

ΕΥΦΥΗ ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ

“ΕΞΥΠΝΟΙ” ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΓΙΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΕΡΙΑ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΥΦΥΟΥΣ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΑΥ

1 Εισαγωγή

Τα ευφυή ψηφιακά συστήματα και οι ψηφιακές τεχνολογίες που εισάγονται στους χώρους εργασίας της ΕΕ αναδιαμορφώνουν τα εργασιακά περιβάλλοντα τόσο για τους εργαζομένους όσο και για τους εργοδότες. Οι καινοτομίες στις “έξυπνες” φορητές συσκευές, τους εξωσκελετούς, την τεχνητή νοημοσύνη (TN), τη μηχανική μάθηση (ML), το διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), την εικονική και επαυξημένη πραγματικότητα (VR και AR), μεταξύ άλλων, παρέχουν νέες ευκαιρίες για την πρόληψη και την αντιμετώπιση των κινδύνων στους χώρους εργασίας.

Στο πλαίσιο του προγράμματος “Επισκόπηση της επαγγελματικής ασφάλειας και υγείας (ΕΑΥ)” του Ευρωπαϊκού Οργανισμού EU-OSHA (2020-2023)¹, ο EU-OSHA εξέτασε τις προκλήσεις και τις ευκαιρίες που σχετίζονται με τη χρήση των ευφυών ψηφιακών εργαλείων και συστημάτων παρακολούθησης για τη βελτίωση της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων. Τα εν λόγω συστήματα αξιοποιούν την ψηφιακή τεχνολογία για να συλλέγουν και να αναλύουν δεδομένα με σκοπό την αναγνώριση και την αξιολόγηση των επαγγελματικών κινδύνων, την πρόληψη ή/και την ελαχιστοποίηση των βλαβών και την προαγωγή της ΕΑΥ.² Ο EU-OSHA έχει κατηγοριοποιήσει τα εν λόγω συστήματα σε “εκ των προτέρων λειτουργίας” (πρόληψη των κινδύνων) και σε “εκ των υστέρων λειτουργίας” (ανταπόκριση στους κινδύνους), μολονότι αναγνωρίζει την πιθανή αλληλεπικάλυψη μεταξύ των δύο³. Ο EU-OSHA παρείχε περαιτέρω μια επισκόπηση των κινδύνων και των ευκαιριών που συνδέονται με τα συστήματα αυτά⁴ και διερεύνησε τους πόρους στους χώρους εργασίας που θα μπορούσαν να διασφαλίσουν την ασφάλη και υγιή χρήση τους.⁵

Προκειμένου να διερευνηθεί η πρακτική υλοποίηση των ευφυών ψηφιακών εργαλείων και των νέων συστημάτων παρακολούθησης της ΕΑΥ για τη βελτίωση της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων, ο EU-OSHA έχει αναπτύξει μια σειρά περιπτωσιολογικών μελετών. Το εν λόγω σύνολο περιπτωσιολογικών μελετών περιλαμβάνει τόσο περιπτώσεις ευφυών ψηφιακών συστημάτων σε επίπεδο σχεδιασμού/ανάπτυξης όσο και περιπτώσεις επιχειρήσεων που εφαρμόζουν αυτά τα συστήματα. Οι περιπτωσιολογικές μελέτες διερευνούν αναλόγως πτυχές που σχετίζονται με το στάδιο του σχεδιασμού/ανάπτυξης και με το στάδιο της εφαρμογής. Οι πτυχές της ΕΑΥ, συμπεριλαμβανομένης της συμμετοχής των εργαζομένων, εξετάστηκαν σε όλες τις περιπτωσιολογικές μελέτες, λαμβανομένου υπόψη του είδους της περιπτωσιολογικής μελέτης. Περαιτέρω, σε όλες τις περιπτωσιολογικές μελέτες εξετάζονται πιθανοί ευνοϊκοί παράγοντες, ανασταλτικοί παράγοντες και παράγοντες επιτυχίας για την ασφάλη και αποτελεσματική εφαρμογή.

¹ Για περισσότερες πληροφορίες, βλ.: [osha.europa.eu](https://osha.europa.eu/en/themes/digitalisation-work) (άνευ ημερομηνίας) Ψηφιακή εποχή της εργασίας. Διατίθεται στον ιστότοπο: <https://osha.europa.eu/en/themes/digitalisation-work>

² EU-OSHA (2023). Ευφυή ψηφιακά συστήματα παρακολούθησης για την επαγγελματική ασφάλεια και υγεία: χρήσεις και προκλήσεις, <https://osha.europa.eu/en/publications/smart-digital-monitoring-systems-occupational-safety-and-health-uses-and-challenges>

³ Ο.π.

⁴ Ο.π.

⁵ EU-OSHA (2023). Ευφυή ψηφιακά συστήματα παρακολούθησης για την επαγγελματική ασφάλεια και υγεία: πηγές πληροφόρησης για τον σχεδιασμό, την υλοποίηση και τη χρήση τους στους χώρους εργασίας, <https://osha.europa.eu/en/publications/smart-digital-monitoring-systems-occupational-safety-and-health-workplace-resources-design-implementation-and-use>

Για την εκπόνηση των εν λόγω περιπτώσιολογικών μελετών, εκτός από δευτερογενή στατιστική ανάλυση, διενεργήθηκαν συνεντεύξεις με βασικούς πληροφοριοδότες, συμπεριλαμβανομένων εκπροσώπων των εργαζομένων, υπευθύνων ασφαλείας, εργοδοτών και αντιπροσώπων ενώσεων της βιομηχανίας. Επιπλέον, σε επίπεδο επιχείρησης ή οργανισμού, πραγματοποιήθηκαν έως και πέντε συνεντεύξεις με χειριστές, υπεύθυνους προστασίας δεδομένων, μηχανικούς υγείας και ασφάλειας, διοικητικά στελέχη, συμβούλους εργασίας και υπευθύνους τεχνολογίας. Οι συνεντεύξεις είχαν διάρκεια από 1 έως 1,5 ώρες και πραγματοποιήθηκαν στη μητρική γλώσσα των συμμετεχόντων, εάν ήταν δυνατόν, ή εναλλακτικά στην αγγλική γλώσσα, με τη χρήση οδηγού συνέντευξης, ενώ τα αποτελέσματα των συνεντεύξεων ήταν ανώνυμα. Οι περιπτώσιολογικές μελέτες που αναφέρονται στα αποτελέσματα των σχεδιαστών δεν περιέχουν λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με την υλοποίηση των συστημάτων στον χώρο εργασίας, καθώς υπήρξε περιορισμένη συλλογή πληροφοριών από τις επιχειρήσεις στις οποίες έχουν εγκατασταθεί τα συστήματα.

Συνολικά εντοπίστηκαν 15 περιπτώσεις, για τις οποίες συλλέχθηκαν προκαταρκτικές πληροφορίες μέσω ερωτηματολογίου, ενώ στη συνέχεια εννέα από αυτές αναπτύχθηκαν περαιτέρω σε περιπτώσιολογικές μελέτες.

2 Γενική περιγραφή της επιχείρησης

Η παρούσα περιπτώσιολογική μελέτη αναφέρεται σε “έξυπνους” αισθητήρες επικίνδυνων αερίων, οι οποίοι έχουν αναπτυχθεί από έναν Γερμανό κατασκευαστή που είναι διεθνής ηγέτης στους τομείς της ιατρικής τεχνολογίας και της τεχνολογίας ασφάλειας. Ο κατασκευαστής παράγει ευρύ φάσμα προϊόντων, όπως αναπνευστικές συσκευές, σταθερούς και φορητούς ανιχνευτές αερίων, εξοπλισμό αναπνευστικής προστασίας, υπόγειο εξοπλισμό ασφαλείας, και άλλα, για διάφορους βιομηχανικούς κλάδους. Δραστηριοποιούμενος σε παγκόσμιο επίπεδο, ο κατασκευαστής απασχολεί περίπου 15 000 άτομα.

Η περιπτώσιολογική μελέτη περιλαμβάνει επίσης ένα παράδειγμα του τρόπου εφαρμογής αυτών των αισθητήρων από μια επιχείρηση με έδρα το Ηνωμένο Βασίλειο η οποία ειδικεύεται στις εργασίες διαχείρισης καταλυτών. Η επιχείρηση αυτή, η οποία ιδρύθηκε το 1973, είχε αρχικά ως στόχο να προσφέρει εξειδικευμένες υπηρεσίες διαχείρισης καταλυτών στη βιομηχανία αμμωνίας.

2.1 Περιγραφή του συστήματος

2.1.1 Τι αφορά το σύστημα;

Το σύστημα παρακολούθησης της επαγγελματικής ασφάλειας και υγείας (ΕΑΥ) που εξετάζεται στην παρούσα περιπτώσιολογική μελέτη είναι ένα ευφυές σύστημα για την παρακολούθηση επικίνδυνων αερίων, ένας ανιχνευτής πολλαπλών αερίων, που αποτελεί μέρος μιας υποδομής η οποία το συνδέει με μια πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους (cloud platform).

Τα αέρια μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες: εύφλεκτα, τοξικά και ασφυξιογόνα. Οι κατηγορίες είναι δυνατό να αλληλεπικαλύπτονται. Για παράδειγμα, το μονοξειδίο του άνθρακα (CO) μπορεί να είναι εύφλεκτο αλλά και τοξικό. Ωστόσο, οι διακρίσεις είναι σημαντικές, καθώς οι κίνδυνοι και οι κανονισμοί για κάθε αέριο είναι διαφορετικοί, όπως και οι τύποι αισθητήρων που απαιτούνται για τον εντοπισμό τους.

Εικόνα 1: Κατηγορίες αερίων



Εύφλεκτα

Κίνδυνοι πυρκαγιάς ή/και έκρηξης

Μεθάνιο, βουτάνιο, προπάνιο



Τοξικά

Κίνδυνοι δηλητηρίασης

Μονοξειδίο του άνθρακα,



Ασφυξιογόνα

Κίνδυνοι ασφυξίας

Ανεπάρκεια οξυγόνου: το οξυγόνο μπορεί να

υδρογόνο, χλώριο

καταναλωθεί ή να αντικατασταθεί από άλλο αέριο

Τα αέρια μπορεί να είναι άοσμα, άγευστα και αόρατα. Είναι παρόντα σε πολλαπλές εφαρμογές και διαδικασίες σε βιομηχανικά περιβάλλοντα, και μπορούν να έχουν **αρνητικές επιπτώσεις στην ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων**. Ένα παράδειγμα είναι το CO, το οποίο μπορεί να βρεθεί στη ναυτιλία, στα ορυχεία, στο πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, και σε πολλούς άλλους κλάδους. Τα υψηλά επίπεδα έκθεσης στο CO μπορούν να προκαλέσουν ασφυξία και θάνατο. Για παράδειγμα, στις Ηνωμένες Πολιτείες, η εισπνοή CO οδήγησε στα περισσότερα θανατηφόρα περιστατικά που συνέβησαν στους χώρους εργασίας μεταξύ 2011 και 2017. Δεν υπάρχουν διαθέσιμα συγκρίσιμα στατιστικά στοιχεία για την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Ο ανιχνευτής πολλαπλών αερίων παρακολουθεί τα εύφλεκτα και τοξικά αέρια και τους ατμούς, καθώς και το οξυγόνο, και ενημερώνει τους εργαζομένους σε πραγματικό χρόνο εάν οι συγκεντρώσεις γίνονται επικίνδυνες για την υγεία τους. Στη συνέχεια, οι ανιχνευτές αερίων συνδέονται με μια πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους, ώστε να γίνεται η διαχείρισή τους αναπόσπαστο μέρος της διαχείρισης της EAY.

2.1.2 Πώς είναι και πώς λειτουργεί το σύστημα;

Η διαμόρφωση της συσκευής είναι ευκολονόητη. Μια μεγάλη οθόνη δείχνει με μια ματιά τις τιμές των ατμοσφαιρικών συνθηκών, ενώ ένας ορατός συναγερμός προειδοποιεί τους εργαζόμενους εάν αυτές υπερβαίνουν τις λεγόμενες **οριακές τιμές κατωφλίου (TLV)**.

Οι TLV είναι τα «όρια έκθεσης στα οποία πιστεύεται ότι σχεδόν όλοι οι εργαζόμενοι μπορούν να εκτίθενται καθημερινά για ολόκληρο τον εργασιακό βίο τους χωρίς αρνητικές επιπτώσεις».⁶

Τα όρια επαγγελματικής έκθεσης (OEL) σε διάφορους κλάδους καθορίζονται από τις αρμόδιες εθνικές αρχές ή άλλους σχετικούς εθνικούς φορείς, ως όρια για τις συγκεντρώσεις επικίνδυνων ενώσεων στον αέρα του χώρου εργασίας.⁷

Το σύστημα “έξυπνων” αισθητήρων περιλαμβάνει **διάφορους τύπους τεχνολογιών αισθητήρων** ενώ προσφέρει διάφορες δυνατότητες παρακολούθησης.

Ενώ οι TLV παρέχουν τα συνιστώμενα όρια έκθεσης βάσει των επιστημονικών στοιχείων, τα όρια επαγγελματικής έκθεσης (OEL) αποτελούν νομικά εκτελεστά πρότυπα τα οποία καθορίζονται από τους αρμόδιους ρυθμιστικούς

Οι ανιχνευτές αερίων χρησιμοποιούν τρεις τύπους αισθητήρων: καταλυτικούς, ηλεκτροχημικούς και υπέρυθρους. Καθένας από αυτούς τους τύπους έχει τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς του. Η επιλογή του κατάλληλου αισθητήρα εξαρτάται από τη συγκεκριμένη εφαρμογή σε βιομηχανικό περιβάλλον (για παράδειγμα, περιορισμένος ή μη περιορισμένος χώρος) και από το αέριο που θα παρακολουθείται. Για παράδειγμα, ένας υπέρυθρος αισθητήρας είναι ανώτερος από έναν καταλυτικό αισθητήρα για την παρακολούθηση συγκεκριμένων αερίων. Είναι απαλλαγμένος από δηλητήρια, δεν μπορεί να παρουσιάσει σφάλματα που οδηγούν σε κρίσιμες για την ασφάλεια καταστάσεις και λειτουργεί σε αδρανείς χώρους υπό διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας, πίεσης και υγρασίας. Ωστόσο, σε σύγκριση με έναν καταλυτικό αισθητήρα, έχει υψηλότερο κόστος συντήρησης και δεν μπορεί να παρακολουθεί το υδρογόνο ή συγκεκριμένους υδρογονάνθρακες, για παράδειγμα, τους χλωριωμένους ή τους φθοριούχους υδρογονάνθρακες. Τα σύγχρονα ευφυή ψηφιακά συστήματα συχνά συνδυάζουν διαφορετικούς τύπους αισθητήρων, ώστε να αντισταθμίσουν τους περιορισμούς τους.

**DID
YOU
KNOW?**

Στη συνέχεια, με την εξέλιξη των αισθητήρων και των ασύρματων τεχνολογιών, αναπτύχθηκε μια υποδομή πληροφορικής για την ενσωμάτωση των **ευφών συστημάτων παρακολούθησης αερίων στα υφιστάμενα πλαίσια διαχείρισης της EAY εντός των επιχειρήσεων/οργανισμών**.

Στην εικόνα 2 παρέχεται μια επισκόπηση των δυνατοτήτων.

⁶ Honeywell (2013). Gas book (Βιβλίο για τα αέρια), <https://sps.honeywell.com/content/dam/honeywell-edam/sps/his/en-us/documents/services/sps-safety-services-gas-book.pdf>, σ. 24.

⁷ Honeywell (2013). Gas book, <https://sps.honeywell.com/content/dam/honeywell-edam/sps/his/en-us/documents/services/sps-safety-services-gas-book.pdf>, σ. 22.

Εικόνα 2: Χρήσεις των ευφύων συστημάτων παρακολούθησης που είναι συνδεδεμένα με το υπολογιστικό νέφος



Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο

Μετρήσεις αερίων σε πραγματικό χρόνο στις εγκαταστάσεις της μονάδας.



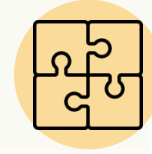
Διαχείριση στόλου

Πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση της συσκευής.



Συμμόρφωση

Πληροφορίες σχετικά με τη συμμόρφωση με τα πρωτόκολλα ασφάλειας.



Ολιστική εικόνα των εγκαταστάσεων/της αποδοτικότητας

Ενσωμάτωση πληροφοριών από διαφορετικά συστήματα ασφάλειας για μια ολιστική εικόνα της ασφάλειας και της υγείας.

Η ανάπτυξη μιας υποδομής που συνδέει τους (σταθερούς και φορητούς) ανιχνευτές αερίων με μια πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους βοηθά τους διαχειριστές της ΕΑΥ στη διαχείριση του στόλου τους, παρέχοντάς τους σε ζωντανό χρόνο μετρήσεις γεωγραφικού εντοπισμού από τους ανιχνευτές αερίων στις εγκαταστάσεις, και ελέγχοντας ποιος εξοπλισμός είναι έτοιμος για χρήση μέσω της πλατφόρμας υπολογιστικού νέφους. Αυτό διευκολύνεται από την τεχνολογία bluetooth, η οποία μεταδίδει πληροφορίες από τους ανιχνευτές αερίων στο νέφος.

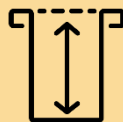
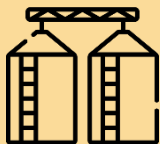
2.2 Παραδείγματα χρήσης

Η κύρια χρήση του ανιχνευτή αερίων είναι η **ατομική παρακολούθηση**. Το σύστημα φοριέται πάνω στα ρούχα των εργαζομένων και τους ενημερώνει για τους κινδύνους που σχετίζονται με αέρια στον χώρο εργασίας τους. Ωστόσο, ο ανιχνευτής αερίων μπορεί επίσης να προσφέρει **παρακολούθηση μιας περιοχής μέσω της εξ' αποστάσεως μέτρησης δειγματοληψίας**. Για παράδειγμα, περιορισμένοι χώροι όπως λατομεία, δεξαμενές ή σιλό σιτηρών μπορεί να περιέχουν επικίνδυνα αέρια, τα οποία οι επαγγελματίες της ΕΑΥ πρέπει να ανιχνεύουν προτού επιτρέψουν στους εργαζομένους να εισέλθουν. Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, το σύστημα μπορεί να συνδεθεί με μια αντλία για σχετικές μετρήσεις. Η επιλογή μεταξύ **ενός κινητού και ενός σταθερού συστήματος παρακολούθησης εξαρτάται από την εφαρμογή**. Για παράδειγμα, σε έναν χώρο αποθήκευσης αζώτου, όπου οι εργαζόμενοι μπορεί να εισέρχονται και να εξέρχονται συχνά, ένα σταθερό σύστημα παρακολούθησης είναι η λογική επιλογή. Στην εικόνα 3 επισημαίνονται ορισμένοι κλάδοι στους οποίους η μέτρηση των αερίων είναι σημαντική.

Εικόνα 3: Πιθανές εφαρμογές ανίχνευσης αερίων

			
Διαχείριση καταλυτών	Πετροχημική βιομηχανία και διυλιστήρια	Εξορυκτική βιομηχανία	Επεξεργασία των υδάτων
			
Βιομηχανική μεταποίηση	Βιομηχανικός καθαρισμός	Επεξεργασία λυμάτων	Βιομηχανίες που σχετίζονται με τον αμίαντο

**DID
YOU
KNOW?**



Σε περιορισμένους χώρους, διενεργούνται μετρήσεις σε διάφορα επίπεδα για να εξασφαλιστεί η ασφαλής είσοδος των εργαζομένων. Για παράδειγμα, ορισμένα αέρια, τα οποία είναι ελαφρύτερα από τον αέρα, τείνουν να συσσωρευτούν στο ανώτατο τμήμα μιας υποδομής, όπως μια δεξαμενή. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η λήψη μετρήσεων μόνο στο κάτω μέρος της δεξαμενής δεν θα ήταν επαρκής.

Σύμφωνα με μια συνέντευξη που πραγματοποιήθηκε με μια επιχείρηση που εδρεύει στο Ηνωμένο Βασίλειο η οποία ειδικεύεται στις εργασίες διαχείρισης καταλυτών και χρησιμοποιεί το σύστημα ανίχνευσης αερίων, η ανίχνευση αερίων είναι μόνο μια πτυχή των ευρύτερων μέτρων που λαμβάνει η επιχείρηση για την προστασία της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων της. Συγκεκριμένα, πριν από την έναρξη μιας εργασίας διαχείρισης καταλυτών, η επιχείρηση συνήθως ζητά πρώτα τα Δελτία Δεδομένων Ασφάλειας από τα διυλιστήρια, για να πραγματοποιήσει την **μελέτη εκτίμησης κινδύνου**. Η μελέτη εκτίμησης κινδύνου εξετάζει τους ατμοσφαιρικούς και φυσικούς κινδύνους που σχετίζονται με την εγγύτητα της εργασίας, το περιβάλλον και ούτω καθεξής. Με βάση τα ανωτέρω, η επιχείρηση καθορίζει τις οριακές τιμές κατωφλίου (TLV) για τα διάφορα αέρια που ενδέχεται να είναι παρόντα σε μια εργασία, καθώς και τα πρόσθετα μέτρα ασφάλειας που πρέπει να ληφθούν για τη διασφάλιση της υγείας και της ασφάλειας των εργαζομένων, όπως συσκευές αναπνοής, μέτρα προστασίας του δέρματος και παρακολούθηση της θερμικής καταπόνησης.

Σε γενικές γραμμές, η παρακολούθηση των αερίων λειτουργεί συνεχώς, σε 24ωρη βάση. Υπάρχει πάντα ένας ενεργός ανιχνευτής αερίων σε λειτουργία, μαζί με δύο εφεδρικούς: έναν για την αντικατάσταση του ενεργού ανιχνευτή όταν οι μπαταρίες του εξαντληθούν και έναν άλλον έκτακτης ανάγκης σε περίπτωση που ο εφεδρικός πάθει βλάβη.

3 Εφαρμογή του συστήματος: ευνοϊκοί και ανασταλτικοί παράγοντες

3.1 Κίνητρα και στόχοι

Η παρακολούθηση των επικίνδυνων αερίων αποτελεί νομική απαίτηση για τις περισσότερες βιομηχανίες υψηλού κινδύνου στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η εν λόγω παρακολούθηση πραγματοποιείται με τη χρήση **σταθερών ή φορητών ανιχνευτών ενός ή πολλαπλών αερίων** που χρησιμοποιούν **αισθητήρες** και άλλων ειδών τεχνολογίες.

Σε αντίθεση με τα πρώτα συστήματα παρακολούθησης, οι ανιχνευτές αερίου είναι πλέον ολοένα και πιο προηγμένοι και διασυνδεδεμένοι με άλλα συστήματα ασφάλειας. Για παράδειγμα, ορισμένοι φορητοί ανιχνευτές αερίων μπορούν να **μεταδίδουν σε πραγματικό χρόνο μετρήσεις αερίων, συναγερμούς, καταστάσεις τραυματισμού, καταστάσεις συμμόρφωσης, και τοποθεσίες στον υπολογιστή ή την κινητή συσκευή** των υπευθύνων ασφάλειας ή εργασιών. Ταυτόχρονα, οι επιχειρήσεις που κατασκευάζουν αυτά τα συστήματα διερευνούν ολοένα και περισσότερο τρόπους ενσωμάτωσής τους σε άλλες εφαρμογές ασφάλειας σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, με στόχο την παροχή πληροφοριών EAY για όλη τη μονάδα.

Ο “έξυπνος” αισθητήρας, όπως εξετάζεται στην παρούσα περιπτωσιολογική μελέτη, είναι ένα από τα μικρότερα φορητά συστήματα ανιχνευτή πολλαπλών αερίων, ικανός να μετρά έως και έξι αέρια, χρησιμοποιώντας υπέρυθρους και ηλεκτροχημικούς αισθητήρες. Παρέχει επίσης ένα παράδειγμα της εφαρμογής του εν λόγω συστήματος στην ευρύτερη διαχείριση της EAY στον τομέα των εργασιών της διαχείρισης καταλυτών.

3.2 Ευνοϊκοί παράγοντες

Πρόσφατα, η γερμανική κατασκευάστρια επιχείρηση επέκτεινε τις δυνατότητες των ευφών συστημάτων παρακολούθησής της. Υιοθετώντας μια προσέγγιση «από κάτω προς τα πάνω» σε συνεργασία με τις επιχειρήσεις εφαρμογής, τους πελάτες της, η κατασκευάστρια εταιρεία διερευνά τρόπους αξιοποίησης των νέων τεχνολογιών **ώστε να προσθέσει αξία στις διαδικασίες ασφάλειας και υγείας της επιχείρησης εφαρμογής**. Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη υποδομής που συνδέει τους σταθερούς και φορητούς ανιχνευτές αερίων με μια πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους. Ως αποτέλεσμα, οι υπεύθυνοι για την ασφάλεια και την υγεία μπορούν να λαμβάνουν σε ζωντανό χρόνο μετρήσεις γεωγραφικού εντοπισμού από τους ανιχνευτές αερίων στις εγκαταστάσεις και να διαχειρίζονται τον στόλο τους, ελέγχοντας μεταξύ άλλων ποιος εξοπλισμός είναι έτοιμος για χρήση μέσω της πλατφόρμας υπολογιστικού νέφους. Αυτό διευκολύνεται από την τεχνολογία bluetooth, η οποία μεταδίδει πληροφορίες από τους ανιχνευτές αερίων στο νέφος.

Επιπλέον, ο κατασκευαστής, από κοινού με τους πελάτες του, εργάζεται με σκοπό την **ενσωμάτωση πληροφοριών από διάφορα συστήματα ασφάλειας σε μια ενιαία πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους** μέσω **εργαστηρίων τεχνολογικής ανακάλυψης**. Η ενσωμάτωση αυτή μπορεί να επεκταθεί και πέρα από τα δεδομένα των ανιχνευτών αερίου, συμπεριλαμβάνοντας λεπτομέρειες σχετικά με τις διαδικασίες, όπως αν ένας εργαζόμενος έχει πάρει τον απαραίτητο εξοπλισμό από **μηχάνημα αυτόματης πώλησης στον χώρο εργασίας** προτού εισέλθει σε χώρο περιορισμένης πρόσβασης, ή αν οι ανιχνευτές αερίου έχουν υποβληθεί σε δοκιμαστικό έλεγχο. Όσον αφορά το μέλλον, ο κατασκευαστής προβλέπει ότι θα υπάρξει μια αυξανόμενη τάση μεταξύ των εργοδοτών και των επιχειρήσεων/οργανισμών να θέλουν να χρησιμοποιήσουν τα εν λόγω συστήματα παρακολούθησης για ευρύτερους σκοπούς, όπως η μέτρηση των ατμοσφαιρικών συνθηκών εντός των σωλήνων των μονάδων, ώστε να διασφαλίζεται η αποδοτικότητα, για παράδειγμα, μετά την επανεκκίνηση ενός αντιδραστήρα. Επιπλέον, αναμένει αύξηση της ζήτησης για την παρακολούθηση των εκπομπών σε αναδυόμενες βιομηχανίες, όπως οι κλάδοι του ενεργειακού μετασχηματισμού και της ενεργειακής μετάβασης.

Ζητείται η γνώμη των εργαζομένων **προτού επιλεγεί** ένας ανιχνευτής αερίων για μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Κατά κανόνα, οι υπεύθυνοι για την ασφάλεια και την υγεία, μαζί με τους τεχνολόγους μηχανικούς, συμμετέχουν σε αυτήν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Τα άτομα αυτά είναι επίσης εκείνα που συνήθως εκπαιδεύονται από τον κατασκευαστή του προϊόντος για να εκτελούν τις βασικές λειτουργίες των ανιχνευτών αερίου. Ταυτόχρονα, **οι εργαζόμενοι στο πεδίο λαμβάνουν επίσης εκπαίδευση** σχετικά με τους ανιχνευτές αερίων.

3.3 Ανασταλτικοί παράγοντες

Δεδομένου ότι η επιχείρηση δραστηριοποιείται σε επικίνδυνες ατμόσφαιρες που είναι άμεσα επικίνδυνες για τη ζωή και την υγεία (IDLH), πρωταρχικό της μέλημα κατά την επιλογή ενός συστήματος ανίχνευσης αερίων είναι να εξασφαλίσει **ότι θα είναι ανθεκτικό σε διάφορες λειτουργίες και θα μετρά απρόσκοπτα και με ακρίβεια** τα προβλεπόμενα αέρια, ιδίως σε απομακρυσμένες περιοχές, ενώ θα έχει παράλληλα τη δυνατότητα συνδυασμού αισθητήρων για μετρήσεις συγκεκριμένων αερίων. Για τον σκοπό αυτό, **η σθεναρή υποστήριξη από τον κατασκευαστή** όσον αφορά την παροχή **προσιτής κατάρτισης για τα μέλη του προσωπικού είναι καίριας σημασίας**.

Παρά τους **περιορισμούς χρόνου και κόστους, η συμβολή των εργαζομένων** είναι απαραίτητη κατά την επιλογή ενός ανιχνευτή αερίων για μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Κατά κανόνα, οι υπεύθυνοι για την ασφάλεια και την υγεία, μαζί με τους τεχνολόγους μηχανικούς, συμμετέχουν σε αυτήν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Τα άτομα αυτά είναι επίσης εκείνα που συνήθως λαμβάνουν κατάρτιση από τον κατασκευαστή του προϊόντος σχετικά με τις βασικές λειτουργίες, όπως η βαθμονόμηση και ο δοκιμαστικός έλεγχος.

Στη συνέχεια, η ενσωμάτωση ευφύων συστημάτων παρακολούθησης των αερίων στα υφιστάμενα πλαίσια διαχείρισης της ΕΑΥ εντός των επιχειρήσεων/οργανισμών **μέσω της σύνδεσής τους με το υπολογιστικό νέφος** παρουσιάζει ορισμένες προκλήσεις. Στην εικόνα 4 παρουσιάζονται ορισμένες από τις βασικές προκλήσεις που εντοπίστηκαν στην παρούσα περιπτώσιολογική μελέτη. Αυτές οι προκλήσεις που περιγράφονται δεν αφορούν αποκλειστικά το σύστημα του κατασκευαστή, αλλά είναι κοινές σε πολλά παρόμοια προϊόντα.

Εικόνα 4: Προκλήσεις της σύνδεσης των ευφύων συστημάτων παρακολούθησης με το υπολογιστικό νέφος



Κόστος ανάπτυξης για τους κατασκευαστές προϊόντων

Η ανάπτυξη λύσεων λογισμικού/εξοπλισμού (software/hardware) κατά παραγγελία, συνήθως συνεπάγεται υψηλό κόστος για τους κατασκευαστές προϊόντων.



Δαπάνες κατάρτισης για τους επαγγελματίες του τομέα ΕΑΥ

Οι Διεπαφές Προγραμματισμού Εφαρμογών (APIs) απλουστεύουν τα δεδομένα ασφάλειας, αλλά η κατάρτιση των επαγγελματιών ΕΑΥ στην ανάλυση πληροφοριών από διαφορετικά συστήματα ασφάλειας μπορεί να είναι δαπανηρή.



Τεχνολογικά εμπόδια

Για παράδειγμα, μπορεί να υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με την παρεμβολή του σήματος bluetooth σε ανιχνευτή αερίου που λειτουργεί εντός ενός οχήματος.



Κόστος μεταφοράς

Οι νέες επιλογές συνδεσιμότητας ενδέχεται να μην υποστηρίξουν πλήρως τις παλαιότερες συσκευές, γεγονός που θα συνεπάγεται αύξηση του κόστους για τις επιχειρήσεις.

4 Επιπτώσεις στην ΕΑΥ

Στην παρούσα ενότητα περιγράφονται τα κύρια στοιχεία σχετικά με την ανάπτυξη και την ασφαλή εφαρμογή ευφύων συστημάτων αισθητήρων για την παρακολούθηση των επικίνδυνων αερίων.

4.1 Ευκαιρίες

Η χρήση “έξυπνων” αισθητήρων για την παρακολούθηση ατόμων ή περιοχών μπορεί να βελτιώσει την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων τόσο με εκ των προτέρων (πρόληψη των κινδύνων) όσο και με εκ των υστέρων (ανταπόκριση στους κινδύνους) μέσα.

Στο πλαίσιο της **εκ των υστέρων δράσης/λειτουργίας τους**, οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να ενισχύσουν την ταχύτητα της **αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης**. Για παράδειγμα, σε περίπτωση διαρροής αερίου, οι “έξυπνοι” αισθητήρες μπορούν να στέλνουν άμεσες ειδοποιήσεις στους επαγγελματίες του τομέα ΕΑΥ, επιτρέποντάς τους να ξεκινήσουν πρωτόκολλα έκτακτης ανάγκης, όπως η διακοπή λειτουργίας του εξοπλισμού και η παροχή βοήθειας στους εργαζομένους για την εκκένωση επικίνδυνων περιοχών.

Στο πλαίσιο της εκ των προτέρων δράσης/λειτουργίας τους, εκτός του ότι ενημερώνουν τους εργαζομένους σε πραγματικό χρόνο εάν οι συγκεντρώσεις αυτών των ατμοσφαιρικών συνθηκών γίνονται επικίνδυνες για την υγεία τους, οι “έξυπνοι” αισθητήρες μπορούν να βοηθήσουν τις επιχειρήσεις/οργανισμούς να **βελτιώσουν τις πρακτικές ασφαλείας τους μέσω της συλλογής δεδομένων και τάσεων στο εργασιακό περιβάλλον**, με βάση τις αυτόματα παραγόμενες αναφορές σχετικά με τα επίπεδα αερίου, εξοικονομώντας χρόνο και μειώνοντας το ανθρώπινο σφάλμα στην τεκμηρίωση.

Η εξ’ αποστάσεως παρακολούθηση επικίνδυνων περιβαλλόντων (για παράδειγμα, μέσω της σύνδεσης μιας αντλίας σε έναν ανιχνευτή αερίου), επιτρέπει **στους υπεύθυνους για την ασφάλεια να επιβλέπουν τις συνθήκες από ασφαλή απόσταση, μειώνοντας δυνητικά την ανάγκη για επιτόπιες επιθεωρήσεις σε επικίνδυνες περιοχές**. Η ενσωμάτωση αυτών των συστημάτων σε άλλα μέτρα ασφαλείας στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις μπορεί να συμβάλει στην περαιτέρω προαγωγή της ΕΑΥ. Για παράδειγμα, όπως περιγράφηκε προηγουμένως, ο Γερμανός κατασκευαστής διερεύνησε τη δυνατότητα **σύνδεσης “έξυπνων” αισθητήρων με «μηχανήματα αυτόματης πώλησης» που διαθέτουν εξοπλισμό και ρουχισμό ασφαλείας για τους εργαζομένους**. Οι εξελίξεις αυτές μπορούν να **βελτιώσουν** τη συμμόρφωση με τα πρωτόκολλα ασφαλείας, να απλουστεύσουν τους ελέγχους, καθώς και να επιτρέψουν στους διαχειριστές υγείας να αποκτήσουν μια ολοκληρωμένη εικόνα των μέτρων ασφαλείας σε ολόκληρη τη βιομηχανική μονάδα, ενισχύοντας έτσι τη συνολική ασφάλεια και υγεία των εργαζομένων.

4.2 Προκλήσεις

Συχνότερα, οι “έξυπνοι” αισθητήρες για παρακολούθηση ατόμων ή περιοχών χρησιμοποιούνται σε κρίσιμες για τη ζωή εργασίες. Ως εκ τούτου, έχουν δοκιμαστεί και ελεγχθεί επί αρκετά χρόνια σε τομείς υψηλού κινδύνου για την ΕΑΥ, και η τεχνολογική πρόοδος έχει καταστήσει ορισμένους τύπους αυτών των αισθητήρων σχεδόν απόλυτα αξιόπιστους.

Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν προκλήσεις στην “έξυπνη” παρακολούθηση των επικίνδυνων αερίων. Οι προκλήσεις αυτές συχνά οφείλονται στις **περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η θερμοκρασία, η πίεση και η υγρασία**, καθώς και στη μετατόπιση των αισθητήρων και την **υποβάθμιση με την πάροδο του χρόνου**, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια. Στο πλαίσιο αυτό, είναι σημαντικό να εφαρμόζονται άρτια σχέδια συντήρησης και αντικατάστασης, και να υπάρχουν διαθέσιμοι καταρτισμένοι επαγγελματίες για τη βαθμονόμηση των αισθητήρων.

Επιπλέον, η δυνατότητα εντοπισμού των εργαζομένων μέσω GPS θα μπορούσε να οδηγήσει σε **ανησυχίες για την προστασία της ιδιωτικότητας των εργαζομένων**. Επιπλέον, οι εργαζόμενοι ενδέχεται να βασίζονται υπερβολικά στους συναγερμούς. Μια άλλη πρόκληση είναι η πιθανότητα **εσφαλμένων συναγερμών**. Η ρύθμιση της ευαισθησίας των αισθητήρων σε πολύ υψηλά επίπεδα μπορεί να οδηγήσει σε συχνούς ψευδείς συναγερμούς, ενώ η ρύθμιση σε πολύ χαμηλά επίπεδα μπορεί να οδηγήσει σε μη ανίχνευση επικίνδυνων καταστάσεων.

Όσον αφορά το μέλλον, καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται και τα συστήματα αυτά έχουν όλο και περισσότερες δυνατότητες σύνδεσης με άλλα συστήματα ασφαλείας, ενδέχεται να προκύψουν νέες προκλήσεις. Μια τέτοια πρόκληση είναι η **κατάρτιση των επαγγελματιών ΕΑΥ για τη διαχείριση του αυξανόμενου όγκου δεδομένων**, καθώς και η διασφάλιση ότι η **υπερβολική εξάρτηση από τα εν λόγω συστήματα** δεν επισκιάζει άλλες κρίσιμες διαδικασίες ασφαλείας σε επίπεδο μονάδας.

Τέλος, καθώς τα εν λόγω συστήματα μεταβαίνουν από τη «διαχείριση λειτουργιών» στην «διαχείριση πληροφοριών» και καθίστανται περισσότερο συνδεδεμένα με τα δίκτυα, η **κυβερνοασφάλεια** μπορεί

επίσης να αποτελέσει σημαντικό μέλημα. Ως εκ τούτου, η εφαρμογή αισθητών μέτρων για την προστασία των δεδομένων και την πρόληψη της μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης θα είναι απολύτως απαραίτητη.

Στην εικόνα 5 παρουσιάζεται μια απεικόνιση τύπου κινουμένων σχεδίων του πώς θα μπορούσε να μοιάζει ένα τέτοιο ολοκληρωμένο σύστημα.

Εικόνα 5: “Έξυπνοι” αισθητήρες για την παρακολούθηση επικίνδυνων αερίων⁸



5 Συμπεράσματα για την ανάπτυξη και την εφαρμογή

Στην παρούσα ενότητα περιγράφονται τα κύρια στοιχεία σχετικά με την ανάπτυξη και την ασφαλή εφαρμογή “έξυπνων” αισθητήρων για την παρακολούθηση των επικίνδυνων αερίων.

Κατά την ανάπτυξη “έξυπνων” αισθητήρων παρακολούθησης των επικίνδυνων αερίων, οι κατασκευαστές των προϊόντων θα πρέπει να μεριμνήσουν για τα εξής:

- θέσπιση αποτελεσματικών μηχανισμών για τη διασφάλιση της ακρίβειας των αισθητήρων υπό διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες,
- συνεργασία με τις επιχειρήσεις/οργανισμούς εφαρμογής (πελάτες) σχετικά με τις ανάγκες των εργαζομένων από πρώιμο στάδιο, και παροχή συνεχούς υποστήριξης και καθοδήγησης στους υπευθύνους διαχείρισης και στους χρήστες της ΕΑΥ, καθώς τα συστήματα αυτά συχνά απαιτούν ειδική προσαρμογή για συγκεκριμένους χώρους εργασίας, και
- διερεύνηση τρόπων βελτίωσης των συστημάτων αυτών με τη βελτίωση της ενσωμάτωσής τους σε άλλα συστήματα διαχείρισης της ΕΑΥ, ώστε να διαμορφωθεί μια ολιστική θεώρηση της ασφάλειας και της υγείας σε όλες τις εγκαταστάσεις μιας μονάδας.

⁸ Οι προκλήσεις και οι ευκαιρίες που παρουσιάζονται στην εικόνα δεν αφορούν αποκλειστικά το σύστημα του συγκεκριμένου κατασκευαστή, αλλά είναι κοινές σε πολλά παρόμοια προϊόντα.

Προκειμένου να διαφυλάξουν την ασφάλεια και την υγεία κατά την εφαρμογή “έξυπνων” αισθητήρων παρακολούθησης των επικίνδυνων αερίων, οι επιχειρήσεις/οργανισμοί θα πρέπει να μεριμνήσουν για τα εξής:

- διενέργεια διεξοδικής εκτίμησης των κινδύνων στους χώρους εργασίας και ενσωμάτωση των ευφύων συστημάτων αισθητήρων σε αυτήν την εκτίμηση κινδύνου, σε συνεργασία με τους εργαζόμενους (τελικούς χρήστες),
- συμμετοχή των εργαζομένων και των εκπροσώπων τους στη διαδικασία εφαρμογής,
- θέση σε λειτουργία εφεδρικών συστημάτων αισθητήρων σε περίπτωση που προκύψει βλάβη στα κύρια συστήματα ή εξαντληθεί η μπαταρία τους, ώστε να συνεχιστεί απρόσκοπτα η λειτουργία τους, και
- τήρηση αυστηρών πρωτοκόλλων υγείας και ασφάλειας, ιδίως σε εργασίες κρίσιμες για τη ζωή.

Κατάλογος συντομογραφιών

TN	Τεχνητή νοημοσύνη
AR	Επαυξημένη πραγματικότητα
IDLH	Άμεσα επικίνδυνο για τη ζωή και την υγεία
IoT	Διαδίκτυο των πραγμάτων
ML	Μηχανική μάθηση
OEL	Όρια επαγγελματικής έκθεσης
EAY	Επαγγελματική ασφάλεια και υγεία
TLV	Οριακές τιμές κατωφλίου
VR	Εικονική πραγματικότητα

Συντάκτες: *Pietro Regazzoni και Κύριλλος Σπυριδόπουλος (Ecorys).*

Διαχείριση έργου: *Annick Starren και Ιωάννης Ανυφαντής –Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια και την Υγεία στην Εργασία (EU-OSHA)*

Η παρούσα περιπτώσιολογική μελέτη συντάχθηκε για λογαριασμό του Ευρωπαϊκού Οργανισμού για την Ασφάλεια και την Υγεία στην Εργασία (EU-OSHA). Το περιεχόμενο της παρούσας μελέτης, συμπεριλαμβανομένων των απόψεων ή/και συμπερασμάτων που περιέχει, εκφράζει αποκλειστικά τις απόψεις των συντακτών και δεν απηχεί κατ’ ανάγκη τη γνώμη του EU-OSHA.

Ούτε ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια και την Υγεία στην Εργασία ούτε οποιοδήποτε άλλο πρόσωπο ενεργεί εξ ονόματος του Οργανισμού ευθύνεται για ενδεχόμενη χρήση των ανωτέρω πληροφοριών.

© Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια και την Υγεία στην Εργασία, 2024

Η αναπαραγωγή επιτρέπεται εφόσον αναφέρεται η πηγή.

Εικόνες από τον ιστότοπο www.flaticon.com

Για κάθε χρήση ή αναπαραγωγή φωτογραφιών ή άλλου υλικού που δεν καλύπτεται από δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας του Ευρωπαϊκού Οργανισμού για την Ασφάλεια και την Υγεία στην Εργασία πρέπει να ζητείται απευθείας η άδεια των κατόχων των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Ενδέχεται να σας ζητηθεί η έκδοση αδειάς για πρόσθετα δικαιώματα εάν συγκεκριμένο περιεχόμενο απεικονίζει αναγνωρίσιμους ιδιώτες ή περιλαμβάνει έργα τρίτων.