



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ –
ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

Εργονομία - Επαγγελματική Φυσιολογία και Υγεία της Εργασίας - Ποιότητα ζωής

“MSc Ergonomics - Occupational Physiology and Health – QoL”

Διπλωματική Εργασία

'ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΟΧΗ ΚΑΙ ΟΙ ΝΕΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ ΣΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ'

'DIGITAL ERA AND THE NEW CHALLENGES IN OCCUPATIONAL
SAFETY AND HEALTH IN TECHNICAL WORKS'

ΑΝΤΩΝΑΡΙΔΟΥ ΚΟΚΩΝΗ
Επιβλέπων καθηγητής
Δρ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΤΣΙΟΚΑΝΟΣ

Τρίκαλα 2024



Τριμελής επιτροπή επίβλεψης:

Επιβλέπων Καθηγητής: ΤΣΙΟΚΑΝΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

Μέλος : ΤΣΑΚΛΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Μέλος: ΓΙΑΚΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Κοκώνη Αντωναρίδου, 2024

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της Διπλωματικής διατριβής από το Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.



Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όσους με βοήθησαν και με συμπαραστάθηκαν στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Αθανάσιο Τσιόκανο για τη συνεχή καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές και παρατηρήσεις του,



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κλάδος των τεχνικών έργων (κατασκευές) είναι γνωστός εδώ και πολλές δεκαετίες ως κλάδος υψηλού κινδύνου με χαμηλά επίπεδα καινοτομίας και δυσκολία στην υιοθέτηση αλλαγών. Αξιοποιώντας τα οφέλη των αναδυόμενων ψηφιακών τεχνολογιών μπορούν να παραχθούν καινοτόμες και ωφέλιμες εξελίξεις, θέτοντας όμως και νέες προκλήσεις για την Επαγγελματική Ασφάλεια και Υγεία. Προβλέποντας τις πιθανές προκλήσεις, μπορούμε να μεγιστοποιήσουμε τα οφέλη αυτών των νέων τεχνολογιών επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα ασφαλή εργοτάξια. Στην παρούσα μελέτη έγινε βιβλιογραφική επισκόπηση διαφόρων μελετών που αφορούν τις ψηφιακές εφαρμογές στα τεχνικά έργα, όπως στοιχεία τεχνητής νοημοσύνης και εικονικής/επαυξημένης πραγματικότητας, που μπορούν να βελτιώσουν τις συνθήκες ΕΑΥ, να βοηθήσουν στον έλεγχο της εφαρμογής των λαμβανομένων μέτρων, καθώς και να εφαρμοστούν για την εκπαίδευση - κατάρτιση των εργαζομένων. Επίσης έγινε προσπάθεια προσέγγισης των προκλήσεων για την μετάβαση στην ψηφιακή εποχή. Οι προκλήσεις που εντοπίστηκαν περιλαμβάνουν οικονομικούς παράγοντες (π.χ. η υψηλή επένδυση τόσο στην αγορά όσο και στη συντήρηση της προσπάθειας ψηφιοποίησης), πολύπλοκη νομοθεσία - έλλειψη τυποποίησης, τεχνολογικούς παράγοντες (συμπεριλαμβανομένης της ετοιμότητας και αξιόπιστης χρήσης του σε εργοτάξια), ιδιαιτερότητα του κλάδου, τους ανθρώπους (π.χ. την αποδοχή τους, τη φοβία για την ψηφιακή τεχνολογία και τον σκεπτικισμό), έλλειψη σχετικών δεξιοτήτων και γνώσεων και τη διασφάλιση απορρήτου. Επιπλέον, οι Επιθεωρήσεις Εργασίας, στην προσπάθειά τους να ενσωματώσουν τις ψηφιακές τεχνολογίες στις υπάρχουσες προσεγγίσεις, αντιμετωπίζουν ως προκλήσεις τη φύση των δεδομένων ΕΑΥ και τους τύπους κινδύνων. Ως συμπέρασμα εξήχθη ότι οι ψηφιακές τεχνολογίες δεν έχουν επιτύχει ακόμα ικανοποιητικό επίπεδο αποδοχής και διάχυσης στον κλάδο των τεχνικών έργων. Για την αποτελεσματική υιοθέτησή τους θα πρέπει, με κατάλληλες στρατηγικές και αποφάσεις, να προωθηθεί η ενθάρρυνση καινοτόμων μέσων για την ενσωμάτωση της τεχνολογίας στη διαδικασία, τα εργαλεία και την κουλτούρα του κλάδου, λαμβάνοντας υπόψη την εξωτερική και εσωτερική αντίσταση ώστε να δημιουργηθεί ένα κατάλληλο συνεργατικό περιβάλλον.

Λέξεις-κλειδιά: Ψηφιοποίηση, Κατασκευές, Ασφάλεια, Υγεία, αναδυόμενοι κίνδυνοι



ABSTRACT

The technical works (construction) sector has long been recognized as a high-risk industry with low levels of innovation and a reluctance to adopt changes. By leveraging the benefits of emerging digital technologies, we can introduce innovative and beneficial developments while also addressing new challenges in Occupational Safety and Health (OSH). By anticipating potential challenges, we can maximize the benefits of these new technologies and ensure safer construction sites. This study conducted a bibliographic review of various research on digital applications in technical projects, including elements of artificial intelligence, virtual/augmented reality, which can enhance OSH conditions, help monitor the implementation of safety measures, and be used for employee education and training. An attempt was also made to approach the challenges for the transition to the digital age. The study also explored the challenges associated with transitioning to the digital age. Identified challenges include financial factors (such as the high investment required for purchasing and maintaining digital technology), complex legislation and lack of standardization, technological factors (including the readiness and reliability of technology on construction sites), industry-specific issues, human factors (such as acceptance, digital phobia, and skepticism), lack of relevant skills and knowledge, and ensuring privacy. Additionally, Labor Inspectorates face challenges in integrating digital technologies into existing approaches, considering the nature of OSH data and the types of risks involved. The study concluded that digital technologies have not yet achieved a satisfactory level of acceptance and diffusion in the engineering sector. For effective adoption, appropriate strategies and decisions should be promoted to encourage the integration of technology into the industry's processes, tools, and culture, while addressing both external and internal resistance to create a suitable collaborative environment.

Keywords: digitalization, construction, safety, health, emerging risks



Περιεχόμενα

Διπλωματική Εργασία	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	viii
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	ix
ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ	x
1. Εισαγωγή	1
2. Σκοπός	7
3. Υλικό-Μέθοδος	9
4. Επισκόπηση ψηφιακών εφαρμογών στα τεχνικά έργα	10
4.1. Ευφυή μέσα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ)	13
4.2. Μεγάλου όγκου δεδομένα, τεχνητή νοημοσύνη και αλγόριθμοι	14
4.2.1. Εντοπισμός κινδύνων	15
4.2.2. Εκπαίδευση - Κατάρτιση	25
4.2.3. Έκτακτη ανάγκη - Έγκαιρος εντοπισμός	26
4.2.4. Διερεύνηση ατυχημάτων	27
4.3. Εικονική πραγματικότητα και επαυξημένη πραγματικότητα	28
4.4. Ρομπότ	29
4.5. Μοντελοποίηση Πληροφοριών Κτιρίου (BIM)	33
5. Νέες προκλήσεις στην Επαγγελματική Ασφάλεια και Υγεία (EAY)	37
5.1. Κόστος	37
5.2. Νομοθεσία και πρότυπα	38
5.3. Ιδιαιτερότητα του κατασκευαστικού κλάδου	41
5.4. Άνθρωποι	44
5.5. Τεχνολογικοί παράγοντες	46
5.6. Δεξιότητες, ικανότητες, γνώσεις	48
5.7. Ευθύνη και νομικές ανησυχίες	49
5.8. Ασφάλεια στον κυβερνοχώρο	53
5.9. Φύση των δεδομένων και τα είδη των κινδύνων	54
6. Συζήτηση	57
7. Συμπεράσματα - Εισηγήσεις	62
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	64



ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

- Πίνακας 1: Επισκόπηση των ψηφιακών τεχνολογιών για τη διαχείριση της ΕΑΥ στα τεχνικά έργα
- Πίνακας 2 : Αποτελεσματικότητα, συχνότητα και σημαντικότητα της χρήσης drones για τη διαχείριση διαφόρων πτυχών της ΕΑΥ



ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

- Σχήμα 1 : Κατασκευαστική δραστηριότητα στην Ελλάδα ανά τύπο κατασκευής, ετών 2002-2023
- Σχήμα 2 : Θανατηφόρα εργατικά ατυχήματα κατά τα έτη 2000-2022
- Σχήμα 3 : Θανατηφόρα εργατικά ατυχήματα ανά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας κατά τα έτη 2000-2022
- Σχήμα 4 : Αριθμός ερευνητικών μελετών στον χρόνο για την εφαρμογή ψηφιακών συστημάτων στην ΕΑΥ
- Σχήμα 5: Αριθμός εγγράφων που δημοσιεύτηκαν σε επιστημονικά περιοδικά για την ψηφιοποίηση στα τεχνικά έργα
- Σχήμα 6 : Χώρες ανά τον κόσμο και ο αριθμός των δημοσιεύσεων που παρήγαγαν για την ΕΑΥ στα τεχνικά έργα
- Σχήμα 7 : Συχνότητα εφαρμογής των διάφορων ειδών ψηφιακών τεχνολογιών στην κατασκευή των έργων
- Σχήμα 8 : Πρόταση για ένα σύστημα ταξινόμησης των διαφόρων τύπων έξυπνων ΜΑΠ με βάση τη σύνθεσή τους και τις ικανότητες συλλογής δεδομένων
- Σχήμα 9 : Κινητός γερανός που σηκώνει μεγάλο τσιμεντένιο πάνελ
- Σχήμα 10: Πιθανοί κίνδυνοι για την ασφάλεια που εντόπισε η εφαρμογή ChatGPT
- Σχήμα 11: Συνομιλία με ChatGPT
- Σχήμα 12: Λίστα ελέγχου ασφάλειας κινητού γερανού από το ChatGPT
- Σχήμα 13 : Αυτοματοποιημένος εκσκαφείς - προκλήσεις και ευκαιρίες για την ΕΑΥ
- Σχήμα 14 : Απεικόνιση drones
- Σχήμα 15: Τυπική εικόνα εργοταξίου από το BIM
- Σχήμα 16: Εντοπισμός οριζόντιου ανοίγματος με BIM
- Σχήμα 17: Η χρήση του BMI διεθνώς
- Σχήμα 18: Ιεράρχηση των βασικών αρχών πρόληψης του κινδύνου



ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΜΑΠ.:	Μέσα ατομικής προστασίας
ΕΑΥ :	Επαγγελματική Ασφάλεια και Υγεία
ΠΜΜΕ:	Πολύ μικρές και τις μικρές επιχειρήσεις
ΜΜΕ:	Μικρομεσαίες επιχειρήσεις
ΟΠΣ:	Ολοκληρωμένο Πληροφοριακό Σύστημα
ΣΑΥ:	Σχέδιο Ασφάλειας και Υγείας
ΦΑΥ:	Φάκελος Ασφάλειας και Υγείας



ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ

AI :	Τεχνητή νοημοσύνη
ML :	Μηχανική μάθηση
AR :	Επαυξημένη πραγματικότητα
VR :	Εικονική πραγματικότητα
BD :	Big Data, Μεγάλα δεδομένα
IOT :	Internet of things, το δίκτυο φυσικών αντικειμένων συσκευές οχήματα κτίρια και άλλα αντικείμενα - ενσωματωμένα με ηλεκτρονικά λογισμικά αισθητήρες και συνδεσιμότητα δικτύου που επιτρέπει σε αυτά τα αντικείμενα να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα
Wearables :	Η τεχνολογία Wearable είναι κάθε τεχνολογία που έχει σχεδιαστεί για χρήση ενώ φοριέται. Οι συνήθεις τύποι φορητών τεχνολογίας περιλαμβάνουν έξυπνα ρολόγια και έξυπνα γυαλιά
UAV :	Αρχικά του όρου unmanned aerial vehicle, Μη επανδρωμένα αεροχήματα ή drones
Drones :	Μη επανδρωμένα αεροχήματα - ονομάζονται τα κάθε είδους ιπτάμενα οχήματα που δεν έχουν χειριστή στην άτρακτό τους, αλλά πραγματοποιούν πτήσεις είτε αυτόνομα είτε μέσω τηλεκατεύθυνσης.
RFID :	Αρχικά του όρου Radio Frequency Identification. Η απόδοση του στα ελληνικά ορίζεται ως «ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων».
GPS :	Παγκόσμιο Σύστημα Στιγματοθέτησης, ή Θεσιθεσίας: είναι παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού γεωγραφικής θέσης, ακίνητου ή κινούμενου χρήστη, το οποίο βασίζεται σε ένα "πλέγμα" είκοσι τεσσάρων δορυφόρων της Γης, εφοδιασμένων με ειδικές συσκευές εντοπισμού, οι οποίες ονομάζονται "πομποδέκτες GPS"
WSN :	Wireless sensor network, Ασύρματο δίκτυο αισθητήρων
Geofencing :	Εικονικό γεωγραφικό όριο, που ορίζεται από την τεχνολογία GPS ή RFID, που επιτρέπει στο λογισμικό να προκαλεί απόκριση όταν μια κινητή συσκευή εισέρχεται ή εγκαταλείπει μια συγκεκριμένη περιοχή.
BIM :	Μοντέλο Δομικών Πληροφοριών (ΜΔΠ) (αγγλ. BIM από το "Building Information Modeling"): αποτελεί τον πλέον σύγχρονο τρόπο για τον τεχνικό σχεδιασμό και τη διαχείριση της κατασκευής και της λειτουργίας τεχνικών έργων.



CCTV :	Κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης (CCTV - Closed-circuit television): ονομάζεται το σύστημα μετάδοσης σήματος σε περιορισμένο σύνολο δεκτών
ID :	Ταυτότητα
OiRA :	Online Interactive Risk Assessment, διαδικτυακά, διαδραστικά εργαλεία του Ευρωπαϊκού Οργανισμού για την Ασφάλεια και την Υγεία στην Εργασία (EU-OSHA)
Tablet :	Υπολογιστής ταμπλέτα ή tablet: είναι ένας φορητός υπολογιστής ή προσωπικός ψηφιακός βοηθός που είναι σε μέγεθος μεγαλύτερος από ένα κινητό τηλέφωνο, με ενσωματωμένη οθόνη αφής, που λειτουργεί κυρίως αγγίζοντας την οθόνη αντί να χρησιμοποιεί ένα φυσικό πληκτρολόγιο
Cloud :	Αυτόματη Online αποθήκευση του υλικού μας σε ένα "σύννεφο" από servers
GIS :	Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ. Γ. Π.), γνωστά ευρέως και ως G.I.S. Geographic Information Systems, είναι ολοκληρωμένα συστήματα συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης, ανάλυσης και απόδοσης πληροφορίας, σχετικής με φαινόμενα που εξελίσσονται στο χώρο
Lidar :	LIght Detection And Ranging, Αερομεταφερόμενοι Δέκτες Laser: είναι συστήματα τηλεπισκόπησης που επιτρέπουν μετρήσεις υψομέτρων υψηλής ακρίβειας
Man-down :	Σύστημα που διασφαλίζει την προστασία των μοναχικών εργαζομένων μέσω της εφαρμογής Man Down, Αρμόδια πρόσωπα ειδοποιούνται για οποιαδήποτε επείγουσα κατάσταση.
EMF :	Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία
EMC :	Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα
Chat GPT:	Generative Pre-trained Transformer - Παραγωγικός Προεκπαιδευμένος Μετασχηματιστής: είναι εφαρμογή τεχνητής νοημοσύνης που επιτρέπει διάλογο και απαντήσεις (chatbot).



1. Εισαγωγή

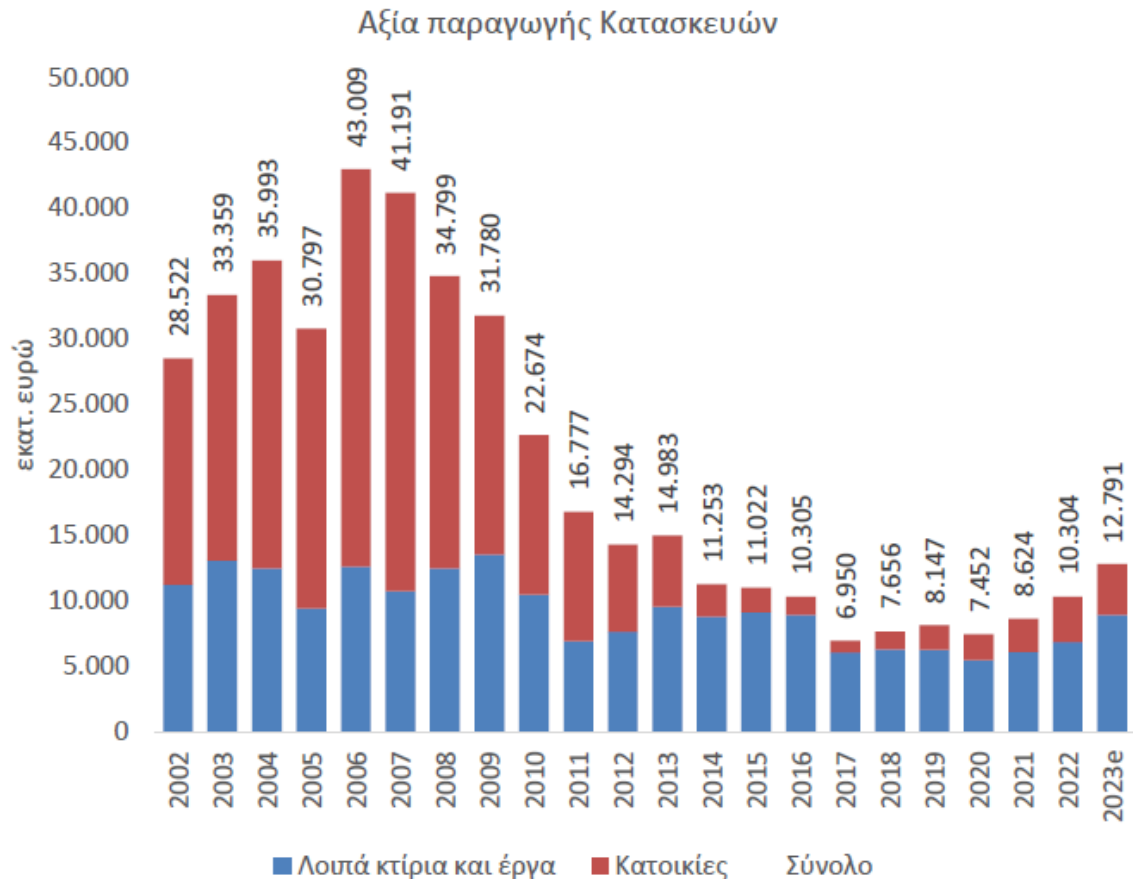
Η εξασφάλιση υψηλού επιπέδου προστασίας της Ασφάλειας και της Υγείας των εργαζομένων επιτυγχάνεται μέσω της βελτίωσης των συνθηκών εργασίας και του εργασιακού περιβάλλοντος, της πρόληψης και μείωσης των εργατικών ατυχημάτων και των επαγγελματικών ασθενειών και της προώθησης μέτρων προστασίας και προαγωγής της υγείας των εργαζομένων. Οι οικοδομικές εργασίες και εν γένει τα τεχνικά έργα είναι, ως γνωστόν, εργασιακές δραστηριότητες που εμφανίζουν έναν από τους υψηλότερους δείκτες εργατικών ατυχημάτων, όχι μόνο στη χώρα μας αλλά και διεθνώς, καθώς και την μεγαλύτερη αναλογία θανατηφόρων εργατικών ατυχημάτων.

Όταν οι εργασίες εκτελούνται σε ένα περιβάλλον μεγάλης επικινδυνότητας, όπως αυτών των τεχνικών έργων, ενδέχεται να εμφανιστούν πολυάριθμοι κίνδυνοι για την ασφάλεια, όπως πτώση από ύψος, παραπάτημα, ολίσθηση, ανύψωση φορτίων, επικίνδυνο εργασιακό περιβάλλον (φυσικοί, χημικοί, βιολογικοί παράγοντες), ανασφαλείς εργασιακές πρακτικές, που αυξάνουν σημαντικά τον κίνδυνο τραυματισμού ή/και θανάτου, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται το χρονοδιάγραμμα εκτέλεσης και ολοκλήρωσης του έργου και να αυξάνει το κόστος κατασκευής (ιατρικά έξοδα, απώλεια παραγωγικότητας, αποζημίωση τραυματιών και απώλεια φήμης).

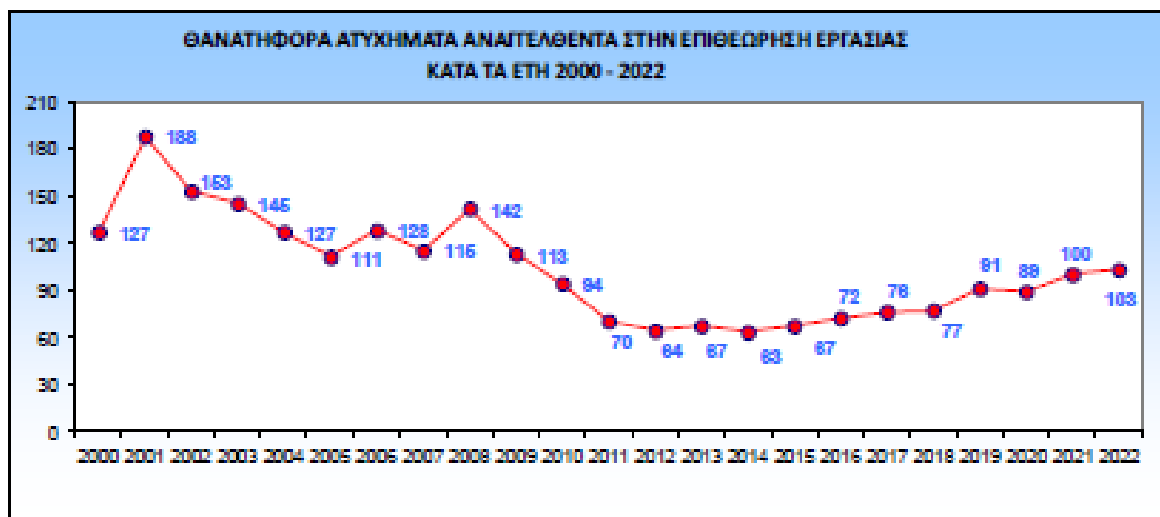
Παρόλη την καθιέρωση νόμων για την Ασφάλεια και Υγεία των εργαζομένων, κατευθυντηρίων γραμμών, οδηγιών και πρωτοκόλλων, που έχουν υποχρεωτική εφαρμογή στα τεχνικά έργα, ο αριθμός των εργατικών ατυχημάτων στις κατασκευές συνεχίζει να είναι υψηλός. Σύμφωνα με τον OSHA ο αριθμός των θανατηφόρων εργατικών ατυχημάτων στα τεχνικά έργα αντιπροσωπεύει σχεδόν το μισό του συνόλου των θανατηφόρων εργατικών ατυχημάτων (Maali et al., 2024).

Στο σχήμα 1, παρουσιάζεται η κατασκευαστική παραγωγή στην Ελλάδα για τη χρονική περίοδο 2002-2023, όπου φαίνεται ότι τα τελευταία χρόνια παρατηρείται σταδιακή αύξηση.

Σύμφωνα με τα πεπραγμένα της Επιθεώρησης Εργασίας έτους 2022 φαίνεται πως (σχήμα 2) με την αύξηση τα τελευταία χρόνια της κατασκευαστικής παραγωγής αυξάνονται και τα ατυχήματα. Η ολίσθηση και πτώση από ύψος και ακολούθως η θραύση, κατάρρευση κλπ. υλικού παράγοντα ήταν οι πρώτες αιτίες των θανατηφόρων εργατικών ατυχημάτων του 2022.



Σχήμα 1: Κατασκευαστική δραστηριότητα στην Ελλάδα ανά τύπο κατασκευής, 2002-2023, τροποποιημένο από ΤΜΕΔΕ, 2024

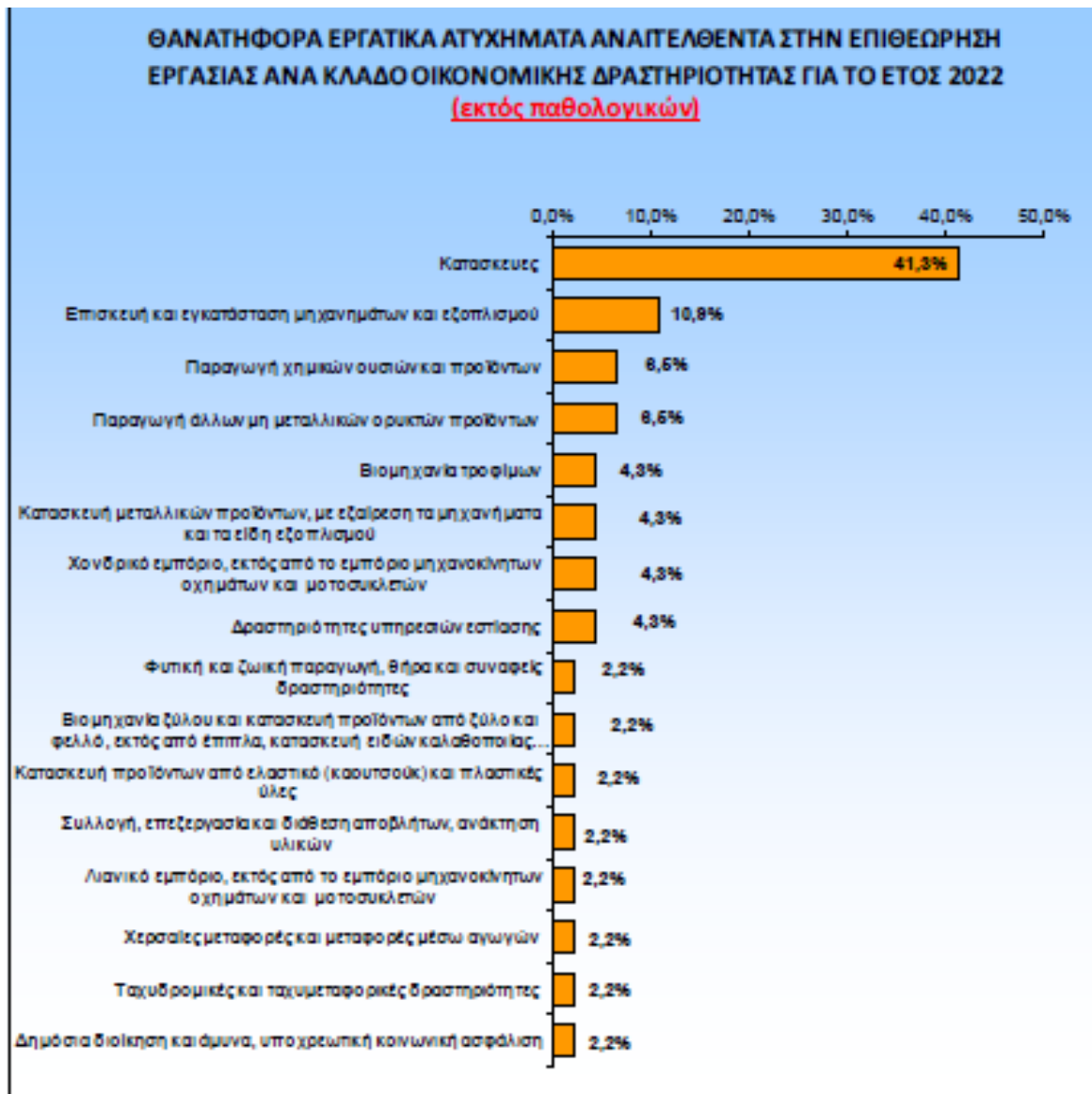


Σχήμα 2: Θανατηφόρα εργατικά ατυχήματα κατά τα έτη 2000-2022, τροποποιημένο από ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ - ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ ΑΡΧΗ, 2023

Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο που αντλείται από το σχήμα 3, όπου παρουσιάζεται το



ποσοστό των θανατηφόρων εργατικών ατυχημάτων ανά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας ατυχημάτων κατά το έτος 2022, είναι πως τα θανατηφόρα ατυχήματα στις κατασκευές αντιστοιχούν στο 41,3% του συνόλου των αναγγελλθέντων θανατηφόρων εργατικών (ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ- ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ ΑΡΧΗ, 2023).



Σχήμα 3: Θανατηφόρα εργατικά ατυχήματα ανά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας, κατά τα έτος 2022, τροποποιημένο από ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ - ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ ΑΡΧΗ, 2023

Η σωστή διαχείριση της Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας (ΕΑΥ) είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την επιτυχία του έργου και έχει αναγνωριστεί ευρέως ως μια από τις σημαντικότερες πτυχές για την βελτιστοποίηση της απόδοσης των επιχειρήσεων. Η διαχείριση της ΕΑΥ είναι μια διαδικασία που στοχεύει να εντοπίσει τις πηγές κινδύνου, να



εκτιμήσει το μέγεθος των κινδύνων που δεν μπορούν να αποφευχθούν, να τους συγκρίνει με σημεία αναφοράς για να καθορίσει τον βαθμό αποδοχής/ανεκτικότητας κινδύνου, να προσδιορίζει τα καταλληλότερα μέτρα εφαρμογής για την ελαχιστοποίηση των κινδύνων και να καθορίσει διαδικασίες για την παρακολούθηση και επαναξιολόγηση των κινδύνων σε συνεχή βάση (Tender et al., 2022).

Ο κλάδος των τεχνικών έργων είναι γνωστός για τις παραδοσιακές του μεθόδους και την αργή υιοθέτηση νέων τεχνολογιών, καινοτομιών και παρουσιάζει επίσης δυσκολία στην υιοθέτηση αλλαγών (Haupt et al., 2019). Θεωρείται ένας από τους λιγότερο ψηφιοποιημένους κλάδους, με αποτέλεσμα η ανάπτυξή του να υστερεί σε σχέση με την ανάπτυξη που έχουν άλλοι κλάδοι της βιομηχανίας, όπως αυτός της μεταποίησης (Brozovsky et al., 2024). Αλλά η πίεση για αύξηση της παραγωγικότητας, μείωση του κόστους και βελτίωση της ΕΑΥ έχει δημιουργήσει ένα θετικό περιβάλλον.

Το κλειδί για την υιοθέτηση της τεχνολογίας για διαχείριση της ΕΑΥ είναι η ενσωμάτωση της τεχνολογίας στη διαδικασία, τα εργαλεία και την κουλτούρα του οργανισμού και όχι η ίδια η τεχνολογία (Merchán, 2020).

Είναι πολύ σημαντικό να γίνει κατανοητό πως τα νέα εργαλεία δεν αντικαθιστούν τις υπάρχουσες διαδικασίες ΕΑΥ αλλά τις βοηθούν εξαιρετικά για να αντληθούν άμεσα και εύκολα συμπεράσματα.

Ως εκ τούτου, η ενσωμάτωση αυτών των συστημάτων στο χώρο εργασίας θα πρέπει να θεωρηθεί ως εργαλείο και όχι λύση για τη βελτίωση της ΕΑΥ, και θα πρέπει να βασίζεται σε ένα προϋπάρχον πλαίσιο ΕΑΥ (Nicosia et al., 2023).

Επιπλέον, η δυνατότητα μείωσης του κόστους εκτέλεσης του έργου, έχει αναγνωριστεί στη βιβλιογραφία ως σημαντικός παράγοντας για την υιοθέτηση της τεχνολογίας από τις τεχνικές εταιρίες (Merchán, 2020). Μέσω επενδύσεων σε εξοπλισμό ασφάλειας, επικοινωνία - συνεργασία εμπλεκόμενων στο έργο, εκπαίδευση εργαζομένων και σωστή ηγεσία, η θετική κουλτούρα ασφάλειας μπορεί να ενισχυθεί (Haupt et al., 2019). Οι Henshaw 2004, Agyekum et al. (2018), όπως αναφέρεται στους Okpala et al. (2020), επισημαίνουν πως τα αποτελεσματικά προγράμματα ΕΑΥ έχουν τρία σημαντικά πλεονεκτήματα: Την προστασία της ανθρώπινης ζωής, τη μείωση του κόστους και στην ενίσχυση του ηθικού των εργαζομένων.

Τα νέα εργαλεία και οι τεχνολογίες επαναπροσδιορίζουν την Ασφάλεια και την Υγεία στο χώρο εργασίας, γιατί έχουν τη δυνατότητα να παρακολουθούν ένα ευρύ φάσμα κινδύνων στο χώρο εργασίας και να βοηθούν τους εργαζόμενους και τους επαγγελματίες



της ΕΑΥ να τους διαχειρίζονται. Επιπλέον, είναι σε θέση να παρέχουν συγκεντρωτικά δεδομένα στους διαχειριστές της ΕΑΥ, τα οποία μπορούν να τους βοηθήσουν να εντοπίσουν τους κινδύνους και να ενεργήσουν γι' αυτούς λαμβάνοντας τα κατάλληλα μέτρα. Όσον αφορά την αντίδραση στους κινδύνους, τα νέα εργαλεία μπορούν να βοηθήσουν στην παρακολούθηση, για παράδειγμα, ενός απομονωμένου εργαζομένου που κινδυνεύει, μέσω του συστήματος man - down, και πιθανόν να βελτιστοποιήσουν τον χρόνο των επιχειρήσεων διάσωσης (Andriescu et al., 2023).

Πολλές μελέτες για τη διαχείριση και βελτίωση της ΕΑΥ στα τεχνικά έργα αναφέρουν τη χρήση ψηφιακών τεχνολογιών όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη, μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV) ή drones και τρισδιάστατη μοντελοποίηση (π.χ. Πληροφορίες κτιρίου Modeling – BIM), επειδή παρέχουν σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες για το έργο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καλύτερη διαχείριση των μέτρων ασφάλειας και επιτυγχάνεται επίσης και η παρακολούθηση από απόσταση (κυκλοφορίας, εργασιών, κλπ.), καθιστώντας ευκολότερη τη δουλειά των τεχνικών ασφάλειας και του προσωπικού που ασχολείται με τα θέματα Ασφάλειας και Υγείας στο έργο. Οι ψηφιακές τεχνολογίες έχουν επίσης την ικανότητα να παράγουν δεδομένα που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν σε δείκτες ασφάλειας (Okpala et al., 2020).

Ας μην ξεχνάμε ότι οι τεχνολογίες διαχέονται πολύ πιο γρήγορα από ότι στο παρελθόν. Για παράδειγμα, η εμπορική τηλεόραση χρειάστηκε 13 χρόνια για να φτάσει τα 50 εκατομμύρια νοικοκυριά και οι πάροχοι υπηρεσιών διαδικτύου 3 χρόνια για να υπογράψουν 50 εκατομμύρια συνδρομητές, αλλά το Facebook χρειάστηκε μόλις ένα χρόνο και το Twitter ακόμα λιγότερο χρόνο για να φτάσει στο ίδιο ορόσημο (Foresight on New and Emerging Occupational Safety and Health Risks Associated With Digitalisation by 2025 | Safety and Health at Work EU-OSHA, 2018).

Αν και οι ψηφιακές τεχνολογίες δεν έχουν επιτύχει ακόμα ένα βέλτιστο επίπεδο αποδοχής και διάχυσης στα τεχνικά έργα, έχουν πολύ μεγάλη δυνατότητα να μετριάσουν τον κίνδυνο της Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας (ΕΑΥ) ανεξάρτητα από τις ανακατατάξεις που θα φέρουν στον κλάδο.

Πολλοί παράγοντες συμβάλλουν στην αργή υιοθέτηση των ψηφιακών τεχνολογιών, συμπεριλαμβανομένου του κατακερματισμού του κλάδου, αφού ο αριθμός των εμπλεκόμενων στο έργο είναι μεγάλος (κύριος του έργου, ανάδοχος, εργολάβος, υπεργολάβος, αυτοαπασχολούμενος), η φύση του έργου, η μορφή του που μεταβάλλεται συνεχώς με τον χρόνο, με αποτέλεσμα να υπάρχει δυσκολία στην παραγωγή, επικοινωνία



και διαχείριση πληροφοριών, η οποία με τη σειρά της προκαλεί περαιτέρω χρονική καθυστέρηση στην εφαρμογή των ψηφιακών τεχνολογιών στα τεχνικά έργα. Ακόμη, η κατασκευή των έργων γίνεται συνήθως σε μη ελεγχόμενα περιβάλλοντα που εκτίθενται σε μεταβαλλόμενες εξωτερικές επιδράσεις (Brozonsky et al., 2024).



2. Σκοπός

Η παρούσα μελέτη στοχεύει στο να εξετάσει τη δυναμική που έχει ο ψηφιακός μετασχηματισμός της ΕΑΥ στα τεχνικά έργα. Η τεχνολογία είναι γενικά ουδέτερη, η χρήση της είναι που καθορίζει το θετικό ή αρνητικό αντίκτυπό της. Όπως κάθε μεταβολή της παραγωγικής διαδικασίας έτσι και η κάθε τεχνολογία (ανάλογα με τη χρήση της) έχει ταυτόχρονα τόσο θετικές όσο και αρνητικές συνέπειες (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε, 2022).

Με την παρούσα μελέτη θα περιγραφούν εργαλεία που, χρησιμοποιώντας στοιχεία ψηφιακής τεχνολογίας, μπορούν να βελτιώσουν τις συνθήκες ΕΑΥ, να ενισχύσουν τον έλεγχο της εφαρμογής των λαμβανομένων μέτρων, καθώς και να εφαρμοστούν για την εκπαίδευση - κατάρτιση των εργαζομένων, καθώς επίσης και θα αναλυθούν και οι νέες προκλήσεις για την ΕΑΥ που αναδύονται από την εφαρμογή αυτών των συστημάτων στα τεχνικά έργα.

Διενεργήθηκε μια απλή βιβλιογραφική ανασκόπηση για να διερευνηθούν οι υιοθετήσεις και οι εφαρμογές ψηφιακών τεχνολογιών όπως αναφέρονται σε μελέτες και αποτυπώνονται οι αναδυόμενες μελλοντικές τάσεις που ενδέχεται να επηρεάσουν την Ασφάλεια και την Υγεία στα τεχνικά έργα στο μέλλον (Haupt et al., 2019).

Ως εκ τούτου, οι στόχοι αυτής της μελέτης περιλαμβάνουν:

1. Επισκόπηση των ψηφιακών τεχνολογιών στη διαχείριση της ΕΑΥ στα τεχνικά έργα.
2. Νέες προκλήσεις εφαρμογής των ψηφιακών τεχνολογιών για την ΕΑΥ στα τεχνικά έργα.

Η δομή της εργασίας έχει ως εξής:

Στην ενότητα 4 γίνεται μια ταξινόμηση στα είδη των ψηφιακών τεχνολογιών που εφαρμόζονται για τη διαχείριση της ΕΑΥ, έξυπνα μέσα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ), τεχνητή νοημοσύνη - αλγόριθμοι - μεγάλα δεδομένα, εικονική πραγματικότητα και επαυξημένη πραγματικότητα (VR & AR), ρομπότ και το BIM.

Στην συνέχεια γίνεται μια περιγραφή αυτών των ψηφιακών εργαλείων, τι δεδομένα συλλέγονται και ποιους τομείς της ΕΑΥ μπορούν να βοηθήσουν, όπως στον έγκαιρο εντοπισμό των επαγγελματικών κινδύνων στους χώρους εργασίας, στην εκπαίδευση και στην καθοδήγηση στην εργασία, σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης/ατύχημα, και στη συλλογή δεδομένων ατυχήματος, ευνοώντας έτσι την αναφορά και τη διερεύνηση ατυχημάτων με βάση τα δεδομένα που συλλέγονται και αναλύονται.

Η ενότητα 5 αναλύει τους κινδύνους και τις προκλήσεις που θέτουν τα νέα εργαλεία στην ΕΑΥ στα τεχνικά έργα, όπως το κόστος, η νομοθεσία και τα πρότυπα, η ιδιαιτερότητα του κλάδου των τεχνικών έργων, άνθρωποι, τεχνολογικοί παράγοντες, δεξιότητες - γνώσεις, ευθύνες - νομικές ανησυχίες, κυβερνοασφάλεια, φύση των δεδομένων που συλλέγονται και



τα είδη των κινδύνων.

Στην ενότητα 6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης, συγκρίνοντας και ερμηνεύοντας τα αποτελέσματα των μελετών που ανασκοπήθηκαν, και εντοπίζονται τυχόν ζητήματα που αναφέρονται σε μεθοδολογικά προβλήματα των ερευνών. Τέλος στην ενότητα 7 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα σχετικά με το τι λειτουργεί, για ποιον και πώς, οι περιορισμοί και η πρόταση μελλοντικών βημάτων, συστάσεις και επισημάνσεις των αναμενόμενων τάσεων και προκλήσεων.



3. Υλικό - Μέθοδος

Για τη λήψη δεδομένων και την εκπλήρωση των προαναφερθέντων στόχων, πραγματοποιήθηκε μια δομημένη βιβλιογραφική ανασκόπηση, που προέκυψε από έρευνα σε ακαδημαϊκά άρθρα καθώς και σε εκθέσεις του Ευρωπαϊκού Οργανισμού για την Ασφάλεια και την Υγεία των εργαζομένων [EU-OSHA](#), που σχετίζονται με την εφαρμογή ψηφιακών τεχνολογιών στον τομέα της ΕΑΥ στα τεχνικά έργα, καθώς και με τις νέες προκλήσεις που επιφέρουν οι αλλαγές αυτές. Συγκεκριμένα, έγινε βιβλιογραφική έρευνα σε μηχανές αναζήτησης [Google Scholar](#), [ScienceDirect.com](#), στο ηλεκτρονικό περιοδικό International Journal of Occupational Safety and Ergonomics <https://www.tandfonline.com/loi/tose20>, στην ιστοσελίδα του [EAINYAE](#), στην ελληνική και αγγλική γλώσσα, με λέξεις κλειδιά που σχετίζονται με την ΕΑΥ, ψηφιακή εποχή, αναδυόμενους κινδύνους, προκλήσεις και τις κατασκευές. Κριτήριο επιλογής αποτέλεσε η συνάφεια της θεματικής ενότητας και ο χρόνος δημοσίευσης. Έγινε εστίαση στη βιβλιογραφία των τελευταίων ετών, δεδομένου ότι οι ψηφιακές τεχνολογίες αναπτύσσονται ραγδαία στο χρόνο.



4. Επισκόπηση ψηφιακών εφαρμογών στα τεχνικά έργα

Αυτό το κεφάλαιο εστιάζει στα καταγεγραμμένα στη βιβλιογραφία νέα εργαλεία όπως εφαρμόζονται στη διαχείριση της Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας (EAY) στα Τεχνικά Έργα.

Τα νέα εργαλεία διαχείρισης της EAY χρησιμοποιούν συνδυασμό τεχνολογιών για τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων με σκοπό τον εντοπισμό, την αξιολόγηση και παρακολούθηση των κινδύνων στο χώρο εργασίας, στοχεύοντας στην πρόληψη ή/και στην ελαχιστοποίηση των κινδύνων, στην προώθηση της EAY και στην ενίσχυση - βελτίωση των υφιστάμενων διαδικασιών EAY (Nicosia et al., 2023). Ιδιαίτερα στον κλάδο των τεχνικών έργων που παρουσιάζει μεγάλη επικινδυνότητα αυτά τα νέα εργαλεία μπορούν να μειώσουν ή/και να αποτρέψουν μεγάλο φάσμα κινδύνων που μπορεί να προκύψουν κατά την εκτέλεση του έργου.

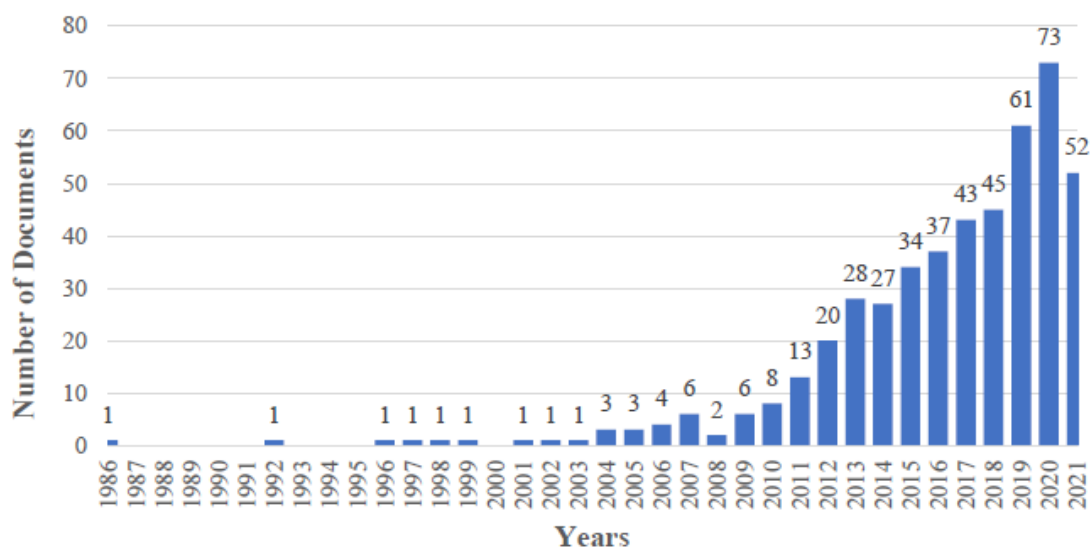
Συνδυασμός ψηφιακών τεχνολογιών, αισθητήρων και λογισμικό χρησιμοποιούνται συχνά στα νέα εργαλεία. Αυτό δεν προκαλεί έκπληξη, λόγω του IoT – της διασύνδεσής τους και της ανταλλαγής δεδομένων μέσω του Διαδικτύου. Αυτή η ανταλλαγή προσφέρει μεγάλα δεδομένα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για γνώσεις σε βάσεις δεδομένων σχετικά με τον χώρο εργασίας και την Υγεία και την Ασφάλεια των εργαζομένων, για παράδειγμα, μέσω της τεχνητής νοημοσύνης (AI). Σημειωτέον πως η τεχνητή νοημοσύνη είναι στενά συνδεδεμένη με τα μεγάλα δεδομένα, βασίζεται σε αυτά για να προχωρήσει και να μάθει, και τα μεγάλα δεδομένα είναι δύσκολο να κυριαρχήσουν χωρίς την υποστήριξη της AI. Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη έχει την ικανότητα να ξεπερνά άλλες τεχνολογίες.

Τα νέα εργαλεία παρακολουθούν το περιβάλλον εργασίας και τον εξοπλισμό (π.χ. με κάμερες, drones, RFID) ή τον εργαζόμενο (ιδίως μέσω wearables συσκευών) ή παρακολουθούν και τα δύο με υβριδικό τρόπο (π.χ. wearables συσκευές, έξυπνα ΜΑΠ, δίκτυα αισθητήρων, GPS και RFID). Μπορούν επίσης να συλλέγουν και να κατανοούν δεδομένα σε επίπεδο συλλογικού χώρου εργασίας και όχι μόνο σε ατομικό επίπεδο.

Τα δεδομένα που συλλέγονται περιλαμβάνουν εικόνες, ήχο, βίντεο, δεδομένα περιβάλλοντος (π.χ. θερμοκρασία), δεδομένα υγείας (π.χ. καρδιακός ρυθμός, θερμοκρασία σώματος κ.λπ.), δεδομένα συμπεριφοράς (π.χ. επικίνδυνες κινήσεις) και δεδομένα στάσης σώματος (Andriescu et al., 2023).

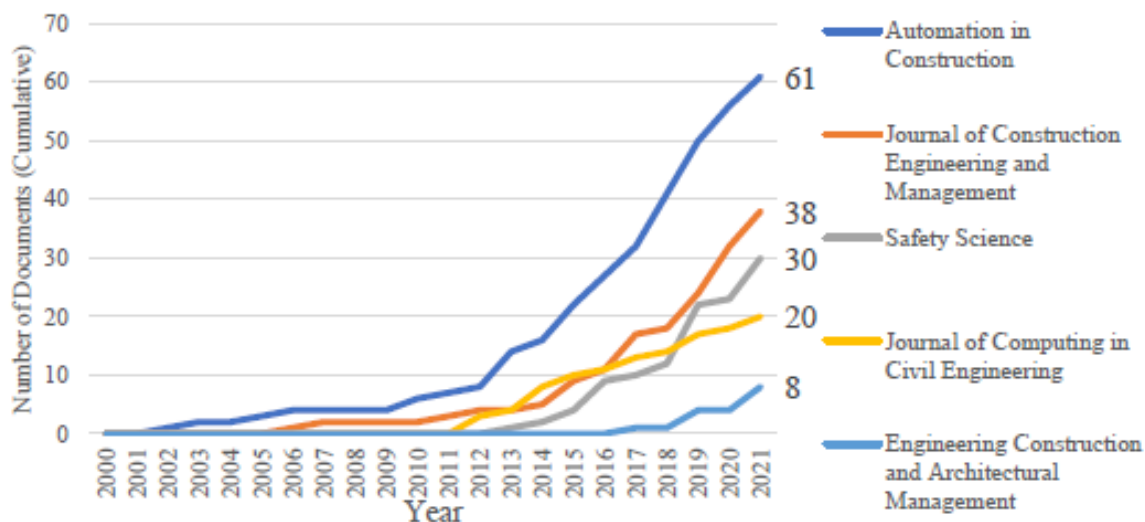
Οι Dobrucali et al. (2023) βρήκαν πως παρόλο που υπάρχουν λίγες μελέτες για την εφαρμογή ψηφιακών συστημάτων στην EAY στα τεχνικά έργα στη δεκαετία του 1990, η ερευνητική περιοχή προκάλεσε ενδιαφέρον τα τελευταία 10 χρόνια και ο αριθμός των

ερευνητικών μελετών έχει αυξητική τάση όπως φαίνεται στο διάγραμμα 4, όπου και η τάση της αύξησης είναι παράλληλη με την ανάπτυξη και υιοθέτηση ψηφιακών τεχνολογιών στα τεχνικά έργα.



Σχήμα 4: Αριθμός ερευνητικών μελετών στο χρόνο για την εφαρμογή ψηφιακών συστημάτων στην ΕΑΥ, τροποποιημένο από Dobrucali et al. (2023)

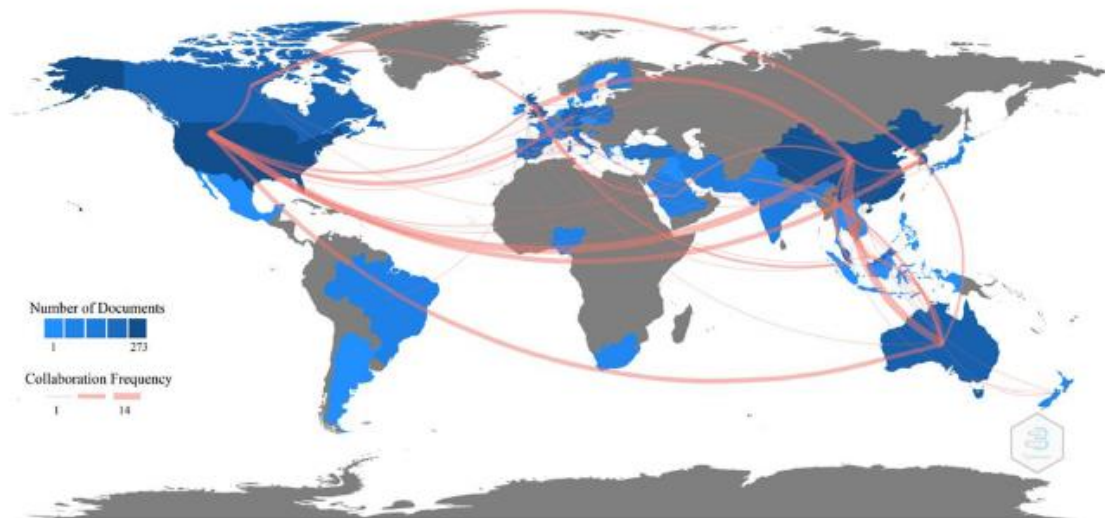
Το διάγραμμα 5 δείχνει το αυξανόμενο ενδιαφέρον των μελετητών με βάση τον αριθμό των εγγράφων που δημοσιεύτηκαν σε επιστημονικά περιοδικά



Σχήμα 5: Αριθμός εγγράφων που δημοσιεύτηκαν σε επιστημονικά περιοδικά για την ψηφιοποίηση στα τεχνικά έργα, τροποποιημένο από Dobrucali et al. (2023)

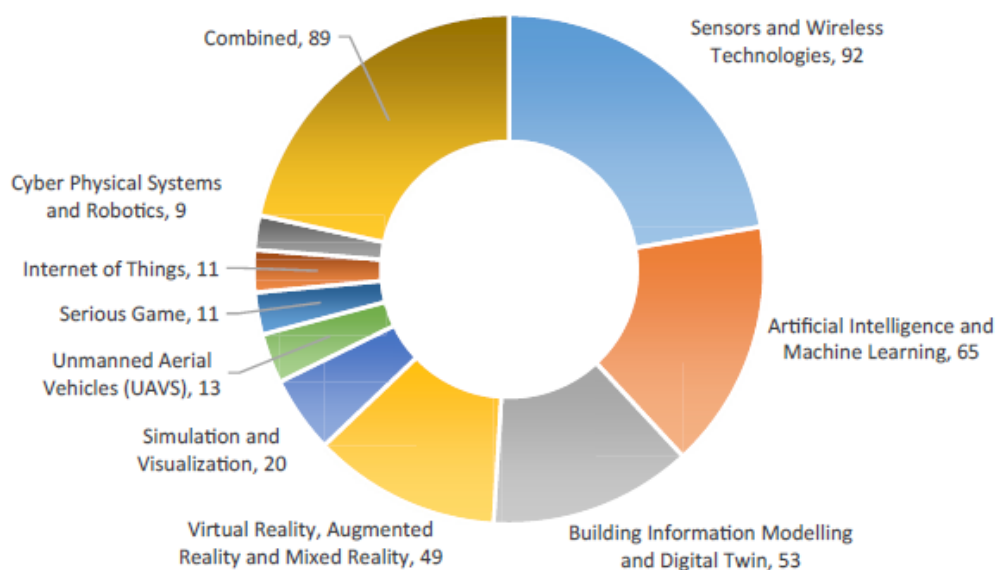
Στο διάγραμμα 6 φαίνονται οι χώρες ανά τον κόσμο με τον αριθμό των δημοσιεύσεων που παρήγαγαν για την ΕΑΥ στα τεχνικά έργα, καθώς οπτικοποιήθηκαν οι συνεργασίες

μεταξύ των χωρών.



Σχήμα 6: Χώρες ανά τον κόσμο και αριθμός των δημοσιεύσεων που παρήγαγαν για την ΕΑΥ στα τεχνικά έργα, τροποποιημένο από Dobrucali et al. (2023).

Επιπλέον το διάγραμμα 7 δείχνει την συχνότητα εφαρμογής των διάφορων ειδών ψηφιακών τεχνολογιών στην κατασκευή των έργων. Από το διάγραμμα φαίνεται ότι οι αισθητήρες και οι ασύρματες τεχνολογίες είναι οι πιο συχνές τεχνολογίες όσον αφορά την προώθηση ασφαλέστερων πρακτικών και ότι η AI, ML και BIM είναι άλλες σημαντικές τεχνολογίες που εφαρμόζονται στην ασφάλεια των τεχνικών έργων. Ειδικότερα δε, όταν συνδυάζονται οι τεχνολογίες είναι ακόμη πιο αποτελεσματικές.



Σχήμα 7: Συχνότητα εφαρμογής των διάφορων ειδών ψηφιακών τεχνολογιών στην



κατασκευή των έργων, τροποποιημένο από Dobrucali et al. (2023).

Οι Xu et al. (2021) στον πίνακα 1 συνόψισαν τις ψηφιακές τεχνολογίες σε σχέση με τη διαχείριση της ΕΑΥ στα τεχνικά έργα, όπως κατά τη φάση της μελέτης, της σχεδίασης, του εντοπισμού των κινδύνων, της καταγραφής - μέτρησης - παρακολούθησης του εργασιακού περιβάλλοντος ή των εργαζομένων, της καταχώρησης αποτελεσμάτων και τέλος της εκπαίδευσης.

Πίνακας 1: Επισκόπηση των ψηφιακών τεχνολογιών για τη διαχείριση ΕΑΥ στα τεχνικά έργα, τροποποιημένο από Xu et al. (2021).

Function		Technology						
		BIM	Wearable sensors	RFID, UWB, GPS/GIS, GSM, Bluetooth, WLAN, IoT	VR/AR/Computer-generated simulation	Computer-/Tablet-/Mobile-aided	Camera /Drone	AI
Design	Prevention through design	X						
Planning	Safety plans	X		X				
Monitoring	Fatigue/Stress/Musculoskeletal disorders		X				X	X
	Wellbeing: e.g., sleeping patterns		X					
	Location of resources, equipment and/or workers			X				
	Safety behaviour & activities		X	X		X		X
	Working environment			X			X	
Reporting						X		
Training		X			X	X		

Παρόλο που στη βιβλιογραφική ανασκόπηση υπήρχε διαφοροποίηση στον τρόπο κατηγοριοποίησης και ανάλυσης της εφαρμογής των ψηφιακών τεχνολογιών στους εργασιακούς χώρους, τελικά για την παρούσα μελέτη επιλέχθηκε ο τρόπος κατηγοριοποίησης του Ευρωπαϊκού Οργανισμού για την Υγεία και Ασφάλεια στην εργασία.

4.1. Ευφυή μέσα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ)

Κινητές, μικροσκοπικών διαστάσεων συσκευές διαχείρισης, που είναι ενσωματωμένες σε μέσα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) επιτρέπουν την παρακολούθηση επιβλαβών

παραγόντων (πηγές κινδύνου) σε πραγματικό χρόνο και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να προειδοποιούν εγκαίρως για τον κίνδυνο έκθεσης σε επιβλαβείς συνθήκες, άγχους, πρόκλησης προβλημάτων υγείας και κόπωσης. Έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν εξατομικευμένες συμβουλές σε πραγματικό χρόνο, οι οποίες θα επηρεάζουν τη συμπεριφορά των εργαζομένων και θα βελτιώνουν την ασφάλεια και την υγεία τους. (Ψηφιακή εποχή της εργασίας και επαγγελματική ασφάλεια & υγεία (EAY), 2019).

Το έξυπνο ΜΑΠ υπόσχεται υψηλότερο επίπεδο προστασίας και μεγαλύτερη άνεση μέσω της χρήσης ενισχυμένων υλικών ή ηλεκτρονικών εξαρτημάτων. Είναι σημαντικό να γίνει αντιληπτό ότι ο συνδυασμός παραδοσιακών ΜΑΠ με έξυπνα στοιχεία αποτελεί αυτόν τον νέο τύπο ΜΑΠ. Τα ΜΑΠ, όπως είναι τα υποδήματα ασφαλείας ή οι ωτοασπίδες και τα προστατευτικά γυαλιά, υπήρξαν ανέκαθεν σημαντικά για την προστασία των εργαζομένων. Στις περισσότερες περιπτώσεις το έξυπνο μέρος των έξυπνων ΜΑΠ είναι τα ψηφιακά τους εξαρτήματα. Στην περίπτωση αυτή το έξυπνο ΜΑΠ αποτελεί συνδυασμό κάποιου παραδοσιακού ΜΑΠ, π.χ. προστατευτικού ενδύματος με ψηφιακά εξαρτήματα, αισθητήρες, ανιχνευτές, διεπαφές για την διαβίβαση δεδομένων, μπαταρίες, καλώδια και άλλα στοιχεία. Στο σχήμα 8 προτείνεται ένα σύστημα ταξινόμησης για τα έξυπνα ΜΑΠ.



Σχήμα 8: Σύστημα ταξινόμησης των διαφόρων τύπων έξυπνων ΜΑΠ με βάση τη σύνθεσή τους και τις ικανότητες συλλογής δεδομένων, τροποποιημένο από Thierbach, (2020).

4.2. Μεγάλου όγκου δεδομένα, τεχνητή νοημοσύνη και αλγόριθμοι

Οι κινητές συσκευές, οι wearables συσκευές ή οι συσκευές που είναι ενσωματωμένες



(στα ρούχα ή στο σώμα) και οι ψηφιακές τεχνολογίες χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο για την παρακολούθηση των εργαζομένων σε πραγματικό χρόνο. Η εργασία ολοένα και περισσότερο επιβλέπεται και συντονίζεται από αλγορίθμους και εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης που βασίζονται σε μεγάλου όγκου δεδομένα και σε καταγεγραμμένα δεδομένα που εστιάζουν στην παραγωγικότητα, στους χώρους εργασίας, στις ενδείξεις των ζωτικών λειτουργιών, στους δείκτες άγχους, τις μικροεκφράσεις του προσώπου, ακόμα και στην ανάλυση του τόνου της φωνής και της διάθεσης των εργαζομένων (*Ψηφιακή εποχή της εργασίας και επαγγελματική ασφάλεια & υγεία (EAY)*, 2020).

Τα νέα εργαλεία διαχείρισης EAY συχνά βασίζονται σε αισθητήρες και ενσωματώνουν διάφορες νέες τεχνολογίες, μεταξύ των οποίων τεχνητή νοημοσύνη (AI), μηχανική μάθηση (ML) και Internet of things (IoT), καθώς και συμβατική ασύρματη σύνδεση (τεχνολογίες Bluetooth, RFID, Wi-Fi, υπέρυθρες ή άλλες τεχνολογίες κάμερας). Αυτές οι τεχνολογίες ενσωματώνονται σε wearables συσκευές (ρολόγια, γυαλιά κ.α.), σε εξοπλισμό ατομικής προστασίας (ΜΑΠ), καθώς και σε βιομηχανικό εξοπλισμό, συμπεριλαμβανομένων οχημάτων και χώρους εργασίας (Nicosia et al., 2023).

Τα νέα εργαλεία διαχείρισης της EAY εστιάζονται κυρίως σε τέσσερις πτυχές:

- Εντοπισμός κινδύνων
- Εκπαίδευση - κατάρτιση
- Έκτακτη ανάγκη - έγκαιρος εντοπισμός για ελαχιστοποίηση των συνεπειών βλάβης
- Διευκόλυνση της αναφοράς και διερεύνησης ατυχημάτων

(Andriescu et al., 2023).

4.2.1. Εντοπισμός κινδύνων

Οι κίνδυνοι που εντοπίζονται στο χώρο εργασίας από τα νέα εργαλεία διαχείρισης της EAY είναι:

- φυσικοί (ακραίες θερμοκρασίες, θόρυβος, δονήσεις, ακτινοβολίες, φωτισμός),
- εργονομικοί (επαναλαμβανόμενες κινήσεις, ακραίες στάσεις),
- χημικοί (εύφλεκτες ουσίες, τοξικές ουσίες, εκπομπές),
- ψυχοκοινωνικοί (στρες, άγχος, κατάθλιψη, χαμηλή αυτοεκτίμηση)
- κίνδυνοι που σχετίζονται με την ασφάλεια (σχετικά με την κυκλοφορία, την εργασία, τον εξοπλισμό εργασίας - μηχανήματα) (Nicosia et al., 2023).

Με τη βοήθεια των ψηφιακών εργαλείων, μπορούν να γίνουν πιο εύκολα, γρήγορα και αξιόπιστα οι παρακάτω μετρήσεις:



➤ *Μέτρηση ατομικών/συλλογικών επιβλαβών εκθέσεων και περιβαλλοντικών επιπέδων*

Η βλάβη μπορεί να αποφευχθεί με τη μέτρηση σε πραγματικό χρόνο της επιβλαβούς ατομικής / συλλογικής έκθεσης των εργαζομένων: Θερμοκρασία, πίεση, θόρυβος, σκόνη, χημικά, βιολογικοί παράγοντες, ακτινοβολία, υπεριώδης ακτινοβολία, κοκ. Wearables συσκευές και έξυπνα ΜΑΠ (όπως γυαλιά, κράνη ασφαλείας, παπούτσια και προστατευτικός εξοπλισμός με έξυπνα ηλεκτρονικά μέρη συνδεδεμένα με έξυπνα τηλέφωνα και ρολόγια) μπορούν να μετρήσουν τόσο την ατομική έκθεση όσο και τα περιβαλλοντικά επίπεδα του χώρου εργασίας. Επιπλέον, τα περιβαλλοντικά επίπεδα διαφορετικών πηγών επικίνδυνης έκθεσης θα μπορούσαν επίσης να μετρηθούν μέσω καμερών, ασύρματων δικτύων αισθητήρων (WSN) και drones.

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSN) χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για την παρακολούθηση του χώρου εργασίας εξ αποστάσεως και με ασφάλεια: τοξική σκόνη σε χώρους με ανεπαρκή αερισμό, εκρηκτικά αέρια που ενέχουν κίνδυνο πυρκαγιάς, χημικοί και βιολογικοί παράγοντες και υγρασία, μπορούν να ανιχνευθούν προληπτικά μέσω περιβαλλοντικής διαχείρισης .

Σε ατομικό επίπεδο, τα νέα εργαλεία ΕΑΥ που βασίζονται σε wearables συσκευές και έξυπνα ΜΑΠ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση διαφόρων επικίνδυνων εκθέσεων σε διάφορους τομείς, χρησιμοποιώντας δοσίμετρα και ραδιόμετρα. Αυτά επιτρέπουν όλο και περισσότερο τη μέτρηση της έκθεσης σε πραγματικό χρόνο και την έγκαιρη καταγραφή, καθώς και την αθροιστική έκθεση, μέσω μικρών, φορητών αισθητήρων χαμηλού κόστους. Η έκθεση θα μπορούσε να σχετίζεται με: νανοϋλικά, σωματίδια σκόνης, και UV ακτινοβολία. Για παράδειγμα, τα ηλεκτρονικά δοσίμετρα έκθεσης στην υπεριώδη ακτινοβολία καταγράφουν αυτόματα δεδομένα κατά τις εργάσιμες ώρες όταν φοριούνται (π.χ. στον βραχίονα). Αυτό είναι σημαντικό, δεδομένης της αναμενόμενης αύξησης της συχνότητας εμφάνισης καρκίνου του δέρματος. Μπορούν επίσης να στέλνουν ειδοποίηση στους εργαζόμενους όταν τα επίπεδα έκθεσης είναι υψηλά και πλησιάζουν τα επιτρεπόμενα όρια, όπως υψηλή θερμοκρασία, επίπεδα θορύβου, υγρασία και ποιότητα αέρα ώστε να ληφθούν οι απαραίτητες προφυλάξεις. Επιπλέον, εάν υπάρχει ενσωματωμένη συσκευή διαχείρισης GPS τέτοια εργαλεία μπορούν να ανιχνεύσουν την έκθεση σε κάποιον παράγοντα και να βρουν πού σημειώθηκε η μόλυνση.

Τα νέα εργαλεία καθιστούν δυνατό να γνωρίζουμε εάν η θερμοκρασία στους χώρους εργασίας είναι ανάλογη της σωματικής δραστηριότητας των εργαζομένων. Υπάρχουν ακόμα εργαλεία που χρησιμοποιούν αισθητήρες που μπορούν να λάβουν πολλές μετρήσεις



θερμοκρασίας εξωτερικά (άκρα δακτύλων, αυτιά, πόδια, δέρμα) και επίσης εσωτερικά εάν καταποθούν με τη μορφή τηλεμετρικού χαπιού θερμοκρασίας. Αυτό θα μπορούσε να ισχύει για τους εργάτες οδοποιίας το καλοκαίρι στη νότια Ευρώπη κυρίως, και γενικότερα για όλους τους εργαζόμενους που εργάζονται υπό ζέστη ακόμα και όταν κάνει κρύο και ιδιαίτερα όταν φορούν βαρύ εξοπλισμό (Andriescu et al., 2023).

Όσον αφορά τη θερμική καταπόνηση των εργαζομένων το καλοκαίρι του 2023 η ψηφιοποίηση βοήθησε στο εξής: Με δελτίο τύπου το Υπουργείο Εργασίας (*Μέτρα για την προστασία από τη θερμική καταπόνηση των εργαζομένων υπό συνθήκες καύσωνα*, 2023) σύστησε τη συχνή παραπομπή των εργοδοτών, εργαζομένων στην ιστοσελίδα της ΕΜΥ http://www.hnms.gr/emv/el/forecast/deikths_wbgt, όπου υπάρχει 48ωρη πρόβλεψη του σχετικού βιοκλιματικού δείκτη πρόβλεψης (WBGT) της θερμικής καταπόνησης των εργαζομένων, καθώς και στην εφαρμογή «ΘΥΒΜΑΣ – Δείκτης Θερμικής Καταπόνησης» για έξυπνα κινητά τηλέφωνα, λαμβάνοντας μετεωρολογικά δεδομένα από τον πλησιέστερο στο χρήστη μετεωρολογικό σταθμό: <https://play.google.com/store/apps/details?id=gr.wbgt>, όπου με αυτόν τον τρόπο δόθηκε η δυνατότητα με τη βοήθεια της ψηφιακής τεχνολογίας να εκτιμηθεί γρήγορα και σχετικά αξιόπιστα ο κίνδυνος θερμικής καταπόνησης των εργαζομένων σε υπαίθριες εργασίες, όπως είναι τα τεχνικά έργα, και στη συνέχεια, ανάλογα με την τιμή του δείκτη, ο εργοδότης να υποχρεούται να λάβει τα κατάλληλα τεχνικά και οργανωτικά μέτρα για μείωση της θερμικής καταπόνησης των εργαζομένων, όπως ορίζει η νομοθεσία.

➤ *Μέτρηση της έκθεσης σε εργονομικούς κινδύνους*

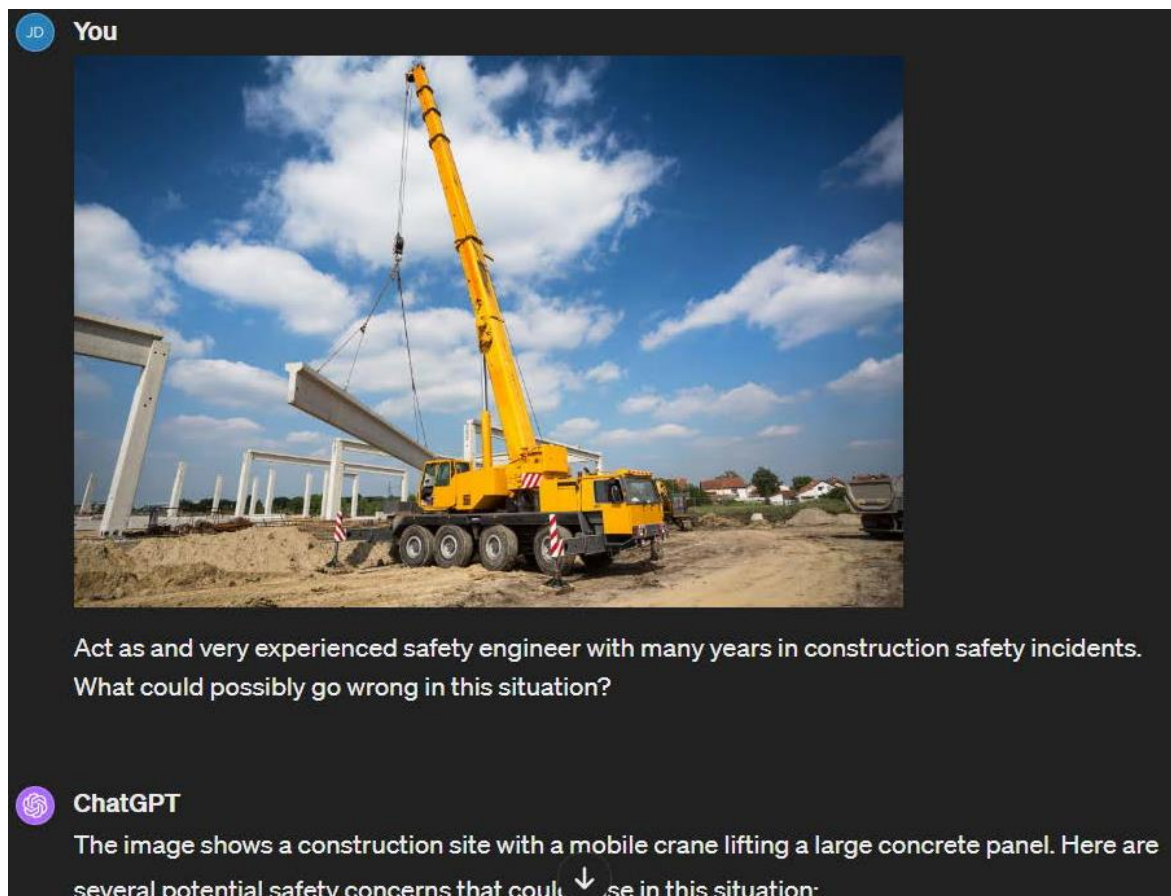
Τα νέα εργαλεία ΕΑΥ μπορούν να βοηθήσουν στην πρόληψη των μυοσκελετικών παθήσεων που σχετίζονται με την εργασία, που μπορεί να προέρχονται από κακές στάσεις σώματος, συμπεριλαμβανομένων των σκυμμένων στάσεων, των επαναλαμβανόμενων κινήσεων και της άρσης μεγάλων βαρών.

➤ *Προσδιορισμός κινδύνων που σχετίζονται με τις εγκαταστάσεις*

Ορισμένα εργαλεία επιτρέπουν τον εντοπισμό και την ειδοποίηση των εργαζομένων όταν εισέρχονται σε επικίνδυνη περιοχή. Οι κίνδυνοι μπορεί να σχετίζονται με παραπάτημα, ολίσθηση και πτώσεις – οι οποίες είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες όταν η εργασία είναι σε ύψος (για παράδειγμα, στα τεχνικά έργα, ιδίως σε εργασίες σε στέγη), η εργασία γίνεται κοντά σε ανυψωτικά μηχανήματα, με συγκρούσεις και ατυχήματα κατά τη χρήση ή/και αλληλεπίδραση με μηχανήματα και οχήματα κ.λπ. Αισθητήρες (GPS, WSN) και λογισμικό μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναγνώριση της απόστασης, τη μέτρηση εάν η

ταχύτητα είναι πάνω από τα όρια ασφαλείας και γίνεται ενεργοποίηση των κουμπιών διακοπής λειτουργίας (έκτακτης ανάγκης). Τα εργαλεία αναγνώρισης που βασίζονται σε ραδιοσυχνότητες (RFID) πάνω σε έξυπνο ΜΑΠ ανιχνεύουν αυτόματα και ειδοποιούν όταν ένα αντικείμενο ή ένα άτομο πλησιάζει στην επικίνδυνη ζώνη π.χ. ενός περionoφόρου ανυψωτικού οχήματος. Στον τομέα της εξόρυξης, η τεχνολογία «geofencing» είναι σε θέση να προειδοποιεί αυτόματα τους εργαζομένους εάν εισέρχονται σε μια επικίνδυνη ζώνη ή αν ανιχνεύει τις κινήσεις τους κοντά σε επικίνδυνα μηχανήματα και – σε αυτή την περίπτωση – να σταματάει τη λειτουργία τους (Andriescu et al., 2023).

Στην εικόνα 9 παρουσιάζεται παράδειγμα που εφαρμογή AI (chat GPT) βοηθάει τους επόπτες για την ΕΑΥ, ζητώντας να ενεργήσει ως πολύ έμπειρος Τεχνικός Ασφαλείας και να εντοπίσει τι θα μπορούσε να πάει στραβά σε έργο με έναν κινητό γερανό που σηκώνει ένα μεγάλο τσιμεντένιο πάνελ (Dokas, 2024)



Σχήμα 9: Κινητός γερανός που σηκώνει μεγάλο τσιμεντένιο πάνελ (Dokas, 2024)

Στο σχήμα 10 αναφέρονται διάφοροι πιθανοί κίνδυνοι για την ασφάλεια, όπως τους εντόπισε η εφαρμογή ChatGPT.

ChatGPT

The image shows a construction site with a mobile crane lifting a large concrete panel. Here are several potential safety concerns that could arise in this situation:

1. **Stability of the Crane:** The crane must be on stable ground and properly leveled. If not, there is a risk of the crane tipping over, especially while carrying heavy loads.
2. **Load Capacity:** The crane should not be lifting a load that exceeds its maximum lifting capacity. Overloading can lead to mechanical failure or loss of control.
3. **Rigging:** The rigging used to lift the panels must be in good condition and appropriate for the load. If the rigging fails, the load could drop, causing injury or damage.
4. **Communication:** There should be clear communication between the crane operator and the ground crew, especially signal persons. Lack of communication can lead to accidents, especially if the operator cannot see the entire path of the load.
5. **Lifting Path:** The path that the load will travel must be clear of obstacles and people. A collision with structures or the accidental dropping of the load could have catastrophic consequences.
6. **Weather Conditions:** Windy conditions can greatly affect the operation of a crane. High winds can cause the load to sway and potentially become unmanageable.
7. **Operator Competence:** The crane operator must be properly trained and certified to operate the specific model of crane in use.
8. **Inspection:** Both the crane and the load should be inspected before lifting to ensure everything is secure and that there are no defects.
9. **Exclusion Zones:** Areas beneath and around the load's path should be cordoned off to prevent personnel from entering a potentially dangerous zone.
10. **Emergency Procedures:** There should be a clear set of emergency procedures in place in case something goes wrong during the lift.
11. **Proximity to Power Lines:** If there are power lines nearby, the crane must maintain a safe distance to prevent electrocution hazards.

Σχήμα 10: Πιθανοί κίνδυνοι για την ασφάλεια που εντόπισε η εφαρμογή ChatGPT (Dokas, 2024).

Στη συνέχεια, αφού ζητήθηκε (σχήμα 11) να δημιουργήσει η εφαρμογή ChatGPT λίστα ελέγχου επιθεώρησης ασφαλείας σε μορφή εγγράφου, παρόμοια με αυτή που επισυνάφθηκε, επισημαίνοντας πως η λίστα πρέπει να περιέχει στοιχεία που ισχύουν για την κατάσταση που φαίνεται στην εικόνα που ανέβηκε, η εφαρμογή ChatGPT δημιουργεί τη λίστα ελέγχου επιθεώρησης ασφαλείας (σχήμα 12) για λειτουργίες κινητού γερανού και επισυνάπτει τον σύνδεσμο.



JD

You



326r.pdf
PDF

That is a very good list of possible issues in relation to the situation shown in the image. Thank you! I will need you now to create a safety inspection checklist in doc format, similar to the one I've attached, The list must contain elements that apply to the situation shown in the picture I've uploaded.

↓



ChatGPT

The safety inspection checklist for mobile crane operations, tailored to the situation shown in the picture you uploaded, has been created in a doc format. You can download the checklist from the link below:

[Mobile Crane Safety Inspection Checklist.docx \[-\]](#)



Σχήμα 11: Συνομιλία με ChatGPT (Dokas, 2024).



Mobile Crane Safety Inspection Checklist

Date: [Insert Date]

This safety inspection checklist is intended to be used for mobile crane operations on construction sites. It should be completed by a qualified safety inspector before the commencement of any lifting activities. All items must be checked off as compliant (C) or non-compliant (NC), and any non-compliance issues should be addressed immediately.

Checklist Item	Compliant (C)	Non-Compliant (NC)	Remarks
Crane is on stable and level ground.			
Crane load does not exceed maximum lifting capacity.			
Rigging equipment is in good condition and suitable for the load.			
Clear communication established between crane operator and signal persons.			
Lifting path is clear of obstacles and personnel.			
Weather conditions, especially wind speed, are within safe operating limits.			
Crane operator is trained and certified for the specific crane model.			
Crane and load have been inspected pre-lift.			
Exclusion zones are established around the lifting area.			
Emergency procedures are in place and known to all crew members.			
Crane is at a safe distance from power lines or other electrical hazards.			

Σχήμα 12: Λίστα ελέγχου ασφάλειας κινητού γερανού από το ChatGPT (Dokas, 2024).

Ακόμη, με τα νέα εργαλεία τυχόν υλικά ή και εξοπλισμός που βρίσκονται σε διαδρόμους κυκλοφορίας, θέτοντας σε κίνδυνο την ασφαλή κυκλοφορία των εργαζομένων, εντοπίζονται και ειδοποιούνται αυτόματα οι υπεύθυνοι ασφάλειας για τις περαιτέρω ενέργειες. Μπορούν επίσης να εντοπίσουν εάν μη εξουσιοδοτημένα άτομα εισέρχονται στον χώρο του εργοταξίου εκτός καθορισμένων ωρών, για την εύρεση πιθανών εισβολέων και την ελαχιστοποίηση κινδύνου κλοπής υλικών και ζημιών.



Στην προκατασκευαστική φάση, δηλαδή στη φάση της μελέτης και του σχεδιασμού του έργου, η ψηφιακή τεχνολογία μπορεί να βοηθήσει τους επιβλέποντες να αναλύσουν τη διάταξη και τα σχέδια του εργοταξίου και να εντοπίσουν τους πιθανούς κινδύνους για την ασφάλεια και να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα ασφάλειας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω μιας ψηφιακής πλατφόρμας, αναπτύσσοντας αλγορίθμους που προτείνουν συστηματικά ισχύοντες κανόνες ΕΑΥ σε ένα μοντέλο BIM, με δυνατότητα δημιουργίας εικονικού μοντέλου του έργου, που διευκολύνει, ανταλλάσσει και μεταδίδει πληροφορίες μεταξύ των φορέων του έργου κατά τη διάρκεια της εκτέλεσής του. Ως εκ τούτου, αυτό το σύστημα AI μειώνει την εξάρτηση από πρόσωπα που είναι έμπειρα σε θέματα ΕΑΥ και επιπλέον οδηγεί σε καλύτερη διαχείριση της ΕΑΥ (Maali et al., 2024). Περισσότερα αναφέρονται στην ενότητα Μοντελοποίηση Πληροφοριών Κτιρίου (BIM).

➤ *Προσδιορισμός επικίνδυνης συμπεριφοράς εργαζομένων (συμπεριλαμβανομένης της σχέσης με ψυχικό και σωματικό φορτίο)*

Η μη ασφαλής συμπεριφορά ορίζεται ως μια ενέργεια που θα μπορούσε να προκαλέσει τραυματισμό, όπως η προσέγγιση ενός περνοφόρου ανυψωτικού οχήματος με υψηλή ταχύτητα ή η μη χρήση του κατάλληλου εξοπλισμού. Τα CCTV, οι wearables συσκευές, τα έξυπνα ΜΑΠ και οι ραδιοσυχνότητες (RFID) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό ή ακόμη και την πρόβλεψη τέτοιας συμπεριφοράς (όταν εμπλέκεται η τεχνητή νοημοσύνη και η βαθιά μάθηση). Οι εγγραφές βίντεο επιτρέπουν τον εντοπισμό συμπεριφορών κινδύνου (και όχι μόνο συνθηκών), ορισμένες από τις οποίες είναι εξαιρετικά δύσκολο να εντοπιστούν. Οι RFID και η βαθιά μάθηση επιτρέπουν τον έλεγχο του εξοπλισμού (π.χ. εργαλεία εργασίας, προστασία κεφαλής, αυτιών και ποδιών, κ.λπ.). Τα νέα εργαλεία μπορούν να περιορίσουν την είσοδο των εργαζομένων στην επικίνδυνη περιοχή εάν δεν φορούν παπούτσια ασφαλείας ή να απαγορεύσουν την εργασία εάν ο εξοπλισμός δεν έχει ελεγχθεί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από το απαιτούμενο – αυτό είναι δυνατό με την ύπαρξη ταυτότητας (ID) στον εξοπλισμό (Andriescu et al., 2023).

Αλγόριθμοι AI χρησιμοποιούνται για την ανάλυση βίντεο από κάμερες που είναι τοποθετημένες στρατηγικά σε όλο το εργοτάξιο, για να παρέχουν παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο της συμμόρφωσης των εργαζομένων στη χρήση των απαιτούμενων ΜΑΠ, όπως τα κράνη, φωσφορούχα γιλέκα, γυαλιά ασφαλείας και προστατευτικά υποδήματα (Maali et al., 2024).

➤ *Εντοπισμός κακής ατομικής υγείας και ευημερίας*

Οι wearables συσκευές που χρησιμοποιούν κινητή/ασύρματη τεχνολογία μπορούν να



προσφέρουν την ευκαιρία διαχείρισης της σωματικής και ψυχικής ευεξίας τόσο εντός όσο και εκτός του εργοταξίου. Σε όλες τις παραπάνω ευκαιρίες, υπάρχουν ζητήματα όπως το ποιος έχει πρόσβαση στα δεδομένα (Andriescu et al., 2023).

Με την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των ζωτικών λειτουργιών των εργαζομένων, όπως καρδιακός ρυθμός, θερμοκρασία σώματος, ρυθμός αναπνοής, και επίπεδο κόπωσης, παρέχονται πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για την κατάσταση της υγείας των εργαζομένων και για τον εντοπισμό πιθανών σημαδιών σωματικού στρες, αφυδάτωσης και εξάντλησης και, εάν τίθεται θέμα κινδύνου για την υγεία εργαζομένων, ειδοποιούνται αμέσως τα αρμόδια πρόσωπα που ασχολούνται με την επίβλεψη - διαχείριση της EAY. Επιπλέον μπορούν να ενσωματωθούν τα δεδομένα σε πλατφόρμες ανάλυσης δεδομένων, όπου μεταφέρονται στη συνέχεια σε ένα κεντρικό σύστημα διαχείρισης, για να γίνει καλύτερη διαχείριση της EAY με τη λήψη των κατάλληλων μέτρων ασφάλειας και υγείας των εργαζομένων (Maali et al., 2024).

Συνδέοντας τους αισθητήρες με το IOT επιτυγχάνεται παρακολούθηση με ακρίβεια και ανάλυση μεγάλων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με τα προβλήματα που σχετίζονται με την EAY. Το IOT διασυνδέει ψηφιακές συσκευές με αισθητήρες για τη συλλογή και ανταλλαγή δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση των δραστηριοτήτων Ασφάλειας και Υγείας, ενώ η ανάλυση των μεγάλων δεδομένων συμβάλλει στην εξαγωγή σημαντικών πληροφοριών (Maali et al., 2024). Ακόμη, το χαμηλότερο κόστος, η υψηλότερη ασφάλεια και ο πιο έξυπνος σχεδιασμός είναι μερικά από τα οφέλη που ευνοούν το IoT σε σύγκριση με το άλλα εργαλεία (Chung et al., 2020).

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) είναι πιθανό να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην EAY, έχοντας την ικανότητα πρόβλεψης των επαγγελματικών κινδύνων, χρησιμοποιώντας ως πηγή τα δεδομένα που λαμβάνονται από την αυτόματη αναγνώριση και αποθήκευση προηγούμενων αρχείων μη ασφαλούς συμπεριφοράς. Η ανάλυση των δεδομένων μπορεί να υποδείξει την πιο επικίνδυνη ώρα, την πιο επικίνδυνη περιοχή ή ακόμα και τον πιο επικίνδυνο εργαζόμενο. Αυτή η δυνατότητα θα επιτρέψει καλύτερη και πιο αποτελεσματική λήψη αποφάσεων (Tender et al., 2022).

Οι ψηφιακές τεχνολογίες επέτρεψαν τις τελευταίες δεκαετίες τη δημιουργία διαδραστικών ερωτηματολογίων για τους εργαζόμενους για τον εντοπισμό επικινδύνων περιβαλλόντων και μη ασφαλών συμπεριφορών. Τα νέα εργαλεία διαχείρισης της EAY επικεντρώνονται ειδικά σε δυναμικές εκτιμήσεις κινδύνου. Οι εκτιμήσεις κινδύνου



αποτελούν τη βάση της διαχείρισης της ΕΑΥ. Εξετάζουν συστηματικά όλες τις πτυχές της εργασίας, επιτρέπουν τον εντοπισμό των κινδύνων και στοχεύουν στη λήψη προληπτικών μέτρων, ώστε να αποφευχθούν οι θάνατοι, οι τραυματισμοί και οι βλάβες.

Το διαδικτυακό εργαλείο διαδραστικής αξιολόγησης κινδύνου (OiRA) είναι ένα φιλικό προς το χρήστη εργαλείο σε επίπεδο ΕΕ, το οποίο επιβάλλει μεθόδους συλλογής δεδομένων και επιτρέπει την πρόβλεψη κινδύνου (Andriescu et al., 2023).

Επειδή η διενέργεια της εκτίμησης κινδύνων μπορεί να αποβεί απαιτητικό έργο, ειδικότερα για τις πολύ μικρές και τις μικρές επιχειρήσεις (ΠΜΜΕ) που ενδέχεται να μην διαθέτουν τους πόρους ή την τεχνογνωσία στον τομέα της επαγγελματικής ασφάλειας και υγείας (ΕΑΥ), ώστε να εκτιμήσουν αποτελεσματικά τους κινδύνους, σκοπός του OiRA είναι να ξεπεραστούν αυτές οι προκλήσεις. Είναι η πρώτη πρωτοβουλία σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης η οποία ενθαρρύνει τις ευρωπαϊκές ΠΜΜΕ να εκτιμήσουν τους κινδύνους στους χώρους εργασίας, χρησιμοποιώντας δωρεάν τα εργαλεία που ανέπτυξαν εθνικές αρχές και κοινωνικοί εταίροι (οργανώσεις εργοδοτών και εργαζομένων) – σε επίπεδο ΕΕ και κρατών μελών (Σχετικά με το OiRA | Online Interactive Risk Assessment, n.d).

Συγκεκριμένα, για τον τομέα των τεχνικών έργων διατίθεται στην παραπάνω πλατφόρμα στην ελληνική γλώσσα με τίτλο 'Κατασκευές - Συντήρηση' η δυνατότητα εκτίμησης των κινδύνων ακολουθώντας τον σύνδεσμο <https://oira.osha.europa.eu/el/oira-tools>,

Η ψηφιοποίηση μπορεί να αποδειχθεί εξαιρετικά αποτελεσματική και από την πλευρά των εθνικών φορέων, όπως των Επιθεωρήσεων Εργασίας, επειδή με τα νέα εργαλεία μπορούν να γίνουν στοχευμένες επιθεωρήσεις, καθώς τα μεγάλα δεδομένα και η ML επιτρέπουν να μαθαίνουν από παλαιότερα ατυχήματα και να παρέχουν δεδομένα για πιο στοχευμένους ελέγχους σε επιχειρήσεις (Andriescu et al., 2023).

Η Επιθεώρηση για την Ασφάλεια και Υγεία στην Εργασία έχει ως κύριο έργο την επίβλεψη και τον έλεγχο εφαρμογής των διατάξεων της εργατικής νομοθεσίας. Οι αρμοδιότητές της είναι:

- Να ελέγχει όλες τις επιχειρήσεις/εκμεταλλεύσεις ως προς την τήρηση και εφαρμογή των διατάξεων της εργατικής νομοθεσίας.
- Να προβαίνει σε ελέγχους, μετρήσεις, δειγματοληψίες και έρευνες για να διαπιστώσει αν τηρούνται οι διατάξεις της εργατικής νομοθεσίας.
- Να ερευνά τα αίτια των θανατηφόρων και σοβαρών εργατικών ατυχημάτων και των επαγγελματικών ασθενειών.

Σύμφωνα με τα πεπραγμένα του έτους 2022 της Επιθεώρησης Εργασίας - Ανεξάρτητη



Αρχή ο ψηφιακός μετασχηματισμός ήταν βασικό συστατικό της ολιστικής στρατηγικής εκσυγχρονισμού της Επιθεώρησης Εργασίας, με σκοπό την αποτελεσματικότερη επιτέλεση του έργου των Επιθεωρητών Εργασίας αφενός και την ταχύτερη εξυπηρέτηση του πολίτη αφετέρου, μέσα από την υιοθέτηση σύγχρονων ψηφιακών εργαλείων και την απλούστευση των διαδικασιών. Συγκεκριμένα, με τη χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας και για τη διευκόλυνση του έργου των Επιθεωρητών Εργασίας είναι σε λειτουργία το Ολοκληρωμένο Πληροφοριακό Σύστημα (ΟΠΣ). Επίσης εφαρμόζεται και η διενέργεια των ελέγχων με φορητό ηλεκτρονικό εξοπλισμό (tablets) και με προμήθεια και διανομή καρτών δεδομένων 4G, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για πρόσβαση στην εφαρμογή του ΟΠΣ, και επίσης διεξάγονται εκπαιδευτικά προγράμματα μέσω τηλεεκπαίδευσης σε όλους τους επιθεωρητές εργασίας (ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ- ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ ΑΡΧΗ, 2023).

4.2.2. Εκπαίδευση - Κατάρτιση

Αυτά τα νέα εργαλεία διαχείρισης ΕΑΥ προσφέρουν επίσης την ευκαιρία να εκπαιδεύσουν τους εργαζόμενους στη σωστή χρήση του εξοπλισμού εργασίας, να στοχεύσουν και να προσαρμόσουν την εκπαίδευση σε εργαζομένους των οποίων τα αρχεία δείχνουν ότι μπορεί κατά μέσο όρο να υιοθετούν μη ασφαλείς συμπεριφορές πιο συχνά από τους υπόλοιπους συναδέλφους τους. Πολλά νέα εργαλεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σκοπούς εκπαίδευσης - κατάρτισης των εργαζομένων, καθιστώντας τες καλύτερες και πιο προσαρμοσμένες στις (ατομικές) ανάγκες των εργαζομένων.

Οι wearables συσκευές και τα έξυπνα ΜΑΠ έχουν διαφορετικές εφαρμογές όσον αφορά την υποστήριξη των εργαζομένων στην εργασία. Για παράδειγμα, προσφέρουν ενημέρωση (κείμενο, βίντεο, ήχος) όταν οι εργαζόμενοι εκτελούν την εργασία τους. Αυτό λειτουργεί ως καθοδήγηση στην εργασία σε πραγματικό χρόνο και μπορεί να βοηθήσει, για παράδειγμα, στην εκτέλεση εργασιών συντήρησης και επισκευών. Τα έξυπνα γυαλιά με μικροσκοπικό βίντεο τοποθετημένα στο κεφάλι, στο στήθος ή στον ώμο μπορεί να δείξουν σε έναν λιγότερο έμπειρο εργαζόμενο πώς πρέπει να εκτελέσει μια εργασία, με το βίντεο να συμπληρώνεται από μια φωνή εκτέλεσης μιας εργασίας για καλύτερη καθοδήγηση.

Οι μεθοδολογίες κατάρτισης που βασίζονται σε ψηφιακές τεχνολογίες επικεντρώνονται σε διαδικτυακά σεμινάρια και θεωρούνται αποτελεσματικά στη βελτίωση της μάθησης και στην ενίσχυση της κουλτούρας πρόληψης. Η ψηφιακή μάθηση - χρησιμοποιώντας εφαρμογές για κινητά - δείχνει προληπτικά πώς αναγνωρίζονται και αξιολογούνται οι κίνδυνοι. Μπορούν για παράδειγμα να χρησιμοποιήσουν τα κινητά τους για να τραβήξουν



φωτογραφίες και οι εφαρμογές αυτές εντοπίζουν και αξιολογούν τους κινδύνους (Andriescu et al., 2023).

4.2.3. Έκτακτη ανάγκη - Έγκαιρος εντοπισμός

Η επισήμανση - ειδοποίηση σε περίπτωση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης επιτρέπει στους εργαζόμενους, οι οποίοι διαφορετικά θα κινδύνευαν να υποστούν θάνατο ή σοβαρή βλάβη, να εντοπίζονται γρήγορα και με ακρίβεια και να απομακρύνονται με ασφάλεια. Ο εντοπισμός με GPS είναι το κλειδί για αυτό. Θα μπορούσε, για παράδειγμα, να χρησιμοποιηθεί σε εργάτες τεχνικών έργων που έχουν παγιδευτεί ή έχουν πέσει κ.λπ.

Επιπλέον, τα νέα εργαλεία διαχείρισης ΕΑΥ μπορούν να αναλύουν την κίνηση των εργαζομένων για να εντοπίσουν επικίνδυνες συμπεριφορές ή και μη φυσιολογικές κινήσεις όπως για παράδειγμα, όταν ένας εργαζόμενος πλησιάζει μία επικίνδυνη ζώνη, που εγκυμονεί κίνδυνο ατυχήματος και παρέχουν κατάλληλες παρεμβάσεις για την πρόληψη των ατυχημάτων ειδοποιώντας τους υπεύθυνους ασφάλειας στο εργοτάξιο. Αυτό επιτυγχάνεται με επιταχυνσιόμετρα και γυροσκόπια που είναι ενσωματωμένα σε αισθητήρες όπου μπορούν να ανιχνεύσουν ξαφνικές κινήσεις, αλλαγές στον προσανατολισμό και απουσία κίνησης των εργαζομένων ώστε να βοηθήσουν στην πρόληψη κινδύνου πτώσης εργαζομένων. Συγκεκριμένα όταν ανιχνεύεται πτώση ο αισθητήρας ειδοποιεί αυτόματα το προσωπικό ασφάλειας για την παροχή και άμεση ανταπόκριση ιατρικής βοήθειας (Okpala et al., 2020).

Ωστόσο, οι λύσεις CCTV που βασίζονται σε τεχνητή νοημοσύνη επιτρέπουν την αναγνώριση συμπεριφοράς μέσω των εκφράσεων του προσώπου και μπορούν να επεξεργάζονται μεγάλες ποσότητες δεδομένων γρήγορα και με υψηλό επίπεδο ακρίβειας, εφαρμόζονται για τον εντοπισμό τυχόν ατυχήματος και την ειδοποίηση αρμοδίων προσώπων μέσω εφαρμογών που στέλνουν επίσης πληροφορίες τοποθεσίας - θέσης του ατυχήματος.

Υπάρχουν λύσεις wearables συσκευών (π.χ. ψηφιακών ακουστικών) για εργαζομένους σε απομονωμένα περιβάλλοντα εργασίας για χρήση λόγω απώλειας συνείδησης ή τραυματισμού. Αυτό το κομμάτι του ηλεκτρονικού εξοπλισμού πρέπει να είναι ακριβές και πρέπει επίσης να έχει χαμηλό ποσοστό ψευδών θετικών συναγερμών.

Εργαλεία διαδικτυακής διαχείρισης που βασίζονται σε cloud με αμφίδρομη επικοινωνία σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης που συνδυάζει wearables, GPS και RFID μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν.



Τα συνδεδεμένα εργατόζια μέσω WSN επιτρέπουν επίσης τον έγκαιρο εντοπισμό των εργαζομένων και την αξιολόγηση του εάν μετακινούνται ή είναι ακίνητοι. Αυτή η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο καθίσταται δυνατή από Bluetooth, σταθμούς Wi-Fi και υπόγειο Wi-Fi ή 5G.

Τα drones προσφέρουν επίσης τεράστιες ευκαιρίες όσον αφορά τις επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά σε υπέργειες επιχειρήσεις, αλλά όλο και περισσότερο και σε υπόγειες επιχειρήσεις. Για παράδειγμα, αυτόνομα drones με GPS και ραδιοσυχνότητες μπορούν πλέον να εντοπίζουν κινδύνους σε υπόγεια περιβάλλοντα εργασιών εξόρυξης (Andriescu et al., 2023).

4.2.4. Διερεύνηση ατυχημάτων

Τα νέα εργαλεία διαχείρισης της ΕΑΥ μπορούν επίσης να βοηθήσουν στη διερεύνηση ατυχήματος και να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με το πού συνέβη το ατύχημα, ποιοι ήταν παρόντες και ποια ήταν τα θύματα, ποιες ενέργειες ή/και συνθήκες οδήγησαν σε αυτό και τι συνέβη κατά τη διάρκεια του ατυχήματος και της επακόλουθης διάσωσης επιχειρήσεις (όταν χρειάζεται) – δημιουργώντας έτσι μια αλληλουχία γεγονότων.

Τα ακριβή και αμερόληπτα δεδομένα ατυχημάτων λαμβάνονται γρήγορα και αποτελεσματικά, τα οποία μπορεί να είναι επαρκή για ερευνητικούς σκοπούς ή μπορούν να αποτελέσουν μια καλή βάση για περαιτέρω έρευνα ή για τη συμπλήρωσή τους. Τα δεδομένα μπορούν να αποδείξουν την έκθεση των εργαζομένων σε διάφορους τύπους κινδύνων μέσω δοσίμετρων, ραδιομέτρων, επιταχυνσιομέτρων, WSN, AR, κοκ. Τα δεδομένα μπορούν επίσης να έχουν τη μορφή γεωεντοπισμού, εικόνων, ήχων και κινήσεων.

Επιπλέον, οι αιτίες των εργατικών ατυχημάτων μπορεί να σχετίζονται με το ατομικό επίπεδο, όσον αφορά την έλλειψη γνώσης, να σχετίζονται επίσης με μη ασφαλείς εργασιακές πρακτικές για τις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν εικόνες, καταγεγραμμένες κινήσεις και μπορεί ακόμη να σχετίζονται με τη χρήση ή μη προστατευτικού εξοπλισμού. Όλα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διερεύνηση του εργατικού ατυχήματος.

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες μπορεί επίσης να είναι αιτία ατυχημάτων στο χώρο εργασίας. Μπορούν να διερευνηθούν γρήγορα και αποτελεσματικά χρησιμοποιώντας τα νέα εργαλεία, τα οποία με τη σειρά τους βοηθούν να διαπιστωθεί εάν και πώς πρέπει να διορθωθούν οι δομικές πτυχές, εξαλείφοντας ή μειώνοντας τους κινδύνους.

Επιπλέον, τα δεδομένα που συλλέγονται μέσω των νέων εργαλείων μπορούν να παρέχουν



πληροφορίες σχετικά με το πώς μπορούν να βελτιωθούν οι επιχειρήσεις διάσωσης – όσον αφορά το χρόνο απόκρισης και τις ενέργειες που υλοποιούνται (Andriescu et al., 2023).

Παρόλο που οι κάμερες και η τεχνητή νοημοσύνη επιτρέπουν μια εις βάθος ανάλυση των ατυχημάτων σε πραγματικό χρόνο, ωστόσο, η χρήση καμερών καθώς και άλλων νέων συστημάτων στο χώρο εργασίας μπορεί επίσης να οδηγήσει σε ζητήματα απορρήτου. Αυτά εξετάζονται σε επόμενες ενότητες αυτής της εργασίας.

4.3. Εικονική πραγματικότητα και επαυξημένη πραγματικότητα

Η εικονική πραγματικότητα (VR) και η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) έχουν το πλεονέκτημα ότι απομακρύνουν πολλούς εργαζόμενους από επικίνδυνα περιβάλλοντα καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν π.χ. για εργασίες συντήρησης ή/και για την εκπαίδευση των εργαζομένων σε εικονικό περιβάλλον εργασίας με τεχνικές προσομοίωσης (*Ψηφιακή εποχή της εργασίας και επαγγελματική ασφάλεια & υγεία (EAY)*, 2020).

Η VR και η AR μπορούν επίσης να συνδυαστούν με την τεχνολογία παιχνιδιών ηλεκτρονικών υπολογιστών, όπου οι εκπαιδευόμενοι αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον, γεγονός που βελτιώνει τις ικανότητες των χρηστών να εντοπίζουν και να αξιολογούν τους κινδύνους μέσω πρακτικής εκπαίδευσης, «αποφεύγοντας παράλληλα την δυνητικά επικίνδυνη και ακριβή εκπαίδευση πεδίου». Βυθίζουν τους εργαζόμενους σε ένα περιβάλλον όπου πρέπει να επιλέξουν μεταξύ εναλλακτικών τρόπων δράσης, με ασφαλή και καθοδηγούμενο τρόπο. Ομοίως, τα εργαλεία AR που εφαρμόζονται σε κινητά τηλέφωνα, καθοδηγούν τους εργαζόμενους σε διάφορες ενέργειες και μπορούν επίσης να προσαρμοστούν στον κάθε εργαζόμενο, επιτρέποντας έτσι μια εξατομικευμένη εκπαίδευση και καθοδήγηση στην εργασία (Andriescu et al., 2023).

Η εκπαίδευση των εργαζομένων με τη χρήση AR/VR έχει αποδειχθεί ότι είναι πιο αποτελεσματική από την παραδοσιακή εκπαίδευση ασφάλειας χρησιμοποιώντας παρουσιάσεις, βίντεο και φυλλάδια. Στοιχεία από προηγούμενες μελέτες έδειξαν ότι οι περισσότεροι χρήστες σε εικονικό περιβάλλον αξιολόγησαν υψηλότερα επίπεδα κινδύνου και εντόπισαν περισσότερους κινδύνους από εκείνους που μελέτησαν φωτογραφίες και έγγραφα. Η χρήση πληροφοριών επαυξημένου κινδύνου επιτρέπει στα διευθύνοντα μέλη του εργοταξίου και στους εργαζόμενους να προσδιορίζουν γρήγορα τους κινδύνους καθώς και τα σημεία που εντοπίζονται στο εργοτάξιο, πράγμα που σημαίνει ότι ο χρόνος που διατίθεται για την επίβλεψη μπορεί να μειωθεί (Tender et al., 2022).

Οι VR εφαρμογές επιτρέπουν επίσης στους εργαζόμενους, επόπτες και προσωπικό



ασφαλείας στην εικονική εξερεύνηση και πλοήγηση σε ένα εργοτάξιο πριν από την έναρξη των εργασιών. Οι AR εφαρμογές μπορούν να ενσωματωθούν στα ΜΑΠ για να βοηθήσουν τους εργαζόμενους να λαμβάνουν σε πραγματικό χρόνο ειδοποιήσεις και υπενθυμίσεις σχετικά με τους κανόνες ασφαλείας, όπως η μη ή ελλιπής χρήση των κατάλληλων Μ.Α.Π (Maali et al., 2024). Επιπλέον η AR συμβάλλει στην επίγνωση της κατάστασης παρέχοντας συμπληρωματικές πληροφορίες σχετικά με κρυφούς κινδύνους, όπως η παρουσία αμιάντου, καλωδίων ηλεκτρικής ενέργειας ή αγωγών αερίου, και ενσωματώνει οδηγίες, οι οποίες θα μπορούσαν να μειώσουν το ανθρώπινο λάθος, καθώς οι εργαζόμενοι δεν θα χρειαστεί να ανατρέξουν σε ξεχωριστή καθοδήγηση ενώ τα χέρια τους εκτελούν εργασία συντήρησης (*Foresight on New and Emerging Occupational Safety and Health Risks Associated With Digitalisation by 2025 | Safety and Health at Work EU-OSHA*, 2018).

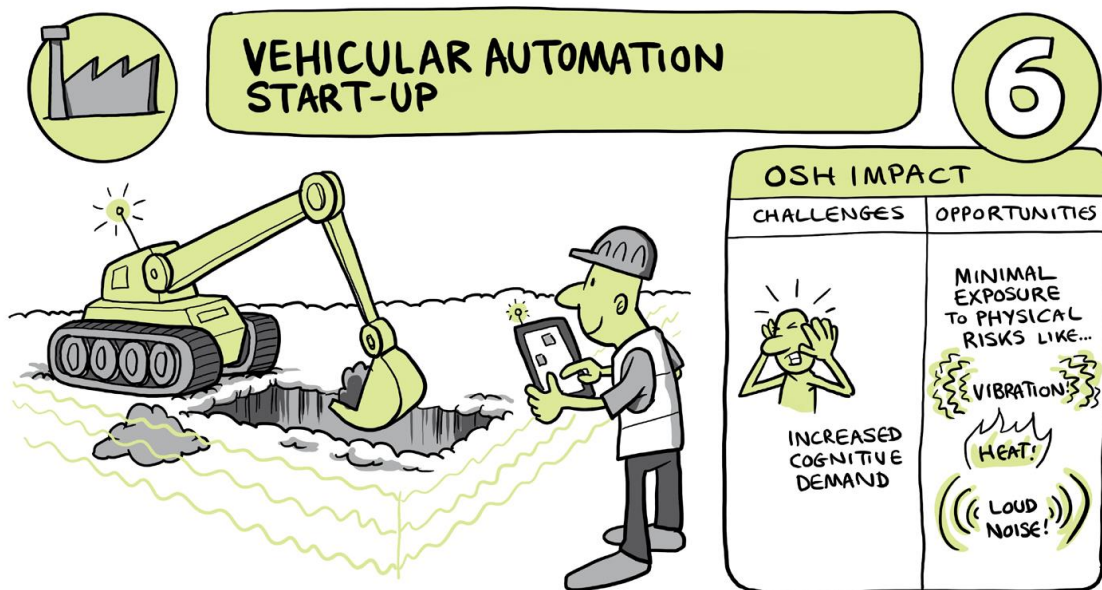
Οι AR και VR ενσωματώνονται κυρίως με τη τεχνητή νοημοσύνη (AI) και μπορούν να παρέχουν μεγάλες δυνατότητες για τη βελτίωση της ΕΑΥ στα τεχνικά έργα με το να παρέχουν εκπαίδευση - κατάρτιση των εργαζομένων, να βελτιώνουν την επίγνωση του κινδύνου σε πραγματικό χρόνο και να ενισχύουν την επικοινωνία μεταξύ εργαζομένων και προϊσταμένων (Maali et al., 2024).

4.4.Ρομπότ

Με την αυξανόμενη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, τα ρομπότ θα είναι σε θέση να εκτελούν όχι μόνο χειρωνακτικές εργασίες, αλλά και —ολοένα και περισσότερο— γνωστικές λειτουργίες. Η ρομποτική μας επιτρέπει να απομακρύνουμε τους εργαζομένους από επικίνδυνες συνθήκες και να βελτιώνουμε την ποιότητα της εργασίας, αναθέτοντας επαναλαμβανόμενες εργασίες σε μηχανές που λειτουργούν με ταχύτητα και ακρίβεια και είναι ακούραστες (Ψηφιακή εποχή της εργασίας και επαγγελματική ασφάλεια & υγεία (ΕΑΥ), 2019).

Παράδειγμα αυτοματοποίησης σε τεχνικά έργα αναφέρει ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια και την Υγεία στην εργασία, όπου μια εταιρεία αυτοματοποίησης οχημάτων που ιδρύθηκε το 2016 στις Ηνωμένες Πολιτείες ανέπτυξε λογισμικό για την αυτοματοποίηση κατασκευαστικού εξοπλισμού, όπως πλήρως αυτόνομος εκσκαφέας, προσφέροντας ρομποτικές λύσεις με τη βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης. Συγκεκριμένα, το αυτοματοποιημένο σύστημα εκσκαφής παρέχει στους εργαζόμενους αυξημένο επίπεδο προστασίας. Το σύστημα κάμερας που αποτελεί μέρος της επέκτασης του εκσκαφέα μειώνει αυτόν τον κίνδυνο. Αυτό το σύστημα κάμερας υποστηρίζεται από την τεχνητή νοημοσύνη

που προγραμματίστηκε ειδικά για να ανιχνεύει πεζούς. Εάν εντοπιστεί πεζός στην κάμερα, η εκσκαφή σταματά. Καθώς οι κάμερες μπορούν να εγκατασταθούν έτσι ώστε να μην παραμένουν τυφλά σημεία, αυτό καθιστά την αυτοματοποιημένη διαδικασία διάνοιξης τάφρων πολύ ασφαλή. Στο σχήμα 13 φαίνεται σε μορφή cartoon οι ευκαιρίες και οι προκλήσεις για τον χειριστή του αυτοματοποιημένου εκσκαφέα και όχι μόνο (Heinold et al., 2023). Έτσι η τεχνητή νοημοσύνη όχι μόνο ενισχύει την παραγωγικότητα αλλά κάνει και τα εργοτάξια ασφαλέστερα για τους εργαζόμενους.



Σχήμα 13: Αυτοματοποιημένος εκσκαφέας - προκλήσεις και ευκαιρίες για την ΕΑΥ, τροποποιημένο Heinold et al., 2023.

Τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV), κοινώς γνωστά και ως drones, είναι μικρά μηχανικά ιπτάμενα αντικείμενα που χρησιμοποιούνται χωρίς ανθρώπους χειριστές επί του σκάφους, αποτελούμενο από ηλεκτρικούς κινητήρες και έλικες συνδεδεμένων μέσω άκαμπτων σωμάτων, ικανά να μεταφέρουν ποικίλα φορτία, συμπεριλαμβανομένων βιντεοκαμερών και άλλων ασύρματων αισθητήρων ραντάρ ή υλικού επικοινωνίας για τη μεταφορά δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (σχήμα 14), μπορούν να κινούνται ταχύτερα από τους ανθρώπους, να πηγαίνουν σε δυσπρόσιτες περιοχές θέσεων εργασίας.



Σχήμα 14 : Απεικόνιση drones, τροποποιημένο από Bor & Silva, 2023.

Οι Gheisari & Esmaeili, 2016, στον πίνακα 2, δείχνουν την αποτελεσματικότητα, συχνότητα και σημαντικότητα της χρήσης drones για τη διαχείριση διαφόρων πτυχών της ΕΑΥ στα τεχνικά έργα. Όπως δείχνει ο Πίνακας 2 η εργασία κοντά σε οχήματα/γερανούς, η εργασία κοντά σε απροστάτευτο άκρο/άνοιγμα και η εργασία στο τυφλό σημείο του βαρέως εξοπλισμού εργασίας είναι οι τρεις πιο σημαντικές λειτουργίες που θα μπορούσαν να ωφεληθούν από τη χρήση drones σε ένα έργο. Στο άλλο άκρο της κλίμακας, οι δραστηριότητες που ήταν λιγότερο πιθανό να ωφεληθούν από τη χρήση drones ήταν η κατάλληλη χρήση tag out/lock out, η επιθεώρηση εργονομίας, η επιθεώρηση για προστατευτικά μηχανημάτων. Αυτό είναι κατανοητό, δεδομένου ότι η αναγνώριση πολλών από αυτές τις λειτουργίες απαιτεί λεπτομερή προσοχή ή ανθρώπινη κρίση. Ένα άλλο ενδιαφέρον εύρημα είναι ότι η επιθεώρηση της σωστής χρήσης του ατομικού προστατευτικού εξοπλισμού (ΜΑΠ) με drones δεν θεωρείται κατάλληλη λύση (Gheisari & Esmaeili, 2016).

Πίνακας 2 : Αποτελεσματικότητα, συχνότητα και σημαντικότητα της χρήσης drones για τη διαχείριση διαφόρων πτυχών της ΕΑΥ, τροποποιημένος από Gheisari & Esmaeili, 2016.



Hazardous situations or safety related activities	Effectiveness		Frequency		Importance Factor
	Median	Average Rating	Median	Average Rating	
Working in proximity of boomed vehicles/cranes	5	4.50	3.5	3.55	15.95
Working near unprotected edge/opening	5	4.27	4	3.73	15.93
Working in blind spot of heavy equipment	5	4.24	3	3.50	14.83
Conducting post-accident investigation	4	3.77	4	3.67	13.83
Using boom vehicles/cranes in proximity of overhead power lines	4	4.00	4	3.38	13.52
Inspecting house keeping	3.5	3.82	3	3.45	13.19
Inspecting proper usage of fall protection systems	4	3.81	3	3.36	12.81
Working at unprotected trench	4	3.55	4	3.24	11.48
Working in proximity of hazardous materials	3	3.67	3	3.20	11.73
Inspecting proper usage of PPE on the site	4	3.64	2	2.91	10.58
Inspecting confined space entry	3	3.45	2.5	2.82	9.74
Inspecting requirements for ladder/ scaffold	3	3.14	3	3.05	9.57
Inspecting at-risk rigging operation	2	2.82	2	2.41	6.79
Inspecting requirements for guarding machinery	2	2.55	2	2.27	5.79
Inspecting ergonomics requirements	2	2.27	1	1.95	4.44
Appropriate usage of tag out/lock out	1	1.74	1	1.76	3.06

Σήμερα, αυτές οι συσκευές είναι ευρέως διαθέσιμες στο εμπόριο σε μια σειρά από προσιτές τιμές (Bor & Silva, 2023). Όσον αφορά τη διαχείριση της ΕΑΥ στα τεχνικά έργα, οι Okpala et al. (2020) αναφέρουν ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη λήψη της πραγματικότητας ειδικά σε καταστάσεις υψηλού κινδύνου (Karakhan and Alsaffar, 2019), όπως για παράδειγμα σε επιθεωρήσεις ποιότητας και ασφάλειας κατά την τοποθέτηση σιδηρού οπλισμού σε μεγάλα ύψη, όπου με τα drones επιβλέπονται οι συνθήκες και η δομική ακεραιότητα των γεφυρών από χάλυβα και σκυρόδεμα (Xu and Turkan, 2019). Η ανέγερση και η επιθεώρηση σιδηρού οπλισμού είναι εξαιρετικά επικίνδυνα, αλλά η χρήση drones για επιθεώρηση μπορεί σχεδόν να εξαλείψει τους κινδύνους που σχετίζονται με την επιθεώρηση και την ανάγκη να εργάζονται υπέργεια (Okpala et al., 2020).

Ακόμη σε αναφορά του Ευρωπαϊκού Οργανισμού για την Ασφάλεια και την Υγεία στην εργασία, νορβηγική εταιρεία υποδομών φυσικού αερίου καταδεικνύει τα οφέλη από την χρήση μη επανδρωμένων αεροσκαφών (drones) που είναι εξοπλισμένα με λογισμικό τεχνητής νοημοσύνης και επιτρέπουν την ταχύτερη και αποτελεσματικότερη ολοκλήρωση των επιτόπιων επιθεωρήσεων, χωρίς τον κίνδυνο δυσμενών επιπτώσεων λόγω σωματικής καταπόνησης ή έκθεσης σε δυσμενείς καιρικές και περιβαλλοντικές συνθήκες των εργαζομένων (Heinold et al., 2023).

Με τα drones δίνεται η δυνατότητα να εντοπίζονται και να αντιμετωπίζονται προβλήματα



ασφάλειας στο έργο, ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους, ωστόσο θα πρέπει να γίνουν και οι κατάλληλες διαδικασίες εκπαίδευσης και κατάρτισης των χειριστών (Maali et al., 2024).

Η μεγάλη δυναμική εισχώρησης των ρομπότ στα τεχνικά έργα φαίνεται σε πρόσφατη έρευνα της Διεθνούς Ομοσπονδίας Ρομποτικής, που δείχνει ότι το 2022 η παγκόσμια μέση πυκνότητα ρομπότ στα τεχνικά έργα ήταν 151 ρομπότ ανά 10.000 εργαζόμενους – υπερδιπλάσια από αυτή το 2018. Η πυκνότητα ρομπότ στις Ηνωμένες Πολιτείες (285 ρομπότ ανά 10.000 εργαζόμενους) ήταν πάνω από τον παγκόσμιο μέσο όρο (NIOSH Exploring How Construction Workers and Robots Can Safely Coexist, 2024).

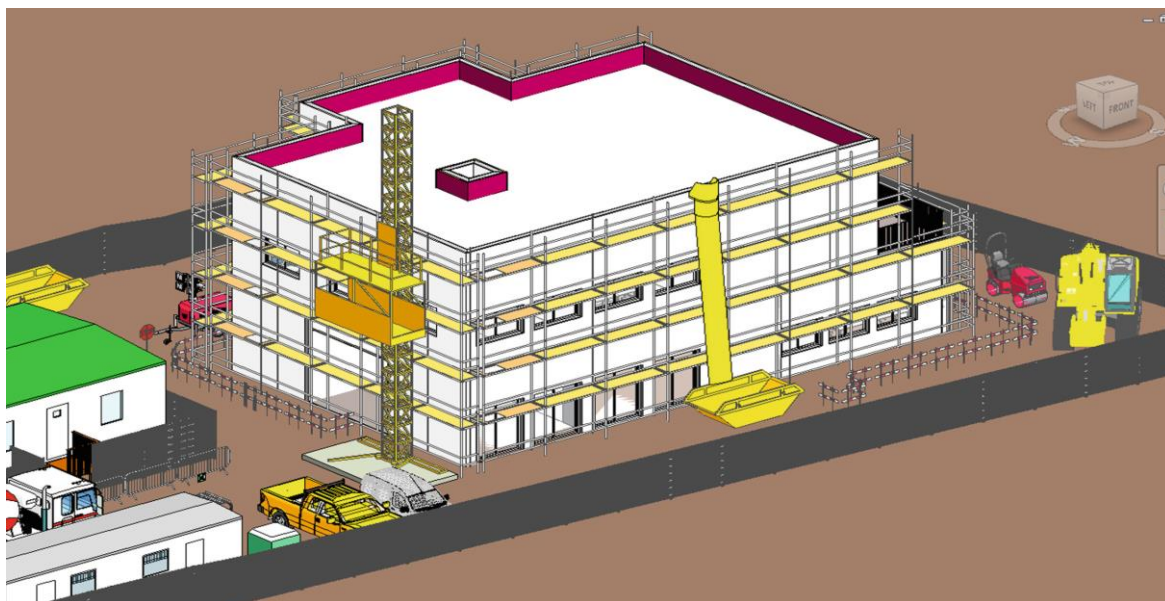
4.5. Μοντελοποίηση Πληροφοριών Κτιρίου (BIM)

Σύμφωνα με το **Π.Δ.305/96 «Ελάχιστες προδιαγραφές Ασφάλειας και Υγείας που πρέπει να εφαρμόζονται στα προσωρινά ή κινητά εργοτάξια σε συμμόρφωση με την οδηγία 92/57/ΕΟΚ»** για τα τεχνικά έργα απαιτείται η εκπόνηση Σχεδίου Ασφάλειας και Υγείας (ΣΑΥ) και ο Φακέλου Ασφάλειας και Υγείας (ΦΑΥ) του έργου. Ειδικότερα στο Σχέδιο Ασφάλειας και Υγείας περιγράφονται και διευκρινίζονται οι κανόνες που θα εφαρμόζονται στο εργοτάξιο, καθώς και τα μέτρα πρόληψης για εργασίες που ενέχουν ειδικούς κινδύνους για την ΕΑΥ. Ακόμη περιλαμβάνει στοιχεία για όλες τις φάσεις του έργου, όπως μεθόδους εργασίας και ασφαλή πρόσβαση εργαζομένων σε θέσεις εργασίας, κυκλοφορία εργαζομένων και οχημάτων κ.α.

Η συνήθης προσέγγιση ΕΑΥ όμως για τον εντοπισμό των πηγών κινδύνου, καθώς και την εκτίμηση αυτών για τη σύνταξη του ΣΑΥ και ΦΑΥ, γίνεται με βάση την εμπειρία και τη χρήση δισδιάστατων σχεδίων. Η σύνδεση του ΣΑΥ και ΦΑΥ με τη φάση της εκτέλεσης του έργου στερείται ακρίβειας λόγω της μαζικής χρήσης δισδιάστατων (2D) σχεδίων και, εξίσου σημαντικό, της χρήσης λογισμικού που χάνει τη σύνδεση με την πραγματική προσομοίωση του έργου (Getuli et al., 2017). Τα αποτελέσματα που λαμβάνονται είναι συχνά επιρρεπή σε σφάλματα λόγω υποκειμενικών εκτιμήσεων. Στην πράξη η σύνταξή τους γίνεται για τυπικούς λόγους συνήθως και για να καλύψουν ο κύριος του έργου, ο ανάδοχος και ο γενικός εργολάβος την υποχρέωσή τους απέναντι στον νόμο. Η ποιότητα των ΣΑΥ και ΦΑΥ είναι χαμηλή, με εξαίρεση τα μεγάλα έργα, με αποτέλεσμα η διαχείριση της ΕΑΥ κατά την εκτέλεση των έργων να θεωρείται γενικά ως ξεχωριστό κομμάτι από τη φάση του σχεδιασμού του, και αυτό καθιστά δύσκολη την ανάλυση των προληπτικών μέτρων που χρειάζονται και που θα πρέπει να εφαρμοστούν (Tender et al., 2022).

Με το Building Information Modeling (BIM) επιτυγχάνεται συλλογή δεδομένων μέσω διαφόρων τεχνολογιών, όπως αισθητήρες, RFID, GPS, lidar, GIS και AR/VR, σύμφωνα με τους Manzoor et al. (2021), όπως αναφέρεται στους Yilmaz et al. (2023).

Με το BIM ψηφιοποιείται το ΣΑΥ και ΦΑΥ και γίνεται ένα πραγματικό εργαλείο βοήθειας και ενίσχυσης του έργου και των ατόμων που ασχολούνται με την ΕΑΥ. Με την αναπαράσταση των κινδύνων στη φάση της μελέτης και του σχεδιασμού εντοπίζονται έγκαιρα οι κίνδυνοι, ώστε να μετριαστούν ή/και να ελαχιστοποιηθούν - μηδενιστούν πριν από την έναρξη των εργασιών. Παρέχει καλύτερη αναγνώριση των σημείων του εργοταξίου ή /και της φάσης κατασκευής όπου υπάρχει υψηλότερο επίπεδο κινδύνου. Το BIM παρέχει επίσης την ευκαιρία για πρώιμες και πιο δομημένες προσεγγίσεις στη δοκιμή πολλών λύσεων Υγείας και Ασφάλειας (π.χ. στη συναρμολόγηση εργοταξίου, όπως φαίνεται στο Σχ. 15), επιτρέποντας την εκ των προτέρων πρόβλεψη χρονικών και οικονομικών σεναρίων και κινδύνων. Οι έλεγχοι κανόνων με το BIM γίνονται αυτόματα, συγκρίνοντας την πραγματικότητα με τις βάσεις δεδομένων των κανόνων ασφαλείας. Το BIM βοηθά στη διερεύνηση των συνθηκών εργασίας και των αιτιών των εργατικών ατυχημάτων, αναδημιουργώντας την αλληλουχία των γεγονότων που οδήγησαν στο ατύχημα και διαπιστώνοντας τις ελλείψεις που βρέθηκαν (Tender et al., 2022).



Σχήμα 15:Τυπική εικόνα εργοταξίου από το BIM (τροποποιήθηκε από Tender et al., 2022)

Στην πραγματικότητα, το BIM αποτελεί κάτι πολύ περισσότερο από απλή γεωμετρική μοντελοποίηση σε 3D και περιλαμβάνει πολλές άλλες πτυχές (ή διαστάσεις) που χρησιμεύουν για την προσθήκη χρήσιμων πληροφοριών στην εργασία που πρόκειται να εκτελεστεί. Στην ουσία δημιουργείται ψηφιακό εργοτάξιο, δηλαδή τρισδιάστατο μοντέλο

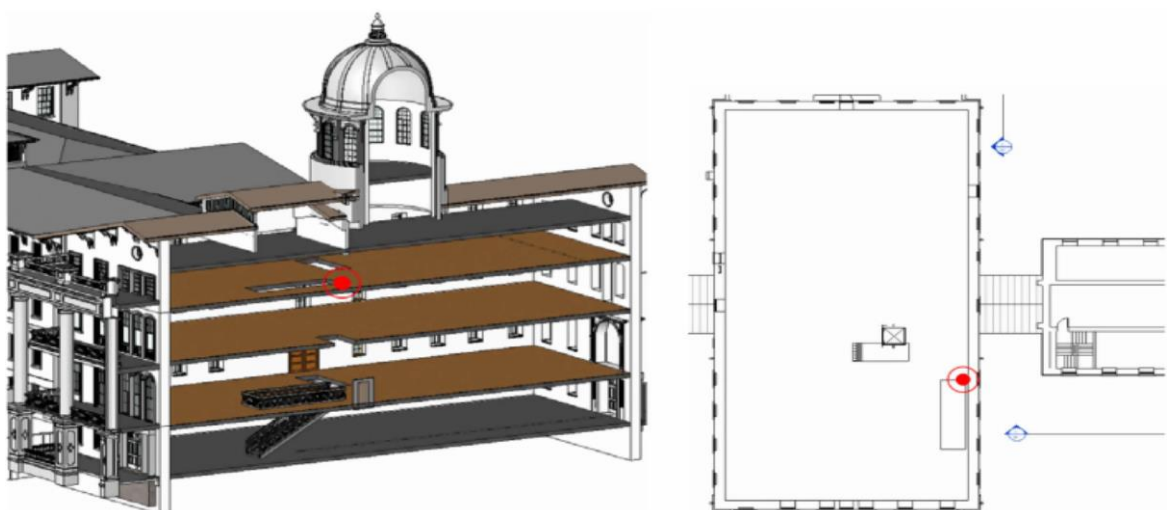
εργοταξίου, πλήρες, με όλα τα αντικείμενα και τον εξοπλισμό που θα χρησιμοποιηθούν πραγματικά κατά τη φάση λειτουργίας. Το αποτέλεσμα είναι ένα ρεαλιστικό μοντέλο που αναπαράγει τέλεια το πραγματικό εργοτάξιο, πλήρες με μηχανήματα, προσωρινές εργασίες, εργάτες σε κίνηση κ.λπ.

Αυτό επιτρέπει την προσομοίωση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης για την αξιολόγηση της ορθότητας των επιλογών σχεδιασμού και εάν χρειαστεί τροποποίησή τους. Τα κύρια πλεονεκτήματα αυτής της διάστασης του BIM είναι:

- Πλήρης οπτικοποίηση των σεναρίων του εργοταξίου
- Σχεδιασμός λεπτομερών Σχεδίων Ασφάλειας και Υγείας καθώς και διαρκής ενημέρωσή τους
- Ανάλυση και επιλογή των καταλληλότερων μεθόδων ασφαλείας
- Αποφυγή κινδύνων μέσω αλλαγών στον σχεδιασμό ενός έργου
- Οπτικοποίηση του έργου σε τρισδιάστατη μορφή
- Εκπαίδευση του προσωπικού σε θέματα ασφαλείας
- Μείωση όλων των ειδών ατυχημάτων

Μέχρι τώρα οι προσπάθειες διασύνδεσης του ΣΑΥ με την κατασκευή του έργου δεν ήταν αποτελεσματικές, αλλά με το BIM και τα κατάλληλα εργαλεία λογισμικού είναι δυνατός ο έλεγχος της ασφάλειας στο εργοτάξιο από το στάδιο του σχεδιασμού (*8D BIM: What Is It and What Are Its Benefits?* (2021), όπως αναφέρεται στον ΓΚΡΕΚΑΣ (2023)).

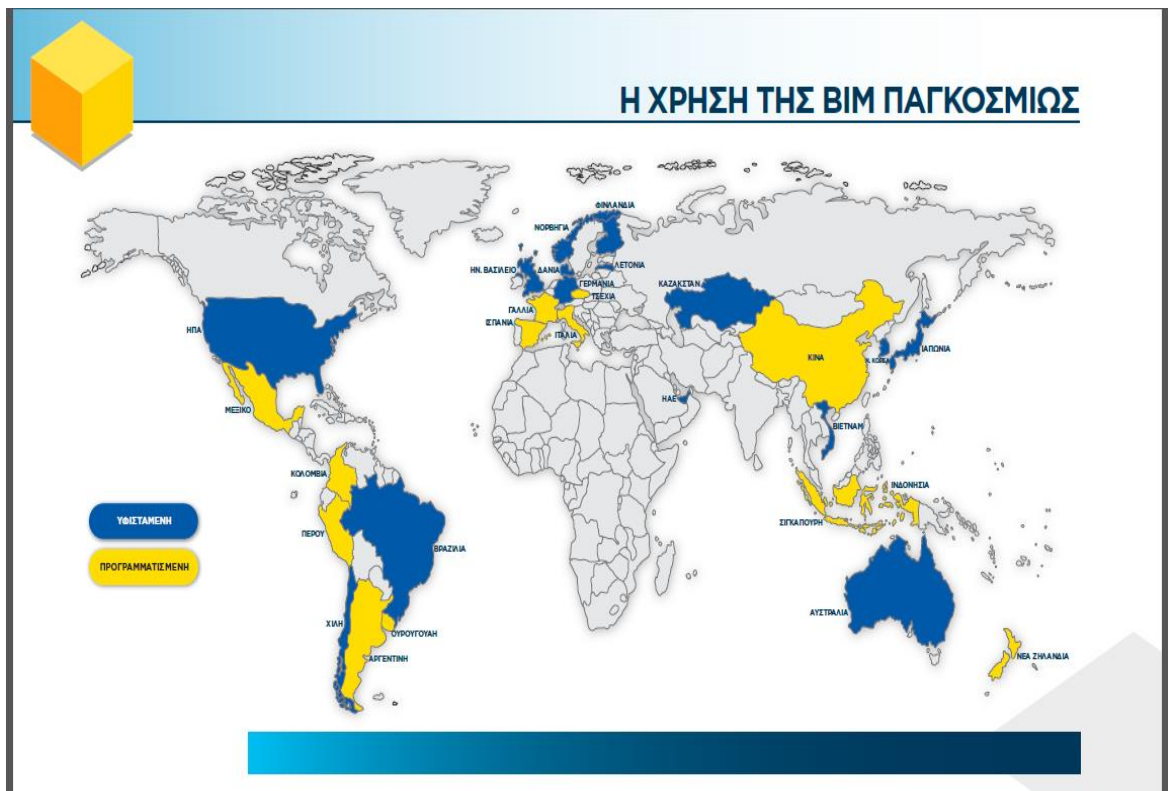
Το σχ. 16 απεικονίζει τη χρήση BIM σε έργο για τον εντοπισμό κινδύνων (π.χ. ανοίγματα δαπέδου) με βάση το σχέδιο και την τρισδιάστατη μοντελοποίηση.



Σχήμα 16: Εντοπισμός οριζώντιου ανοίγματος με BIM, τροποποιήθηκε από Okpala et al., 2020)

Το BIM επιτρέπει επίσης σε όλους τους συμμετέχοντες επί το έργον να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες από οποιαδήποτε συσκευή επικοινωνίας με πρόσβαση στο διαδίκτυο. Λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων κατά τη διάρκεια του έργου, η τεχνητή νοημοσύνη φαίνεται να είναι πολύτιμο εργαλείο, χρησιμοποιώντας δεδομένα από όλες τις συσκευές ή τους αισθητήρες που δημιουργούν δεδομένα. Με αυτόν τον τρόπο, η AI/BD μπορεί να αντιμετωπίσει περίπλοκα και μη γραμμικά πρακτικά προβλήματα και θα μπορούσε να κάνει προβλέψεις και γενικεύσεις με μεγάλη ταχύτητα. Με την αυτοματοποιημένη εξαγωγή ποσοτήτων (που δεν είναι δυνατό να γίνει με την παραδοσιακή διαδικασία), είναι δυνατό να εκδοθεί εύκολα μια λίστα προληπτικών στοιχείων (όπως προστατευτικά κιγκλιδώματα, φράγματα ή πινακίδες) που πρόκειται να τοποθετηθούν ή να συναρμολογηθούν ανά πάσα στιγμή. Ακόμη το BIM είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στην αντιμετώπιση πολλών αλλαγών στη δομή του εργοταξίου ή στον προγραμματισμό εργασιών (Tender et al., 2022).

Το BMI είναι υποχρεωτικής εφαρμογής σε ορισμένες χώρες. Στο σχήμα 17 φαίνεται η χρήση του BMI διεθνώς, πού εφαρμόζεται και πού πρόκειται να εφαρμοστεί.



Σχήμα 17: Η χρήση του BMI διεθνώς, τροποποιημένο από Anagnostaki, 2023.



5. Νέες προκλήσεις στην Επαγγελματική Ασφάλεια και Υγεία (EAY)

Η συνολική κατάσταση της ψηφιοποίησης των τεχνικών έργων σε όλο τον κόσμο δεν έχει αλλάξει την τελευταία δεκαετία. Παραμένει ο δεύτερος κατά σειρά λιγότερο ψηφιοποιημένος τομέας στην παγκόσμια οικονομία (Perera et al., 2023).

Σε αυτήν την ενότητα εξετάζονται οι προκλήσεις που σχετίζονται με την εφαρμογή των ψηφιακών συστημάτων στη διαχείριση της EAY στα τεχνικά έργα. Σημειώνεται πως υπάρχουν ενδοθεματικές συνδέσεις μεταξύ των αναφερόμενων προκλήσεων.

5.1. Κόστος

Οι Xu et al. (2021) υποστηρίζουν πως ο κύριος λόγος για τις ελάχιστες επενδύσεις στην ψηφιοποίηση για την EAY είναι το κόστος. Οι περισσότερες ψηφιακές τεχνολογίες χρησιμοποιούνται για την αύξηση της παραγωγικότητας (αυτοματοποίηση) και η EAY αντιμετωπίζεται ως προστιθέμενη αξία αυτής της ανάπτυξης. Οι εργολάβοι συγκρατούν τις επενδύσεις τους, προκειμένου να εμφανιστούν πιο ανταγωνιστικοί στο στάδιο της προσφοράς.

Το ίδιο υποστηρίζουν και οι Perera et al. (2023), και αναφέρουν πως το «υψηλό κόστος αγοράς λογισμικού/αδειοδότησης», «υψηλό κόστος ψηφιακών εργαλείων και εγκατάστασης εξοπλισμού», «ανεπαρκές κόστος σχεδιασμού για την υποστήριξη της ψηφιακής καινοτομίας» και «υψηλό κόστος ειδικών πληροφορικής» είναι τα σημαντικότερα εμπόδια ψηφιοποίησης, τόσο για τους σχεδιαστές όσο και για τους κατασκευαστές των έργων, και θεωρούν πως ο οικονομικός περιορισμός τους εξηγείται από το γεγονός ότι οι κατασκευές είναι κατά κύριο λόγο ένας κλάδος χαμηλών κερδών, με συνέπεια η ικανότητα δαπάνης σε ψηφιακές επενδύσεις να είναι μικρή.

Οι Umeokafor & Teizer (2023) αναφέρουν πως η μεγάλη επένδυση κεφαλαίου για την απόκτηση και συντήρηση συστημάτων μη επανδρωμένων αεροσκαφών (drones) ή/και η εγκατάσταση καμερών CCTV σε εργοτάξια μπορεί να είναι δαπανηρή για την κάλυψη των ευρέως και συνεχώς μεταβαλλόμενων και συχνά παρεμποδιζόμενων εργασιακών περιβαλλόντων. Έτσι οι μικρομεσαίες επιχειρήσεις (MME) δυσκολεύονται να ακολουθήσουν. Ωστόσο, όταν χρησιμοποιούνται wearables συσκευές, η επένδυση και η συντήρηση της τεχνολογίας μπορεί να είναι χαμηλότερη σε σύγκριση με αυτές που βασίζονται στις κάμερες. Όμως λόγω της έλλειψης πληροφοριών και ανάλυσης του κόστους - οφέλους από την υιοθέτηση των νέων συστημάτων οι επιχειρήσεις δεν κατανοούν τη χρησιμότητα και την αποτελεσματικότητά τους και είναι δύσπιστες στο να επενδύσουν σε



αυτές, θεωρώντας πως το κόστος της επένδυσης σε νέα συστήματα ΕΑΥ δεν τους προσφέρει κάποιο όφελος.

Το ίδιο υποστηρίζουν και οι Madanayake & Egbu (2017), και προσθέτουν πως για να πειστούν οι επιχειρήσεις ότι η επένδυση στις ψηφιακές τεχνολογίες είναι μια αξιόλογη μακροπρόθεσμη επένδυση, θα πρέπει να γίνει μια ανάλυση για την εκτίμηση - σύγκριση των σημερινών με των μελλοντικών κερδών από τη χρήση των ψηφιακών εργαλείων, ώστε να φανεί πως είναι ικανά να βοηθήσουν τις επιχειρήσεις με τη λήψη διορθωτικών και αποτελεσματικών αποφάσεων που βασίζονται σε συστηματικά και αναλυτικά δεδομένα, τα οποία εξάγονται από τα νέα εργαλεία.

Ακόμη, οι Yilmaz et al. (2023) αναφέρουν πως στην υπάρχουσα βιβλιογραφία οι περισσότερες κατασκευαστικές ΜΜΕ, που σημειωτέων η πλειοψηφία των τεχνικών έργων εκτελείται από αυτές, δυσκολεύονται στον ψηφιακό μετασχηματισμό λόγω κόστους και έλλειψης ψηφιακής ευαισθητοποίησης.

Οι Chung et al. (2020) σχεδίασαν ένα καινοτόμο μοντέλο ασφάλειας, βασισμένο στο Internet-of-Things (IoT), για να παρέχει παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο του προσωπικού του εργοταξίου και του περιβάλλοντος, και που επίσης αποθηκεύει τα ψηφιακά δεδομένα για τη βελτίωση της μελλοντικής εκπαίδευσης και του ίδιου του συστήματος. Μια ανάλυση σύγκρισης κόστους προτείνει ότι το σύστημα IoT μπορεί να προσφέρει 78% εξοικονόμηση κόστους σε σχέση με το παραδοσιακό σύστημα επιθεώρησης του εργοταξίου από τα αρμόδια πρόσωπα. Ωστόσο το σύστημα αυτό ήταν στο στάδιο του σχεδιασμού και περισσότερα οφέλη θα προέκυπταν μετά την εφαρμογή του συστήματος σε ένα πραγματικό έργο.

Ακόμη, το BIM εκτός από τα σημαντικά οφέλη που προσφέρει στα τεχνικά έργα εξακολουθεί και έχει υψηλό κόστος εφαρμογής. Εκδηλώνονται επίσης ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο και αναφέρονται πολυπλοκότητες που προκύπτουν από την επιτόπια εφαρμογή (όπως το υψηλό κόστος των αισθητήρων και των εγκαταστάσεων τους για την παρακολούθηση του εργοταξίου), που κάνουν την εφαρμογή του δύσκολη. Ο αντίκτυπος αυτών των προκλήσεων επιδεινώνεται για τις ΜΜΕ, αφού το BIM απαιτεί σημαντικούς οικονομικούς και ανθρώπινους πόρους, όπως το κόστος της τεχνικής υποδομής, εργατικό δυναμικό με γνώσεις BIM και αλλαγή πολιτισμού/συμπεριφοράς στις επιχειρήσεις (Yilmaz et al., 2023).

5.2. Νομοθεσία και πρότυπα



Οι διεθνείς οργανισμοί, όπως η ILO, ο IMO και ο EU-OSHA, προσφέρουν καθοδήγηση σχετικά με τον τρόπο βελτίωσης της ΕΑΥ, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η πολιτική και η νομοθεσία, και βοηθούν στην αύξηση της ευαισθητοποίησης των ενδιαφερομένων σχετικά με την παρακολούθηση και τη διαχείριση ΕΑΥ, παρέχοντας έτσι επισκόπηση των διαφόρων τύπων κινδύνων και ορίων έκθεσης για την ΕΑΥ, τις τεχνικές των εργαλείων διαχείρισης ΕΑΥ και καλές πρακτικές, προκλήσεις και ευκαιρίες. Ωστόσο, υπάρχει δυσκολία στην παροχή αναλυτικών πληροφοριών για τα νέα εργαλεία διαχείρισης της ΕΑΥ. Από την άλλη πλευρά, οι κατασκευαστές προϊόντων των νέων εργαλείων και οι εισαγωγείς - προμηθευτές οφείλουν να προσφέρουν λεπτομερείς πληροφορίες και καθοδήγηση σχετικά με τα νέα εργαλεία. Ωστόσο αυτά τα νέα μέσα ενδέχεται να στερούνται πληροφοριών σχετικά με τους βασικούς περιορισμούς των συστημάτων, τις ανησυχίες σχετικά με το απόρρητο προσωπικών δεδομένων και τα όρια έκθεσης (Nicosia et al., 2023).

Λαμβάνοντας υπόψη την τεχνολογική πρόοδο και τον ολοένα και πιο περίπλοκο κόσμο εργασίας, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής αντιμετωπίζουν ένα δύσκολο έργο για να εξασφαλίσουν σχετική και αποτελεσματική νομοθεσία για την ΕΑΥ. Οι βάσεις δεδομένων για την υποστήριξη της πολιτικής και της πρακτικής έχουν αποδυναμωθεί καθώς οι μακροχρόνιες πηγές αξιόπιστων δεδομένων έχουν καταστεί ανεπαρκείς. Μολονότι η ΕΕ έχει θεσπίσει ένα σημαντικό σώμα σχετικής με την ΕΑΥ νομοθεσίας, η ισχύουσα νομοθεσία δεν αντιμετωπίζει επαρκώς τις επιπτώσεις της ψηφιακής αλλαγής στην παρακολούθηση της ΕΑΥ, γεγονός που την καθιστά γκρίζα ζώνη όσον αφορά την πολιτική και την πρακτική. Ειδικά στον τομέα της ιδιωτικής ζωής και της προστασίας προσωπικών δεδομένων ο Γενικός Κανονισμός για την Προστασία Δεδομένων (GDPR) παρέχει παράδειγμα κοινού νομοθετικού πλαισίου σε ολόκληρη την ΕΕ. Ωστόσο, μελετητές επισημαίνουν ότι εξακολουθούν να υπάρχουν νομοθετικά κενά (Olausson & Broughton (Ecorys), 2023).

Η απουσία προτύπων πιστοποίησης μπορεί να θέσει εμπόδια στην υιοθέτηση νέων συστημάτων. Για παράδειγμα, τα έξυπνα ΜΑΠ δεν έχουν πρότυπα πιστοποίησης (ως πλήρη προϊόντα), παρά τις συνεχείς εξελίξεις από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (CEN-CENELEC). Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι βρίσκονται σε εξέλιξη πρότυπα πιστοποίησης για προϊόντα λογισμικού υγείας, όπως εφαρμογές που μπορούν να παρακολουθούν την ΕΑΥ.

Ωστόσο, η εισαγωγή πολύ σύνθετων προτύπων πιστοποίησης στα νέα εργαλεία διαχείρισης της ΕΑΥ (π.χ. να λειτουργούν υπό οποιεσδήποτε συνθήκες) θα οδηγούσε σε σημαντική αύξηση των τιμών.



Τα πρότυπα ασφαλείας είναι σημαντικά για τους αγοραστές για την παροχή πληροφοριών, σχετικά με την ποιότητα του προϊόντος (απόδοση, ικανότητα) και την ασφάλεια.

Επιπλέον, η έλλειψη προτύπων μπορεί να παρεμποδίσει τις επενδύσεις μεγάλης κλίμακας, για παράδειγμα, σε υποδομές δικτύου IoT. Από την άλλη πλευρά, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο τόνισε το 2019 ότι υπάρχουν περισσότερα από 600 πρότυπα IoT.

Τέλος, τα πρότυπα είναι ζωτικής σημασίας λόγω των πιθανών κινδύνων και προκλήσεων που συνδέονται με τα νέα εργαλεία, καθώς μπορεί όχι μόνο να βοηθήσουν στην πρόληψη ατυχημάτων, αλλά μπορεί να προκαλέσουν και βλάβη.

Ακόμη, η τυποποίηση των νέων συστημάτων είναι περίπλοκη λόγω πολλαπλών επιπέδων ρύθμισης. Για παράδειγμα, ο σχεδιασμός των έξυπνων ΜΑΠ πρέπει να συμμορφώνεται με τον παραδοσιακό κανονισμό ΜΑΠ και με τα πιστοποιημένα ηλεκτρονικά εξαρτήματα, για να διασφαλίζεται ότι το τελικό προϊόν δεν δημιουργεί νέους κινδύνους ή υψηλότερους κινδύνους, όπως από ηλεκτρισμό, μπαταρίες, ηλεκτρομαγνητικά πεδία (EMF) και την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC). Οι φορείς τυποποίησης αναγνωρίζουν τα έξυπνα ΜΑΠ ως ένα νέο είδος προϊόντος συνολικά, το οποίο χρειάζεται δοκιμές και συγκεκριμένα πρότυπα.

Η τυποποίηση δημιουργεί και άλλα προβλήματα. Για παράδειγμα, με την έλλειψη παρέμβασης του δημόσιου τομέα, η τυποποίηση μπορεί να αφεθεί σε ιδιώτες που με τη σειρά τους μπορούν να στραφούν σε ομάδες συμφερόντων. Αυτό μπορεί στη συνέχεια να εγείρει ερωτήματα σχετικά με την ποιότητα της διαδικασίας τυποποίησης, δυνητικά εις βάρος της EAY.

Ακόμη, η τυποποίηση πραγματοποιείται ολοένα και περισσότερο σε παγκόσμιο επίπεδο και αυτό θεωρείται από τους κοινωνικούς εταίρους ότι παρεμποδίζει σημαντικά τη συμμετοχή των συνδικαλιστικών οργανώσεων της ΕΕ σε αυτά τα παγκόσμια φόρουμ. Ως εκ τούτου, οι κοινωνικοί εταίροι υποστήριξαν ότι η ΕΕ θα πρέπει να επενδύσει περισσότερο στη θέσπιση προτύπων για την ψηφιακή ενιαία αγορά της ΕΕ (Andriescu et al., 2023).

Υπάρχει ανάγκη για καλύτερη συνεργασία μεταξύ ιδιωτικών και δημόσιων φορέων και μεταξύ επιχειρήσεων για την αντιμετώπιση των κινδύνων, των ορίων και των κοινών προβλημάτων των ψηφιακών συστημάτων διαχείρισης της EAY και την τυποποίηση τους στο χώρο εργασίας για την ενίσχυση της αποτελεσματικότητάς τους (Nicosia et al., 2023). Για παράδειγμα, η νομοθεσία απαιτεί ο κοινοποιημένος οργανισμός να αναλάβει την πλήρη ευθύνη για τη διεξαγωγή του συνόλου των δοκιμών τυποποίησης των ΜΑΠ. Φαίνεται ότι



οι κοινοποιημένοι οργανισμοί στο πεδίο των ΜΑΠ δεν είναι ικανοί να διεξαγάγουν με ίδια μέσα τις δοκιμές των έξυπνων ΜΑΠ. Μια τροποποίηση της νομοθεσίας θα μπορούσε να ξεπεράσει αυτό το αδιέξοδο. Θα πρέπει να εφαρμοστεί ένα σύστημα που θα επιτρέπει σε δύο ή περισσότερους κοινοποιημένους οργανισμούς να συνεργάζονται, ώστε έκαστος εξ αυτών να αναλαμβάνει την ευθύνη για τη διεξαγωγή των δοκιμών που εμπίπτουν στο πεδίο των ικανοτήτων του. Ένας εξ αυτών θα μπορούσε να είναι ο επικεφαλής οργανισμός που θα συντονίζει τις επιμέρους εργασίες. Ωστόσο, στο τέλος όλοι οι συμμετέχοντες κοινοποιημένοι οργανισμοί θα είναι υπεύθυνοι για την πιστοποίηση. Καθώς η τροποποίηση της νομοθεσίας ενδέχεται να αποδειχθεί ιδιαίτερα χρονοβόρα διαδικασία, ως ενδιαμέσια λύση θα μπορούσε να προταθεί η παροχή κατάλληλης καθοδήγησης στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής (Thierbach, 2020).

Η έλλειψη διαθέσιμης έρευνας και παραδειγμάτων σχετικά με την αποτελεσματικότητα των ψηφιακών συστημάτων διαχείρισης ΕΑΥ αποθαρρύνει την υιοθέτησή τους. Ωστόσο, τέτοια παραδείγματα είναι διαδεδομένα σε συγκεκριμένες εκδηλώσεις και συνέδρια, αλλά τα δεδομένα μερικές φορές διαδίδονται ελάχιστα. Επομένως, είναι δύσκολο για τις επιχειρήσεις να αποκτήσουν επαρκείς πληροφορίες προκειμένου να σταθμίσουν το κόστος και τις αναμενόμενες επιπτώσεις και οφέλη που συνδέονται με την υιοθέτηση νέων συστημάτων διαχείρισης της ΕΑΥ, και αυτό είναι ακόμη πιο δύσκολο για τις ΜΜΕ επιχειρήσεις (Andriescu et al., 2023).

Συμπερασματικά, η τυποποίηση των έξυπνων συστημάτων παρουσιάζει μια σειρά από προκλήσεις που λειτουργούν ως πιθανό εμπόδιο στην υιοθέτησή τους σε οργανωτικό επίπεδο. Η θέσπιση προτύπων στην ενιαία ψηφιακή αγορά της ΕΕ, που παρέχουν κατάλληλο πλαίσιο και όρια, αλλά δεν υστερούν από τον γρήγορο ρυθμό των τεχνολογικών εξελίξεων, αποτελεί πρόκληση, αλλά οι προσπάθειες πρέπει να συνεχιστούν. Αυτό θα παράσχει ένα κατάλληλο νομικό περιβάλλον για τους σχεδιαστές, ώστε να συνεχίσουν να καινοτομούν, και για τους εργοδότες να χρησιμοποιούν νέα εργαλεία διαχείρισης για να βελτιώσουν την ΕΑΥ (Toro et al., 2023).

5.3. Ιδιαιτερότητα του κατασκευαστικού κλάδου

Ένας σημαντικός λόγος που ο κατασκευαστικός κλάδος έχει κολλήσει στην ανάλογη εποχή είναι η ιδιαιτερότητα του, όπως για παράδειγμα που συνυπάρχουν πολλές μικρομεσαίες επιχειρήσεις ή η έλλειψη επαναλήψεων (π.χ. η μοναδικότητα των έργων και η παροδικότητα) και η συνεχής εναλλαγή συνεργείων εκτέλεσης εργασιών και προσωπικού



(Umeokafor & Teizer, 2023).

Σύμφωνα με την οδηγία 92/57/ΕΟΚ, με την οποία συμμορφώθηκε η Ελλάδα με το **Π.Δ.305/96**, «Ελάχιστες προδιαγραφές Ασφάλειας και Υγείας που πρέπει να εφαρμόζονται στα προσωρινά ή κινητά εργοτάξια σε συμμόρφωση με την οδηγία 92/57/ΕΟΚ», άρθρο 2, περιγράφονται οι ορισμοί του προσωρινού ή κινητού εργοταξίου, καθώς και οι ορισμοί των εμπλεκομένων μερών από τον σχεδιασμό μέχρι την ολοκλήρωση του έργου, ειδικότερα:

1. Προσωρινό ή κινητό εργοτάξιο, που στο εξής αποκαλείται “εργοτάξιο”: Κάθε εργοτάξιο όπου πραγματοποιούνται εργασίες οικοδομικές ή/και πολιτικού μηχανικού και γενικά εκτελείται τεχνικό έργο.

2. Κύριος του έργου: Κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο για λογαριασμό του οποίου πραγματοποιείται ένα έργο.

3. Ανάδοχος: Κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο στο οποίο έχει ανατεθεί η μελέτη ή/και η εκτέλεση ή/και η επίβλεψη της εκτέλεσης του έργου για λογαριασμό του κυρίου του έργου.

Ο ορισμός του αναδόχου εξειδικεύεται για τις ανάγκες του παρόντος διατάγματος μεταξύ ενός ή περισσότερων παραγόντων του έργου κατά περίπτωση ως εξής:

α. Εργολάβος: Πρόσωπο που συμβάλλεται με τον κύριο του έργου και αναλαμβάνει την εκτέλεση ολόκληρου του έργου ή τμήματός του, ανεξάρτητα από την ιδιότητα με την οποία φέρεται ασφαλισμένος σε ασφαλιστικό οργανισμό και προκειμένου για δημόσια έργα ο ανάδοχος, όπως αυτός ορίζεται στο άρθρο 3 του ν.1418/84.

β. Υπεργολάβος: Πρόσωπο που συμβάλλεται με εργολάβο και αναλαμβάνει την εκτέλεση ολόκληρου του έργου ή τμήματός του, ανεξάρτητα από την ιδιότητα με την οποία φέρεται ασφαλισμένος σε ασφαλιστικό οργανισμό. Ως υπεργολάβος θεωρείται επίσης και το πρόσωπο που συμβάλλεται με άλλον υπεργολάβο και αναλαμβάνει σύμφωνα με τα παραπάνω την εκτέλεση ολόκληρου του έργου ή τμήματός του.

γ. Μελετητής: Πρόσωπο που συμβάλλεται με τον κύριο του έργου ή τον εργολάβο και εκπονεί τη μελέτη του έργου.

4. Εργοδότης: Κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο το οποίο συνδέεται με σχέση εργασίας με τον εργαζόμενο

5. Εργαζόμενος: Κάθε πρόσωπο που απασχολείται από έναν εργοδότη με οποιαδήποτε σχέση εργασίας, συμπεριλαμβανομένων των ασκούμενων και των μαθητευομένων.

6. Εκπρόσωπος των εργαζομένων: Κάθε εκλεγμένο άτομο, με ειδική αρμοδιότητα σε θέματα προστασίας της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων για να εκπροσωπεί τους εργαζόμενους, όσον αφορά τα ζητήματα προστασίας της ασφάλειας και της υγείας κατά την



εργασία.

7. Αυτοαπασχολούμενος: Κάθε άτομο, εκτός εργοδοτών και εργαζομένων, το οποίο με την επαγγελματική του δραστηριότητα συμβάλλει στην εκτέλεση του έργου.

8. Συντονιστής για θέματα ασφάλειας και υγείας κατά την εκπόνηση της μελέτης του έργου: Κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο στο οποίο ο εργολάβος ολόκληρου του έργου και εάν δεν υπάρχει ο κύριος του έργου αναθέτει την εκτέλεση των καθηκόντων που προβλέπονται στη παράγραφο 2 του άρθρου 5.

9. Συντονιστής για θέματα ασφάλειας και υγείας κατά την εκτέλεση του έργου: Κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο στο οποίο ο εργολάβος ολόκληρου του έργου και εάν δεν υπάρχει ο κύριος του έργου, αναθέτει τα καθήκοντα που προβλέπονται στη παράγραφο 3 του άρθρου 6.

Ακόμη, η φύση των εργασιών στα τεχνικά έργα και το συνήθως απασχολούμενο εργατικό δυναμικό χαρακτηρίζονται από ιδιαιτερότητες μερικές από τις οποίες ευνοούν την πρόκληση ατυχημάτων (Υπουργείο Εργασίας, 1997):

- Κάθε μελέτη έχει μοναδικό χαρακτήρα και διαφορετικά προς αντιμετώπιση προβλήματα υγείας και ασφάλειας, ενώ οι υπεύθυνοι μελετητές σπανίως είναι ενημερωμένοι στην πρόληψη των επαγγελματικών κινδύνων
- Δεν υπάρχει συνήθως συνεννόηση μεταξύ των υπευθύνων της μελέτης, της εκτέλεσης και των μελλοντικών χρηστών πάνω στα θέματα ασφάλειας και πρόληψης των κινδύνων
- Διενεργούνται πολλές εργασίες συγχρόνως υπό πίεση χρόνου για την τήρηση προθεσμιών, από το ίδιο ή διαφορετικά συνεργεία μίας ή περισσότερων επιχειρήσεων, με ποικίλους κινδύνους μεταβαλλόμενης φύσης και βαθμού, που αρκετά συχνά επηρεάζονται αρνητικά και από τις καιρικές μεταβολές και τις εδαφολογικές ιδιαιτερότητες
- Μερικές φορές οι εργασίες γίνονται σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις εν λειτουργία, οπότε προστίθενται και άλλοι κίνδυνοι που μπορεί να μην έχουν εκτιμηθεί σωστά
- Το εργατικό δυναμικό δεν είναι σταθερό και συνήθως δεν έχει υποστεί συστηματική επαγγελματική κατάρτιση
- Υπάρχει μεγάλο ποσοστό απασχόλησης έκτακτων και εποχιακών εργαζομένων, καθώς και εργαζομένων ξένης εθνικότητας με δυσκολίες συνεννόησης και κατανόησης των οδηγιών
- Το ποσοστό απασχόλησης των ελεύθερων επαγγελματιών, που συχνά δεν γνωρίζουν ή δεν τηρούν τους κανόνες υγιεινής και ασφάλειας και δεν συνεργάζονται στην εφαρμογή



τους στο εργοτάξιο, είναι πολύ υψηλό .

Από τα ανωτέρω διαφαίνεται η ιδιαιτερότητα, η πολυπλοκότητα καθώς και ο κατακερματισμός των τεχνικών έργων με την πληθώρα των εμπλεκομένων, σε σχέση με άλλους κλάδους οικονομικής δραστηριότητας, που κάνουν όχι μόνο την υιοθέτηση ψηφιακών συστημάτων στη διαχείριση ΕΑΥ, αλλά και γενικά τη διαχείριση της ΕΑΥ δύσκολη υπόθεση. Επιπλέον, ο μεγάλος αριθμός των υπεργολάβων κατά την εκτέλεση των τεχνικών έργων θολώνουν το θέμα της υποχρέωσης των προσώπων που θα αναλάβουν την ευθύνη της λήψης των απαιτούμενων μέτρων ΕΑΥ.

Οι Umeokafor & Teizer (2023) υποστηρίζουν πως το πολύπλοκο εργασιακό περιβάλλον των τεχνικών έργων έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υιοθέτηση ψηφιακών τεχνολογιών στην ΕΑΥ. Ο εντοπισμός του κινδύνου και η αναπαράσταση σε πραγματικό χρόνο επισφαλών συνθηκών στα εργοτάξια μπορεί να είναι δύσκολος λόγω του συνεχώς μεταβαλλόμενου κατασκευαστικού περιβάλλοντος, αλλά ακόμα και των δυσμενών μερικές φορές καιρικών συνθηκών (π.χ. τα drones είναι ευαίσθητα στον άνεμο).

Οι Khan et al. (2022) αναφέρουν πως ο βαρύς και ακριβός εξοπλισμός, όπως για παράδειγμα η εγκατάσταση καμερών CCTV σε όλο το εργοτάξιο, δεν είναι εύκολα εφαρμόσιμο, γιατί η δυναμική του εργοταξίου (η μορφή του μεταβάλλεται συνεχώς) και η πολύπλοκη φύση του απαιτεί την ανάπτυξη έξυπνων ενσωματωμένων ανεξάρτητων και συμπαγών συσκευών υλικού. Επιπλέον, υποστηρίζουν πως οι προσαρτώμενες συσκευές εξοπλισμένες με ελαφρύτερα, μικρότερα, επαναφορτιζόμενα και αδιάβροχα εξαρτήματα για τη διασφάλιση της συμπαγούς λειτουργίας, π.χ. έξυπνα ΜΑΠ, wearables είναι προτιμότερα.

Εξίσου σημαντικές είναι οι οργανωτικές προκλήσεις των τεχνικών έργων. Η συντριπτική πλειοψηφία των επιχειρήσεων που ασχολούνται με την εκτέλεση των τεχνικών έργων είναι μικρομεσαίες (ΜΜΕ), που δεν διαθέτουν τους απαιτούμενους πόρους, αλλά και τις δεξιότητες για την υιοθέτηση των ψηφιακών τεχνολογιών. Ακόμη οι ΜΜΕ αντιμετωπίζουν ορισμένες ιδιόμορφες προκλήσεις σε αντίθεση με τις μεγαλύτερες. Για παράδειγμα, τα περιορισμένα κεφάλαια και προσβάσιμες πληροφορίες αποτελούν περιορισμό στον έλεγχο συμμόρφωσης με τα πρότυπα, τους κανονισμούς και τις βέλτιστες πρακτικές ΕΑΥ (Umeokafor & Teizer, 2023; Perera et al., 2023).

5.4. Άνθρωποι

Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για τον δισταγμό και την έλλειψη ανταπόκρισης των εργαζομένων και των εκπροσώπων των εργαζομένων (συνδικάτα, επιτροπές εργασίας) ως



προς την υιοθέτηση ψηφιακών τεχνολογιών και συστημάτων διαχείρισης ΕΑΥ. Πρώτον, είναι τα περιορισμένα στοιχεία και η ευαισθητοποίηση μεταξύ των εργοδοτών και των εργαζομένων σχετικά με τον αντίκτυπο στην ΕΑΥ ως συνέπεια της χρήσης συστημάτων διαχείρισης. Δεύτερον είναι ο δυνητικά κρυμμένος σκοπός της διαχείρισης των εργαζομένων και όχι η παρακολούθηση της ΕΑΥ. Υπάρχουν συνδικαλιστικές ανησυχίες ότι η χρήση νέων τεχνολογιών και συστημάτων διαχείρισης θα εκθέσει το εργατικό δυναμικό σε εντατικοποίηση της εργασίας. Τρίτον, ανησυχίες σχετικά με τη δεοντολογία, την προστασία προσωπικών δεδομένων, την ασφάλεια της ιδιωτικής ζωής εκφράζονται επίσης από τους εργαζόμενους και τους εκπροσώπους τους (Andriescu et al., 2023).

Η δυσκολία αλλαγής της στάσης των ανθρώπων στη διαχείριση των νέων εργαλείων είναι ένας από τους μεγαλύτερους λόγους για τους οποίους οι άνθρωποι είναι απρόθυμοι να υιοθετήσουν νέες τεχνολογίες. Ως εκ τούτου, η κατανόηση των δυνατοτήτων και της αξίας των νέων ψηφιακών εργαλείων σε σχέση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις και η προσαρμογή των υφιστάμενων ροών εργασίας σε διαδικασίες που είναι προσανατολισμένες στο λιτό θα πρέπει να αποτελούν βασικό μέλημα για τη διαδικασία αποδοχής των νέων εργαλείων (Madanayake & Egbu, 2017).

Οι ανάγκες και τα κίνητρα από την πλευρά των επιχειρήσεων και των εργαζομένων παίζουν σημαντικό ρόλο στην υιοθέτηση των νέων συστημάτων. Η αντίληψη και η επίγνωση των αναγκών σε σχέση με τα εργαλεία διαχείρισης της ΕΑΥ μπορεί να ποικίλλει σημαντικά, ανάλογα με τις κοινωνικοπολιτισμικές και εργασιακές διαφορές (ηλικία, θρησκεία, πολιτισμός, επίπεδο συνδικαλισμού), οι οποίες ενδέχεται να καθορίζουν διαφορετικούς βαθμούς συμμόρφωσης στα νέα αυτά εργαλεία (Nicosia et al., 2023; Olausson & Broughton (Ecorys), 2023).

Ο κατασκευαστικός κλάδος ήταν πάντα ανθεκτικός στις τεχνολογικές αλλαγές. Ως εκ τούτου, δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι υπάρχει περιορισμένη αποδοχή των ψηφιακών τεχνολογιών για τη διαχείριση της ΕΑΥ στα τεχνικά έργα. Για παράδειγμα, οι μελετητές των έργων και οι συντονιστές Ασφάλειας και Υγείας (Συντονιστής Α&Υ) εξακολουθούν να στερούνται συνεργασίας, και οι επιλογές του Συντονιστή Α&Υ δεν επηρεάζουν τον σχεδιασμό του κτιρίου (Getuli et al., 2017).

Κατά συνέπεια, για την υιοθέτηση των νέων ψηφιακών εργαλείων στα τεχνικά έργα θα πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη η αλλαγή της οργάνωσης της εργασίας, με την ενθάρρυνση καινοτόμων τρόπων που λαμβάνουν υπόψη την εξωτερική και εσωτερική αντίσταση για την προώθηση ενός συνεργατικού περιβάλλοντος, που θα επιφέρει αποτελεσματική διαχείριση



EAY (Umeokafor & Teizer, 2023).

5.5. Τεχνολογικοί παράγοντες

Οι συσκευές VR μπορεί να προκαλέσουν απώλεια της επίγνωσης του πραγματικού περιβάλλοντος του χρήστη κατά τη διάρκεια αλλά ακόμη και για κάποιο χρονικό διάστημα μετά τη χρήση. Η αξιοπιστία του AR εξαρτάται από τη διατήρηση της πρόσβασης στις σχετικές πηγές πληροφοριών, την ποιότητα των πληροφοριών και το εάν είναι ενημερωμένες ή όχι (*Foresight on New and Emerging Occupational Safety and Health Risks Associated With Digitalisation by 2025 | Safety and Health at Work EU-OSHA*, 2018).

Η τεχνητή νοημοσύνη και οι αλγόριθμοι μπορούν επίσης να έχουν αρνητικές επιπτώσεις. Για παράδειγμα, όταν εντοπίζεται μια επισφαλής διαδικασία, τα εργαλεία αυτά πρέπει να διαθέτουν αξιόπιστα, ακριβή και αμερόληπτα δεδομένα για να δώσουν ορθές και πραγματικές οδηγίες, ειδοποιήσεις.

Όσον αφορά την τεχνολογία των αισθητήρων, παρά την αυξανόμενη πολυπλοκότητά της, η συλλογή αξιόπιστων δεδομένων για την αποφυγή της έκθεσης των εργαζομένων σε υψηλά επίπεδα τοξικών ουσιών (και άλλων κινδύνων) παραμένει πρόκληση. Ακόμη και όταν οι τεχνολογίες είναι πιστοποιημένες, η ακρίβειά τους αξιολογείται σε εργαστηριακού τύπου περιβάλλοντα που ενδέχεται να μην αναπαράγουν με ακρίβεια τις αντίξοες συνθήκες εργασίας. Η ακρίβεια ποικίλλει όταν τα δεδομένα συλλέγονται σε εργαστήριο, από ότι σε εξωτερικούς χώρους, όπως σε ένα εργοτάξιο που μπορεί να περιορίσουν την ακρίβεια του αισθητήρα, για παράδειγμα, λόγω πυρκαγιάς, σκόνης και θερμότητας.

Σε πραγματικές συνθήκες εργασίας, οι ψηφιακές τεχνολογίες ενδέχεται να αντιμετωπίσουν προκλήσεις: για παράδειγμα στα drones οι θερμικές κάμερες ενδέχεται να μην μπορούν να εντοπίσουν έναν εργαζόμενο εάν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του ατόμου και του περιβάλλοντος δεν είναι έντονη, κάτι που μπορεί να σχετίζεται με τα ρούχα που φοράει. Ακόμη, τα drones ενδέχεται να παρουσιάσουν κινδύνους για την ασφάλεια των εργαζομένων που κινούνται πλησίον τους, λόγω δυσλειτουργίας του συστήματος ή λόγω επιθέσεων στον κυβερνοχώρο. Οι έξυπνες ψηφιακές τεχνολογίες ενδέχεται να δυσλειτουργήσουν εάν λερωθούν ή υπάρξουν ηλεκτρικές παρεμβολές ή επιθέσεις στον κυβερνοχώρο. Τότε τα εργαλεία αυτά αποτυγχάνουν. Οι μπαταρίες μπορεί όχι μόνο να είναι αναποτελεσματικές σε δύσκολες περιβαλλοντικές καταστάσεις ή να σταματήσουν να λειτουργούν, αλλά μπορεί επίσης να υπερθερμανθούν, να πιάσουν φωτιά ή να εκραγούν (Andriescu et al., 2023).



Επιπλέον, η πολυπλοκότητα και η απρόβλεπτη μετακίνηση των εργαζομένων στις εγκαταστάσεις είναι ένα σημαντικό εμπόδιο. Για παράδειγμα οι ψηφιακές τεχνολογίες, όπως οι αισθητήρες στις κάμερες που χρησιμοποιούν τεχνητή νοημοσύνη για την αξιολόγηση των δραστηριοτήτων εργασίας σε ύψος και τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς ΕΑΥ επί τόπου, δεν παρέχουν ιδιαίτερα αξιόπιστες πληροφορίες για μη ασφαλείς συμπεριφορές εργαζομένων λόγω της πολυπλοκότητας και των επί τόπου κινήσεών τους.

Ακόμη, έχει παρατηρηθεί πως όταν χρησιμοποιούνται δισδιάστατες εικόνες από κάμερες CCTV, τότε αυτές αναγνωρίζουν τους εργαζόμενους που στέκονται δίπλα σε σκάλες ότι εργάζονται πάνω σε αυτές, ενώ το ορθό θα ήταν να αναγνωρίζουν μόνο εκείνους που πραγματικά εργάζονται πάνω σε αυτές (Umeokafor & Teizer, 2023).

Οι αυτόνομες τεχνολογίες διαχείρισης που βασίζονται σε κάμερες έχουν αρκετούς περιορισμούς, όπως το τυφλό σημείο, περιορισμένη κάλυψη, εσφαλμένη ανίχνευση και υψηλό ποσοστό ψευδών συναγερμών. Ομοίως, οι προσεγγίσεις διαχείρισης που βασίζονται σε αισθητήρες μπορεί να είναι φθηνότερες, όμως έχουν περιορισμούς, όπως μεταφορά πολλών δεδομένων και μικρή διάρκεια ζωής της μπαταρίας.

Οι μέθοδοι που βασίζονται στην καταγραφή μέσω καμερών είναι χρονοβόρες και λιγότερο ακριβείς σε πολύπλοκα και δυναμικά εργοτάξια. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη χρήση έξυπνων αισθητήρων. Ωστόσο, η έξυπνη παρακολούθηση των ατόμων που βρίσκονται στη ζώνη κινδύνου εξακολουθεί να αποτελεί πρόκληση, καθώς πρέπει να ενσωματωθούν μέθοδοι για τον προσδιορισμό της ζώνης κινδύνου.

Πολύ σημαντικό επίσης είναι ότι οι τρέχουσες διαδικασίες στα εργοτάξια για την έγκαιρη επικοινωνία σε περίπτωση ατυχήματος είναι ελλιπής και το πρόβλημα καθίσταται ακόμα πιο σημαντικό όταν υπάρχει περιορισμένος αριθμός υπευθύνων ασφαλείας επιτόπου στο έργο, με αποτέλεσμα να μην λαμβάνονται έγκαιρα προληπτικά μέτρα. Ως εκ τούτου, πρέπει να προταθούν μέθοδοι για τη δημιουργία διαδικασίας έκτακτης ανάγκης με ελάχιστη χρονική καθυστέρηση και ελάχιστο ποσοστό ψευδών συναγερμών (Khan et al., 2022).

Οι αλγόριθμοι μπορεί να μην είναι επαρκώς βαθμονομημένοι ώστε να αποδίδουν επαρκώς στο πλαίσιο ενός διαφορετικού εργατικού δυναμικού, για παράδειγμα με βάση τη φυλή και την εθνικότητα, το φύλο, κοκ. Ακόμη, ψυχοκοινωνικοί κίνδυνοι μπορεί να δημιουργηθούν από απογοήτευση και φόβο για τις τεχνολογίες που δυσλειτουργούν ή δεν είναι άνετες και εύκολα προσαρμόσιμες (Andriescu et al., 2023).

Η έκθεση σε Ηλεκτρομαγνητικά πεδία (EMF) θα μπορούσε να αυξηθεί τόσο ως προς τη διάρκεια όσο και ως προς την ένταση εάν τα δίκτυα διαδικτύου και η ανέπαφη φόρτιση



κινητών ψηφιακών εργαλείων γίνουν πιο διαδεδομένα. Οι άμεσες διεπαφές του εγκεφάλου θα μπορούσαν επίσης να εκθέσουν τους εργαζόμενους σε ισχυρά EMF. Ο βραχυπρόθεσμος αντίκτυπος της ΑΙ εξαρτάται από το ποιος την ελέγχει και μακροπρόθεσμα ο αντίκτυπος εξαρτάται από την έκταση στην οποία μπορεί να ελεγχθεί (Foresight on New and Emerging Occupational Safety and Health Risks Associated With Digitalisation by 2025 | Safety and Health at Work EU-OSHA, 2018).

5.6. Δεξιότητες, ικανότητες, γνώσεις

Η χρήση των ψηφιακών εργαλείων θα μπορούσε ενδεχομένως να προκαλέσει αναντιστοιχία μεταξύ των δεξιοτήτων των εργαζομένων και των εργασιακών απαιτήσεων, αφού οι δεξιότητες των ατόμων που εμπλέκονται στην κατασκευή των τεχνικών έργων δεν είναι τόσο αναπτυγμένες για να συμβαδίζουν με τον υψηλό ρυθμό των τεχνολογικών αλλαγών.

Έτσι, η αυξημένη χρήση και η πρόοδος των ψηφιακών τεχνολογιών οδηγεί στην ανάγκη νέων δεξιοτήτων από τους εμπλεκόμενους στην εκτέλεση των τεχνικών έργων. Εκτός από το ότι πρέπει να γνωρίζουν πώς να χρησιμοποιούν τα νέα εργαλεία, θα πρέπει να έχουν τις σχετικές δεξιότητες για τους νέους τρόπους εργασίας που φέρνουν αυτές. Θα χρειαστεί να είναι ευέλικτοι, προσαρμοστικοί, ανθεκτικοί στις συχνές αλλαγές (Foresight on New and Emerging Occupational Safety and Health Risks Associated With Digitalisation by 2025 | Safety and Health at Work EU-OSHA, 2018).

Επιπλέον, υπάρχει περιορισμένη κατανόηση της ζήτησης της αγοράς για ψηφιακές εφαρμογές στη διαχείριση της ΕΑΥ. Γι' αυτό θα πρέπει ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ψηφιακών εφαρμογών να γίνεται με την κατανόηση των αναγκών του τελικού χρήστη, δηλ. της αγοράς για να μην οδηγήσει σε έλλειψη αποδοχής.

Όσον αφορά την έλλειψη ευαισθητοποίησης και ενημέρωσης, ο κατασκευαστικός κλάδος είναι γνωστός για την αντίστασή του σε αλλαγές και στην υιοθέτηση και εφαρμογή νέων εργαλείων. Μία από τις εξηγήσεις είναι η έλλειψη έρευνας, πληροφοριών σχετικά με την αποτελεσματικότητα των συστημάτων. Επομένως η υιοθέτηση νέων εργαλείων αποθαρρύνεται (Umeokafor & Teizer, 2023).

Εκτός από αυτό, η τρέχουσα εργασιακή κουλτούρα στον κλάδο είναι επίσης ένα μεγάλο εμπόδιο στην προώθηση της ασφάλειας γενικότερα. Από τη μία πλευρά οι εργολάβοι συνήθως εστιάζουν περισσότερο στο χρόνο, το κόστος και την ποιότητα, βάζοντας την ασφάλεια σε χαμηλή προτεραιότητα, όπως για παράδειγμα με το να θεωρείται η μεταλλική



σκαλωσιά ασφαλέστερη επιλογή, αλλά λόγω του χρόνου και των χρημάτων που δαπανώνται για την εγκατάσταση και την αφαίρεση πολλοί εργολάβοι να επιλέγουν τις ξύλινες σκαλωσιές. Και από την άλλη πλευρά οι εργάτες οικοδομών είναι συνήθως απρόθυμοι να φορούν τα κατάλληλα ΜΑΠ, όπως κράνος και ζώνες ασφάλειας, τα οποία και εγκαταλείπουν με την απουσία εποπτών ασφάλειας για διάφορους λόγους, όπως ζέστη, καιρός, αδιαφορία (Chung et al., 2023).

Σήμερα, περισσότερα μορφωμένα άτομα εισέρχονται στην κλάδο, καθιστώντας την παραδοσιακή εκπαίδευση λιγότερο χρήσιμη (Chung et al., 2023). Έτσι η προσέγγιση της εκπαίδευσης και της κατάρτισης πρέπει να αλλάξει, να γίνει λιγότερο ακαδημαϊκή και βασισμένη σε όσο το δυνατόν πραγματικές καταστάσεις και να εστιάζει περισσότερο στην ανάπτυξη προσωπικών δεξιοτήτων και στον τρόπο μάθησης, ανταλλαγής γνώσεων και αντιμετώπισης της αλλαγής. Η δια βίου μάθηση είναι απαραίτητη, καθώς ορισμένες δεξιότητες θα πρέπει να εξελίσσονται με τον ρυθμό των τεχνολογικών αλλαγών. Ως εκ τούτου, τα άτομα αυτά θα πρέπει να μπορούν να μαθαίνουν γρήγορα και στη συνέχεια να μαθαίνουν ξανά και ξανά (Foresight on New and Emerging Occupational Safety and Health Risks Associated With Digitalisation by 2025 | Safety and Health at Work EU-OSHA, 2018).

Τα νέα εργαλεία μπορούν να βοηθήσουν στην εκπαίδευση των εργαζομένων με εξατομικευμένο και ασφαλή τρόπο, για παράδειγμα χρησιμοποιώντας IOT, AR/VR κοκ. Ωστόσο, αυτά τα εργαλεία μπορεί να έχουν περιορισμούς όσον αφορά το περιορισμένο τεχνικό περιεχόμενο στο οποίο εκθέτουν τους εργαζόμενους. Εξάλλου, οι μεθοδολογίες εκπαίδευσης για αυτά τα εργαλεία δεν έχουν αναπτυχθεί ιδιαίτερα (Andriescu et al., 2023).

Διάφοροι μελετητές επιβεβαιώνουν ότι οι επαγγελματίες στον κλάδο των τεχνικών έργων χρειάζονται σαφή καθοδήγηση, εκπαίδευση και τεχνική υποστήριξη για την εφαρμογή του BIM στην πράξη, καθώς δεν έχουν γνώση και εμπειρία σχετικά με το BIM, ενώ ενδέχεται ορισμένες θέσεις να χρειάζονται πιστοποιημένα πρότυπα εκπαίδευσης και κατάρτισης. Έτσι μπορεί με την κατάλληλη εκπαίδευση και κατάρτιση να αποτραπεί τελικά ο φόβος/απροθυμία για αλλαγή από τους μηχανικούς και επαγγελματίες του κλάδου και να προωθηθεί η εφαρμογή του BIM. Εξάλλου, η αναβάθμιση δεξιοτήτων μέσω της εκπαίδευσης πρέπει να στοχεύει σε όλα τα επίπεδα μιας επιχείρησης, δεδομένου ότι οι δεξιότητες και οι ανάγκες κατάρτισης βρίσκονται στην κορυφή μεταξύ των προκλήσεων για την εφαρμογή των ψηφιακών συστημάτων στα τεχνικά έργα (Madanayake & Egbu, 2017).

5.7. Ευθύνη και νομικές ανησυχίες



Ζητήματα ασφάλειας δεδομένων, ιδιοκτησίας, απορρήτου και ηθικών ζητημάτων που σχετίζονται με την εξαγωγή δεδομένων είναι μερικοί από τους κύριους λόγους για τους οποίους οι επιχειρήσεις διστάζουν να χρησιμοποιήσουν νέα εργαλεία. Σε μια εποχή όπου η προστασία της ιδιωτικής ζωής στην ψηφιακή εποχή αποτελεί πρωταρχική πρόκληση, οι επιχειρήσεις ενδιαφέρονται περισσότερο για τον εξορθολογισμό των διαδικασιών (Madanayake & Egbu, 2017). Για παράδειγμα, οι wearables συσκευές παρουσιάζουν απειλή υψηλής ασφάλειας, όπως κακόβουλες επιθέσεις που καταλήγουν σε κλοπή δεδομένων ή καταστροφή. Ενώ η νομοθεσία ή τα συνδικάτα μπορούν να προστατεύσουν τους εργαζόμενους, π.χ. στην Ευρώπη, αυτή η περίπτωση μπορεί να μην είναι η ίδια σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες, καθώς ακόμη και όταν υπάρχουν νομικές διατάξεις η επιβολή και η ικανότητα προστασίας των εργαζομένων μπορεί να είναι περιορισμένες (Umeokafor & Teizer, 2023).

Τα νέα εργαλεία μπορούν να εκληφθούν ως παραβίαση της ιδιωτικής ζωής. Εξακολουθούν να υπάρχουν μεγάλα ερωτήματα σχετικά με το απόρρητο, την ιδιοκτησία και την ασφάλεια των δεδομένων, διότι οι ψηφιακές συσκευές συλλέγουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων, τα οποία μπορεί να είναι ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα που σχετίζονται με την εθνική καταγωγή, την υγεία, τα γενετικά και βιομετρικά δεδομένα, κλπ. (Andriescu et al., 2023). Για παράδειγμα, οι ασύρματες και wearables συσκευές παρακολουθούν την απόδοση, τον καρδιακό ρυθμό, ακόμη και τον αριθμό των βημάτων των εργαζομένων. Οι προσωπικές πληροφορίες εδώ διατρέχουν υψηλό κίνδυνο παραβίασης από συναδέλφους, ειδικά όταν σχετίζονται με ιατρικά θέματα (Umeokafor & Teizer, 2023).

Η έλλειψη διαφάνειας σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο η τεχνητή νοημοσύνη αναλύει τα δεδομένα αποτελεί σημαντική πρόκληση. Στην περίπτωση των αλγορίθμων βαθιάς μάθησης, είναι δύσκολο να προσδιοριστεί ποιους παράγοντες χρησιμοποιεί το πρόγραμμα για να καταλήξει στο συμπέρασμά του. Εάν οι εργαζόμενοι δεν καταλάβουν πώς λειτουργούν τα εργαλεία αυτά, τότε θα έχουν δυσκολίες να αλληλεπιδράσουν σωστά μαζί τους, να αναγνωρίσουν πότε κάτι πάει στραβά και να ξέρουν πώς να αντιδράσουν σε αυτές τις περιπτώσεις.

Ακόμη, τα νέα εργαλεία, μπορεί να έχουν αρνητικό αντίκτυπο στην υγεία των εργαζομένων, η συνεχής επίβλεψη μπορεί να προκαλέσει άγχος, ιδιαίτερα εάν δεν υπάρχουν πληροφορίες ή/και κατανόηση σχετικά με τα δεδομένα που συλλέγονται, πώς χρησιμοποιούνται και για ποιο σκοπό.

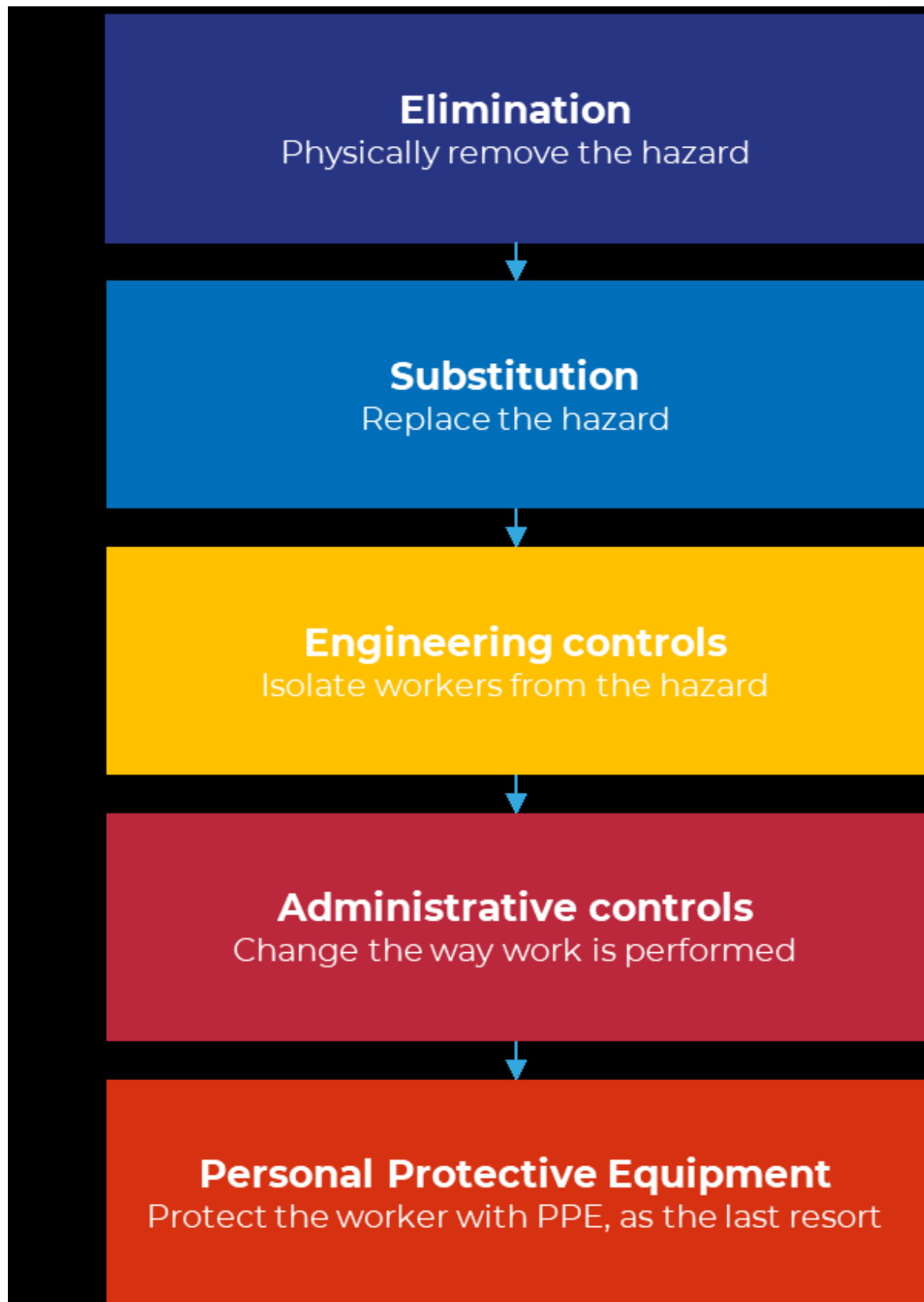
Θα χρειαστούν αποτελεσματικές στρατηγικές και εργαλεία για να διασφαλιστεί ότι ο



χειρισμός της μεγάλης ποσότητας δεδομένων που δημιουργείται γίνεται με διαφάνεια, διασφαλίζοντας το απόρρητο και την καλή χρήση των δεδομένων, ιδίως των ιατρικών αρχείων (Foresight on New and Emerging Occupational Safety and Health Risks Associated With Digitalisation by 2025 | Safety and Health at Work EU-OSHA, 2018).

Ωστόσο, τα νέα εργαλεία ενδέχεται να θολώσουν την ευθύνη για την ΕΑΥ στην πράξη, κάνοντας τους εργοδότες να εξαρτώνται όλο και περισσότερο από αυτά εις βάρος άλλων μέτρων ΕΑΥ. Ένας κίνδυνος είναι ότι οι εργοδότες ενδέχεται να μην πραγματοποιούν επαρκείς εκτιμήσεις κινδύνου και να μην λαμβάνουν διορθωτικά μέτρα, με βάση τα δεδομένα που συγκεντρώνονται μέσω των ψηφιακών τεχνολογιών, και ότι τα νέα εργαλεία διαχείρισης της ΕΑΥ ενδέχεται να υποκαταστήσουν άλλες υποχρεώσεις ΕΑΥ. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει μια αίσθηση ψευδούς ασφάλειας των εργαζομένων και ταυτόχρονα ψευδούς εκπλήρωσης των υποχρεώσεων των εργοδοτών για την ΕΑΥ. Η κατάσταση γίνεται ιδιαίτερα επικίνδυνη όταν τα νέα εργαλεία απλώς μεταμοσχεύονται αντί να προσαρμόζονται σε μια εγκατάσταση, χωρίς να προσαρμόζεται η λύση στο χώρο εργασίας και στις ανάγκες των εργαζομένων.

Ένας άλλος κίνδυνος είναι ότι μπορεί να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στα μέτρα προσωπικού ελέγχου (π.χ. έξυπνα ΜΑΠ) παρά στα συλλογικά. Σύμφωνα με τις βασικές αρχές πρόληψης των κινδύνων που συνοψίζονται στο σχήμα 18 αρχικά οι ενέργειες επικεντρώνονται στην Εξάλειψη - Περιορισμό του κινδύνου, στη συνέχεια αν δεν είναι εφικτό το παραπάνω γίνεται προσπάθεια αντικατάστασης, απομόνωση του κινδύνου, στη συνέχεια αλλαγή του τρόπου εκτέλεσης της εργασίας και ως τελική λύση η χρήση κατάλληλου ΜΑΠ (Nicosia et al., 2023). Επομένως τα (έξυπνα) ΜΑΠ θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ως έσχατη λύση μόνο όταν όλα τα άλλα δεν έχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Τα συλλογικά προστατευτικά μέτρα προστατεύουν όλους τους εργαζόμενους και όχι μόνο έναν, σε δεδομένη στιγμή. Τα δύο είδη μέτρων δεν αλληλοαποκλείονται: θα πρέπει να θεωρούνται συμπληρωματικά, δεδομένου ότι τα μέτρα προσωπικού ελέγχου μπορούν να προσθέσουν ένα επιπλέον επίπεδο προστασίας για τυχόν υπολειπόμενο κίνδυνο (Andriescu et al., 2023).



Σχήμα 18: Ιεράρχηση των βασικών αρχών πρόληψης του κινδύνου, τροποποιημένο από Nicosia et al., 2023.



Ως εκ τούτου, για τους εργαζόμενους και τους εκπροσώπους των εργαζομένων είναι σημαντικό να γίνει σαφές και να κατανοήσουν ποιος έχει το δικαίωμα να δει και να χρησιμοποιήσει τα δεδομένα, πώς τα τελευταία συγχωνεύονται, αποθηκεύονται και μεταφέρονται σε τρίτους, όπως εξωτερικούς παρόχους υπηρεσιών και πλατφόρμες κοινωνικής δικτύωσης, και πώς/πότε θα διαγραφούν (Andriescu et al., 2023).

Συνοψίζοντας, η συγκέντρωση και η χρήση πληροφοριών για να προβλέπουν πιθανά προβλήματα στον τομέα της ΕΑΥ και να εντοπίζουν περιπτώσεις στις οποίες θα απαιτούνται παρεμβάσεις για την ΕΑΥ σε οργανωτικό επίπεδο, απαιτεί αποτελεσματικές στρατηγικές, αποτελεσματικά εργαλεία και δεοντολογικές αποφάσεις στο πλαίσιο της επεξεργασίας του μεγάλου όγκου ευαίσθητων δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα που ενδέχεται να προκύψουν. Μια δυσλειτουργία, ή η παραγωγή εσφαλμένων στοιχείων ή συμβουλών, θα μπορούσε επίσης να προκαλέσει τραυματισμό ή προβλήματα υγείας στην εργασία. (Ψηφιακή εποχή της εργασίας και επαγγελματική ασφάλεια & υγεία (ΕΑΥ), 2020).

5.8. Ασφάλεια στον κυβερνοχώρο

Τα τελευταία χρόνια, η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο έχει αναδειχθεί σε φλέγον θέμα για όλες τις επιχειρήσεις και σε όλους τους κλάδους οικονομικής δραστηριότητας. Το έγκλημα στον κυβερνοχώρο καθίσταται ολοένα και πιο εξελιγμένο, και οι εγκληματίες του κυβερνοχώρου εκμεταλλεύονται τις κάθε είδους τρωτότητες για να πραγματοποιήσουν τις επιθέσεις τους, είτε φυσικές είτε τεχνικές, είτε ανθρώπινες.

Το παράδοξο είναι ότι αφενός οι ψηφιακές τεχνολογίες μπορούν να χρησιμοποιούνται με σκοπό τη δημιουργία νέων λύσεων για τη βελτίωση της κυβερνοασφάλειας, και αφετέρου οι ίδιες τεχνολογίες παρέχουν περαιτέρω ευκαιρίες για τους εγκληματίες του κυβερνοχώρου. Για παράδειγμα, οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αυτοματοποίηση των επιθέσεων, καθώς και για την αύξηση της αποτελεσματικότητας του κακόβουλου λογισμικού. Επιπλέον, ο πολλαπλασιασμός των συσκευών του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) επιφέρει περαιτέρω τρωτότητες που πρέπει να αντιμετωπιστούν, εφόσον οι συσκευές αυτές έχουν ασθενέστερες ικανότητες επεξεργασίας και αποθήκευσης, οπότε περιορίζονται οι εφαρμογές ασφάλειας για την προστασία τους. Είναι επίσης ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε ότι οι ίδιοι οι εργαζόμενοι που χρησιμοποιούν wearables συσκευές (όπως ακουστικά wi-fi ή «έξυπνα» ρολόγια) μπορεί να γίνουν ακούσιοι ξενιστές για τους εγκληματίες του κυβερνοχώρου. Οι τεχνολογίες wearables συσκευών παρουσιάζουν ορισμένους κινδύνους για την κυβερνοασφάλεια, όπως στην περίπτωση συσκευών



συνδεδεμένων με έναν εταιρικό φορητό υπολογιστή που μπορούν να εισαγάγουν ιούς στο σύστημα της εταιρείας, καθώς και κινδύνους για την ιδιωτικότητα που προκαλούνται από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση.

Όταν εξετάζεται ο αντίκτυπος των κυβερνοεπιθέσεων, δίνεται έμφαση κυρίως στις οικονομικές πτυχές και σπάνια στην Υγεία και Ασφάλεια των εργαζομένων. Ωστόσο, οι κυβερνοεπιθέσεις μπορούν δυνητικά να καταλήξουν σε τραυματισμούς, ψυχολογικά προβλήματα ή και απώλεια ζωής. Είναι συνεπώς σαφές ότι η αξιολόγηση των κινδύνων για την κυβερνοασφάλεια και η αξιολόγηση των κινδύνων για την ΕΑΥ στους χώρους εργασίας δεν μπορούν να θεωρούνται χωριστές δραστηριότητες, αλλά πρέπει να διενεργούνται μαζί.

Συμπερασματικά, η διαχείριση της κυβερνοασφάλειας απαιτεί υιοθέτηση ενός διεπιστημονικού οράματος, που ενσωματώνει τις τεχνικές και κοινωνικές ικανότητες για την αντιμετώπιση των διαφόρων επιπτώσεων των κυβερνοαπειλών (Corradini, 2022).

5.9. Φύση των δεδομένων και τα είδη των κινδύνων

Οι περισσότερες υπηρεσίες Επιθεώρησης Εργασίας επιλέγουν να επιθεωρούν επιχειρήσεις με βάση την κατηγορία επικινδυνότητας των επιχειρήσεων. Αν και η προσέγγιση βάσει κινδύνου αποτελεί βασική αρχή για τις περισσότερες σύγχρονες υπηρεσίες Επιθεώρησης Εργασίας, η εφαρμογή της στην πράξη ενέχει σημαντικές προκλήσεις.

Ο κύριος λόγος γι' αυτό είναι ότι δεν υπάρχουν επαρκώς λεπτομερείς μέθοδοι ανάλυσης κινδύνου. Οι περισσότερες υπηρεσίες Επιθεώρησης Εργασίας συλλέγουν και αποθηκεύουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων που σχετίζονται με τα αντικείμενα επιθεώρησης. Έτσι, οι Επιθεωρήσεις Εργασίας διαθέτουν δυνητικά μεγάλους και ταχέως αυξανόμενους όγκους δεδομένων, οι οποίοι περιγράφονται σήμερα με τον όρο «μαζικά δεδομένα». Τα μαζικά δεδομένα, σε συνδυασμό με την τεχνολογία της μηχανικής μάθησης, χρησιμοποιούνται με αυξανόμενο ρυθμό για διαφορετικούς προγνωστικούς σκοπούς, μέσω της άντλησης διδαγμάτων από κρυφές τάσεις στα δεδομένα. Τα εργαλεία μηχανικής μάθησης είναι μονοδιάστατης στόχευσης, δηλαδή στόχευσης με βάση έναν συγκεκριμένο ορισμό και τη λειτουργικότητα του κινδύνου.

Ωστόσο, οι κίνδυνοι στον κόσμο της εργασίας δεν είναι μόνο ενός συγκεκριμένου είδους. Οι Επιθεωρήσεις Εργασίας για την Ασφάλεια και την Υγεία των εργαζομένων ασχολούνται με πολλαπλά είδη κινδύνων, π.χ. ατυχήματα, έκθεση σε χημικά, έκθεση σε βιολογικούς παράγοντες, ψυχοκοινωνικοί κίνδυνοι, μυοσκελετικοί κίνδυνοι και βία και παρενόχληση



στην εργασία. Η ανάπτυξη μοντέλων κινδύνου που καταφέρνουν να αποτυπώσουν αυτή την ποικιλία είναι πολύ δύσκολη, διότι τα διάφορα είδη κινδύνων δεν συσχετίζονται κατ' ανάγκη μεταξύ τους.

Μια δεύτερη, αλλά σχετική, πρόκληση καθιστά ακόμη πιο περίπλοκο το έργο της στόχευσης βάσει κινδύνου. Είναι ο γνωστός ως σκόπελος της πολιτικής. Παρόλο που οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης είναι δυναμικοί, υπό την έννοια ότι μπορούν να διδάσκονται από τις επιτυχίες και τα σφάλματα και να προσαρμόζονται ανάλογα, δεν μπορούν ωστόσο να λαμβάνουν υπόψη διαφορετικές πολιτικές απόψεις. Κατ' αρχήν, το πολιτικό πλαίσιο είναι ευμετάβλητο. Ως εκ τούτου, η προτεραιότητα που δίνεται σήμερα σε ορισμένους τύπους κινδύνου, μπορεί αύριο να μην ισχύει πλέον. Ακόμη, το πολιτικό πλαίσιο είναι πολυσχιδές. Υπό την έννοια αυτή, διάφοροι ενδιαφερόμενοι φορείς, π.χ. πολιτικοί, εργοδότες, εργαζόμενοι, τα μέσα ενημέρωσης και το κοινό, εκφράζουν διαφορετικές απόψεις σχετικά με τα είδη κινδύνων που χρήζουν αντιμετώπισης κατά προτεραιότητα. Αυτό δείχνει ότι ο κίνδυνος στον κόσμο της εργασίας δεν είναι κατ' ανάγκη αντικειμενική οντότητα αλλά κοινωνικό κατασκεύασμα.

Μια τρίτη πρόκληση, άξια προσοχής, σχετίζεται με το γεγονός ότι, παρόλο που οι υπηρεσίες Επιθεώρησης Εργασίας διαθέτουν τεράστιο όγκο δεδομένων σχετικά με τα αντικείμενα των επιθεωρήσεών τους, τα δεδομένα αυτά είναι συνήθως σε επίπεδο επιχείρησης και δεν θεωρούνται ότι είναι τα καταλληλότερα για να ληφθούν υπόψη. Σε μια βάση δεδομένων, μια μοναδική επιχείρηση ταυτοποιείται συνήθως με ένα μοναδικό αναγνωριστικό κωδικό, όπως ο αριθμός μητρώου ενός οργανισμού. Η ικανότητα ενός αλγορίθμου μηχανικής μάθησης να αποδίδει μια δεδομένη προβλεπόμενη τιμή κινδύνου σε μια δεδομένη επιχείρηση εξαρτάται από μοναδικούς αναγνωριστικούς κωδικούς. Ωστόσο, όλα τα πιθανά αντικείμενα επιθεώρησης δεν αναγνωρίζονται αυτόματα από ένα μοναδικό αναγνωριστικό. Για παράδειγμα, στο πλαίσιο των τεχνικών έργων, δεν είναι απαραίτητως μια επιχείρηση σκυροδέματος που προορίζεται για επιθεώρηση, αλλά ένα προσωρινό εργοτάξιο. Υπάρχουν τουλάχιστον δύο προκλήσεις που σχετίζονται με αυτόν τον προσωρινό χαρακτήρα. Πρώτον, τα εργοτάξια και άλλοι προσωρινοί χώροι εργασίας ενδέχεται να μην είναι αναγνωρίσιμοι με μοναδικούς αναγνωριστικούς κωδικούς. Δεύτερον, ακόμη και αν ήταν αναγνωρίσιμοι, ο προσωρινός χαρακτήρας σημαίνει ότι ένας αλγόριθμος μηχανικής μάθησης δεν θα έχει πιθανόν την ευκαιρία να μάθει από τις προγνωστικές επιτυχίες και τα λάθη του, προτού το εργοτάξιο και οι επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν τον χώρο σταματήσουν τη λειτουργία τους και μετακινηθούν σε ένα νέο εργοτάξιο με νέους



σχηματισμούς (Dahl & Starren, 2019).



6. Συζήτηση

Οι νέες τεχνολογίες που προκύπτουν από τον ψηφιακό μετασχηματισμό αποδεικνύονται πολλά υποσχόμενες στα τεχνικά έργα και έχουν θετικές επιπτώσεις στη βελτιστοποίηση των χρόνων και του κόστους (δύο πολύ σημαντικές πτυχές για την οικονομική διαχείριση), με αυξημένη απόδοση παραγωγής και καλύτερη σύνδεση μεταξύ παραγωγής και EAY (Tender et al., 2022).

Οι ψηφιακές τεχνολογίες συμβάλλουν στη βελτίωση του σχεδιασμού διαχείρισης EAY, της ανίχνευσης και προειδοποίησης κινδύνου σε πραγματικό χρόνο, καθώς και της διαχείρισης της συσσωρευμένης γνώσης για την EAY.

Οι βάσεις δεδομένων, η ρομποτική και ο αυτοματισμός έχουν μεγάλη δυναμική και μπορούν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα της διαχείρισης της Υγείας και Ασφάλειας στα τεχνικά έργα, π.χ. μη επανδρωμένα αεροσκάφη επιθεωρούν εργοτάξια, εκσκαφείς εφοδιάζονται με εργαλεία αυτοματοποίησης οχημάτων βασισμένα στην τεχνητή νοημοσύνη με σκοπό την αυτοματοποίηση διάνοιξης τάφρων. Επιπλέον οι πολιτικές για την EAY σε συνδυασμό με την εφαρμογή ψηφιακών εργαλείων ξεκίνησαν να βοηθούν τους διαχειριστές, τους επόπτες και τους συντονιστές των εγκαταστάσεων στην αποτελεσματικότερη διαχείριση της EAY, όπως για παράδειγμα με τη βοήθεια της AI μέσω της εφαρμογής ChatGPT, με το διαδικτυακό εργαλείο OiRA | Online Interactive Risk Assessment) και την ψηφιακή εφαρμογή για μέτρηση του δείκτη ΘΥΒΜΑΣ.

Είναι αδιαμφισβήτητο πως τα νέα εργαλεία μπορούν να βοηθήσουν εξαιρετικά στη διαχείριση της EAY στα τεχνικά έργα, όπως στην πρόληψη ατυχημάτων, στην ελαχιστοποίηση των συνεπειών ενός ατυχήματος, στις διαδικασίες έκτακτης ανάγκης (άμεση ενημέρωση αρμοδίων). Σε πραγματικό χρόνο μπορούν να εντοπίσουν και να αξιολογήσουν τους κινδύνους εύκολα και γρήγορα, όπως π.χ. μετρήσεις έκθεσης σε επικίνδυνους παράγοντες, και να αποσταλούν προειδοποιητικά σήματα στους εργαζόμενους ή/και στα αρμόδια πρόσωπα. Με τα νέα εργαλεία επιτυγχάνεται επίσης η ψηφιακή απεικόνιση του εργοταξίου (BIM), από τη φάση του σχεδιασμού με τα προτεινόμενα μέτρα ασφάλειας για κάθε φάση του έργου (ΣΑΥ - ΦΑΥ), η ενεργοποίηση κουμπιών έκτακτης ανάγκης, οι έλεγχοι και εργασίες συντήρησης με ασφάλεια ή εξ αποστάσεως, η υποστήριξη σε επικίνδυνες εργασίες, συμπεριλαμβανομένων των επιχειρήσεων διάσωσης, η βελτίωση της εκπαίδευσης, των επιθεωρήσεων για την EAY, και η διερεύνηση των εργατικών ατυχημάτων.

Σημειώνεται πως οι Andriescu et al. (2023) διαπίστωσαν πως υπάρχει διαφορά μεταξύ



του αριθμού των μελετών που διεξήχθησαν για τις τεχνολογίες (τα στοιχεία τους, τους σκοπούς χρήσης τους, κλπ.) και του αριθμού της πρακτικής εφαρμογής τους. Αναφέρουν επίσης πως υπάρχουν λίγες μελέτες που αναλύουν την πρακτική εφαρμογή τους και παρέχουν αξιόπιστες αποδείξεις για την αποτελεσματικότητά τους στην ΕΑΥ, βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα. Επιπλέον, τα ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα σπάνια κάνουν διάκριση μεταξύ της παρακολούθησης της ΕΑΥ, του αυτοματισμού και της παρακολούθησης της απόδοσης στο πλαίσιο της επιτήρησης στο χώρο εργασίας και των εργαζομένων.

Παρά τα θετικά, εξακολουθούν να υπάρχουν ορισμένοι κίνδυνοι και προκλήσεις, όπως το κόστος επένδυσης (5.1.) (Okpala et al., 2020; Yilmaz et al., 2023; Tender et al., 2022; Madanayake & Egbu, 2017; Haupt et al., 2019; Xu et al., 2021; Brozovsky et al., 2024; Umeokafor & Teizer, 2023; Maali et al., 2024. Οι Madanayake & Egbu, 2017). Οι παραπάνω ερευνητές υποστηρίζουν πως η εκπόνηση μελέτης για την εκτίμηση - σύγκριση κόστους του έργου από τη χρήση ή μη ψηφιακών εργαλείων, για τη διαχείριση της ΕΑΥ στα τεχνικά έργα, θα αναδείξει πως τα νέα εργαλεία είναι ικανά να βοηθήσουν αποτελεσματικά τις επιχειρήσεις, χωρίς να αυξάνουν το κόστος κατασκευής του έργου.

Οι Khan et al. (2022) υποστηρίζουν πως τα έξυπνα ΜΑΠ, wearables συσκευές ρολόγια και γυαλιά είναι προτιμότερα από τις κάμερες, και οι Umeokafor & Teizer (2023) αναφέρουν πως όταν χρησιμοποιούνται wearables συσκευές η επένδυση και η συντήρηση της τεχνολογίας μπορεί να είναι χαμηλότερη σε σύγκριση με αυτές που βασίζονται στις κάμερες.

Άλλες σημαντικές προκλήσεις είναι η ιδιαιτερότητα του κλάδου (5.3.), η ψηφιακή ανωριμότητα (5.4.), η περίπλοκη και μη ενημερωμένη νομοθεσία με την έλλειψη κατάλληλων προτύπων (5.2.), που σχετίζονται με την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και συστημάτων διαχείρισης ΕΑΥ (Okpala et al., 2020 ; Tender et al., 2022 ; Xu et al., 2021 ; Brozovsky et al., 2024 ; Madanayake & Egbu, 2017). Η θέσπιση προτύπων που δεν υστερούν από τον γρήγορο ρυθμό των τεχνολογικών εξελίξεων θα παράσχει το κατάλληλο νομικό περιβάλλον για τους σχεδιαστές, ώστε να συνεχίσουν να καινοτομούν, και για τους εργοδότες να μπορούν χρησιμοποιούν τα νέα εργαλεία διαχείρισης για να βελτιώσουν την ΕΑΥ (Toro et al., 2023).

Η εφαρμογή των ψηφιακών εργαλείων στα τεχνικά έργα απαιτεί μια κουλτούρα συνεργασίας, οι άνθρωποι πρέπει να έχουν επαρκείς δεξιότητες (5.6.) και να είναι εκπαιδευμένοι στη σημασία και τη χρησιμότητα της τεχνολογίας και ότι οι επιβλέποντες



ΕΑΥ να έχουν κατάλληλες δεξιότητες που σχετίζονται με αυτές τις τεχνολογίες (Okpala et al., 2020 ; Haupt et al., 2019 ; Xu et al., 2021 ; Brozovsky et al., 2024; Umeokafor & Teizer, 2023; Madanayake & Egbu, 2017; Dobrucali et al., 2023).

Επιπλέον, ένα σημαντικό στοιχείο που εξήχθη είναι ότι τα νέα εργαλεία ενδέχεται να μειώνουν το βαθμό σαφήνειας της ευθύνης του εργοδότη (5.7.), γιατί ακόμη και όταν υιοθετούνται διορθωτικά μέτρα ενδέχεται να επικεντρώνονται σε μέτρα ατομικού χαρακτήρα (ΜΑΠ) και όχι σε συλλογικά μέτρα. Επομένως σημαντικό είναι για την επιτυχημένη ενσωμάτωση των νέων εργαλείων να προϋπάρχει μια κουλτούρα Ασφάλειας και Υγείας, ισχυρό πλαίσιο ΕΑΥ όπου οι επαγγελματίες της ΕΑΥ είναι παρόντες επί τόπου μαζί με τους εργαζομένους, όπως επίσης και να υπάρχει από την ηγεσία σαφής καθοδήγηση στους εργαζόμενους στηριζόμενη στην ιεράρχηση (σχήμα 18) των βασικών αρχών πρόληψης του κινδύνου. (Nicosia et al., 2023).

Τα δεδομένα που συλλέγουν και αναλύουν τα νέα εργαλεία διαχείρισης της ΕΑΥ μπορεί να έχουν περιορισμούς (να μην είναι ακριβή) και να μειώσουν την ικανότητα πρόληψης ή ελαχιστοποίησης των συνεπειών της βλάβης (5.5.) (Okpala et al., 2020; Umeokafor & Teizer, 2023; Madanayake & Egbu, 2017). Πολύ σημαντική σε αυτό το σημείο είναι η διεξαγωγή περαιτέρω μελετών για την αποτελεσματικότητα και την αξιοπιστία των εργαλείων.

Ακόμη η συλλογή δεδομένων (5.7.) εγείρει ανησυχίες (απόρρητο δεδομένων, ιδιοκτησία και ασφάλεια, ψηφιακή επιτήρηση, κ.λπ.). Συνεπώς απαιτούνται παρεμβάσεις στο πλαίσιο της επεξεργασίας του μεγάλου όγκου ευαίσθητων δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα που ενδέχεται να προκύψουν.

Όσον αφορά την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο (5.8.), οι επαγγελματίες της ΕΑΥ πρέπει να είναι σε θέση να κατανοήσουν τα τρωτά σημεία στις ψηφιακές εφαρμογές και τους κινδύνους που ενέχουν. Εδώ μπορούν να βοηθήσουν τα πρότυπα, οι συμβουλές βέλτιστων πρακτικών και τα πρωτόκολλα (Tender et al., 2022).

Οι Επιθεωρήσεις Εργασίας για την Ασφάλεια και την Υγεία των εργαζομένων (5.9.) διαθέτουν τεράστιο όγκο δεδομένων, τα δεδομένα αυτά είναι συνήθως σε επίπεδο επιχείρησης και δεν θεωρούνται ότι είναι κατάλληλα, διότι τα εργοτάξια ενδέχεται να μην είναι αναγνωρίσιμα με μοναδικούς αναγνωριστικούς κωδικούς. και ακόμη και αν είναι αναγνωρίσιμα ο προσωρινός χαρακτήρας σημαίνει ότι ένας αλγόριθμος μηχανικής μάθησης δεν θα έχει πιθανόν την ευκαιρία να μάθει από τις προγνωστικές επιτυχίες και τα λάθη του, προτού το εργοτάξιο και οι επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν τον χώρο σταματήσουν τη



λειτουργία τους και μετακινηθούν σε ένα νέο εργοτάξιο με νέους σχηματισμούς. Επιπλέον, οι Επιθεωρήσεις Εργασίας ασχολούνται με πολλαπλά είδη κινδύνων και η ανάπτυξη μοντέλων κινδύνου, που καταφέρνουν να αποτυπώσουν αυτή την ποικιλία, είναι πολύ δύσκολη, διότι τα διάφορα είδη κινδύνων δεν συσχετίζονται κατ' ανάγκη μεταξύ τους (Dahl & Starren, 2019).

Οι Tender et al. (2022) υποστηρίζουν πως υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για την εφαρμογή των ψηφιακών τεχνολογιών σε πραγματικές περιπτώσεις σχεδιασμού, κατασκευής και διαχείρισης τεχνικών έργων τα τελευταία χρόνια, και ήδη μεγάλοι οργανισμοί επενδύουν για να εφαρμόσουν τις ψηφιακές τεχνολογίες για σκοπούς ΕΑΥ σε πραγματικά σενάρια, παρόλο που ορισμένες τεχνολογίες όπως το VR και το AR εξακολουθούν να είναι ακόμα σχετικά ανώριμες. Ωστόσο, οι συγκεκριμένοι ερευνητές υποστηρίζουν πως οι ΜΜΕ αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες στην προμήθεια και την εφαρμογή των ψηφιακών τεχνολογιών για διάφορους λόγους, με κυριότερους το κόστος, το χρόνο και τη μη διαθεσιμότητα εκπαιδευμένου προσωπικού.

Η ικανότητά της ψηφιακής τεχνολογίας να βελτιώνει τις δραστηριότητες του κλάδου και τα σχετικά επίπεδα παραγωγικότητας δεν αμφισβητείται. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητά της στην αντιμετώπιση των αναγκών και των προκλήσεων της επιβολής των κανονισμών ΕΑΥ και του ελέγχου συμμόρφωσης είναι ακόμη πολύ μακριά (Umeokafor & Teizer, 2023). Μελετητές υποστηρίζουν πως για την ταχύτερη ενσωμάτωσή τους στη διαχείριση της ΕΑΥ πρέπει να παραχθούν στοιχεία, να γίνουν περισσότερες μελέτες που να υποστηρίζουν την αποτελεσματικότητα των ψηφιακών τεχνολογιών στη διαχείριση ΕΑΥ (Umeokafor & Teizer, 2023; Madanayake & Egbu, 2017).

Επιπλέον, υπάρχει περιορισμένη κατανόηση της ζήτησης της αγοράς. Γι' αυτό ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ψηφιακών εφαρμογών θα πρέπει να γίνει με την κατανόηση των αναγκών του τελικού χρήστη, δηλ. της αγοράς, για να μην οδηγηθούμε σε έλλειψη αποδοχής (Umeokafor & Teizer, 2023).

Οι Xu et al. (2021) υποστηρίζουν πως οι περισσότερες ψηφιακές τεχνολογίες στα τεχνικά έργα αναπτύσσονται για την παραγωγικότητα (μείωση κόστους και χρόνου), και η ΕΑΥ αντιμετωπίζεται ως προστιθέμενη αξία αυτής της ανάπτυξης, όπως είναι η εφαρμογή του BIM ή η αυτοματοποίηση εργασιών. Οι εργολάβοι συγκρατούν τις επενδύσεις τους, πιθανόν για να εμφανιστούν πιο ανταγωνιστικοί στο στάδιο της προσφοράς.

Σε ανώτερα και μεσαία διοικητικά επίπεδα, η γνώση της ψηφιοποίησης που σχετίζεται με την ΕΑΥ είναι γενικά χαμηλή και η ικανότητα χρήσης και κατανόησης της ψηφιακής



τεχνολογίας είναι προβληματική σε όλα τα επίπεδα.

Επιπλέον, ο κατακερματισμένος χαρακτήρας του κλάδου και η έλλειψη ολοκληρωμένων συστημάτων διασύνδεσης μεταξύ των εμπλεκόμενων επιχειρήσεων εμποδίζουν την καινοτομία σε ολόκληρο τον κλάδο και την ικανότητα να επηρεάσουν το θεσμικό πλαίσιο, συμπεριλαμβανομένης της πολιτικής ηγεσίας.

Επομένως, τόσο από το θεσμικό περιβάλλον όσο και από την ηγεσία του κλάδου δεν αντιμετωπίζεται τόσο στοχευμένα, όσο θα έπρεπε, η εισαγωγή των νέων εργαλείων για την ΕΑΥ στα τεχνικά έργα.

Με την πάροδο των ετών, αρκετοί παράγοντες, όπως κοινωνικοί, νομικοί, οικονομικοί και συμπεριφορικοί, ενδέχεται να αλλάξουν, με αποτέλεσμα να επηρεάσουν την εφαρμογή των ψηφιακών τεχνολογιών στην περιοχή ΕΑΥ. Είναι δύσκολο να γίνουν προβλέψεις σχετικά με το ποιες εφαρμογές θα έχουν υψηλότερο επίπεδο ανάπτυξης ή υψηλότερο αντίκτυπο τα επόμενα χρόνια (Tender et al., 2022).



7. Συμπεράσματα - Εισηγήσεις

Από την παρούσα ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προκύπτει ότι οι ψηφιακές τεχνολογίες για τη διαχείριση της ΕΑΥ στα τεχνικά έργα είναι ένας αναπτυσσόμενος τομέας για την έρευνα και προσφέρει μια σημαντική ευκαιρία για βελτίωση και δυνητικό μετασχηματισμό στα τεχνικά έργα.

Με τη ρομποτική, καθώς και με την εγκατάσταση στους εξοπλισμούς εργασίας ανιχνευτών και αυτοματοποιημένων συστημάτων προειδοποίησης των εργαζομένων στην αναγνώριση μη ασφαλών δραστηριοτήτων ή συνθηκών, π.χ. παρουσία εργαζόμενου σε επικίνδυνη περιοχή, οι εργασίες μπορούν να αυτοματοποιηθούν ή/και να εκτελούνται με μεγαλύτερη ασφάλεια για τους εργαζόμενους.

Τεχνολογίες εγκατεστημένες σε μηχανήματα ή εργαλεία που μπορούν να έχουν θετική επίδραση στην ΕΑΥ, όπως συστήματα αποφυγής σύγκρουσης, τεχνολογία μείωσης κραδασμών και αισθητήρες ασφαλείας, θα πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη σε μελλοντικές μελέτες και εφαρμογές.

Επιπλέον, υπάρχει ανάγκη για προώθηση του έξυπνου ατομικού προστατευτικού εξοπλισμού. Πολύ σημαντικό για την προώθησή του είναι η ανάπτυξη στρατηγικών (νομοθεσία - τυποποίηση) για την ομαλή και διαφανή ενσωμάτωση της τεχνολογίας στις διαδικασίες, ώστε οι σχεδιαστές να συνεχίσουν να καινοτομούν και οι εργοδότες να μπορούν χρησιμοποιούν νέα εργαλεία διαχείρισης για να βελτιώσουν την ΕΑΥ.

Η απόκτηση γνώσης σε πραγματικό χρόνο που προσφέρουν αυτά τα νέα συστήματα εντοπίστηκε ως στοιχείο που λείπει στα περισσότερα τεχνικά έργα. Μία από τις αιτίες είναι η έλλειψη έρευνας, πληροφοριών σχετικά με την αποτελεσματικότητα των συστημάτων, καθώς επίσης και η περιορισμένη κατανόηση της ζήτησης της αγοράς. Επομένως η υιοθέτησή τους αποθαρρύνεται. Πρέπει να διεξαχθεί περαιτέρω έρευνα για την κατανόηση των παραγόντων που εμποδίζουν την υιοθέτηση και την εφαρμογή ψηφιακών λύσεων στα τεχνικά έργα και ιδιαίτερα στις ΜΜΕ.

Επιπλέον, είναι σημαντικό να δημιουργηθούν οι κατάλληλοι μηχανισμοί τόσο για την κάλυψη των κενών στην εκπόνηση πιο ποιοτικών, εύχρηστων και πραγματικά αποτελεσματικών ΣΑΥ και ΦΑΥ, με τη βοήθεια της τεχνολογίας, όσο και για την εκπαίδευση - κατάρτιση των ατόμων που θα ασχοληθούν με το θέμα αυτό (και όχι μόνο με αυτό), διότι η αναβάθμιση δεξιοτήτων μέσω της εκπαίδευσης και οι ανάγκες κατάρτισης βρίσκονται στην κορυφή μεταξύ των προκλήσεων για την εφαρμογή των ψηφιακών συστημάτων στα τεχνικά έργα.



Ενώ οι νέες τεχνολογίες που προκύπτουν από τον ψηφιακό μετασχηματισμό στα τεχνικά έργα δεν φαίνεται ακόμα να είναι ευρέως διαδεδομένες, η απορρόφησή τους αναμένεται να αυξηθεί και η άρση των εμποδίων που περιόρισαν την μέχρι στιγμής διείσδυσή τους στην αγορά είναι πολύ πιθανό να κάνει τη χρήση τους συχνότερη. Είναι επομένως πολύ σημαντικό για την εφαρμογή τους να διασφαλισθεί ότι ο σχεδιασμός και η εφαρμογή αυτών των νέων συστημάτων στηρίζεται σε ένα σύστημα διαχείρισης (στρατηγικές, εργαλεία, αποφάσεις) προσανατολισμένο στην αξιοπρέπεια και στον σεβασμό στον άνθρωπο.

Από την παρούσα ανασκόπηση της βιβλιογραφίας συμπεραίνεται ότι οι ψηφιακές τεχνολογίες δεν έχουν επιτύχει ακόμα ικανοποιητικό επίπεδο αποδοχής και διάχυσης στον κλάδο των τεχνικών έργων. Για την αποτελεσματική υιοθέτησή τους θα πρέπει, με κατάλληλες στρατηγικές και αποφάσεις, να προωθηθεί η ενθάρρυνση καινοτόμων μέσων για την ενσωμάτωση της τεχνολογίας στη διαδικασία, στα εργαλεία και στην κουλτούρα του κλάδου που να λαμβάνουν υπόψη την εξωτερική και εσωτερική αντίσταση, ώστε να δημιουργηθεί ένα κατάλληλο συνεργατικό περιβάλλον που θα φέρει αποτελεσματική διαχείριση της ΕΑΥ.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Υπουργείο Εργασίας. (1997). *Εγκύκλιος εφαρμογής του π.δ. 305/96 «Ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας που πρέπει να εφαρμόζονται στα προσωρινά ή κινητά εργοτάξια σε συμμόρφωση προς την οδηγία 92/57/ΕΟΚ»* - Ελλάδα. ΕΓΚΥΚΛΙΟΣ 130159/07-05-1997. Retrieved Φεβρουάριος, 2024, from <https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/EGGYKLIOS%20130159-97.1245671091281.pdf>
- Ψηφιακή εποχή της εργασίας και επαγγελματική ασφάλεια & υγεία (EAY). (2020). <https://osha.europa.eu/el>. Retrieved February 25, 2024, from https://osha.europa.eu/sites/default/files/Digitalisation_and_OSH_EL.pdf
- ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε. (2022). *Συμπεράσματα Συνεδρίου 2022*. <https://www.elinyae.gr/>. Retrieved March 18, 2024, from <https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2022-11/%CE%A3%CF%85%CE%BC%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%AC%CF%83%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1.pdf>
- Μέτρα για την προστασία από τη θερμική καταπόνηση των εργαζομένων υπό συνθήκες καύσωνα. (2023, July 10). <https://ypergasias.gov.gr/>. Retrieved March 17, 2024, from <https://ypergasias.gov.gr/metra-gia-tin-prostasia-apo-ti-thermiki-kataponisi-ton-ergazomenon-ypo-synthikes-kafsona/>
- ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ- ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ ΑΡΧΗ. (2023, ΜΑΡΤΙΟΣ). *Έκθεση απολογισμού 2022*. Επιθεώρηση Εργασίας. Retrieved February 25, 2024, from https://www.hli.gov.gr/wp-content/uploads/2023/11/%CE%95%CF%80%CE%B9%CE%B8%CE%B5%CF%8E%CF%81%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%CF%82_%CE%91%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-2022.pdf
- ΤΜΕΔΕ. (2024, Μάρτιος). *Τάσεις, προκλήσεις και προοπτικές των Κατασκευών στην Ελλάδα*. Retrieved Μάρτιος, 2024, from <https://tmede.gr/wp-content/uploads/2024/03/%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3-%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%9A%CE%9B%CE%97%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3-%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%9F%CE%A0%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%95%CE%A3-%CE%A4%CE%A9%CE%9D-%CE%9A%CE%91%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%>
- ΓΚΡΕΚΑΣ, Γ. (2023, 09 24). *Η χρήση του Building Information Modeling (BIM) στην κατασκευή έργων υποδομής* [MSc thesis]. Retrieved Φεβρουάριος, 2024, from <https://apothesis.eap.gr/archive/item/195478>
- Anagnostaki, L. (2023). *BIM & Cost Benefit Analysis: Εργαλεία και δράσεις της EU BIM Task Group*. TEE/TKM. Retrieved March 6, 2024, from <https://tkm.tee.gr/wp-content/uploads/2023/01/19012023-%CE%91%CE%BD%CE%B1%CE%B3%CE%BD%CF%89%CF%83%CF%84%CE%AC%CE%BA%CE%B7.pdf>
- Andriescu, M., Battaglini, M., Spyridopoulos, K., Kilic, L., Olausson, N., Broughton, A., & Toro (Ecorys), D. (2023, January 3). *Smart digital monitoring systems for occupational safety and health: uses and challenges* | *Safety and health at work EU-OSHA*. EU-OSHA. Retrieved March 11, 2024, from <https://osha.europa.eu/en/publications/smart-digital-monitoring-systems-occupational-safety-and-health-uses-and-challenges>



- Bor, O., & Silva, J. (2023). *UNMANNED AERIAL VEHICLES: IMPLICATIONS FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH*. EU-OSHA. Retrieved March 9, 2024, from https://osha.europa.eu/sites/default/files/Unnamed-aerial-vehicles-and-OSH_en.pdf
- Brozovsky, J., Labonnote, N., & Vigren, O. (2024). *Digital technologies in architecture, engineering, and construction*. Retrieved Φεβρουάριος, 2024, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580523004727>
- Chung, W. W. S., Tariq, S., Mohandes, S. R., & Zayed, T. (2020, November 17). *IoT-based application for construction site safety monitoring*. International Journal of Construction Management. Retrieved March 8, 2024, from <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1847405>
- Corradini, I. (2022, 06 9). *Ενσωμάτωση της επαγγελματικής ασφάλειας και υγείας στην αξιολόγηση των κινδύνων για την κυβερνοασφάλεια*. <https://osha.europa.eu/el>. Retrieved March 16, 2024, from <https://osha.europa.eu/el/publications/incorporating-occupational-safety-and-health-assessment-cybersecurity-risks>
- Dahl, Ø., & Starren, A. (2019, 05 15). *The future role of big data and machine learning in health and safety inspection efficiency*. <https://osha.europa.eu/en>. Retrieved March 16, 2024, from <https://osha.europa.eu/en/publications/future-role-big-data-and-machine-learning-health-and-safety-inspection-efficiency>
- Dobrucali, E., Sadikoglu, E., Demirkesen, S., Zhang, C., Tezel, A., & Kiral, I. A. (2023). *A bibliometric analysis of digital technologies use in construction health and safety*. Retrieved Φεβρουάριος, 2024, from <https://www.emerald.com/insight/0969-9988.htm>
- Dokas, I. M. (2024, March). *Safety and Artificial Intelligence: Opportunities and Challenges*. EΛINYAE. Retrieved April 6, 2024, from https://elinyae.gr/sites/default/files/1st-Balkan-Congress/S1_P1.pdf
- 8D BIM: what is it and what are its benefits?* (2021, November 26). BibLus. Retrieved March 2, 2024, from <https://biblus.accasoftware.com/en/8d-bim-what-is-it-and-what-are-its-benefits/>
- Foresight on new and emerging occupational safety and health risks associated with digitalisation by 2025 | Safety and health at work EU-OSHA*. (2018, November 29). EU-OSHA. Retrieved February 20, 2024, from <https://osha.europa.eu/en/publications/summary-foresight-new-and-emerging-occupational-safety-and-health-risks-associated-digitalisation-2025>
- Getuli, V. G., Ventura, S. M., Capone, P., & Ciribini, A. L.C. (2017). *BIM-based Code Checking for Construction Health and Safety*. <https://www.sciencedirect.com/>. Retrieved March 15, 2024, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817330977>
- Gheisari, M., & Esmaeili, B. (2016, May). *Unmanned Aerial Systems (UAS) for Construction Safety Applications*. www.researchgate.net. Retrieved March 15, 2024, from <https://doi.org/10.1061/9780784479827.263>
- Haupt, T. C., Akinlolu, M., & Raliile, M. T. (2019). *Emerging technologies in construction safety and health management*. In *International Conference on Innovation, Technology, Enterprise, and Entrepreneurship (ICITEE)* (pp. 413-420). Retrieved Φεβρουάριος, 2024, from https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64354543/Final_published_paper-



- libre.pdf?1599241920=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEmerging_Technologies_in_Construction_Sa.pdf&Expires=1708878410&Signature=ceZLl9lohRUx0qO~rrPZeRVAH48vcGdq-pXJ5OWPi
- Heinold, E., Rosen, P. H., & Wischniewski, S. (2023, May 12). *Μη επανδρωμένα αεροσκάφη επιθεωρούν εργοτάξια φορέα εκμετάλλευσης υποδομών φυσικού αερίου (ID16)*. osha.europa.eu. Retrieved March 9, 2024, from <https://osha.europa.eu/en/publications/drones-inspecting-worksites-gas-infrastructure-operator-id16>
- Heinold, E., Rosen, P. H., & Wischniewski, S. (2023, May 12). *Εκσκαφείς εφοδιάζονται με συστήματα αυτοματοποίησης οχημάτων βασισμένα στην τεχνητή νοημοσύνη με σκοπό την αυτοματοποίηση της διάνοιξης τάφρων (ID6)*. osha.europa.eu/el. Retrieved March 9, 2024, from <https://osha.europa.eu/el/publications/artificial-intelligence-based-vehicular-automation-fitted-excavators-automate-trenching-id6>
- Khan, M., Khalid, R., Anjum, S., Khan, N., & Cho, S. C. (2022). *Tag and IoT based safety hook monitoring for prevention of falls from height*. www.elsevier.com. Retrieved March 15, 2024, from <http://www.elsevier.com/locate/autcon>
- Maali, O., Ko, C. H., & Nguyen, P. H.D. (2024, Φεβρουάριος). *Applications of existing and emerging construction safety technologies*. Retrieved 2024, from www.elsevier.com/locate/autcon
- Madanayake, U. H., & Egbu, C. (2017). *A Systematic Review for the Challenges Related to the Implementation of Building Information Modelling, Big Data Analytics and Internet of Things (BBI) in the Construction Sector*. <https://scholar.google.com/>. Retrieved March 14, 2024, from <https://openresearch.lsbu.ac.uk/item/885q2>
- Merchán, M. d. C. R. (2020, 09 18). Improving the prevention of fall from height on construction sites through the combination of technologies. <https://doi.org/10.1080/10803548.2020.1815393>
- Nicosia, D., Spyridopoulos, K., & Toro (Ecorys), D. (2023, 6 13). *Smart digital monitoring systems for occupational safety and health: implementation at the workplace*. EU-OSHA. Retrieved February 18, 2024, from <https://osha.europa.eu/en/publications/smart-digital-monitoring-systems-occupational-safety-and-health-implementation-workplace>
- NIOSH exploring how construction workers and robots can safely coexist. (2024, February 7). Safety+Health Magazine. Retrieved March 16, 2024, from <https://www.safetyandhealthmagazine.com/articles/25025-niosh-exploring-how-construction-workers-and-robots-can-safely-coexist>
- Σχετικά με το OiRA | Online interactive Risk Assessment. (n.d.). Online interactive Risk Assessment |. Retrieved March 10, 2024, from <https://oira.osha.europa.eu/el/about-oira>
- Okpala, I., Nnaji, C., & Karakhan, A. A. (2020). *Utilizing Emerging Technologies for Construction Safety Risk Mitigation*. Retrieved Φεβρουάριος, 2024, from [https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/\(ASCE\)SC.1943-5576.0000468?casa_token=LIVKx1q2u2YAAAAA:Z4V6SRNWeM30aYnersCnw0Ehd5CUByyZJvnOkB4t9YLYBhWKe3W0CRXvkUb3f47O6FhlDDugHYe_](https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000468?casa_token=LIVKx1q2u2YAAAAA:Z4V6SRNWeM30aYnersCnw0Ehd5CUByyZJvnOkB4t9YLYBhWKe3W0CRXvkUb3f47O6FhlDDugHYe_)
- Olausson, N., & Broughton (Ecorys), A. (2023, JUNE 1). *Smart digital monitoring systems for occupational safety and health: optimising the uptake*. osha.europa.eu. Retrieved March 9,



- 2024, from <https://osha.europa.eu/en/publications/smart-digital-monitoring-systems-occupational-safety-and-health-optimising-uptake>
- Perera, S., Jin, X., Samaratunga, M., & Gunasekara, K. (2023). *Drivers and barriers to digitalisation: a cross-analysis of the views of designers and builders in the construction industry*. Journal of Information Technology in Construction. Retrieved March 31, 2024, from https://itcon.org/papers/2023_05-ITcon-Perera.pdf
- Tender, M., Couto, J. P., Gibb, A., & Fuller, P. (2022). *Emerging Technologies for Health, Safety and Well-being in Construction Industry*. Retrieved Φεβρουάριος, 2024, from https://doi.org/10.1007/978-3-030-82430-3_16
- Thierbach, M. (2020). *Έξυπνα μέσα ατομικής προστασίας: ευφυής προστασία για το μέλλον*. European Agency for Safety and Health at work. Retrieved March 7, 2024, from <https://osha.europa.eu/el/publications/smart-personal-protective-equipment-intelligent-protection-future>
- Toro, D., Andriescu, M., Battaglini, M., & Spyridopoulos(Ecorys), K. (2023, June 1). *Smart digital monitoring systems for occupational safety and health: opportunities and challenges | Safety and health at work EU-OSHA*. EU-OSHA. Retrieved March 11, 2024, from <https://osha.europa.eu/en/publications/smart-digital-monitoring-systems-occupational-safety-and-health-opportunities-and-challenges>
- Umeokafor, N., & Teizer, J. (2023). *Barriers to digitalisation of construction health, safety, and well-being regulations enforcement and compliance checking*. In *CIB W099 & W123 Annual International Conference: Digital Transformation of Health and Safety in Construction (pp. 441-450)*. scholar.google.com. Retrieved March 9, 2024, from https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/329047959/Barriers_to_digitisation.pdf
- Xu, J., Duryana, M., & Smytha, H. (2021, 9 9). *Digitalisation for Occupational Health and Safety in Construction: A Path to High Reliability Organising?* UCL Discovery. Retrieved March 8, 2024, from https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10134169/3/Xu_W099TG59_2021_paper_22.pdf
- Yilmaz, G., Salter, L., Farlane, D. M., & Schönfuß, B. (2023, January 6). *Low-cost (Shoestring) digital solution areas for enabling digitalisation in construction SMEs*. *Computers in Industry*, 150, 103941. ScienceDirect. Retrieved March 11, 2024, from <http://www.sciencedirect.com/journal/computers-in-industry>