

DEFINISANJE ČELIČNE KONSTRUKCIJE VAKUUM POSTROJENJA PO ERGONOMSKIM STANDARDIMA

DEFINING THE STEEL CONSTRUCTION OF VACUUM PLANT ACCORDING TO ERGONOMIC STANDARD

Nadija Okan, dipl. inž. maš.
Zenica

Dr. Damir Ćurić, docent
P.J. „Novi život“ Zenica
Zenica

Dr. Fuad Hadžikadunić, vanredni profesor
Mašinski fakultet Univerziteta u Zenici
Zenica

REZIME

Cilj rada je isticanje značaja i uloge ergonomske projektovanja u cilju sprječavanja i reduciranja opasnosti od povreda radnika, te pronalaženje adekvatnih projektnih rješenja prilagođenih sposobnostima radnika u skladu sa ergonomske standardima. Čelična konstrukcija, koja je prikazana u radu, je dio Vakuuma postrojenja za degazaciju tečnog čelika. Definisanjem čelične konstrukcije po ergonomske standardima postiže se povećanje produktivnosti i efikasnosti proizvodnje, kao i bezbjednost i operativnost radnika ili operatera pri njegovom radu. U ovom radu dat je prikaz ergonomske prilagođenog rješenja elemenata složenog sistema radniku (čelična konstrukcija, stepenice i penjalice), sa aspekta postizanja operativnosti i sigurnosti radnika prilikom opsluživanja sistema ili održavanja njegovih elemenata.

Ključne riječi: ergonomija, ergonomske projektovanje, čelična konstrukcija, ventili, stepenice, penjalice.

SUMMARY

The aim of the paper is to emphasize the importance and role of ergonomic design in order to prevent and reduce the danger of worker injuries and to find adequate project solutions adapted to the workers' abilities in accordance with ergonomic standards. The steel construction, which is shown in the paper, is part of the Vacuum Plant for Liquid Steel Degassing. By defining the steel construction according to ergonomic standards, productivity and efficiency of production is increased as well as the safety and efficiency of the worker or operator during his work. This paper gives an overview of the ergonomically adapted solution of the elements of the complex system to the worker (steel construction, stairs and ladders), from the aspect of achieving bigger operational and safety performance of the workers during the service of the system or maintenance of its elements.

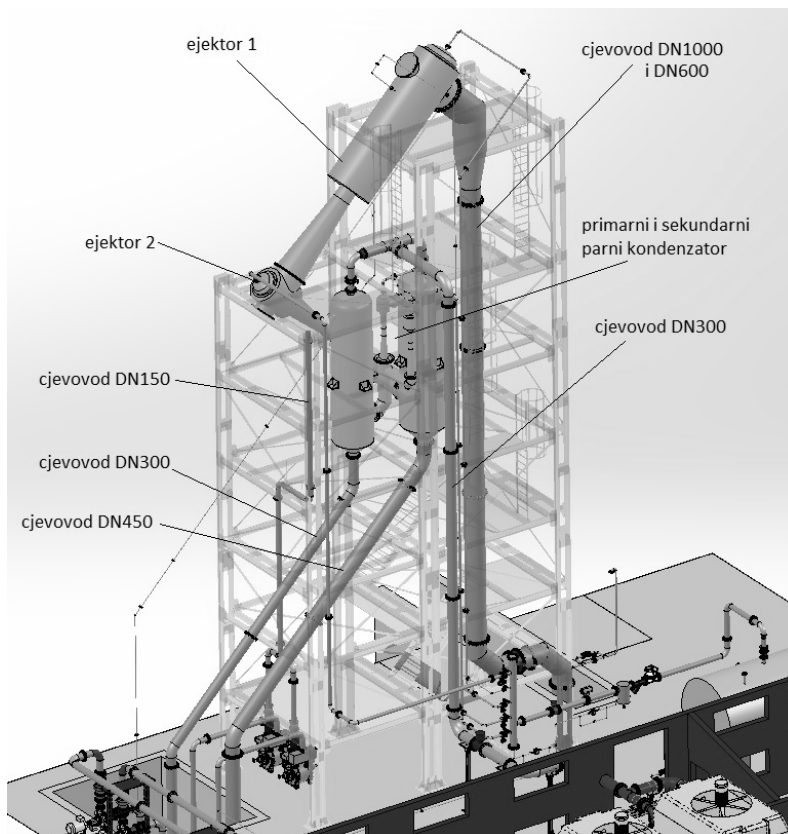
Keywords: ergonomics, ergonomic design, steel construction, valves, stairs, ladders.

1. UVOD

Ergonomija je nauka koja se bavi prilagođavanjem dizajna proizvoda ljudskom tijelu. Navedeno podrazumijeva prilagođavanje mašina, alata, ljudskim bio-psiho-socijalnim ograničenjima i zahtjevima. Sa ovog gledišta može se zaključiti da je cilj ergonomije da razvoj tehnike bude prilagođen čovjeku, na takav način da olakšava njegov rad. Uloga ergonomije u projektovanju je smanjenje mogućnosti ozljeda operatora, te prilagođavanje cijelog projekta mogućnostima, ograničenjima i zahtjevima ljudi. Ovakvim projektovanjem krajnji proizvod ne iziskuje dodatne troškove u cilju omogućavanja sigurnog rada operatora, odnosno, troškovi projekta se neće povećati. Vođe projekta kao i izvršioци sa obukom iz ergonomije preuzimaju odgovornost za primjenu svih ergonomskih rješenja, te upravljaju projektom. Nakon osmišljavanja projekta, projektanti sa iskustvom mogu da kreiraju viziju kako će neka proizvodnja izgledati, odnosno funkcionisati. Zatim se toj viziji pristupa sa ergonomskog aspekta u cilju određivanja da li će takva izvedba proizvodnje biti komplikovana, odnosno da li će operatori moći raditi u takvoj proizvodnji. Na ovakav način se preispituju: radno okruženje (buka, vibracije, osvjjetljenje, klima...), radni prostor, radno opterećenje, uticaj na operatora, sigurnost, itd.

2. OPIS KONSTRUKCIJE

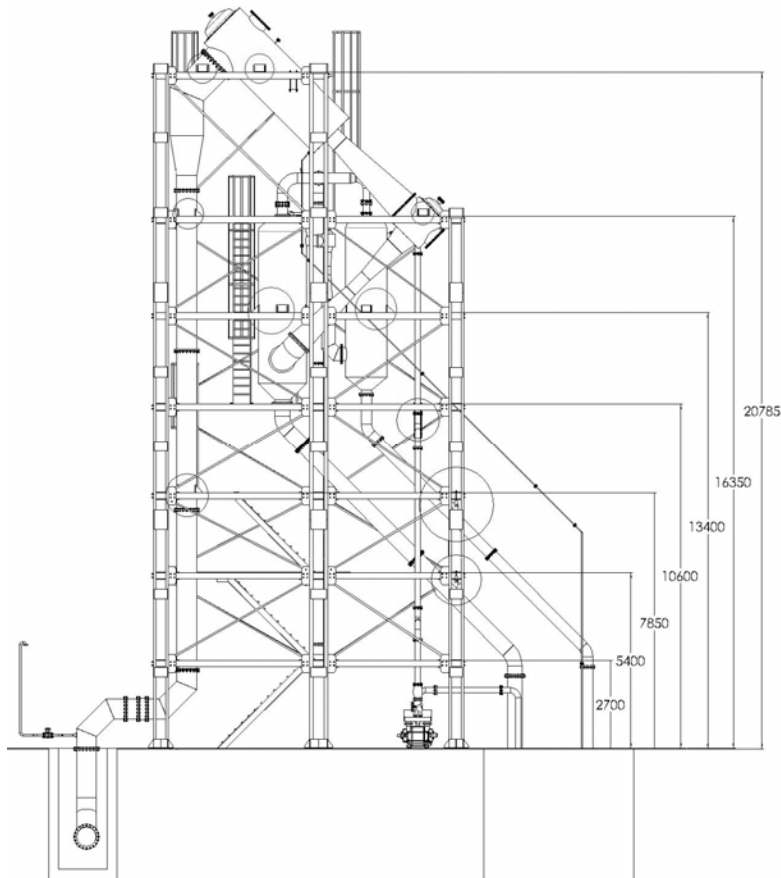
Funkcija čelične konstrukcije je da preuzme i izdrži opterećenje ejektora, kondenzatora i različitih cjevovoda omogućavajući stabilnost i siguran rad sistema, slika 1.



Slika 1. Čelična konstrukcija sa nosećom opremom

Čelična konstrukcija se sastoji iz U profila 200 i 300, kao i L profila 50. Ona ima 4 krajnja nosača kojeg čine U profil 200 i dva središnja nosača kojeg čine U profil 300. Svaki nosač je sastavljen od dva U profila, jedan nasuprot drugom, koji su opet sastavljeni pločicama na određenim dužinama, slika 2. Konstrukcija se montira vijcima M20x60, a zatim zavaruje. Projektuje se u tri dijela, gdje je svaki dio visine 7000 [mm]. Prilikom definisanja grubog oblika konstrukcije treba se obratiti pažnja na već unaprijed određena mjesta spajanja ejektora i kondenzatora na konstrukciju. Kondenzatori su podignuti na visinu od 10500 [mm] po zahtjevu proizvođača. Također, sa slike 2. se mogu vidjeti i visine svakog nivoa. Minimalna visina svakog nivoa je cca 2500 [mm], čime se ispunjavaju ergonomске norme, [1]. Budući da predmetna konstrukcija već ima određena mjesta spajanja sa ejektorima i kondenzatorima, smanjena je sloboda za prilagođavanje visine svakog nivoa.

Na prvi, drugi i treći nivo radnik pristupa stepenicama. Zbog složenosti samog sistema i ograničenosti u prostoru, za pristup ostalim nivoima se definišu penjalice po ergonomskim standardima.



Slika 2. Mjesta spajanja čelične konstrukcije i sistema

Na slici 2., krugovima su označena unaprijed određena mjesta spajanja konstrukcije sa ejektorima, kondenzatorima i cjevovodom.

3. DEFINISANJE VISINA POSTAVLJANJA VENTILA

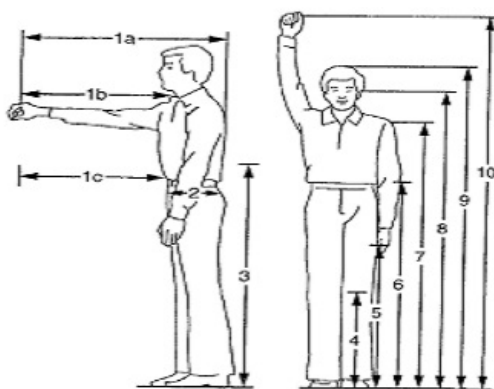
Svaki ventil prilikom projektovanja mora se podići na određenu visinu koja odgovara antropometrijskim dimenzijama radnika prilikom rada, odnosno ne utiče na mišiće radnika prilikom rada. Svrha ventila u ovom sistemu je regulisanje protoka različitih fluida (voda, para, zrak, argon) u cilju obezbjeđivanja ispravnog rada sistema. Visine postavljanja ventila su date u tabeli 1.

Tabela 1. Visine postavljanja ventila u odnosu na nivo mjerenja

DN ventila	Vrsta ventila	Visina postavljanja ventila [mm]	Nivo mjerenja	Radni medij	Radni pritisak [bar]	Radna temperatura [°C]
DN600	leptirasti	1210	0	argon	4	
DN300	leptirasti	343	6	voda	6	21
DN200	leptirasti	498	6	voda	6	21
DN150	nepovratni	1275	0	para	15	375
DN150	kuglični	1547	0	para	15	375
3/4"	kuglični	1393	5	voda	2	40

3.1. Antropometrijske dimenzije radnika prilikom rada

Budući da proizvođači ejektora i kondenzatora zahtijevaju da se oni podignu na visinu od 10500 [mm] u cilju osiguravanja ispravnog rada, te da su na osnovu njihovih oslonaca unaprijed definisane visine petog, šestog i sedmog nivoa, smanjenjena je mogućnost planiranja ergonomskog pristupa ventilima. Na slici 3. su prikazane neke osnovne pozicije koje operator izvodi prilikom rada.



Slika 3. Česte pozicije prilikom rada, [3]

Prema visini zgloba i visini ramena može se zaključiti da je najpovoljnije da se objekat s kojim operator treba rukovati nalazi između 714 – 1499 [mm] za muškarce i 640 – 1387 [mm] za žene. Zbog već unaprijed određenog petog, šestog i sedmog nivoa dobijaju se i određene visine ventila DN300, DN200 i 3/4". Pozicije prva dva ventila se nalaze u nepovoljnom položaju, dok pozicija trećeg ventila odstupa za samo 6 [mm] od visine ramena kod žena, što se može tolerisati.

Tabela 2. Antropometrijske dimenzije, [3]

Oznaka	Muškarci [mm]	Žene [mm]
1a	777 – 879	704 – 780
1b	640 – 726	592 – 658
1c	531 – 709	538 – 671
2	213 – 254	188 – 229
3	1011 – 1118	942 – 1090
4	427 – 483	396 – 442
5	714 – 795	640 – 721
6	1059 – 1151	991 – 1062
7	1377 – 1499	1250 – 1387
8	1582 – 1704	1458 – 1570
9	1679 – 1811	1560 – 1681
10	2012 – 2179	1905 – 2078

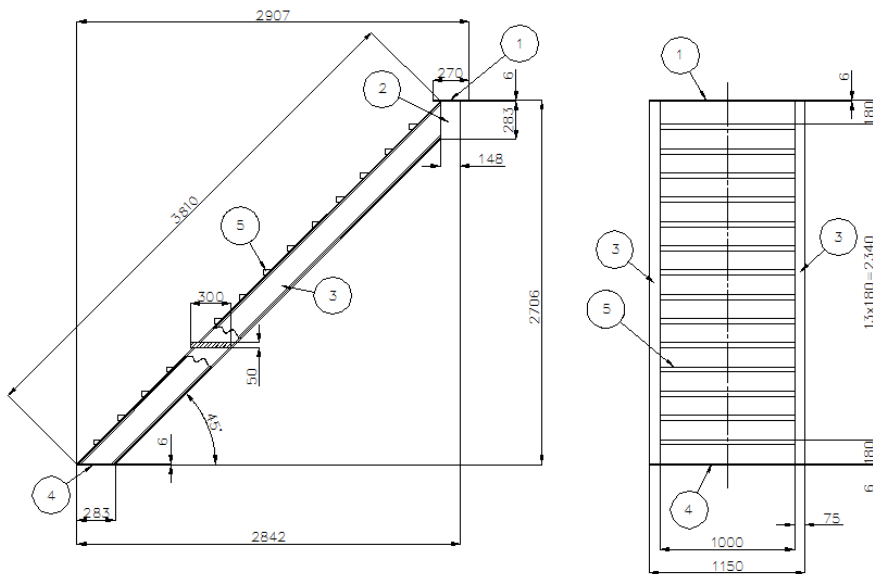
Na osnovu antropometrijskih dimenzija datih u tabeli 2. zaključuje se da se ventilima DN300 i DN200 može manipulirati iz čučecog položaja. Shodno tome, nema potrebe da se cjevovodi sa ovim ventilima izmjenjuju, te da se izlaže novim troškovima. Međutim, ako je u pitanju radno mjesto na kojem operator mora biti duže vremena u ovakvom položaju onda je nužno promijeniti raspored elemenata ili raspored vršenja zadataka u cilju izbjegavanja monotonijske ili oštećenja mišića.

Nepovratni ventili DN150 se nalaze u povoljnom položaju, dok se kuglični ventili DN150 nalaze u položaju koji nije odgovarajući. Visina kugličnih ventila se ne može promijeniti jer se oni spajaju za nepovratne ventile, a nepovratni ventili za vakuum pumpu. Visina kugličnih ventila je manja od visine dohvata, što znači da mu, iako je ventil u nepovoljnom položaju, operator može pristupiti. Držanje ruku iznad glave duže od nekoliko minuta je klasični primjer statičkog opterećenja koje utiče na mišiće ramena. Budući da zamjena kugličnih ventila DN150 traje svega par minuta neće doći do opterećenja mišića pod utjecajem rada. U slučaju da operator vrši ovakav posao duže vremena, tada je potrebno da zamijeni orijentaciju radnog područja ili da koristi dodatni alat za proširenje alata.

Ventil DN600 se nalazi na visini povoljnoj za rad operatora. Zbog njegove težine neophodno je da se zamjena ventila vrši pomoću dodatnih mašina.

4. STEPENICE

Na slici 4. su prikazane prve stepenice sa svim svojim dimenzijama i dijelovima. Sa slike se vidi da je ukupna visina stepenica 2700 [mm], a ukupna dužina 2842 [mm]. Stepenice male visine mogu da uzrokuju pad, pogotovo ako je visina manja od 100 [mm]. Ako je visina stepenice veća od 220 [mm], onda će takve stepenice izazvati neugodnost prilikom kretanja po njima. Sa prethodne slike se vidi da je visina svake stepenice 180 [mm], čime one ispunjavaju ergonomijske standarde, prema [6]. Dubina gazišta svih stepenica je 300 [mm], što ispunjava ergonomijske standarde. Dubina gazišta stepenice treba da pruži odgovarajuću potporu stopalima, odnosno da se barem dio pete čvrsto osloni na svaki korak pod pravim uglom. Dublje gazište pruža odgovarajuću potporu svim ljudima, pogotovo prilikom nošenja tereta, bez potrebe za balansiranjem. Horizontalni razmak između dvije stepenice manji od 200 [mm] ne može pružiti dovoljnu potporu nozi, a veći od 300 [mm] obično je neugodno koristiti.



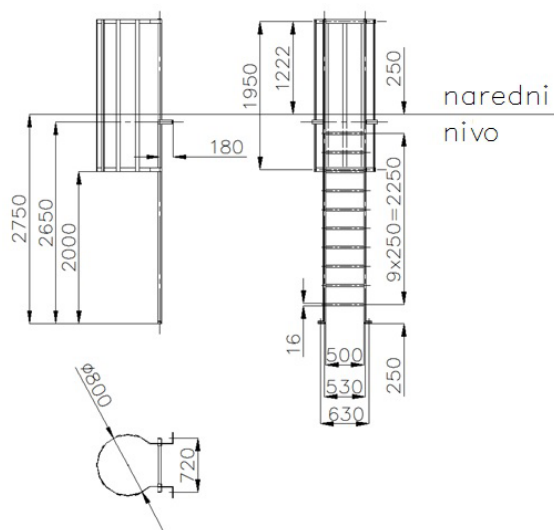
Slika 4. Stepenice

Minimalna širina stepenica mora biti 600 [mm] za povremeni jednosmjerni promet, 800 [mm] za redovni jednosmjerni promet i za redovni dvosmjerni promet 1000 [mm], [6]. Industrijske stepenice namjenjene za dvosmjerni redovni promet, omogućavaju istovremeni prolaz dvije osobe, kao i za jednu osobu koja nosi neki teret, pa im je dužina 1000 [mm]. Nagib stepenica je 45 [°], što prema [7] spada u prihvatljiv nagib. Budući da se radi o stepenicama koje privremeno koristi manji broj ljudi, ovakav nagib zadovoljava ergonomske norme.

Prostor iznad stepenica u potpunosti je slobodan, što odgovara navedenim ergonomskim standardima. Stepenice, odmorišta i prolazi trebaju da imaju zaštitnu ogradu s obe strane. Rukohvati se projektuju gdje god je visina slobodnog prostora veća od 500 [mm], što u konkretnom slučaju postoji na svim stepenicama.

5. PENJALICE

Na slici 5. su prikazane prve penjalice sa svojim dimenzijama. Sa slike 5. se vidi da je nagib penjalica 90 [°], što prema [7] spada u prihvatljivi nagib penjalica. Prečke penjalica su okruglog profila prečnika 16 [mm] na razmaku od 250 [mm]. Dužina prečki je 500 [mm], što znači da one ispunjavaju ergonomske standarde. Ukupna visina penjalica 3972 [mm], prema čemu nije neophodna ledna zaštita. Ove penjalice se nalaze na trećem nivou, pa sa slike 2. se vidi da se nalaze na visini od 7850 [mm], zbog čega se ledna zaštita postavlja iz dodatnih sigurnosnih razloga. Unutrašnji prečnik lukova je 800 [mm], što opet zadovoljava već navedene standarde. Udaljenost lukova je 1950 [mm] što je veće od preporučene dimenzije, što se opet može tolerisati uzimajući u obzir da je ledna zaštita samo oblik pojačane mjere opreza. Pored toga, pljosnate vertikale koje se spajaju za lukove, također se bočno spajaju za konstrukciju u visini gorenjeg nivoa, odnosno na visini 2750 [mm].



Slika 5. Penjalice

Takvom izvedbom se osigurava još jedno dodatno ojačanje između ova dva luka, čime se može tolerisati odstupanje od ovog ergonomskog standarda. Sa slike 5. se može zaključiti da se za lukove spaja 7 pljosnatih vertikala, na međusobnoj udaljenosti od 250 [mm]. Penjalice se spajaju za čeličnu konstrukciju na visini od 2650 [mm] i udaljenosti od 180 [mm], što ispunjava ergonomske standarde. Stranice ljestava, kao i ledna zaštita su produžene 1222 [mm] iznad prilaza nivou, što ispunjava ergonomske standarde.

6. ZAKLJUČAK

Zadatak ovog rada je prilagođavanje rada i radnog okruženja na čeličnoj konstrukciji, čovjeku. Prednost rješenja ove konstrukcije, koja je kreirana u skladu sa ergonomskim zahtjevima, je njena prilagođenost radniku. Visine pojedinih nivou omogućavaju dovoljan zračni prostor za slobodno kretanje prilikom obavljanja rada. Način rada i definisane pozicije radnika prilikom zamjene ventila omogućavaju siguran rad koji ne opterećuje mišiće radnika. Ergonomski definisane stepenice i penjalice omogućavaju adekvatnu potporu stopalu, peti i nozi, kao i siguran prelazak sa jednog nivou na drugi.

Zbog ograničenosti u prostoru, pristup četvrtom, šestom i sedmom nivou se omogućava penjalicama. Pristup prvom, drugom i trećem nivou se omogućava stepenicama koje imaju različite visine svake stepenica, što je uticaj različitih visina tih nivou, kao i definisanje mjesta za postavljanje nosača. Zadatak je bio da se ovom problemu treba pristupiti sa ergonomskog aspekta prije određivanja pozicija i dimenzija glavnih nosača. Time bi se pristup svakom nivou mogao omogućiti stepenicama iste visine svake stepenice. Takav transportni put doprinosi većoj sigurnosti, udobnosti i produktivnosti. Pristup sedmom nivou je definisan samo zato što se sa šestom nivou ne može pristupiti ventilu na sekundarnom kondenzatoru na istom nivou.

Na ovako definisanoj konstrukciji, uzimajući u obzir njene prednosti i nedostatke bilo je potrebno definisanje alternativnog transportnog puta, postavljanje neklizajućih traka na svakoj stepenici, kao i svjetlećih oznaka koje bi označavale smjer izlaza.

Pored toga, neohodno je obezbijediti umjetnu rasvjetu na svakom nivou kojem radnik pristupa, po ergonomskim standardima.

U slučaju nestanka umjetne rasvjete, radnik bi bio izložen velikom riziku, pa je potrebno obezbijediti i dodatnu sigurnosnu rasvjetu odgovarajućeg intenziteta.

U gore navedenom smislu, sa ergonomskog aspekta, ovim radom definisane su dimenzione karakteristike i elementi čelične konstrukcije složenog postrojenja, tabela 3.

Tabela 3. Stavke definisane ergonomskim standardom

Stavka	Opis	
Način dohvata ventila	Stojeći položaj, ruke ispružene ispred tijela (kuglični ventil 3/4", nepovratni ventili DN150, leptirasti ventil DN600); Stojeći položaj, ruke ispružene poviš glave (kuglični ventil DN150); Čučajući položaj, ruke ispružene ispred tijela (leptirasti ventili DN200 i DN300);	
Stepenice	Kategorija	polu – javne
	Ukupna visina stepenica	2700 [mm];
	Ukupna širina stepenica	2842 [mm];
	Visina stepenice	180 [mm];
	Dubina gazišta stepenice	300 [mm].
	Horizontalni razmak stepenice	180 [mm];
	Dužina stepenica	1000 [mm].
	Nagib stepenica	45 [°].
Promet	dvosmjerni, redovni.	
Penjalice	Nagib penjalica	90[°]
	Dimenzije prečke	prečnik 16 [mm]; dužina 500 [mm]; razmak između prečki 250 [mm];
	Visine penjalica	3972 [mm];
	Lukovi	unutrašnji prečnik lukova 800 [mm]; razmak vertikala 250 [mm]; razmak između lukova 1950 [mm];
	Spajanje za konstrukciju	udaljenost od konstrukcije 180 [mm]; spajanje na visini 2550 [mm];
	Produžetak penjalica iznad nivo	1222 [mm];

7. LITERATURA

- [1] Narodne novine 29/2013; Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada,
- [2] International Labour Organization; Your health and safety at work,
- [3] Van Cott H.P.; Civilian Anthropometry Data Bases; National Bureau of Standards; Washington D.C.; 1980 god.,
- [4] Neufert E.; Elementi arhitektonskog projektiranja; Golden marketing; Zagreb; 2002. god.,
- [5] Human factors / Ergonomics handbook for the design for ease of maintenance; U.S. Department of Energy; Washington D.C.; 2001.,
- [6] IPS; Engineering standard for industrial stairs, ladders, platforms and scaffolds; Iranian Ministry of Petroleum; 2003.,
- [7] Kroemer K.H.E., Grandjean E.: Prilagođavanje rada čovjeku: Ergonomski priručnik, Naklada Slap, Sveučilište u Splitu, Split, 2000. god.,
- [8] Openshaw S., Taylor E.; Ergonomics and Design – A Reference Guide; Allsteel Inc., 2006. god.
- [9] Risk Factors; Environmental Health and Safety; Iowa State University of Science and Technology,
- [10] Zakon o sigurnosti i zdravlju na radu; FBiH, Vlada; Sarajevo; 2013 god.,
- [11] Zakon o zaštiti na radu RS; Službeni glasnik RS br. 1/08.