לשפר את הסלקטיביות של מעגל הקליטה כדי למנוע הפרעות ממשדרים אחרים. הוא הטיל משימה זו על בכירי מהנדסיו והם פיתחו את ה-Multiple Tuner, אשר כולל שלשה מעגלי תהודה עם קבלים וסלילים מתכוונים. פטנט מספר 7777 על המצאה זו נרשם באנגליה בשנת 1901 על שם מרקוני, אך אוליבר לודג' טען שמרקוני התבסס על פיתוחיו בשטח מעגלי התהודה לתיאום האנטנות במשדרים ומקלטים.

הניסיון שהצטבר במהלך השנים הראשונות של הפעלת טלגרף אלחוטי ביבשה ובים הביא למסקנה שגלי הרדיו שהיו בשימוש בתקופה זו, מסוגלים להתפשט מעבר לאופק למרות הקימור של כדור הארץ. הטוחים בים היו יותר גדולים מאשר ביבשה.



Marconi Multiple Tuner 103R (1907)

כדי לנצל תופעה זו לשם הגדלת טווח הקשר לספינות השטות באוקיאנוסים, מרקוני החליט להקים תחנות חוף בהספק גבוה מאוד ולהמשיך בשכלול ושיפור הרגישות של גלאי הקוהרר והגלאי האלקטרומגנטי שהוכנס לשימוש. שאיפתו הבאה הייתה לבצע קשר טלגרף אלחוטי טרנס-אטלנטי בין אירופה ואמריקה.



אתר תחנת השידור בפולדהו

מועצת המנהלים של חברת מרקוני החליטה להשקיע בפרויקט לקשר טרנס-אטלנטי, בו יוקמו תחנות בהספק שידור גבוה ב-Poldhu בחבל קורנוול באנגליה וב-Cape Cod בארצות הברית. מהנדס החשמל הנודע Sir Ambrose Fleming גויס לסייע בפיתוח ותכנון ציוד השידור והקליטה. להפעלת המשדרים תוכננו ונבנו מחוללי זרם חילופין בהספק 25 קילו-וואט. מערך האנטנות שהוקמו בשני צידי האוקיאנוס כללו עשרים תרנים בגובה 60 מטר המוצבים במעגל בקוטר 60 מטר. בחלל הפנימי נמתחו חוטים שיצרו אנטנה בצורת קונס הפוך.

סערה עזה בשנת 1901 מוטטה את האנטנה בפולדהו באנגליה, כי התרנים לא תוכננו כראוי לעמידה ברוחות בעלות עוצמה כזו. אירוע זה לא הרתיע את מרקוני והוא בקש את הנהלת חברתו להשקיע בהמשך הניסויים, אך הפעם עם אנטנות זמניות להוכחת היכולת לבצע קשר טרנס-אטלנטי. מרקוני החליט לבצע ניסוי קשר מאנגליה לניו-פאונדלנד בטווח 2100 מייל, כאשר הטווח הגדול ביותר שאליה הגיעו עד אז היה 225 מייל.



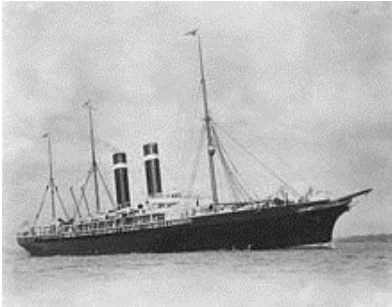
מרקוני בתחנת הקליטה בניו-פאונדלנד



הפעלת אנטנת העפיון בניו-פאונדלנד

בדצמבר 1901 מרקוני והצוות שלו הגיעו לניו-פאונדלנד עם ציוד מאנגליה שכלל מתקני קליטה ואנטנות חוט ארוכות הנישאות על ידי בלונים ועפיפונים. בוצע קשר טלגרפי קווי באמצעות כבל תת-ימי אל תחנת השידור בפולדהו באנגליה, בו הם התבקשו לשדר את האות S בזמנים מוסכמים. בתאריך 12.12.1901 הצליחו מרקוני ועוזרו Kemp לקלוט בתוך הרעש את האות S מספר פעמים בלבד. מזג האוויר בניו-פאונדלנד היה סוער מאוד ולא ניתן היה להפעיל את הבלונים והעפיפונים שנית. מספר ימים עברו עם ניסיונות קליטה לא מוצלחים. מרקוני קבל הודעה מחברת Anglo-American Telegraph Company בה נמסר לו שעליו להפסיק מיידית את הניסויים, כי יש להם מונופול על פעילות הטלגרף בניו-פאונדלנד ולדעתם זה כולל גם טלגרף אלחוטי. מרקוני נאלץ להיענות לדרישה זו והתנחם בכך שהצליח להוכיח (לפחות לעצמו) שניתן לקיים קשר טלגרף אלחוטי טרנס-אטלנטי, למרות קימור כדור הארץ. לא כולם האמינו לדווחו של מרקוני על קליטת האותות בטווח הזה ומרקוני שאף להוכיח זאת בניסויי הבאים.

הניסוי הבא בוצע על ידו בשנת 1902 כאשר הפליג באוניה S.S. Philadelphia מאנגליה לארצות הברית עם ציוד קליטה משופר ואמצעי לרישום של אותות טלגרף על סרט נייר (רגיסטר). בין התרנים של האוניה נמתח חוט אנטנה באורך 60 מטר לקליטת האותות. לאורך מסלול ההפלגה נקלטו ונרשמו בסרטי הנייר של הרגיסטר אותות הטלגרף ששודרו בשעות קבועות מידי יום מתחנת פולדהו. על סרטי הנייר חתמו קציני האוניה בתחיתמת ידם להוכחת האוטנטיות. האותות מתחנת פולדהו באנגליה המשיכו להיקלט באוניה לאורך ההפלגה עד היעד הסופי שהיה במרחק 2100 מייל. בהפלגה היסטורית זו מרקוני הצליח להוכיח לכל אלה שפקקו באמיתות הניסוי הראשון, כי ניתן לקיים קשר טלגרף אלחוטי טרנס-אטלנטי. כמו כן הוא גילה את התופעה של אפקט הלילה בה טווח הקליטה כלילה ארוך יותר מאשר ביום.



S.S. Philadelphia



חנתת הקליטה באונייה S.S. Philadelphia

מרקוני האמין שניתן יהיה לקיים קשר טלגרף אלחוטי בין כל היבשות בעולם, אשר ייתר את הצורך בהשקעות הגדולות בכבלי טלגרף תת-ימיים. לאחר שש שנים נוספות של ניסויים רצופים שכללו גם כישלונות מאכזבים, חברת מרקוני הצליחה לפרוס ולהפעיל רשתות קשר מסחריות בין כל היבשות. חשוב לציין כי כל הפעילות של חברת מרקוני וחברות אחרות בתקופה זו התבססה על טכניקת השידור עם משדרי ניצוצות ומקלטים פסיביים עם גלאי הקוהורר והגלאי האלקטרומגנטי. היה צורך לשדר בהספקים עצומים ובאנטנות חוט גבוהות וארוכות מאוד אשר הכתיבו שימוש בגלים ארוכים.

הפעילות של חברת מרקוני בטלגרף האלחוטי הימי התרחבה מאוד ואוניות הנוסעים בקווים הטרנס-אוקיאניים הציטידו בתחנות האלחוט של חברת מרקוני, אשר גם הכשירה וסיפקה את האלחוטאים לחברות הספנות. טביעתה של ה"טיטניק" בשנת 1912 היוותה אבן דרך חשובה מאוד בהתייחסות הרשויות במדינות הימיות לגבי ההכרח בהפעלת טלגרף אלחוטי בכל האוניות. שני האלחוטנים ב"טיטניק" היו אנשי חברת מרקוני ותחנת הטלגרף האלחוטית של מרקוני בניו-יורק קיימה קשר רצוף עם האוניות שחילצו את הניצולים. מרקוני הוזמן להעיד בוועדה הבריטית שחקרה את האירוע ומנהל הדואר הבריטי סיכם את הדיון



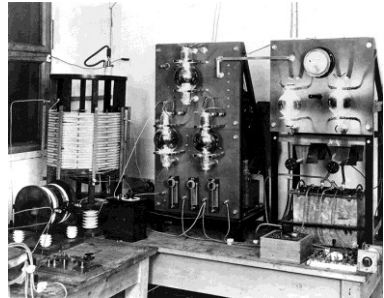
כאסון הטיטניק במשפט: "אלה שניצלו, ניצלו הודות לאדם אחד, מרקוני". המודעות הממשלתית והציבורית ברחבי העולם לחשיבות הטלגרף האלחוטי גברה והביאה לגידול והרחבת הפעילות של השלוחות ומפעלי חברת מרקוני ברחבי העולם. עם תחילת מלחמת העולם הראשונה, מרקוני הרחיב את פעילות חברתו גם לתחום הצבאי. חברת מרקוני קבלה הזמנות גדולות מאוד מהצבא הבריטי לתחנות טלגרף אלחוטיות קבועות בהספקים גבוהים וכן לתחנות ניידות בכלי הרכב של אותה תקופה, כולל עגלות ועל גבי סוסים ופרדות.

מרקוני והגלים הקצרים

מרקוני היה מודע להישגים של חובבי הרדיו בשנות העשרים שפעלו בתדרים גבוהים (1,500 קה"ץ ומעלה), בהם הצליחו לקיים קשר בטווחים של אלפי קילומטרים. הוא מינה צוות מומחים לבדיקת האפשרות להקים רשת טלגרף אלחוטית בגלים הקצרים, שתפעל באופן רצוף ואמין לאורך כל עונות השנה ושעות היממה. הניסויים בוצעו בתחילה בין תחנת הבסיס של מרקוני באנגליה אל היבשה הפרטית שלו שהפליגה לאורך חופי מערב אפריקה ובים התיכון עד בירות בלבנון. הניסויים היו מוצלחים ועם המעבר לציוד שידור וקליטה הפועל באמצעות שפופרות רדיו, חברת מרקוני החלה בייצור משדרים ומקלטים בגלים קצרים. תכונת החזר הגלים האלקטרומגנטיים בגלים קצרים על ידי שכבות היונוספרה שנתגלתה על ידי חובבי הרדיו, נחקרה על ידי הפיסיקאים וזכתה להסבר מדעי. רשתות הקשר הטלגרפי הבינלאומיות של מרקוני עברו בהדרגה לפעולה בגלים קצרים וניתן היה לשדר בהספק הרבה יותר נמוך ובאנטנות קטנות יותר מאשר היה דרוש בגלים הארוכים. מרקוני הגיע להסכם עם הדואר הבריטי על הקמת רשת האלחוט האימפריאלית בגלים קצרים שקישרה בין כל ארצות חבר העמים הבריטי. רשת זו פעלה בהצלחה מרובה במשך שנים רבות.

חברת מרקוני ושידורי הרדיו של BBC

המצאת שופרות הריק והטריודה אפשרה שידור אלחוטי של קול ומוסיקה. בשנת 1920 מרקוני הקים תחנת שידור ניסיונית בחבל אסקס באנגליה עם אות הקשר 2MT. בתחילה הותר לתחנה הניסיונית לשדר קול ומוסיקה במשך חצי שעה בשבוע. ביוני 1920 קוים שידור חי מיוחד של זמרת האופרה המפורסמת **נלי מלבה** (על שמה גלידת Peach Melba) שכלל רסיטל לפסנתר, קטעי אופרה וההמנון הבריטי. חובבי הרדיו של אותה תקופה קלטו את השידור בפריס, מדריד וברלין באמצעות מקלטי גביש מבניה עצמית. שידורים שבועיים אלה נמשכו כשנתיים.



תחנת השידור הניסיונית של מרקוני 2MT

בשנת 1922 הותר לתחנה הניסיונית של מרקוני לשדר בכל יום חצי שעה של חדשות, מוסיקה ובידור. חברת מרקוני זיהתה את הפוטנציאל המסחרי והכלכלי הגלום בשידורי הרדיו והציעה ליצרני מקלטי הרדיו באנגליה הקמת תחנות שידור ברחבי המדינה, תחת חברת גג משותפת. הוקמה חברה משותפת שנקראה בשם **British Broadcasting Company - BBC**. מייסדי חברת BBC וממניה היו חברת מרקוני, ג'ורל אלקטריק קומפני, ויקרס, ווסטרן אלקטריק וחברת תומסון-יוסטון הבריטית. היא הפכה במהרה לרשת השידור הציבורית הטובה בעולם ונשארה כזו גם בימינו.

פעילותו הציבורית של מרקוני והמשך קורות חייו

1914 - מרקוני מונה לחבר הסנט האיטלקי. באנגליה הוענק לו אות מסדר ויקטוריה.

במהלך **מלחמת העולם הראשונה** - מרקוני מונה לראש שרותי הרדיו בצבא האיטלקי.

1923 - מרקוני הצטרף לתנועה הפשיסטית באיטליה.

1929 - המלך ויקטור עמנואל השלישי העניק לו את התואר מרקיו.

1930 - הדיקטטור האיטלקי בניטו מוסוליני מינה את מרקוני לנשיא האקדמיה המלכותית ובהמשך היה חבר המועצה הפשיסטית העליונה.

1937 - מרקוני נפטר ברומא בגיל 63. באיטליה הוכרז יום אבל לאומי ונערך לו טכס הלוויה וקבורה ממלכתי. באנגליה משדרי שרות השידור BBC ומשדרי האלחוט של הדואר הבריטי כיבשה ובים בכל רחבי העולם, הפסיקו לפעול במשך שתי דקות לזכרו של מרקוני אבי הרדיו בשעת קבורתו.

במהלך שנות פעילותו של מרקוני נרשמו על שמו 6 פטנטים באנגליה ו-32 בארה"ב, כולם בקשר לשיפורים במכשירי הטלגרף האלחוטי. המקומות הבאים נקראו על שמו של מרקוני: נמל התעופה מרקוני בבלוניה באיטליה, אוניברסיטת מרקוני ברומא, קטע חוף הים בקייפ קוד בארה"ב ליד המקום בו נמצאים שרידי מגדל האנטנה של תחנת האלחוט בה בוצע הקשר הטרנס-אטלנטי הראשון. מרקוני פלאזה בפילדלפיה נבנתה ככניסה הראשית לתערוכת פילדלפיה 1926 לכבודו של מרקוני. ב-Glace Bay, Nova Scotia הוקם המוזיאון הלאומי על שם מרקוני לזכר ניסויי הראשונים בקשר אלחוטי טרנס-אטלנטי. בתאריך הולדתו ב-25 באפריל, חובבי רדיו באנגליה ומקומות אחרים בעולם מציינים את "יום מרקוני הבינלאומי" באירועים שונים ובתחרויות.

לסיכום ניתן לומר כי **גואליימו מרקוני** הצעיר מבולוניה באיטליה, היה חובב הרדיו הראשון והפעיל ביותר בהיסטוריה. במסגרת ניסויי הקשר הרבים שביצע לאורך השנים שידר וקלט אותות מורס. המסעות הרבים לקצווי תבל לביצוע ניסויי קשר, הם ה-DXpeditions הראשונים שאורגנו על ידי מרקוני וצוות עוזריו כבר לפני מעל מאה שנים. זאת למרות שלא היה רשום רשמית כחובב רדיו מורשה מימיו. פעילותו לאורך השנים הציטינה בשאיפה העיקשת שלו לפתח, לבנות ולהפעיל תחנות אלחוט טלגרף ודיבור לקשר עם כל העולם. הסיפוק שמרקוני קיבל כתוצאה מהישגיו אינו שונה מהסיפוק שחשים חובבי הרדיו כשהם מצליחים לקיים קשר עם DX נדיר.

הכותב הינו עורך האתר www.telecom-milestones.com