

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



DIPLOMSKA NALOGA

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE OPERATIVNO GRADBENIŠTVO

Ljubljana, 2024

Univerza
v Ljubljani

*Fakulteta za
gradbeništvo in
geodezijo*



Kandidat/-ka:

Diplomska naloga št.:

Graduation thesis No.:

Mentor/-ica:

Predsednik komisije:

Somentor/-ica:

Član komisije:

Ljubljana, _____

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

ZAHVALA

Na tem mestu se zahvaljujem mentorju, prof. dr. Žigu Turku, univ. dipl. inž. grad., ki me je v času snovanja in pisanja diplomske naloge s svojimi nasveti in opombami usmerjal ter mi tako olajšal pot do zaključnega izdelka.

Hvala družini, ki me je v času študija spodbujala in verjela vame. Hvala tudi dekletu Tini, ki me je podpirala in mi stala ob strani.

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 004:69.055(043.2)

Avtor: Matija Žibrik

Mentor: prof. dr. Žiga Turk, univ. dipl. inž. grad.

Naslov: Uporaba IKT pri organizaciji, upravljanju in vodenju gradbišča

Tip dokumenta: diplomska naloga

Obseg in oprema: 31 str., 4 pregl., 14 sl., 23 vir.

Ključne besede: informacijsko-komunikacijske tehnologije, gradbeništvo, pametne nosljive naprave, varnost

Izvleček

V diplomski nalogi je obravnavana problematika varnosti pri delu in načini njene izboljšave na slovenskih in tujih gradbiščih.

Glavno vprašanje, ki ga zastavlja in na katerega odgovarja naloga je, ali in kako lahko s pametnimi informacijsko-komunikacijskimi nosljivimi varnostnimi napravami izboljšamo varnost in skrb za zdravje pri delu na gradbiščih.

Raziskava slovenskih predpisov, standardov in statistike nesreč pri delu na slovenskih in tujih gradbiščih je podlaga za raziskovanje različnih vrst pametne zaščitne nosljive opreme, s pomočjo katere lahko izboljšamo statistiko nesreč pri delu. V nalogi so predstavljena tudi priporočila in navodila njihove uporabe za podjetja, da jih na ustrezen način implementirajo med svoje delavce.

S pomočjo senzorjev, ki opozarjajo na nevarnosti na gradbišču, in senzorjev, ki zaznavajo počutje in zdravstveno stanje delavca, pametne zaščitne čelade, ure, očala in ostala varnostna oprema, opozarjajo na nesreče, jih preprečujejo in izboljšujejo statistiko varnosti pri delu, kar dokazujejo nekatere študije, predstavljene v diplomski nalogi.

Odgovori in ugotovitve, ki so opisani v zaključku naloge, so pomembni za spodbuditev družbe in gradbenih podjetij, da začnejo uvajati pametne nosljive varnostne naprave za namene varnosti svojih delavcev.

Diplomska naloga s pomočjo raziskave in analize spodbuja k nadaljnjemu raziskovanju problematike varnosti pri delu in k razvoju ter implementaciji pametnih varnostnih čelad, jopičev, ur, škornjev, očal in ostale zaščitne opreme. Da bi dokazali njihovo učinkovitost, bi bilo potrebno daljše časovno obdobje za testiranje in analiziranje rezultatov njihove uporabe na gradbiščih.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**UDC: 004:69.055(043.2)****Author: Matija Žibrik****Supervisor: prof. Žiga Turk, Ph.D.****Title: The use of ICT in the organization, management and control of the construction site****Document type: Graduation Thesis****Notes: 31 p., 4 tab., 14 fig., 23 ref.****Keywords: information and communication technologies, construction, smart wearable devices, safety****Abstract**

The thesis discusses the issue of safety at work and methods of its improvement on Slovenian and foreign construction sites.

The main question posed and answered by the thesis is whether and how the use of smart information and communication wearable safety devices can enhance safety and health care at construction sites.

A study of Slovenian regulations, standards, and workplace accident statistics on both domestic and foreign construction sites serves as the foundation for exploring various types of smart wearable protective equipment aimed at improving the workplace accident statistics. The thesis also provides recommendations and guidelines for companies to implement these technologies effectively among their employees.

Utilizing sensors that detect hazards on construction sites, as well as sensors monitoring the well-being and health of workers, smart protective helmets, watches, glasses, and other safety gear alert to accidents, prevent them, and enhance workplace safety statistics. This is substantiated by studies presented in the thesis.

The answers and findings that are described in the conclusion of the thesis are important to encourage society and construction companies to start implementing smart wearable safety devices for the purpose of safety of their workers.

Through research and analysis, the thesis promotes continued exploration of workplace safety issues, urging the development of innovative smart safety devices and the initiation of their implementation on construction sites.

VSEBINA

1 UVOD	1
1.1 Opis problema	1
1.2 Namen in cilji naloge	2
1.3 Struktura naloge	2
2 PREDPISI IN STANDARDI VARSTVA PRI DELU V SLOVENIJI	5
2.1 Splošno o predpisih in standardih	5
2.2 Predpisi iz področja varstva pri delu, ki se so pomembni in se nanašajo na gradbeništvo	5
2.3 Zakon o varnosti in zdravju pri delu	6
2.4 Sistem vodenja varnosti in zdravja pri delu (SIST ISO 45001:2018)	9
3 STATISTIKA VARNOSTI V GRADBENIŠTVU	10
3.1 Gradbeni projekti v zgodovini z največjim številom smrtnih nesreč pri delu	10
3.2 Statistika varnosti v gradbeništvu po svetu	11
3.2 Statistika varnosti v gradbeništvu v Sloveniji	12
3.3 Statistika varnosti v gradbeništvu v Evropi v primerjavi z Republiko Slovenijo	13
4 UPORABA IKT ZA ZAGOTAVLJANJE VARNOSTI	16
4.1 Namen uvajanja uporabe IKT za namene varnosti delavcev na gradbišču	16
4.2 Oprema, potrebna za vzpostavitev pametnih varnostnih naprav	18
4.3 Nosljive pametne varnostne naprave	19
4.3.1 Pametna varnostna čelada	19
4.3.2 Pametne varnostne ure in zapestnice	19
4.3.3 Pametni varnostni jopiči in jakne	20
4.3.4 Očala z razširjeno resničnostjo/AR očala	21
4.3.5 Pametni zaščitni čevlji	22
4.4 Prednosti in izzivi pri uporabi IKT za namene varnosti v gradbeništvu	22
4.4.1 Prednosti	22
4.4.2 Izzivi in ovire	23
5 STRATEGIJA UVEDBE PAMETNIH NOSLJIVIH NAPRAV	25
5.1 Statistika zaposlenih delavcev v slovenskih gradbenih podjetjih	25
5.2 Strategija podjetja za uvedbo varnostnih pametnih nosljivih naprav	25
5.3 Načini in postopki uvajanja delavcev v uporabo pametnih nosljivih zaščitnih naprav za podjetja	28
6 ZAKLJUČEK	29
VIRI	32

KAZALO SLIK

Slika 1: Gradbeni projekti z največ smrtnimi žrtvami med delavci v zgodovini (K. Hegeman, 2019).	10
Slika 2: Število nesreč pri delu na 100.000 zaposlenih na leto brez smrtnega izida v gradbeništvu v Evropi po gospodarski dejavnosti, v obdobju 2011–2018 (González García, 2021).	14
Slika 3: Število nesreč pri delu na 100.000 zaposlenih na leto s smrtnim izidom v gradbeništvu v Evropi po gospodarski dejavnosti, v obdobju 2011-2018 (González García, 2021).	15
Slika 4: Fizične nevarnosti na gradbišču (Edirisinghe, 2019).	16
Slika 5: BIM zasnovano »pametno gradbišče« za namene varnega delovanja mehanizacije in opozarjanja nevarnosti (Edirisinghe, 2019).	17
Slika 6: Delavec s pametno varnostno opremo, opremljeno z meritvenimi senzorji telesnega stanja (Edirisinghe, 2019).	18
Slika 7: Primer pametne čelade s senzorji (AL-Sahar, Przegalińska, Krzemiński, 2021).	19
Slika 8: Primer uporabe pametne ure na gradbišču (Waters, 2023).	20
Slika 9: Primer pametne zaščitne jakne s sestavnimi deli (Lee in Baek, 2021).	21
Slika 10: Primer uporabe AR očal na gradbišču (Ahmed, 2019).	21
Slika 11: Primer pametnega obuvala podjetja Intellnium s sestavnimi deli (Hedmond, 2018).	22
Slika 12: Izzivi uporabe pametnih nosljivih naprav (AL-Sahar, Przegalińska, Krzemiński, 2021).	23
Slika 13: Delež slovenskih gradbenih podjetij s številom zaposlenih leta 2017 (Podatki: Šulin Košar, A. 2019).	25
Slika 14: PDCA proces nenehnega izboljševanja.	26

KAZALO TABEL

Tabela 1: Prikaz podatkov delovnih nesreč glede na starost in številom zaposlenih v gradbeništvu v Sloveniji (2008-2022) (NIJZ in SURS, 2022).....	12
Tabela 2: Število smrtnih nesreč v gradbeništvu v Sloveniji (2008-2022) (NIJZ in SURS, 2022).	13
Tabela 3: Prikaz povprečnega deleža nesreč pri delu brez smrtnega izida v gradbeništvu v Sloveniji (2011–2018).	14
Tabela 4: Prikaz povprečnega deleža nesreč s smrtnim izidom pri delu v gradbeništvu v Sloveniji (2011–2018).	15

»Ta stran je namenoma prazna.«

1 UVOD

1.1 Opis problema

Gradbeništvo je dinamična panoga, ki zaradi svoje narave dela zahteva neprestano izboljšanje in posodabljanje z novimi tehnologijami ter metodami za namene čim hitrejših in čim boljše izvedbe projektov. K napredku in razvoju gradbeništva veliko pripomore razvoj informacijsko-komunikacijskih tehnologij (angl. »Information and communications technology (ICT)«). Tovrstne tehnologije delavcem omogočajo lažje komuniciranje in boljšo vizualizacijo med izvajanjem projektov. S pomočjo razvoja »digitalnega« gradbeništva si delavci namreč lažje predstavljajo podobe različnih faz projekta in tako lahko hitreje in učinkoviteje izvajajo projekt ter med seboj sodelujejo in komunicirajo. Ta razvoj iz leta v leto prinaša posodobitve, ki omogočajo lažje vodenje, upravljanje in nadzorovanje gradbišč tako za delavce, ki so na gradbiščih, kot za delavce, ki so v stiku z gradbišči iz poslovnih objektov oziroma pisarn. Dobra in premišljena uporaba novodobnih tehnologij omogoča gradbenim podjetjem hitrejših in učinkovitejših izvajanje projektov, s tem pa se na dolgi časovni rok prihrani tudi veliko stroškov.

Poleg tega, da IKT omogoča hitrejšo in kvalitetnejšo izvedbo projektov, pa se lahko uporabljajo tudi za reševanje drugih problemov, s katerimi se soočajo gradbena podjetja, npr. varnosti pri delu.

Ustreznost varnostnih in zdravstvenih razmer za delavce na slovenskih in tujih gradbiščih je ključna pri načrtovanju in izvajanju projektov. Podjetja se želijo izogniti nesrečam pri delu iz moralnih in finančnih razlogov. Statistika varnosti pri delu na gradbiščih po svetu kaže, da se kljub prizadevanju Mednarodne organizacije za delo (ang. »International Labour Organisation (ILO)«) za čim boljše varnostne razmere za delavce na gradbiščih letno še vedno pripeti veliko nesreč s smrtnim izidom. Največ nesreč se zgodi v državah v razvoju, kjer finančni interesi prevladujejo nad življenjem delavcev. Statistika nesreč pri delu v Sloveniji kaže, da se stanje varnosti in skrbi za zdravje delavcev v Sloveniji iz leta v leto izboljšuje, je pa končni cilj totalne odprave nesreč pri delu še daleč od zelenega.

Upoštevanje pravilnikov in standardov o varnosti in zdravju delavcev pri delu je osnova za izboljšanje in učinkovito izvajanje varnosti pri delu. Varnostni inženirji, ki so v podjetjih zadolženi za izpolnjevanje in upoštevanje pravilnikov in standardov o varnosti, morajo ves čas posodabljati in uvajati nove varnostne opreme za delavce.

Razvoj in uporaba pametnih nosljivih varnostnih naprav za delavce pri delu se je na nekaterih gradbenih projektih po svetu že izkazal za učinkovitega, saj so tam beležili manjše število nesreč pri delu. Podjetja pa se pri soočanju s tovrstnim načinom zaščite svojih delavcev soočajo s problemi in izzivi, saj sta dobava in dostop do teh tehnologij omejena. Prav tako pa je strošek njihove nabave včasih bistveno večji od »klasične« varnostne opreme.

Spekter pametnih nosljivih naprav in njihovih funkcij, ki so se razvile za namen varovanja in spremljanja zdravstvenega stanja delavcev med delom, je zelo širok. Poleg tega, da pametne zaščitne čelade, jopiči, ure, čevlji in ostala zaščitna oprema delavce opozarjajo na nevarnosti okolja, v katerem delajo, tovrstna zaščitna oprema vsebuje tudi senzorje za nadzor telesnega fizičnega in psihičnega stanja delavca.

1.2 Namen in cilji naloge

Glavni namen diplomske naloge bo raziskovanje in reševanje problema varnosti ter skrbi za zdravje na slovenskih gradbiščih. S pomočjo analize zahtev slovenskih predpisov in standardov bo naloga odgovarjala na zahtevana načela za varnost in zdravje pri delu, ki so osnova za legalno delovanje gradbenega podjetja. S pomočjo prikaza pametnih varnostnih nosljivih naprav bo v nalogi predstavljena ena izmed rešitev za zmanjšanje statistike nesreč pri delu. V diplomski nalogi bo predstavljen tudi odgovor na vprašanje, kako naj se gradbena podjetja lotijo ustrezne in varne uporabe pametnih nosljivih naprav ter ostale zaščitne opreme. Ta odgovor bo vseboval primerne načine izobraževanja svojih zaposlenih o uporabi in uvedbi IKT tehnologij na gradbišča. S pomočjo ustreznega predajanja znanja o uporabi tovrstnih tehnologij in nadzorom nad njihovo uporabo lahko varnostni inženirji v podjetju dosežejo, da pride do realizacije končnega cilja o čim manjšem številu nesreč pri delu in izboljšanju pogojev varnosti in zdravja za delavce.

1.3 Struktura naloge

V drugem poglavju diplomske naloge se bomo najprej posvetili raziskavi in pomenu slovenske zakonodaje, ki se navezuje na varnost in zdravje delavcev pri delu in na njihove pravice, ki so jih po zakonu dolžni izpolnjevati njihovi nadrejeni. Preučili bomo tudi vse standarde in predpise, ki morajo biti izpolnjeni, da je neko delovišče varno za delo na njem in da izvajalci izpolnjujejo vse varnostne in zdravstvene zahteve.

V tretjem poglavju bomo raziskali statistiko poškodb in smrti, ki so se zgodile na slovenskih gradbiščih v nekem časovnem obdobju. Podobne statistike bomo poiskali tudi za celotno Evropo in svet in jih primerjali z nekaterimi gradbenimi projekti iz preteklosti, na katerih je bilo zabeleženih največ usodnih nesreč pri delu.

V četrtem poglavju diplomske naloge bomo raziskali, katere nosljive in statične varnostne naprave, postavljene na nevarnih točkah po gradbišču, že najdemo na nekaterih gradbiščih po svetu in so namenjene zunanji fizični zaščiti delavcev in opozarjanju na nevarnosti. Poleg zunanje fizične zaščite delavca pa je pomembno tudi notranje fizično in psihično stanje delavcev, saj se veliko nesreč na gradbiščih pripeti prav zaradi tovrstnih vzrokov. Naprave, namenjene zaščiti in zdravju delavcev, vsebujejo senzorje, ki nadzorujejo človekovo počutje in njegovo zdravstveno stanje, ter opozarjajo človeka na morebitne fizične nevarnosti in ga usmerjajo po gradbišču.

V petem poglavju delu diplomske naloge bomo izdelali strategijo uvedbe uporabe pametnih nosljivih varnostnih naprav za neko podjetje. Pomembno je predvsem, da so varnostni inženirji, zaposleni v podjetju, dobro seznanjeni z najsodobnejšimi napravami in ustrezno izobražujejo delavce o njihovi uporabi.

Diplomsko nalogo bomo zaključili z ugotovitvami in komentarjem na odgovore, ki smo jih dobili in prikazali med raziskovanjem problemov in vprašanj v povezavi z implementacijo IKT naprav na gradbišča za namene varnosti delavcev.

»Ta stran je namenoma prazna.«

2 PREDPISI IN STANDARDI VARSTVA PRI DELU V SLOVENIJI

2.1 Splošno o predpisih in standardih

Glavni namen predpisov in standardov za varnost in zdravje delavcev je zaščita ljudi in njihovega življenja. Prav tako pa je pomembna tudi zaščita delovišča in okolja, v katerem se dela izvajajo.

Republika Slovenija uporablja predpise in standarde, sprejete na mednarodni, nacionalni, državni ali lokalni ravni. Pri opravljanju del na nekem projektu morajo zato izvajalci upoštevati vse z zakonom predpisane zahteve za zaščito delavcev pri izvedbi projekta. Podjetja pa lahko znotraj svoje notranje politike sama ustvarijo lastne standarde in zahteve za varnost svojih delavcev.

Poleg zdravja in zaščite delavcev pa je podjetje dolžno upoštevati vse zahteve tudi iz pravnega vidika. V primeru, da pride do nesreče in se ugotovi, da niso bili zagotovljeni vsi potrebni predpisi in zahteve ter upoštevani zakoni, lahko to podjetje stane veliko denarja in kazenskih pregonov. Stroški podjetja vključujejo poškodbe, bolezni in smrti pri delu ter stroške poškodovanje narave v okolici delovišč, v primeru ta niso primerno in dovolj zaščiteni (Brauer, 2023).

2.2 Predpisi iz področja varstva pri delu, ki se so pomembni in se nanašajo na gradbeništvo

Varnost in zdravje pri delu obsegata pravice in obveznosti delodajalcev in delavcev, da v skladu z zakonom in drugimi predpisi ter standardi zagotavljajo takšno raven varnosti in zdravja pri delu, ki glede na naravo dela daje delavcu največjo možno mero zdravstvene in psihofizične varnosti.

Zakonodaja, ki ureja varnost in zdravje pri delu, je del evropskega pravnega okvira in sledi konvencijam Mednarodne organizacije dela (ang. »International Labour Organization (ILO)«). Njen cilj je uveljavljanje ukrepov za zaščito delavcev pred potencialnimi nevarnostmi in poškodbami na delovnem mestu. Ti ukrepi zajemajo preprečevanje, odpravljanje ter obvladovanje morebitnih tveganj, prav tako pa vključujejo obveščanje in usposabljanje delavcev, organizacijo dela ter zagotavljanje potrebnih materialnih sredstev. Zakonodaja prav tako obsega programe za spodbujanje zdravja na delovnem mestu, pri čemer posebno pozornost posveča ugotavljanju poklicnih bolezni. Ključno načelo ostaja, da izvajanje ukrepov za varnost in zdravje ne sme prinašati finančnih bremen za delavca (RS GOV.SI., 2021).

Predpisi ki so pomembni za gradbeništvo v Sloveniji (MDDSZ, 2008):

- Zakon o varnosti in zdravju pri delu (Uradni list RS, št. 43/11);
- Uredba o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu na začasnih in premičnih gradbiščih (Uradni list RS, št. 83/05);
- Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih (Uradni list RS, št. 89/99, št. 39/05);
- Pravilnik o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka (Uradni list RS, št. 29/92);
- Pravilnik o varnosti in zdravju pri uporabi delovne opreme (Uradni list RS, št. 101/04);
- Pravilnik o varnostnih znakih (Uradni list RS, št. 89/99, št. 39/05 in 34/10);
- Pravilnik o osebni varovalni opremi, ki jo delavci uporabljajo pri delu (Uradni list RS, št. 89/99, št. 39/05);
- Pravilnik o zagotavljanju varnosti in zdravja pri ročnem premeščanju bremen (Uradni list RS, št. 73/05);
- Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti azbestu pri delu (Uradni list RS, št. 93/05);
- Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Uradni list RS, št. 17/06 (popr. 18/06));
- Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti vibracijam pri delu (Uradni list RS, št. 94/05);
- Pravilnik o programu in načinu usposabljanja koordinatorjev za varnost in zdravje pri delu na začasnih in premičnih gradbiščih (Uradni list RS, št. 31/08).

Vsi zgoraj navedeni predpisi vsebujejo pomembne člene, ki govorijo o pravicah in dolžnostih delavcev in delodajalcev na področju varnosti in zdravja na delavnem mestu.

2.3 Zakon o varnosti in zdravju pri delu

Najpomembnejši in najobsežnejši predpis v Republiki Sloveniji s tega področja je zakon o varnosti in zdravju pri delu. Zakon zajema 85 členov in je v veljavi od 4. 12. 2011. Sestavlja ga enajst odstavkov, oštevilčenih z rimskimi številkami.

Odstavkov zakona o varnosti in zdravju pri delu:

- I. Splošne določbe;
- II. Temeljna načela;
- III. Obveznosti delodajalca;
- IV. Pravice in dolžnosti delavcev;
- V. Dolžnosti samozaposlenih oseb;
- VI. Dokumentacija;
- VII. Svet za varnost in zdravje pri delu;
- VIII. Dovoljenje za opravljanje strokovnih nalog;
- IX. Nadzor;
- X. Kazenske določbe;
- XI. Prehodne in končne določbe.

(ZVZD-1).

Za potrebo diplomske naloge in njenega namena sem se pri opisu zakona odločil predvsem za člene, ki se nahajajo v II., III. in IV. odstavku in so v povezavi s temo, in bodo kasneje pripomogli k boljšem razumevanju namena diplomske naloge.

V začetku zakona o varnosti pri delu so predstavljena temeljna načela, ki zajemajo področja zagotavljanja in načrtovanja zdravja in varnosti delavcev pri delu, odgovornosti delodajalca, način izvajanja ukrepov pravice in dolžnosti delavcev ter izobraževanje. V tem odseku zakonodaje se mi zdi pomemben predvsem 9. člen, ki govori o temeljnih načelih izvajanja ukrepov za varnost in zdravje delavca na delovišču. V njem je napisano, da je delodajalec dolžan izvajati varnostne ukrepe iz prejšnjih členov, mora pa pri tem upoštevati naslednja temeljna načela.

»9. člen

(temeljna načela pri izvajanju ukrepov)

Delodajalec izvaja ukrepe iz 5. člena tega zakona tako, da upošteva naslednja temeljna načela:

- izogibanje nevarnostim;
- ocenjevanje tveganj;
- obvladovanje nevarnosti pri viru;

- prilagajanje dela posamezniku z ustreznim oblikovanjem delovnega mesta in delovnega okolja, delovnih prostorov, delovnih in tehnoloških postopkov, izbiro delovne in osebne varovalne opreme ter delovnih in proizvodnih metod, še zlasti pa tako, da odpravlja monotono delo ter pogoje z vsiljenim ritmom dela in ostale zdravju škodljive okoliščine (humanizacija dela);
- prilagajanje tehničnemu napredku;
- nadomeščanje nevarnega z nenevarnim ali manj nevarnim;
- razvijanje celovite varnostne politike, ki vključuje tehnologijo, organizacijo dela, delovne pogoje, medčloveške odnose ter dejavnike delovnega okolja;
- dajanje prednosti kolektivnim varnostnim ukrepom pred individualnimi;
- dajanje ustreznih navodil in obvestil delavcem. « (ZVZD-1).

Zgornji člen se navezuje na 5. člen, ki govori o dolžnostih delodajalca, ki jih mora izpolnjevati, da zagotovi varnost in zdravje delavcev pri delu. 9. člen pa na podlagi tega člena določa zahteve in ukrepe, ki jih mora delodajalec izvajati, da bo uspešen pri zagotavljanju varnosti in zdravja delavcev pri delu in tako izpolnjeval navedene dolžnosti iz 5. odstavka.

Temeljnim načelom zakona o varnosti in zdravja pri delu sledijo obveznosti delodajalca, ki se nahajajo v tretjem odstavku zakona. V tem odseku se mi zdi predvsem pomemben 19. člen, ki govori o obveznostih delodajalca, in sicer, da mora ta zagotavljati varnost in zdravje pri delu v skladu z izjavo o varnosti z oceno tveganja.

» 19. člen

(obveznosti delodajalca)

Delodajalec mora zagotavljati varnost in zdravje pri delu v skladu z izjavo o varnosti z oceno tveganja zlasti tako, da:

- poveri opravljanje nalog varnosti pri delu strokovnemu delavcu, izvajanje zdravstvenih ukrepov pa izvajalcu medicine dela;
- obvešča delavce o uvajanju novih tehnologij in sredstev za delo ter o nevarnostih za nezgode, poklicne bolezni in bolezni, povezane z delom, ter izdaja navodila za varno delo;
- usposablja delavce za varno in zdravo delo;
- zagotavlja delavcem osebno varovalno opremo in njeno uporabo, če sredstva za delo in delovno okolje kljub varnostnim ukrepom ne zagotavljajo varnosti in zdravja pri delu;
- z obdobjimi preiskavami škodljivosti delovnega okolja preverja ustrezne delovne razmere;

- z obdobjnimi pregledi in preizkusi delovne opreme preverja njihovo skladnost s predpisi o varnosti in zdravju pri delu;
- zagotavlja varno delovno okolje in uporabo varne delovne opreme.« (ZVZD-1).

Zgornji navedeni člen govori o obveznostih delodajalca, da ta ves čas skrbi in preverja varnostno stanje in ukrepe, nenehno obvešča delavce o novih potencialni nevarnostih pri delu in jim zagotavlja varovalno opremo in jih nauči primerne uporabe.

V četrtem odstavku zakona so opisani členi v povezavi z delavcem in njegovimi pravicami ter dolžnostnimi. V tem odstavku so opisane pravice delavcev, ki morajo po 49. členu biti seznanjeni z varnostnimi ukrepi in ukrepi zdravstvenega varstva ter imajo tudi sami pravico predlagati varnostne in zdravstvene ukrepe. Dolžnosti delavca pa so, da upošteva zahteve nadrejenega. V primeru, da delodajalec ne zagotavlja potrebnih varnostnih ukrepov, ima delavec po 52. členu odkloniti delo.

Zakon o varnosti in zdravju pri delu je zelo obsežen zakon, vendar pa v njem ni opisanih zahtev za delodajalce, da morajo zagotavljati delavcem novodobne pametne varnostne nosilne naprave.

2.4 Sistem vodenja varnosti in zdravja pri delu (SIST ISO 45001:2018)

ISO 45001 je mednarodni standard, ki ga je določila mednarodna organizacija za standardizacijo, slovenski inštitut za standardizacijo (SIST) pa ga je prevzel in ga prilagodil ter določil njegovo veljavo tudi v Republiki Sloveniji.

V standardu ISO 45001 so določene zahteve za sistem vodenja varnosti in zdravja pri delu in napotki za njegovo uporabo. Njegov osnovni namen je preprečitev fizičnih poškodb in ostalih zdravstvenih težav, ki lahko nastanejo v povezavi z delom (SIST, 2016).

Standard je namenjen uporabi, vzpostavitvi in izvajanju varnostnih ukrepov za podjetja. Z njegovo pomočjo podjetja lažje dosežejo raven zahtevanih varnostnih ukrepov in tako zmanjšajo poškodbe in stroške, ki nastajajo pri njih.

Ključni nameni standarda so:

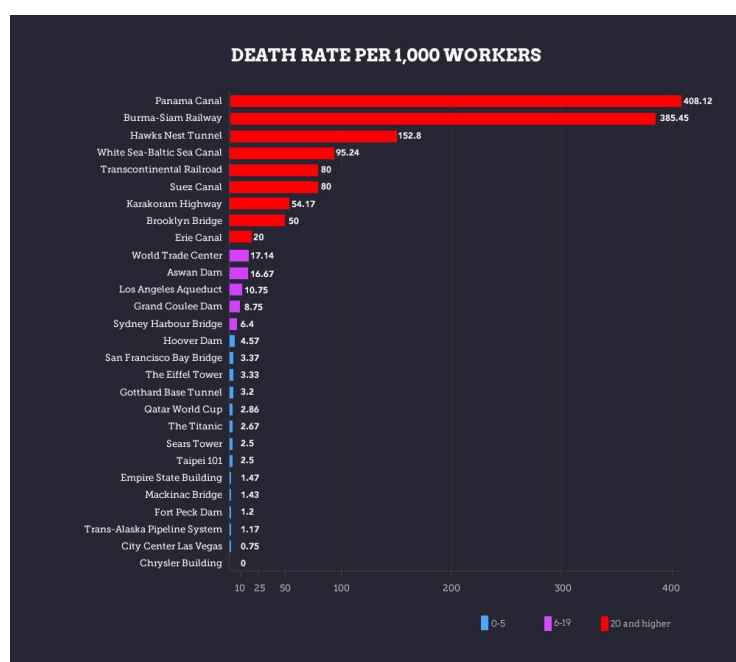
1. izboljšanje učinkovitosti in zdravja pri delu;
2. skladnost s pravnimi predpisi;
3. preprečevanje nesreč pri delu;
4. učinkovite ocene tveganj in njihovo obvladovanje;
5. nenehne izboljšave kakovosti varnostne opreme;
6. upoštevanje nasvetov strokovnjakov in delavcev samih.

3 STATISTIKA VARNOSTI V GRADBENIŠTVU

3.1 Gradbeni projekti v zgodovini z največjim številom smrtnih nesreč pri delu

Med gradnjo največjih gradbenih projektov v zgodovini človeštva ni bilo nikoli posebej poskrbljeno za varnost in zdravje delavcev. Primer enega izmed najbolj znamenitih gradbenih objektov na svetu je Kitajski zid, pri katerem zgodovinarji ocenjujejo, da je med gradnjo umrlo več kot 400.000 ljudi, gradil pa se je okoli 2000 let (History.com Editors, 2010).

Varnost in zdravje delavcev pri delu na gradbiščih sta v svetu dobila pomen komaj zadnjih 200 let, vendar pa se je v tem časovnem obdobju zgradilo kar nekaj projektov, ki so zahtevali veliko smrtnih žrtev.



Slika 1: Gradbeni projekti z največ smrtnimi žrtvami med delavci v zgodovini (K. Hegeman, 2019).

Zgornja slika prikazuje gradbene projekte, v katerih je bilo največje število smrtnih žrtev delavcev gledano na 1000 delavcev. Gre za šokantne številke podatkov smrtnih nesreč med gradnjami. Največ smrtnih žrtev se je zgodilo med gradnjo Panamskega prekopa, kjer je umrl skoraj vsak drugi delavec. Ta prekop se je gradil med letoma 1904 in 1913, skupno število smrtnih žrtev pa je bilo 5855. Sledijo ostali gradbeni projekti, ki pa so se po večini gradili v začetku prejšnjega stoletja in prej, ko ni bilo še poudarka na varnostnih in zdravstvenih ukrepih. Presenetljiv pa je podatek, da se je na zgornjem diagramu znašla tudi nedavna gradnja stadionov in ostale infrastrukture za namene svetovnega nogometnega prvenstva v Katarju. Dela so trajala dvanajst let, število smrtnih žrtev med delavci pa je bilo ocenjeno na 4000. Ta podatek nam pove, da se kljub sodobnemu in moralno razvitemu svetu, varnost in zdravje delavcev na gradbiščih velikokrat zanemarita, zlasti ko gre za namene finančnih interesov čimprejše izgradnje (K. Hegeman, 2019).

3.2 Statistika varnosti v gradbeništvu po svetu

Komponente, ki sestavljajo podrobne statistike varnosti v gradbeništvu po svetu, se razlikujejo od države do države v številnih vidikih, vključno z načinom in standardi za poročanje o nesrečah, zajetimi gospodarskimi sektorji in definicijami poškodb ali smrtnih žrtev. Tako statistike iz različnih držav niso neposredno primerljive in jih ni mogoče interpretirati z enim samim pristopom (Raheem, Hinze, 2014). Lahko pa opišemo osnovne statistične podatke o gradbeništvu po svetu na splošni ravni.

Gradbena industrija ima pomembno vlogo v številnih vzhodnih in zahodnih gospodarstvih, saj predstavlja približno 10 % svetovnega bruto domačega proizvoda (Murie, 2007).

Mednarodna organizacija dela (ang. »International Labour Organisation (ILO)«) ocenjuje, da se letno na gradbiščih po celem svetu zgodi 60.000 usodnih nesreč, kar pomeni, da se nesreča s smrtnim izidom zgodi vsakih 9 min. Gradbeništvo kot panoga predstavlja vsako 6. nesrečo pri delu s smrtnim izidom. Poleg tega ILO ocenjuje, da gradbeni sektor v industrializiranih državah zaposluje med 6 % in 10 % delovne sile in predstavlja med 20 % in 40 % smrtnih primerov, povezanih z delom. Prav tako je pomembno poudariti vpliv dela na zdravje delavcev (Raheem, Hinze, 2014). Ti podatki nakazujejo, da si je potrebno prizadevati, izboljšati in uvesti bolj stroge varnostne in zdravstvene ukrepe tudi v manj razvitih državah.

Prakse upravljanja varnosti se razlikujejo med razvitimi državami in državami v razvoju (Raheem et al., 2011). To lahko pripišemo različnim opredelitvenim značilnostim varnostne učinkovitosti, ki so jih sprejele različne države. Raziskovalne študije, povezane z varnostnimi predpisi, so pokazale, da je tudi v državah v razvoju, kjer obstaja zakonodaja o varnosti, upravni organ pogosto šibek ali ga sploh ni, delodajalci pa ne upoštevajo predpisov oziroma ponarejajo dokumente o doseženih varnostnih zahtevah (Lee in Halpin, 2003). Glede na študijo Koehn et al. (2000) o poškodbah v državah v razvoju pogosto ne poročajo in delodajalec zgolj zagotovi neko obliko odškodnine (običajno majhen denarni znesek) za morebitne poškodbe zaposlenih. Glavni vzroki za poškodbe/smrtno primere v gradbeništvu so povezani z edinstveno naravo te industrije, človeškim vedenjem, težkimi pogoji na delovišču in slabim upravljanjem varnosti (Abdelhamid in Everett, 2000).

3.2 Statistika varnosti v gradbeništvu v Sloveniji

V Republiki Sloveniji se statistika varnosti v gradbeništvu izboljšuje iz leta v leto, je pa veliko prostora za napredek. Poleg stalnega nadziranja izvajanja predpisov in standardov na slovenskih gradbiščih bi se lahko podjetja posluževala več sodobnih informacijsko-komunikacijskih tehnologij za namene varnosti in skrbi za zdravje pri delu. Tovrstne tehnologije so se na nekaterih gradbiščih po svetu že izkazale za učinkovite in so izboljšale statistiko nesreč pri delu.

Podatki o nesrečah v gradbeništvu med letoma 2008 in 2022 so javno dostopni v podatkovnem portalu nacionalnega inštituta za javno zdravje. Prikazani so v naslednji tabeli:

Tabela 1: Prikaz podatkov delovnih nesreč glede na starost in številom zaposlenih v gradbeništvu v Sloveniji (2008-2022) (NIJZ in SURS, 2022).

Leto Starost	Manj kot 18 let	20-24 let	25-34 let	35-44 let	45-54 let	55 let in več	SKUPAJ	Število zaposlenih	Delež poškodb glede na število zaposlenih [%]
2008	80	486	1.001	984	786	227	3.564	89.517	3,98
2009	34	387	836	799	725	214	2.995	83.258	3,6
2010	18	240	711	724	662	212	2.567	72.090	3,56
2011	17	161	568	611	509	181	2.047	62.057	3,3
2012	11	134	494	514	489	150	1.792	53.494	3,35
2013	8	72	403	432	406	140	1.461	52.036	2,81
2014	13	115	424	389	440	143	1.524	51.874	2,94
2015	12	84	365	402	417	159	1.439	51.612	2,79
2016	8	91	332	371	373	149	1.324	52.154	2,54
2017	17	119	354	386	410	195	1.481	55.281	2,68
2018	26	150	355	391	413	192	1.527	60.282	2,53
2019	25	163	376	415	356	191	1.526	65.907	2,32
2020	18	146	308	378	319	175	1.344	66.130	2,03
2021	23	139	314	356	333	193	1.358	71.346	1,9
2022	20	122	306	335	366	210	1.359	76.661	1,77

Glede na upoštevanje števila zaposlenih v posameznem letu med 2008 in 2022 v gradbeništvu v Sloveniji je iz zgornje tabele razvidno, da število in delež poškodb pri delu na slovenskih gradbiščih skoraj vsako leto upada in to kljub temu, da je število zaposlenih v tem sektorju začelo spet naraščati od leta 2016 naprej. V obdobju zadnjih dveh let je delež poškodb glede na število zaposlenih padel celo pod 2 %.

V Republiki Sloveniji pa se v gradbeništvu letno pripeti tudi nekaj nesreč s smrtnim izidom. Podatki o tovrstnih nesrečah so razvidni v podatkovnem portalu NIJZ. Prikazani so v spodnji tabeli:

Tabela 2: Število smrtnih nesreč v gradbeništvu v Sloveniji (2008-2022) (NIJZ in SURS, 2022).

Leto	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Število smrtnih nezgod	11	13	13	5	10	6	7	7	0	5	6	4	5	4	4
Smrtne žrtve glede na število zaposlenih [%]	0,12	0,16	0,18	0,08	0,19	0,12	0,13	0,14	0,00	0,09	0,10	0,06	0,08	0,06	0,05

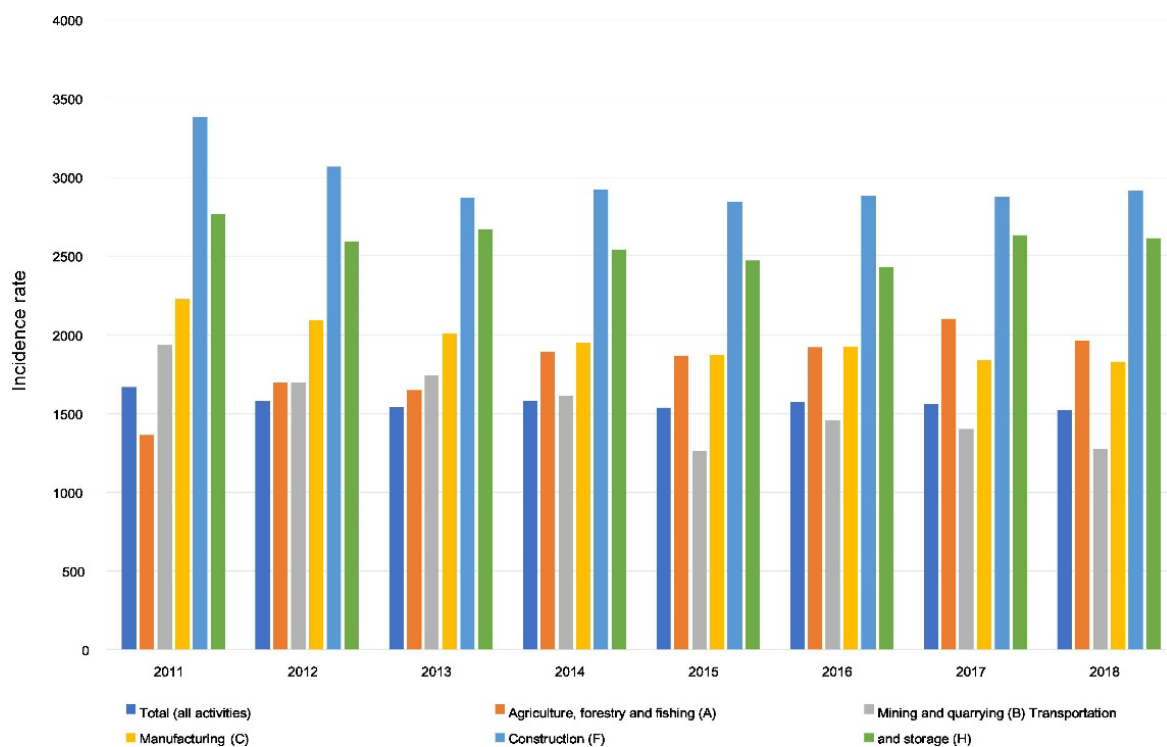
Delež smrtnih žrtev v primerjavi s številom zaposlenih v Sloveniji počasi upada, kar je prikazano v zgornji tabeli. Izjema je bilo leto 2016, ki je bilo brez nesreč s smrtnim izidom pri delu. Kljub temu, da je v času gradbene krize število zaposlenih in izvajanje dejavnosti v gradbeništvu močno upadlo, se delež nesreč s smrtnim izidom pri delu v času ponovnega večanja števila zaposlenih in izvajanja dejavnosti v gradbeništvu (po letu 2016) ni povečal, ampak ostaja enak oziroma počasi upada.

3.3 Statistika varnosti v gradbeništvu v Evropi v primerjavi z Republiko Slovenijo

V državah Evropske unije se, izmed vseh sektorjev, največ nesreč s smrtnim izidom pri delu zgodi prav v gradbenem sektorju. Gradbeni sektor je eden izmed največjih industrijskih sektorjev v Evropi s 14,8 milijona delavcev (podatek velja za leto 2018), kar predstavlja 6,4 % vseh delavcev in 3,3 milijona podjetij, ki predstavljajo 9,0 % bruto domačega proizvoda celotne Evropske unije. Ocenjuje se, da je 95 % teh podjetij malih in srednje velikih z manj kot 20 zaposlenimi. Gradbeništvo pa je tudi eden od sektorjev z največjim tveganjem za nesreče pri delu zaradi svoje dinamike, zapletenosti in decentralizirane narave. Na gradbiščih vedno potekajo običajne dejavnosti in dejavnosti z visokim tveganjem, ki lahko povzročijo poškodbe in nesreče ter morebitne smrtne žrtve. (González García, 2021).

Največ nezgod pri delu brez smrtnega izida v Evropski uniji je opaziti v gradbeništvu, kjer se na vsakih 100.000 zaposlenih v povprečju zgodi okrog 3 % nesreč.

Spodnja slika prikazuje število nesreč pri delu, ki so razdeljene na različne panoge, med letoma 2011 in 2018. Gradbeništvo je na diagramu označeno s svetlo modro barvo.



Slika 2: Število nesreč pri delu na 100.000 zaposlenih na leto brez smrtnega izida v gradbeništvu v Evropi po gospodarski dejavnosti, v obdobju 2011–2018 (González García, 2021).

Podatki iz zgornje slike prikazujejo število nesreč brez smrtnega izida pri delu, gledano na 100.000 delavcev. Izračunani delež teh nesreč v obravnavanih letih se giblje med 2,8 in 3,4 procenti.

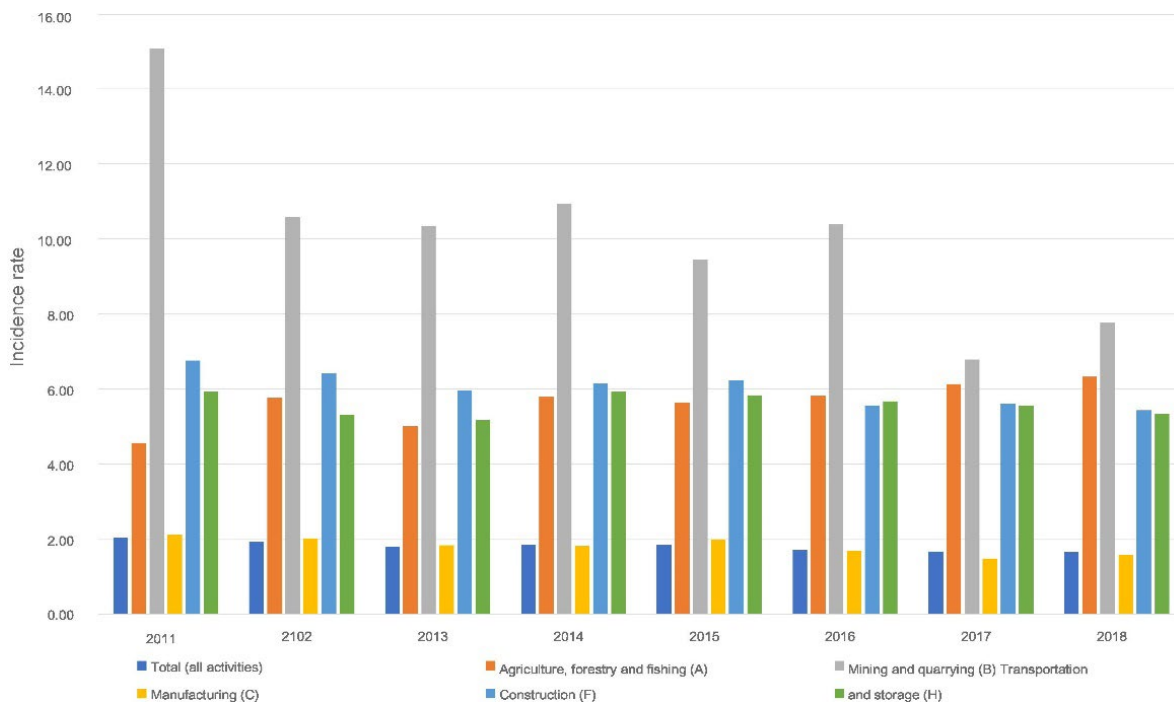
S pomočjo podatkov iz poglavja 3.1 (Tabela 1) o številu zaposlenih v gradbeništvu in številu nesreč pri delu v Sloveniji v obdobju med letoma 2008 in 2022 so v spodnji tabeli prikazani izračunani povprečni deleži nesreč pri delu na 100.000 delavcev.

Tabela 3: Prikaz povprečnega deleža nesreč pri delu brez smrtnega izida v gradbeništvu v Sloveniji (2011–2018).

Leto	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Delež nesreč pri delu brez smrtnega izida [%]	3,3	3,4	2,8	2,9	2,8	2,5	2,7	2,5

V primerjavi s podatki iz slike 2 o povprečnem številu nesreč brez smrtnega izida preračunanih v procente (2,8–3,4 %), gledano na 100.000 delavcev, se Slovenija v enakem obdobju nahaja okrog povprečja oziroma malce pod njim, kar prikazuje zgornja tabela.

Po številu smrtnih nezgod pri delu pa je gradbeništvo na drugem mestu za rudarstvom. Gledano na 100.000 delavcev, se povprečni letni delež nesreč smrtnim izidom se giblje okrog 0,06 %. Ta delež je izračunan s pomočjo podatkov o številu nesreč s smrtnim izidom v Evropi, prikazanim na spodnji sliki. Gradbeništvo je prikazano s svetlo modro barvo.



Slika 3: Število nesreč pri delu na 100.000 zaposlenih na leto s smrtnim izidom v gradbeništvu v Evropi po gospodarski dejavnosti, v obdobju 2011-2018 (González García, 2021).

V primerjavi z zgornjo sliko je bilo povprečen delež nesreč s smrtnim izidom, gledan na 100.000 delavcev, v obdobju med letoma 2011 in 2018 v Sloveniji večji od evropskega povprečja.

Povprečen delež tovrstnih nesreč v Sloveniji v obravnavanem obdobju je prikazan v spodnji tabeli.

Tabela 4: Prikaz povprečnega deleža nesreč s smrtnim izidom pri delu v gradbeništvu v Sloveniji (2011–2018).

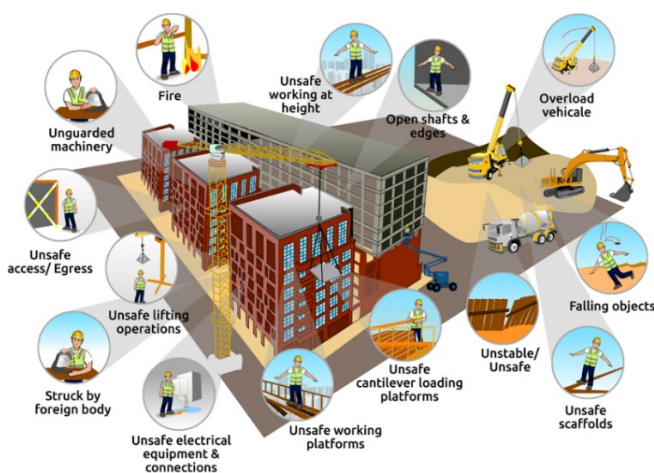
Leto	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Delež nesreč s smrtnim izidom pri delu v Sloveniji [%]	0,08	0,19	0,12	0,13	0,14	0	0,09	0,10

4 UPORABA IKT ZA ZAGOTAVLJANJE VARNOSTI

4.1 Namen uvajanja uporabe IKT za namene varnosti delavcev na gradbišču

Gradbeništvo zaradi okolja in načina dela spada v eno izmed najbolj nevarnih panog. Kljub vsem varnostnim ukrepom, ki so z zakoni in standardi določeni kot obvezni za izvajanje del na gradbiščih, se vsakoletno dogajajo nesreče pri delu, tudi take s smrtnim izidom. Trend teh nesreč se je v zadnjih letih ustalil, zato je potrebno iskati nove rešitve, da bi se število nesreč pri delu v gradbeništvu vsako leto zmanjševalo.

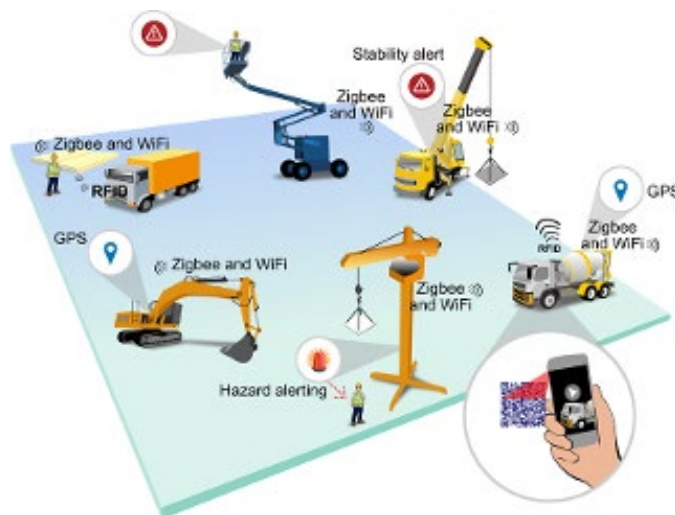
Poleg izboljšanja »klasične« varnostne opreme in nenehnega nadziranja ter izobraževanja delavcev o varnosti je ena izmed rešitev za zmanjšanje nesreč pri delu uporaba novodobnih naprav, ki bi z vsakoletnimi posodobitvami kontrolirale fizično in psihično počutje delavcev ter jih opozarjale na nevarnosti okolja, v katerem delajo in se gibljejo. Ena najpomembnejših prednosti, ki so bile preizkušene na delovnih mestih, je ta, da lahko ta orodja obvestijo varnostne delavce, da je prišlo do poškodbe ali nesreče na določeni lokaciji znotraj delovišča. Poleg tega se sprožijo opozorila o neposredni nevarnosti in opozorilni zvoki ali vibracije (Edirisinghe, 2019).



Slika 4: Fizične nevarnosti na gradbišču (Edirisinghe, 2019).

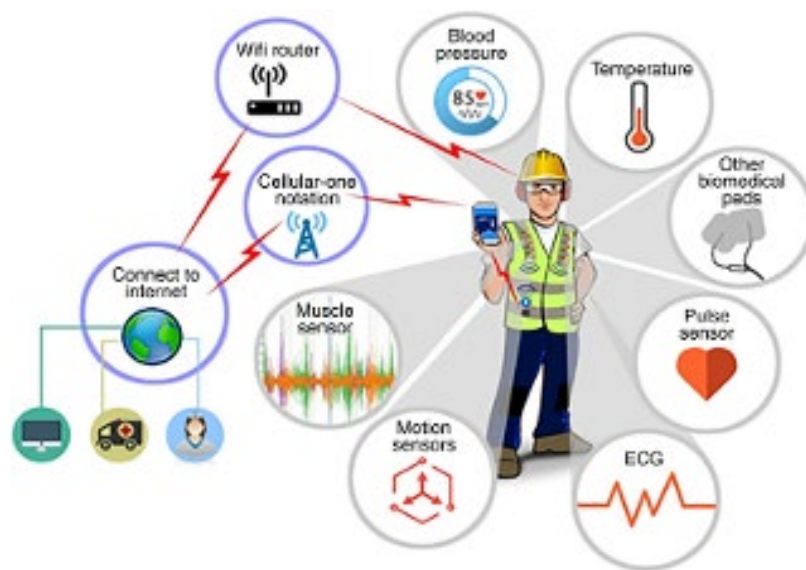
Zgornja slika prikazuje skoraj vse nevarnosti, ki pretijo delavcem na gradbiščih. Delavec med delom in gibanjem po gradbišču velikokrat zanemari ali pa se ne zaveda nevarnih situaciji, ki mu pretijo ves čas njegovega dela. S pomočjo IKT tehnologij bi v takih primerih bili delavci lažje obveščeni o fizičnih nevarnostih okolja, ki jim lahko pretijo med delom.

Z vzpostavitvijo sodobnih tehnologij na gradbiščih bi se ustvarila t. i. »pametna gradbišča«. Ta gradbišča bi imela poleg realizacije zaznavanja informacij v realnem času, sodelovanja več udeležencev hkrati in inteligentnih odločitev upravljanja, tudi sistem varnostnega upravljanja z vgrajeno inteligenco. Ta sistem bi vseboval podatke nevarnih situacij in bi proaktivno zaznaval nevarnosti. Osebna zaščitna oprema delavca bi vsebovala senzorske tehnologije, ki bi s pomočjo senzorjev, nameščenih na različnih lokacijah in mehanizaciji gradbišča, delavca obveščali in opozarjali na nevarnosti. Tovrsten način organizacije sodobnega gradbišča je prikazan na sliki 5.



Slika 5: BIM zasnovano »pametno gradbišče« za namene varnega delovanja mehanizacije in opozarjanja nevarnosti (Edirisinghe, 2019).

Poleg fizičnih nevarnosti okolja pa se veliko nesreč na gradbiščih pripeti zaradi psihičnega ali fizičnega stanja delavcev. Tovrstna stanja bi lahko preverjali s pomočjo pametne varnostne opreme, ki bi s pomočjo senzorjev zaznavale vse nevarnosti notranjega fizičnega in psihičnega stanja delavcev in bi preko interneta sporočala, obveščala in opozarjala varnostne inženirje na gradbiščih. Primer delavca, opremljenega s pametno varnostno opremo, povezljivo s kontrolo nadzora, je prikazan na spodnji sliki (Edirisinghe, 2019).



Slika 6: Delavec s pametno varnostno opremo, opremljeno z meritvenimi senzorji telesnega stanja (Edirisinghe, 2019).

4.2 Oprema, potrebna za vzpostavitev pametnih varnostnih naprav

Nosljive naprave za varnost delavcev sestavljajo tri glavne komponente:

a) Strojna oprema

Strojna oprema vsebuje predmete s čipi oziroma senzorje, ki so vgrajeni v nosljive pripomočke (varnostne čelade, oblačila in obutev). Senzorji, ki tvorijo telesno mrežo, pa so za namene meritev pospeškov, žiroskopov in magnetometrov. Ti senzorji so nameščeni na človeškem telesu in okoli njega (Edirisinghe, 2019).

b) Komunikacijski prehodi

Komponente teh prehodov izmenjujejo podatke med senzorji in pošiljajo oddaljenim strežnikom podatke za analizo in shranjevanje. Nosljive rešitve za izmenjavo podatkov o varnosti na gradbišču se lahko zbirajo na treh različnih omrežjih. Omrežje BAN (Body Area Network) povezuje senzorje na telesu in se običajno napaja prek omrežja Bluetooth in Zigbee. Drugo omrežje je osebno/ lokalno (PAN/LAN) omrežje, ki zbira podatke iz senzorjev in jih prenaša v oblak ali strežnik na mestu uporabe. Takšno omrežje deluje preko povezave Wi-Fi ali bluetooth. Prostrano omrežje (WAN) pa temelji na porazdeljeni infrastrukturi. Izmenjava takšnih podatkov je omogočena s satelitsko komunikacijo GPS (Edirisinghe, 2019).

c) Programska oprema

Komponente programske opreme vključujejo vmesno programsko opremo in aplikacijo ter so odgovorne za računanje, analizo, shranjevanje, vizualizacijo in analitiko, ki temelji na zahtevah aplikacije. Po obdelavi lokacijskih in biometričnih podatkov pošljejo opozorila o povezanih nevarnostih za zdravje (Edirisinghe, 2019).

4.3 Nosljive pametne varnostne naprave

4.3.1 Pametna varnostna čelada

S pomočjo tehnološkega napredka lahko zaščitne kape in čelade več kot le zaščitijo glavo. Nosljive čelade imajo kamere, ki lahko fotografirajo in snemajo videoposnetke v 360 stopinjah, da pomagajo uporabniku. Poleg HD snemanja in fotografij, pametna čelada prikazuje zemljevide in načrte, da delavcu pokaže dejanske razmere na območju in zagotovi prostoročne podatke (Pro Crew Software, 2021). Nekatere tehnološko napredne čelade uporabljajo možganske valove za spremljanje utrujenosti s pomočjo katerih preprečujejo mikro spance. Ko senzorji zaznajo, da se delavec zanaša, ga preko hrupa in vibracij opozori, naj preneha s svojim početjem. To lahko prepreči morebitne nesreče in poškodbe. Poleg tega so nadzorniki o tem obveščeni in lahko delavca odpeljejo na varnejše delavno mesto (Stannard, 2020).



Slika 7: Primer pametne čelade s senzorji (AL-Sahar, Przegalińska, Krzemiński, 2021).

Zgornji primer pametne čelade je sposoben diagnosticirati številne tvegane situacije, bodisi registrirane v bazi podatkov bodisi odkriti nove primere in povezovati zaposlene na terenu z oddaljenimi tehničnimi/nadzornimi zaposlenimi. Ponuja ustrezen vpogled vodji projekta in ostalim udeležencem v hitre obravnave nepričakovanih dogodkov in deli vizualne informacije s spletnega mesta, ki so lahko koristne kot vir za takojšnje ustvarjanje navodil in nadzor nad tveganji, poleg tega pa so lahko delavci neprekinjeno v službi, medtem ko obveščajo o nevarnosti (AL-Sahar, Przegalińska, Krzemiński, 2021).

Morebitna uporaba takih naprav dodaja vrednost zavarovanju kakovosti, nadzoru kakovosti in odpravljanju težav.

4.3.2 Pametne varnostne ure in zapestnice

Pametne ure in zapestnice so že nekaj časa del pametne in novodobne tehnologije. Čeprav jih mnogi uporabljajo za pomoč pri rednih vsakodnevnih dejavnostih, vsebujejo nekatere tovrstne tehnologije veliko močnih in zmogljivih senzorjev, ki jih lahko uporabi gradbena industrija za namene hitrejšega obveščanja in varnosti delavcev. Poleg tega, da je pametne ure in zapestnice kot osnovno funkcijo omogočajo delavcem prostoročno komunikacijo, se jih lahko uporablja tudi koristi zdravja in varnosti.

Tovrstne naprave lahko spremljajo srčni utrip in število korakov. Sledenje tem zdravstvenim meritvam lahko prepreči preobremenitev. Naprednejše različice lahko zaznajo težave z dihanjem s pomočjo snemanja elektrokardiograma, ki meri in opozarja nepravilne srčne ritme in nasičenost krvi s kisikom (Pro Crew Software, 2021).

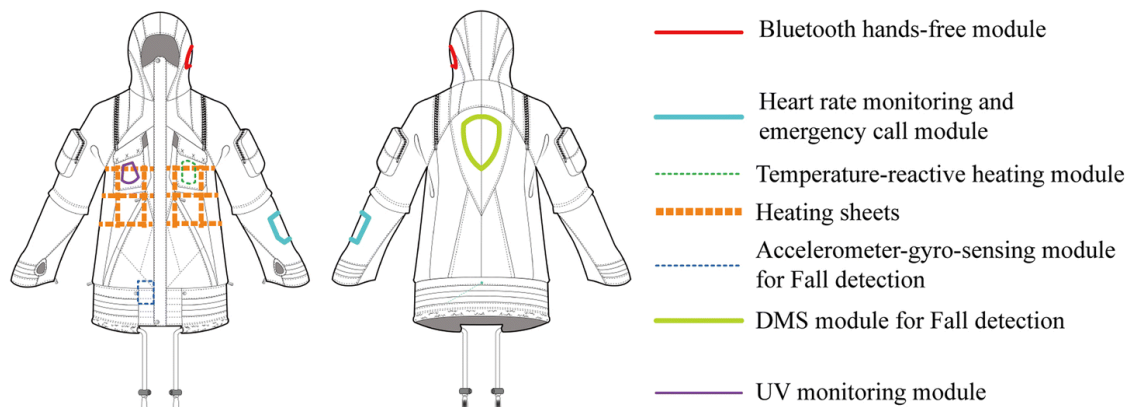


Slika 8: Primer uporabe pametne ure na gradbišču (Waters, 2023).

4.3.3 Pametni varnostni jopiči in jakne

Globalni sistemi za določanje položaja s pomočjo GPS so bili uporabljeni in se je njihova uporaba izkazala za smiselno ne samo v gradbeništvu, ampak tudi v ostalih panogah. Senzorji na jopičih lahko opozorijo delavce, ko se ti približujejo ali vstopijo v nevarno območje. Te je mogoče uporabljati skupaj z opremo, opremljeno z GPS. Zaznajo lahko nevarnost približevanja težke opreme in jo upočasnijo ter se tako izognejo varnostnim težavam. Ob pravilni uporabi lahko jopiči z geografskimi oznakami prepoznajo območja, kjer je dejavnost upočasnjena zaradi pogojev na lokaciji, omejitev virov in nevarnosti. Prejete podatke je mogoče uporabiti tudi za načrtovanje izboljšav (Pro Crew Software, 2021).

Poleg tega pa varnostni standardi ne temeljijo le na nevarnostih in varnostnih težavah, ki jih ima projektno mesto. Pomemben dejavnik je tudi počutje delavcev med delom. V vročih dneh je lahko vročina vzrok za nelagodje in zdravstveno stanje med delavci, kar lahko pripelje do nesreč. Morebitno nevarnost predstavljajo tudi poškodbe zaradi vročine. Hladilni brezrokavniki omogočajo gradbenim delavcem, da jim hladijo telo tudi v vročem in vlažnem okolju. V nasprotnem primeru pozimi, pa lahko pametni jopiči ali bunde vsebujejo tudi grelce, ki grejejo telo delavcev in tako preprečujejo podhladitve in prevelika temperaturna nihanja človeških teles (Pro Crew Software, 2021).

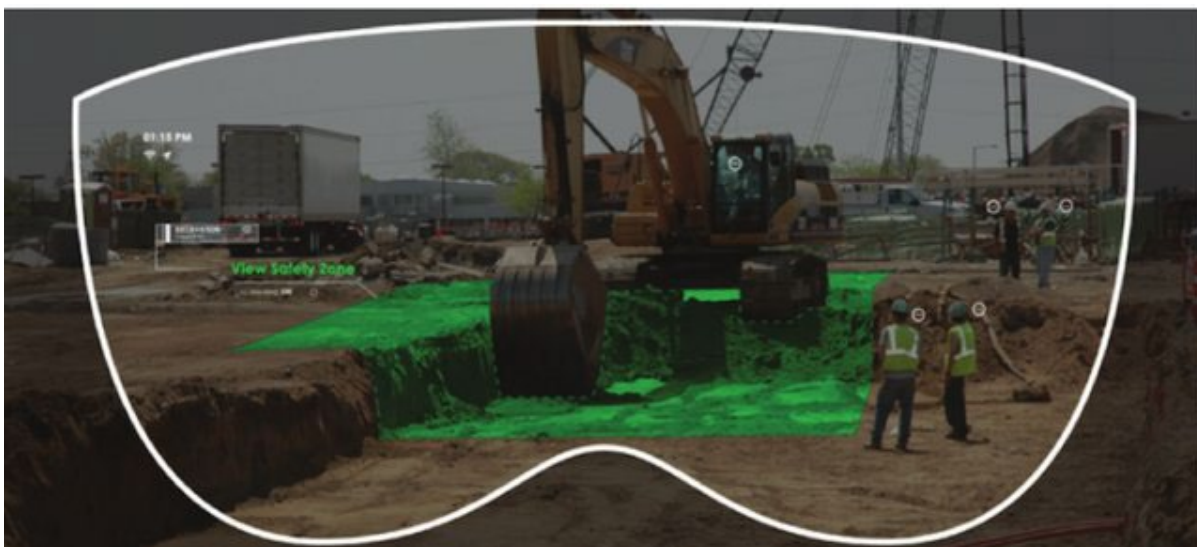


Slika 9: Primer pametne zaščitne jakne s sestavnimi deli (Lee in Baek, 2021).

4.3.4 Očala z razširjeno resničnostjo/AR očala

Čeprav obstajajo izzivi, ki jih AR predstavlja za varnost, so prednosti, ki jih prinašajo tovrstna očala bistveno večje. Preprosta zaščitna očala ščitijo delavce, pametna očala pa zagotavljajo tudi informacije o gradbišču samem in njegovem vsakodnevnem posodobljenem stanju. S kombinacijo računalniško ustvarjenih slik s fizičnim okoljem AR očala ščitijo uporabnikove oči in predstavljajo pomembne informacije o strukturi in varnosti. Ko se delavci premikajo po gradbišču, lahko v realnem času dobijo informacije o lokacijah nevarnosti in se jim tako izognejo.

AR očala lahko predstavijo tudi varnostna navodila in protokole neposredno v okolju delavca ter se lahko uporabljajo pri varnostnem usposabljanju delavca. Delavec, ki na primer upravlja s težkimi stroji, lahko s pomočjo pametnih očal dobi navodila za upravljanje stroja in posebnosti svoje naloge ter varnostna opozorila pri uporabi (Pro Crew Software, 2021).



Slika 10: Primer uporabe AR očal na gradbišču (Ahmed, 2019).

4.3.5 Pametni zaščitni čevlji

Da razvoj pametne varnostne opreme ne pozna meja, je pred kratkim dokazalo francosko podjetje Intellnium, ki je razvilo pametne in varnostne čevlje za delavce na gradbišču. Te čevlje je mogoče uporabiti za opozarjanje delavcev na nevarne razmere ali omogočiti delavcu, ki jih nosi, da pošlje pomoč le s pritiskom prsta na nogi. Opozorila in sporočila lahko pošlje uporabnik z uporabo aplikacije za pametni telefon. Čevlji imajo notranji senzor in zunanji senzor za potrditev in pošiljanje opozoril. V primeru da, da si uporabnik poškoduje nogo, lahko njegova roka še vedno seže na zunanji del čevlja in aktivira zunanji senzor. Čevelj je opremljen s sistemom vibracijskih motorjev, zvočnim efektom do 90 dB in LED lučmi, ki uporabnikom omogočajo medsebojno komunikacijo (Hedmond, 2018).



Slika 11: Primer pametnega obuvala podjetja Intellnium s sestavnimi deli (Hedmond, 2018).

4.4 Prednosti in izzivi pri uporabi IKT za namene varnosti v gradbeništvu

4.4.1 Prednosti

Fiziološke prednosti uporabe pametnih nosljivih naprav prinašajo podatke o delavčevem čustvenem dobrem počutju, utrujenosti, fizični obremenitvi in prepoznavanju drže. Nosljivi elektroencefalogrami (EEG) se uporabljajo za opazovanje ravni stresa, duševne izčrpanosti in čustvenih stanj s sledenjem in snemanjem vzorcev možganskih valov. Poleg tega so elektrokardiogrami (EKG) učinkoviti senzori, ki so nameščeni na prsnem košu in so namenjeni spremljanju srčnega utripa gradbenih delavcev. Elektrokardiogram, EEG in infrardeči temperaturni senzori so torej namenjeni spremljanju fizične utrujenosti delavcev v realnem času (Ibrahim, Simpeh in Adebawale, 2023).

Poleg teh senzorjev so v zaščitni pametni opremi lahko vgrajeni tudi senzori za prah lahko spremljajo ravni finega prahu in zaščitijo delavce pred prekomerno količino vdihanega prahu ter senzori dima, temperature zraka, zvoka ... (Ibrahim, Simpeh in Adebawale, 2023).

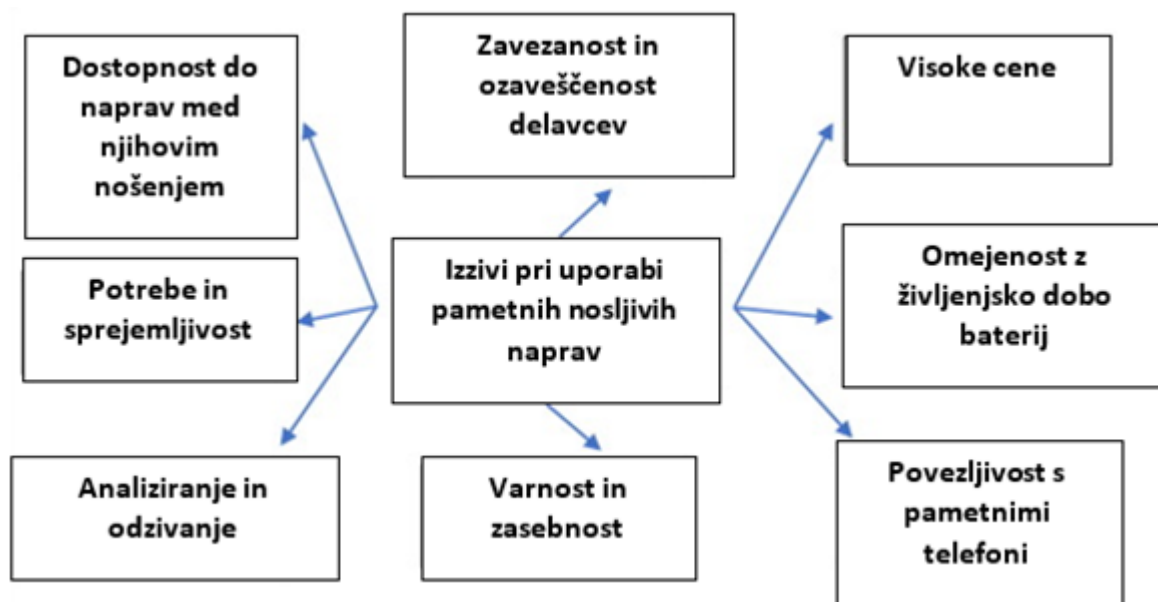
Nekatere prednosti uporabe pametnih nosljivih naprav so naslednje:

- spremljanje čustvenega počutja in utrujenosti,
- nadzorovanje ravni stresa, duševne izčrpanosti in čustvenega stanja,
- odkrivanje psiholoških težav,
- spremljanje srčnega utripa delavcev,
- spremljanje fizičnega stanja delavcev,
- nadzorovanje fizične obremenitve,
- zaznavanje nevarnih situacij na gradbišču,
- opozarjanje na nepredvidljive ovire,
- ocena tveganja padcev,

(Ibrahim, Simpeh in Adebowale, 2023).

4.4.2 Izzivi in ovire

Kljub zdravstvenim in varnostnim koristim nosljivih pametnih naprav, predstavlja uporaba tehnologije velike izzive. Študije poročajo o odporu delavcev do uporabe pametnih nosljivih naprav, kar vpliva na širšo uporabo tehnologije v gradbeništvu. Nekateri delavci so namenoma ignorirali obvestila in navodila o uporabi tehnologij in so našli načine, kako se izogniti uporabi tehnologije. Takšen odnos je verjetno posledica nevednosti in nepripravljenost delavcev do uporabe pametnih naprav (Ibrahim, Simpeh in Adebowale, 2023).



Slika 12: Izzivi uporabe pametnih nosljivih naprav (AL-Sahar, Przegalińska, Krzemiński, 2021).

Največjo oviro uvajanja pametnih naprav za namene varnosti delavcev v gradbeništvu predstavljajo stroški nabave. Poleg stroškov nabave pa so ovire tudi stroški usposabljanja, vzdrževanja in obratovanja. Poleg ovir, povezanih s stroški, imajo vlogo tudi kadrovski izzivi, na primer potreba po večjem zanimanju in dobro usposobljenem osebju. Problem je tudi v nenehnih spremembah pri upravljanju in zapletih (Ibrahim, Simpeh in Adebowale, 2023).

Ovire, ki trenutno že zaustavljajo popolno uporabo novih pametnih naprav za namene varnosti, so poleg zgoraj navedenih še:

- primernost in skrb za uporabo;
- pomanjkanje integracije z obstoječimi gradbenimi postopki in dejavnostmi;
- zdravstvena in varnostna vprašljivost;
- vzdržljivostni in operativni stroški;
- stroški izobraževanja in učenja uporabe;
- nejasno razmerje stroški – koristi;
- izzivi zagotavljanja oskrbe z električno energijo;
- izzivi upravljanja s podatki;
- pomanjkanje primerne informacijske tehnologije;
- neustrezna tehnološka razvitost;
- usklajenost zaposlenih.

(Ibrahim, Simpeh and Adebowale, 2023).

Odpravljanje zgornjih izzivov bi spodbudilo širšo uporabo pametnih naprav za namene varnosti. Da bi se dosegla večja in bolj učinkovita uporaba teh naprav, bi bilo je treba nenehno ugotavljati, ocenjevati in izboljševati njihov učinek dodane vrednosti.

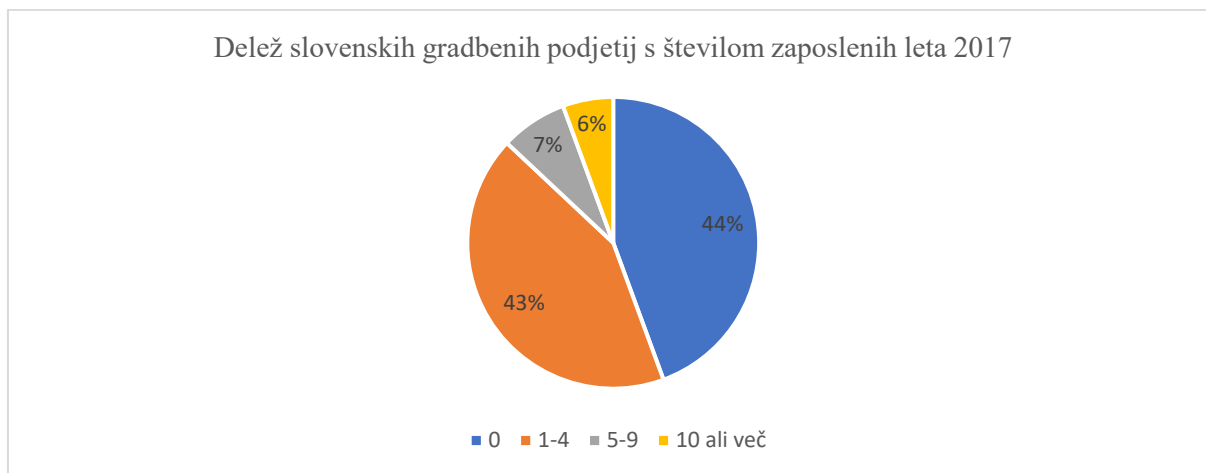
Obstajajo pomisleki glede odgovornosti (npr. pravni dostop do shranjenih varnostnih podatkov, če je vložena tožba), stroški kapitala in vzdrževanja, ter pomanjkanje spodbud in podpore zunanjih zainteresiranih strani (npr. strank, vlad, varnostnih regulativnih agencij in zavarovalnic). Da bi dosegli pravilno in ustrezno uporabo novodobnih nosljivih tehnologij za namene varnosti, bi bilo potrebno sprejeti ustrezne zakone in standarde za njihovo uporabo (Ibrahim, Simpeh in Adebowale, 2023).

5 STRATEGIJA UVEDBE PAMETNIH NOSLJIVIH NAPRAV

5.1 Statistika zaposlenih delavcev v slovenskih gradbenih podjetjih

Po podatkih statističnega urada je v Republiki Sloveniji gradbeni sektor leta 2018 zaposloval slabih 70.000 ljudi, kar ga je uvrščalo v sam vrh glede na število zaposlenih v posameznem sektorju.

Presenetljiv je podatek, prikazan na spodnji sliki, da je v skoraj 20.000 gradbenih podjetjih, največji delež podjetij bilo takšnih s samozaposlenimi osebami (Šulin Košar, 2019).



Slika 13: Delež slovenskih gradbenih podjetij s številom zaposlenih leta 2017 (Podatki: Šulin Košar, A. 2019).

Zgornji podatek predstavlja veliko problematiko iz stališča uvedbe pametnih nosljivih naprav v gradbeništvo, saj njihova uvedba za podjetja z manjšim številom zaposlenih predstavlja bistveno večji strošek. Poleg tega pa je pri majhnih podjetjih večji izziv pridobiti strokovnjaka, usposobljenega za učenje uporabe tovrstnih naprav. Dejstvo pa je, da večina manjših gradbenih podjetij na projektih izvaja podizvajalska dela in bi lahko pridobile znanje pravilne uporabe s pomočjo varnostnih inženirjev glavnih izvajalcev na posameznih projektih.

5.2 Strategija podjetja za uvedbo varnostnih pametnih nosljivih naprav

Da bi podjetje doseglo željeno učinkovitost uporabe informacijsko komunikacijskih tehnologij za namene varnosti in zdravja delavcev, bi se lahko procesa uvajanja in njihove učinkovite uporabe lotilo po postopku PDCA procesa nenehnega izboljševanja.

Cikel PDCA, znan tudi kot Shewhartov cikel, je ponavljajoča se metoda načrtovanja in upravljanja, ki se pogosto uporablja v organizacijah za nenehno izboljševanje procesov in izdelkov. Uporabnost metodologije PDCA za izboljšanje kakovosti se uporablja v proizvodnji, storitvah in drugih sektorjih. Sestavljen je iz štirih stopenj. To so načrtovanje, izvedba, kontrola in ukrepanje. (Nguyen, Chau in Tran, 2023).



Slika 14: PDCA proces nenehnega izboljševanja.

Nguyen, Chau in Tran (2023) navajajo naslednje faze in podfaze PDCA procesa, preko katerih lahko oblikujemo izvedbo postopka implementacije pametne varnostne zaščitne opreme za delavce:

1.) Načrtovanje (angl. »Plan«):

- Določitev ciljev uporabe: zmanjšanje nesreč na delovnem mestu, izboljšanje komunikacije med delavci in kvalitetnejša izvedba splošnih varnostnih ukrepov.
- Ocena trenutnega stanja: Ocena trenutne prakse izvajanja varnostnih ukrepov in uporabe varnostne opreme ter izvajanja varnostnih protokolov podjetja. Identificirati je potrebno ključne udeležence pri izvajanju trenutnih ukrepov, vključno z zaposlenimi, vodstvom in varnostnimi inženirji.
- Razvoj načrta za izvedbo: Potrebno je ustvariti podroben načrt, ki opisuje korake in časovnico za izvedbo ter določiti vloge in odgovornosti za vse, ki sodelujejo v procesu. Poleg tega, je treba izbrati primerne naprave glede na dejavnost in okolje, v katerem se določeni delavec nahaja.
- Usposabljanje in komunikacija: Razvoj ustreznega in obsežnega učnega programa, ki bo zaposlene podučil o primerni in varni uporabi pametne nosljive tehnologije. Delavce je potrebno seznaniti s prednostmi nove tehnologije in pridobiti njihovo zaupanje.

2.) Izvedba (angl. »Do«):

- a. Pilotna oziroma poizkusna izvedba: zaradi boljše celotne končne izvedbe, je potrebno začeti z majhnim pilotnim izvajanjem v nadzorovanem okolju. Na podlagi pilotne izvedbe se zbere povratne informacije, da se prepozna morebitne težave in področja za izboljšave.
- b. Namestitev tehnologije: Razširitev varnostne tehnologije pametnih naprav v širšem obsegu ter zagotovitev brezhibne integracije z obstoječimi varnostnimi protokoli in sistemi na gradbišču. Potrebno je pozorno spremljanje uvajanja tehnologije in takojšna odstranitev morebitnih težav.

3.) Kontrola (angl. »Check«):

- a. Spremljanje in vrednotenje: Redno spremljanje delovanja pametnih nosljivih varnostnih naprav in zbiranje podatkov o učinkovitosti ter zadovoljstvu uporabnikov. Poudarek je treba dati tudi na izzive, s katerimi se uporabniki soočajo.
- b. Analiziranje podatkov: Potrebno je analizirati in ocenjevati zbrane podatke za vrednotenje vpliva nove tehnologije na varnostne meritve ter ugotovitev trendov in področij njihove izboljšave.
- c. Zbiranje povratnih informacij: Zbirati je potrebno povratne informacije zaposlenih glede njihovih izkušenj z uporabo naprav in s pomočjo povratnih informacij prilagajati postopke izvajanja.

4.) Ukrepanje (angl. »Act«):

- a. Stalno izboljševanje: Na podlagi povratnih informacij in meritev uspešnosti je potrebno narediti prilagoditve izvedbe. To lahko vključuje posodobitve programske opreme, dodatno usposabljanje delavcev ali spremembe samih naprav.
- b. Povečanje: V primeru uspešne pilotne izvedbe, se lahko poveča uporabo pametnih nosljivih varnostnih naprav.
- c. Skladnost s predpisi: Potrebno je zagotoviti, da je izvedba v skladu z ustreznimi varnostnimi predpisi in standardi.
- d. Rešitev težav: Težave in izzive, ki se pojavijo med izvajanjem, moramo spremljati in jih sprotno reševati.

Z upoštevanjem cikla PDCA lahko gradbeno podjetje sistematično izvaja in izboljša uporabo varnostne tehnologije pametnih nosljivih naprav, kar vodi do izboljšanih varnostnih rezultatov in operativne učinkovitosti.

5.3 Načini in postopki uvajanja delavcev v uporabo pametnih nosljivih zaščitnih naprav za podjetja

Skladno s PDCA ciklom iz prejšnjega poglavja, se morajo podjetja lotiti uvajanja pametnih nosljivih varnostnih naprav in zaščitne opreme sistematično ter premišljeno.

Podjetje mora v fazi načrtovanja in priprave uvajanja IKT varnostnih naprav upoštevati in narediti podrobno oceno tveganja uporabe in najnevarnejših situacij, ki se lahko pripetijo na gradbiščih. V fazi načrtovanja je potrebno preučiti tudi standarde in predpise, ki veljajo na področju varnosti in zdravja pri delu. Na podlagi zbranih podatkov iz analize ocene tveganja in standardov ter predpisov, se določi cilje uvedbe pametnih varnostnih nosljivih naprav. Cilji so zmanjšanje nesreč pri delu in stroškov, ki nastanejo v povezavi z njimi ter večje zadovoljstvo in varno počutje delavcev. Preizkušanje izvedljivosti tehnologije je prav tako pomembno v fazi načrtovanja, saj bi morale vključevati temeljito laboratorijsko testiranje ali eksperimentalno vrednotenje sistema v simuliranih okoljih (nadzorovane nastavitve), preden tehnologijo prenesemo v realno okolje (Edirisinghe, 2019).

Fazi načrtovanja sledi faza razvoja in izbire naprav. Ne glede na to, kako zanesljiva, veljavna, posplošljiva in razširljiva je tehnologija, njena implementacija ne bo imela smisla, če je uporabniki ne bodo sprejeli in prispevali h končnemu cilju razvoja tehnologije. Zato je bistveno, da so uporabniki vključeni v proces razvoja tehnologije. Priporočljivo je, da so uporabniki sistema vključeni v proces razvoja tehnologije na dveh različnih stopnjah. Prva je pred začetkom razvojnega procesa, da se zajamejo potrebe uporabnikov, druga pa je med izvajanjem, da se preveri, ali sistem izpolnjuje njihova pričakovanja (Edirisinghe, 2019).

Pred začetkom uporabe naprav je potrebno temeljito izobraževanje zaposlenih o učinkoviti in varni uporabi. Izobraževanje naj vodi ustrezno usposobljen varnostni inženir ali drugi strokovnjak iz tega področja. Delavce je potrebno podučiti tudi o polnjenju in vzdrževanju naprav. Poleg delavcev, ki bodo uporabljali tovrstne varnostne naprave, pa mora biti ustrezno poskrbljeno tudi za integracijo z obstoječimi varnostnimi in komunikacijskimi sistemi. To vključuje tudi sinhronizacijo s programsko opremo za upravljanje projektov.

Ko je tehnologija implementirana in preizkušena v podjetju, je pomembno preizkusiti, ali sistem izpolnjuje cilje in pričakovanja uporabnikov. Odpravljati je potrebno morebitne težave, ki se lahko pojavijo med uporabo. S pomočjo povratnih informacij delavcev ter analize rezultatov učinkovitosti je potrebno stalno izboljševanje in prilagajanje. To se doseže tudi s posodabljanjem naprav in spremljanjem tehnološkega napredka na tem področju.

6 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo obravnavali problematiko varnosti in zdravja delavcev pri delu v gradbeništvu. Do nesreč na gradbiščih pogosto pride zaradi površnega upoštevanja varnostnih predpisov in standardov ter slabega nadzora delavcev pri upoštevanju zahtev nošenja varnostne opreme. Poleg nesreč, ki nastanejo zaradi omenjenih razlogov, pa bi nekatere nesreče pri delu lahko preprečili tudi z uporabo informacijsko-komunikacijskih tehnologij, ki so integrirane v pametno zaščitno opremo za delavce. Takšna zaščitna oprema bi lahko preprečila nesreče delavcev, ki nastajajo zaradi njihovega slabega fizičnega in psihičnega stanja, saj bi s pomočjo senzorjev merila njihovo stanje in ga z zvočnimi in vibracijskimi opozorili opozarjala na nevarnosti in nepravilnosti med delom na gradbišču. Poleg tega pa bi te naprave opozarjale tudi na fizične nevarnosti in ovire, ki lahko nastanejo med samim gibanjem delavca po gradbišču. S primerno uvedbo in ustrezno uporabo pametne varnostne zaščitne opreme med delavce na gradbišču, smo v diplomski nalogi raziskovali in predstavili rešitev za preprečevanje delovnih nesreč, ki nastanejo zaradi utrujenosti, previsokega srčnega utripa, premalo kisika in ostalih nepredvidljivih ovir, ki lahko nastanejo na delovišču.

V začetku diplomske naloge smo podrobno pregledali vse slovenske pravilnike in standarde, ki so zahtevani, da se delavcem vzpostavi varno in zdravju prijazno delovišče. Predstavili smo najpomembnejše predpise in standard, ki so pogoj za legalno delovanje slovenskih gradbenih podjetij.

V nadaljevanju smo raziskali statistiko varnosti pri delu v gradbeništvu. Prikazali smo seznam zgodovinsko znanih in nekaterih novejših gradbenih projektov, ki so zahtevali največ smrtnih žrtev pri delu. Največ zabeleženih žrtev je zahteval projekt izgradnje Panamskega kanala v začetku 20. stoletja. Zaskrbljujoč pa je tudi podatek, da se na seznamu nahaja nedavni projekt izgradnje stadionov za svetovno prvenstvo v nogometu v Katarju, ki bi moral zadostovati najnovejšim in najstrožjim standardom, kar se tiče varstva pri delu za delavce.

Pri številnih gradbenih projektih se varnost pogosto dojema kot nujen strošek in nekaj, kar mora biti vključeno v projekt, vendar pa podjetjem to čestokrat predstavlja izgubo denarja in časa. Nekatere študije v Združenih državah Amerike so pokazale, da so stroški neukrepanja veliko višji od stroškov preprečevanja s pomočjo preventivnih ukrepov. Raziskava ameriškega Sveta za nacionalno varnost (NSC – National Security Council) je pokazala, da vsak dolar, vložen v preventivo, prihrani 2 dolarja za obvladovanje posledic nesreč. NSC tudi ocenjuje, da vsaka preprečena poškodba ali bolezen delodajalcu prihrani 37.000 \$, vsaka preprečena smrtna nesreča pa 1.390.000 \$ (Graham, 2022).

V Republiki Sloveniji v obdobju zadnjih let število zaposlenih v gradbeništvu narašča. Kljub temu pa delež nesreč iz leta v leto rahlo upada. V primerjavi s povprečjem deleža nesreč, gledanega na 100.000 delavcev, ima Slovenija boljše rezultate od povprečja Evropske unije. Ti podatki kažejo na to, da Slovenija izboljšuje varnostne in zdravstvene pogoje ter zahteve za svoje delavce na gradbiščih. Kljub temu pa ostaja dejstvo, da je vsako število nesreč, bodisi s smrtnim izidom ali brez njega, še vedno previsoko, sploh če gradbeništvo primerjamo z drugimi dejavnostmi.

Kot rešitev za zmanjšanje poškodb in smrtnih nesreč pri delu smo v diplomski nalogi predstavili uporabo pametne nosljive varnostne opreme, med katero spadajo pametne varnostne čelade, jopiči, ure, očala, škornji in ostala zaščitna oprema, ki je opremljena s senzorji zaznavanja nevarnosti in ovir na gradbišču ter z merilniki fizičnega in duševnega stanja delavca med delom. Z uvajanjem pametne zaščitne opreme pa si lahko podjetja pomagajo s postopkom uvajanja po PDCA strategiji, ki je bil predstavljen v petem poglavju diplomske naloge. Podjetja si morajo v fazi načrtovanja implementacije pametne nosljive zaščitne varnostne opreme jasno začrtati cilje uporabe, ki vsebujejo zmanjšanje stroškov v povezavi z nesrečami pri delu in izboljšanje varnosti pri delu za svoje delavce. Potreben je tudi razmislek o tem, katero opremo uvajati prej in katero kasneje. V fazi izvedbe morajo delavce najprej teoretično izobraziti o pametni opremi, pri tem je primerno začeti z opremo, ki je že sedaj del osnovne obvezne zaščitne opreme za delavce na gradbišču, le da ima ta vgrajeno pametno tehnologijo, in da delavcu ne predstavlja prevelike ovire in motenja pri uporabi ter je cenejša od ostalih s podobnimi funkcijami. To so npr. pametne čelade, jopiči in škornji. Po uspešni uvedbi in podučanju delavcev o ustrezni uporabi pametne osnovne zaščitne opreme, se lahko za namene večje varnosti doda še pametna očala in uro, oziroma ostalo zaščitno opremo, ki je povezljiva s telefonom in predstavlja delavcem nekoliko večji izziv pri pravilni uporabi. Fazo izvedbe je treba ves čas kontrolirati in analizirati ter odpravljati morebitne tehnične napake in o njih opozarjati delavce.

Preučili smo tudi vse prednosti in izzive, ki jih prinašata implementacija in uporaba IKT tehnologij za namene varnosti delavcev pri delu. Glavne prednosti, ki jih prinaša tovrstna zaščitna tehnologija, so zmanjšanje poškodb med delom in s tem povezanih stroškov za podjetja, boljša zaščita in varnost delavcev ter večje zadovoljstvo zaposlenih. Izzivi, s katerimi se soočajo podjetja pred uvedbo pametne zaščitne opreme, so predvsem neizobraženost delavcev o uporabi, stroški in dostopnost pri nabavi, napake v sistemih izvedbe in polnjenje naprav.

Uspešna uvedba nosljivih IKT varnostnih naprav na gradbišča predstavlja pomemben korak pri obvladovanju tveganj v gradbeništvu. Na podlagi preučene teorije se je izkazalo, da se lahko s pomočjo pametne zaščitne opreme uspešno zmanjša tveganje za nastanek nesreč in se tako posledično izboljša statistika varnosti. Poleg tega pa se izboljšata tudi varno počutje in zadovoljstvo delavcev.

Nesreče pri delu v gradbeništvu lahko za več dni ustavijo dela in tako povzročijo velike finančne stroške in izgube tako za investitorje, kot tudi za izvajalce. Polega tega pa kvarijo ugled ozaveščenih investitorjev in njihovih podjetji, zato od izvajalcev zahtevajo izvedbo projektov brez zapletov in nesreč.

Za še večjo učinkovitost in izrabo teh naprav bi se z njimi lahko merilo tudi produktivnost in preko vgrajenih kamer izvajalo nadzor na gradbišču.

Ugotovitve nas pripeljejo tudi do spoznanja, da kljub visokim stroškom pametne zaščitne opreme, leta predstavlja nižji strošek v primerjavi s posledicami delovnih nesreč. V gradbeništvu morata biti varnost in življenje delavcev prioriteta, pri čemer ima zaščitna oprema ključno vlogo. Še več, če je ta oprema pametna in integrirana z informacijsko-komunikacijsko tehnologijo, se lahko pri zagotavljanju varnosti in produktivnosti na delovnem mestu še dodatno poveča njena učinkovitost.

VIRI

02: Število prijavljenih poškodb pri delu po gospodarski dejavnosti (SKD), spolu in starostnih skupinah, Slovenija, letno. 2023. Podatkovni portal (NIJZ).

https://podatki.nijz.si/pxweb/sl/NIJZ%20podatkovni%20portal/NIJZ%20podatkovni%20portal__1%20Zdravstveno%20stanje%20prebivalstva__08%20Po%20c5%a1kodbe__1%20Po%20c5%a1kodbe%20pri%20delu/PPD2.px/?rxid=7fe41752-8545-4d36-9490-d2bb100d3002 (Pridobljeno 25. 10. 2023.)

Ahmed, S. 2019. "A review on using opportunities of Augmented reality and virtual reality in construction project management," Organization Technology and Management in Construction An International Journal, 11(1), pp. 1839–1852.

<https://doi.org/10.2478/otmcj-2018-0012> (pridobljeno 27. 11. 2023.)

AL-Sahar, F. Przegalińska, A. and Krzemiński, M. 2021. "Risk assessment on the construction site with the use of wearable technologies," Ain Shams Engineering Journal, 12(4), str. 3411–3417.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447921001738?via%3Dihub>

(Pridobljeno 17. 11. 2023.)

Brauer, R. L. 2023. Safety and Health for Engineers.

https://books.google.si/books?hl=sl&lr=&id=CU9_EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=safety+on+construction+sites+around+the+world&ots=Knkasz5HCw&sig=Fd9SJ6sch1-FbbqTM4CUIj--Szc&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (Pridobljeno 14. 10. 2023.)

Delovno aktivno prebivalstvo po dejavnostih (SKD 2008) in kohezijskih regijah delovnega mesta. Statistični urad Republike Slovenije (SURS).

<https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/0775402S.px/table/tableViewLayout2/>

(Pridobljeno: 12. 12. 2023.)

Edirisinghe, R. 2019. "Digital skin of the construction site: Smart sensor technologies towards the future smart construction site," *Engineering construction and architectural management*, 26(2), str. 184–223.

<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ECAM-04-2017-0066/full/html#sec003>

(Pridobljeno 15. 11. 2023. in 17. 12. 2023.)

González García, M. N. et al. 2021. "Construction's health and safety Plan: The leading role of the main preventive management document on construction sites," *Safety science*.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753521002812?via%3Dihub>

(Pridobljeno 15. 10. 2023.)

Graham, T. 2022. The direct and indirect costs of construction injuries, KPA.

<https://kpa.io/blog/the-direct-and-indirect-costs-of-construction-injuries/> (Pridobljeno 9. 1. 2024.)

Great Wall of China. 2010. HISTORY.

<https://www.history.com/topics/ancient-china/great-wall-of-china> (Pridobljeno 30. 11. 2023.)

Hedmond, S. 2018. Are you ready for a smart safety boot on the jobsite?, *Construction Junkie*.

<https://www.constructionjunkie.com/blog/2018/5/20/are-you-ready-for-a-smart-safety-boot-on-the-jobsite> (Pridobljeno 29. 11. 2023.)

Hegeman, K. 2019. *Forconstructionpros.com*.

<https://www.forconstructionpros.com/blogs/construction-toolbox/blog/12096401/looking-back-on-the-worlds-deadliest-construction-projects> (Pridobljeno 2. 11. 2023.)

Ibrahim, K., Simpeh, F. and Adebawale, O. J. 2023. "Benefits and challenges of wearable safety devices in the construction sector," *Smart and sustainable built environment*.

<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/SASBE-12-2022-0266/full/html> (Pridobljeno 30. 11. 2023.)

Lee, H. and Baek, K. 2021. "Developing a smart multifunctional outdoor jacket with wearable sensing technology for user health and safety," *Multimedia tools and applications*, 80(21–23), str. 32273–32310
<https://doi.org/10.1007/s11042-021-11166-7> (pridobljeno 26. 11. 2023.)

MDDSZ Varnost v gradbeništvo - Najpomembnejše določbe iz predpisov, ki določajo zahteve za varno delo na gradbišču. 2008. Gov.si.

http://www.osha.mddsz.gov.si/gradbenistvo/INDEX47B7.HTM?option=com_content&task=view&id=11&Itemid=14 (Pridobljeno 28. 11. 2023.)

Pro Crew Software. 2021. "9 construction wearable technology redefining site safety," PRO CREW SCHEDULE

<https://procrewschedule.com/9-construction-wearable-technology-redefining-site-safety/>

(Pridobljeno 20. 11. 2023.)

Raheem, A. A. and Hinze, J. W. 2014. "Disparity between construction safety standards: A global analysis," *Safety science*, 70, strani. 276–287.

<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.06.012> (Pridobljeno 10. 11. 2023.)

Sistem vodenja varnosti in zdravja pri delu: SIST ISO 45001:2018 (prevod v slovenščino). 2016. SIST.

<https://www.sist.si/sistem-vodenja-varnosti-in-zdravja-pri-delu-sist-iso-450012018-prevod-v-slovenscino.html> (Pridobljeno 30. 10. 2023.)

Stannard, L. 2020. 6 Innovative Construction Wearables Reshaping Safety, Bigrentz.com

<https://www.bigrentz.com/blog/construction-wearables> (Pridobljeno 21. 11. 2023.)

Šulin Košar, A. 2019. Slovensko gradbeništvo še ni doseglo predkriznih časov, Stat.si.

<https://www.stat.si/StatWeb/news/Index/8278> (Pridobljeno 1. 12. 2023.)

Varnost in zdravje pri delu. 2021. Portal GOV.SI.

<https://www.gov.si/podrocja/zaposlovanje-delo-in-upokojitev/varnost-in-zdravje-pri-delu/> (Pridobljeno 15. 10. 2023.)

Nguyen, V., Chau, C. K. B. and Tran, T. 2023. "PDCA from theory to effective applications: A case study of design for reducing human error in assembly process," *Advances in operations research*, 2023, str. 1–9

<https://doi.org/10.1155/2023/8007474> (Pridobljeno 26. 12. 2023.)

Zakon o varnosti in zdravju pri delu ZVZD-1 (Uradni list RS, št. 43/11). 2011

<http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO5537> (Pridobljeno 23. 10. 2023.)

Waters, L. 2023. Reactec launches R-Link smart watch, Hsereview.com.

<https://hsereview.com/clothing-accessories/reactec-launches-r-link-smart-watch>

(Pridobljeno 20. 11. 2023.)