

ODRŽAVANJE I UČINAK STROJEVA NA GRADILIŠTIMA

MAINTENANCE AND EFFECT OF MACHINES WORKED ON CONSTRUCTION SITE

**Držislav Vidaković¹,
Zlatko Lacković¹, Milan
Ivanović²**

¹University J. J.
Strossmayer in Osijek,
Faculty of Civil
Engineering, Osijek
²Panon – Institute for
strategic studies, Osijek

Ključne riječi:
građevinski strojevi
troškovi, održavanje,
planiranje, učinak

Keywords:
construction machinery,
costs, maintenance,
planning, effect

Paper received:
10.04.2017.

Paper accepted:
16.06.2017.

Rad sa konferencije

REZIME

U radu je pojašnjeno značenje i važnost učinka građevinskih strojeva obzirom na specifičnosti njihove uporabe. Opisani su načini organizacije aktivnosti održavanja strojeva na gradilištima i ukazano je na utjecaj koji to ima na njihov učinak. Naglašene su mogućnosti unaprjeđenja postojeće prakse izvođača građevinskih radova i istaknuta je potreba praćenja ostvarenih učinaka i izrade i kontinuiranog ažuriranja internih baza podataka koji su podloga za planiranje i odlučivanje o realizaciji mehaniziranih radova.

Conference paper

SUMMARY

The paper explained meaning and importance of the impact of construction machinery due to the specifics of their use. Describes how organization of maintenance activities of machines on construction sites and points to the impact this has on their performance. Accent was placed on possibilities of improving existing practice of building contractors and emphasized need for monitoring of achieved results, development and continuous updating of internal databases which are basis for planning and decision-making on implementation of mechanized work.

1. UVOD – SPECIFIČNOSTI UPORABE I ODRŽAVANJA STROJEVA NA GRADILIŠTIMA

Strojno izvođeni procesi često su kritični za rokove i imaju veliko učešće u realizaciji građevinskih projekata, pogotovo kod niskogradnje i novogradnje (najviše za zemljane i betonske radove).

Građevinska mehanizacija ima niz bitnih posebnosti u odnosu na uporabu i održavanje strojeva u industrijskim pogonima, a postoje i izvjesne sličnosti sa strojevima u nekim drugim djelatnostima (npr. rudarstvu, šumarstvu i brodogradnji). Uporabu strojeva na gradilištima najviše karakterizira:

- različite karakteristike obavljanih poslova tijekom uporabnog vijeka i promjenjivi uvjeti rada (svaki projekt je jedinstven);
- rad na radnim mjestima privremenog karaktera (promjena mjesta rada – od gradilišta do gradilišta, a i na jednom gradilištu često više mjesta rada);

1. SPECIFICS OF USE AND MAINTENANCE OF MACHINES WORKED ON CONSTRUCTION SITES

Machine performed processes are often critical for deadlines and have a lot participation in implementation of construction projects, especially in engineering and new construction (up by earth and concrete works). Construction machinery has a number of important special features in relation to use and maintenance of machines in industrial plants, and there are certain similarities with machines in other industries (e.g. mining, forestry and shipbuilding). Usage of machines on building sites most is characterized by:

- Various characteristics of completed tasks over lifetime of a variable operating conditions (each project is unique);
- Work in workplaces temporary (change of work - from site to site, and at one site often more places of work);

- korištenje strojeva koji nisu uvijek optimalni izbor za određenu vrstu radnih zadataka (jer se za postojeću količinu rada ne isplati dovoditi drugi stroj);
- rad pretežito na otvorenom prostoru (izloženost različitim vremenskim nepogodama);
- neujednačenost količina za realizaciju tijekom dužeg vremena rada (često i prekidi u radu);
- dislociranost mjesta izvođenja radova od centralnog mjesta za smještaj strojeva i shodno tome potreba za transportom na svako gradilište (nekada iziskuje montažu i demontažu) i organizacija aktivnosti održavanja strojeva na svakom gradilištu.

Za pouzdano planiranje troškova radova i za vremensko planiranje realizacije neophodno je poznavanje učinka strojeva koji se namjeravaju koristiti, i to učinka u konkretnim gradilišnim uvjetima rada. Jedinični troškovi rada strojeva su direktni troškovi i izračunavaju se u jediničnoj analizi cijena kao umnožak koštanja sata rada određenog stroja (koliko košta izvođača radova) i normativa vremena, koji treba biti veličina obrnuto proporcionalna prosječnom ostvarenom učinku. Trajanje svake aktivnosti izraženo u radnim danima deterministički se izračunava kao kvocijent umnoška količine rada i normativa vremena i umnoška broja planiranih resursa i broja radnih sati na dan. Analogno tome, može se za zadano vrijeme rada određivati potreban broj strojeva za određenu aktivnost. Poznavanje učinka potrebno je i za realno zadavanje zadataka koji se trebaju realizirati s određenim resursima, u konkretnim uvjetima u određenom vremenu, kao i da bi se mogao uskladiti rad strojeva koji rade povezano.

2. PLANSKI UČINAK I POUZDANOST GRAĐEVINSKIH STROJEVA

Učinak jednog ili više strojeva može se definirati kao količina kvalitetom zadovoljavajućeg rada, odnosno proizvoda, izražena u adekvatnim obračunskim jedinicama (m^3 , m^2 , m , kom , t), koja se obavi u jedinici vremena, a koja je najčešće jedan sat.

Za građevinsku praksu čest je problem nepoznavanje učinka potrebnog za planiranje troškova i vremena, odnosno nedostatak odgovarajućih normativa. Prije 30 - 40 godina postojali su opći, državni normativi za građevinsku mehanizaciju (npr. [12]), ali danas država nije zainteresirana za izradu takvih normativa, a obzirom na jako puno različitih strojeva koji se koriste, to bi bilo i izuzetno opsežan pothvat.

- Use of machines that are not always optimal choice for a type of tasks (because of existing amount of work is not worth bringing another machine);
- Work mostly outdoors (exposure to different weather conditions);
- Disparity amount for implementation over a long operating time (often and downtime);
- Dislocation of works of the central places of machines, and consequently need for transport to any construction site (sometimes requires assembly and disassembly) and organization of maintenance activities of machines at each site.

For reliable cost planning work and for scheduling implementation is necessary to know impact of machines intended to be used, and that effect of specific site conditions of work. Unit labour costs of machines are direct costs and are calculated in the unit price analysis as the product cost hours of work a particular machine (how much contractor) and the norms of time, which should be inversely proportional to size of average realized performance. The duration of each activity expressed in working days deterministic is calculated as the quotient of product of amount of work and norms of time and the product of number of planned resources and number of working hours per day. Similarly it can be for a given operating time determined by required number of machines for a particular activity. Knowledge of effect it is necessary to realistically determine tasks to be implemented with available resources, in particular conditions at a given time, and to be able to harmonize the work of machines that work related.

2. PLANNING PERFORMANCE AND RELIABILITY OF CONSTRUCTION MACHINERY

Effect of one or more machines can be defined as amount of work satisfactory quality, or product, expressed in adequate accounting units (m^3 , m^2 , m , pc , t), which is performed per unit time, which is usually one hour. In construction practice more common problem are lack of knowledge on impact needed for planning costs and time, or lack of appropriate norms. Before 30-40 years there are general, national norms for construction machinery (e.g. [12]), but today – the state is not interested in making such norms, and considering a lot of different machines used, it would be an extremely extensive venture.

Zato bi svako poduzeće trebalo izraditi vlastite, interne normative za radove koje izvode i strojeve koje koriste i/ili imati relevantne podatke za izračun njihovog planskog učinka.

Zbog uvodno navedenih razloga, planiranje učinka građevinskih strojeva nije jednostavno. Obično postoje neki podaci od proizvođača o temeljnom tehničkom učinku, odnosno teorijskom učinku (U_t), ali ne i o učinku koji se može postići u konkretnim uvjetima na nekom gradilištu, tzv. planskom ili praktičnom učinku (U_p). Teorijski učinak proizlazi iz konstruktivnih svojstava stroja, kao što su snaga motora, brzina pri radu, nosivost i veličina radnog alata. No, taj učinak se zapravo može postići samo s novim strojem, u gotovo idealnim uvjetima i za kraće vrijeme rada (do 1 sat).

Planski učinak ovisi o tehničkim karakteristikama svakog pojedinog stroja (tj. o U_t), ali i od različitih specifičnosti radnih uvjeta na svakom gradilištu. Istraživanja su pokazala da najveći utjecaj na učinak imaju tehnički parametri strojeva, organizacija i iskustvo, umor, zdravstveno stanje i motivacija radnika, a najmanje vremenski uvjeti, [13].

Ako je planiranje bilo dobro i nije bilo nepredviđenih utjecaja na realizaciju radova, onda bi ostvareni učinak trebao biti približno jednak planskom učinku.

Iako postoje stohastički modeli određivanja veličine učinka građevinskih strojeva (temeljeni na principu ravnoteže statističkih serija, koja se odnosi na kvantitativnu karakterizaciju slučajnih događaja preko slučajnih varijabli), [7], [8], oni su primjenjivani samo na teorijskoj razni, a u građevinskoj praksi "najveći domet" je deterministički izračun učinka. Stohastički modeli jesu malo precizniji, ali daju gotovo jednake rezultate i dosta su kompliciraniji, [8]. Deterministički izračun podrazumijeva množenje teorijskog satnog učinka (kod strojeva koji rade ciklično taj učinak se izračunava kao umnožak broja ciklusa na sat s količinom rada koja se prosječno obavi u jednom ciklusu) s nizom korekcijskih koeficijenata ($U_p = U_t \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times \dots \times k_n$), ovisnih o vrsti stroja i karakteristikama uporabe [4], [6], [9], [10], [14], [15].

Postoji više sličnih metodologija proračuna učinka strojeva (imaju različite koeficijente korekcije i njihove vrijednosti), od kojih one od proizvođača strojeva daju znano veće veličine proračunatog učinka.

Therefore, every company should create their own, internal norms for work performed by machines that use and/or have relevant data for calculation of their planned performance.

Because of the introductory mentioned reasons, planning the impact of construction machinery is not easy. Usually there are some data from the manufacturer of the basic technical effect, i.e. theoretical effect (E_t), but not on the performance that can be achieved in concrete terms on a construction site, so-called planned or practical effect (E_p). The theoretical effect arises from the structural characteristics of machine, such as power, speed in operation, capacity and size of tool. However, this effect can actually be achieved only with a new machine, in almost ideal conditions and for a short time (up to 1 hour).

Planning effect depends on technical characteristics of each machine (i.e. E_t), but also of various specifics of working conditions at each site. Studies have shown that greatest impact on performance are technical parameters of machines, organization and experience, fatigue, health status and motivation of workers, but at least weather conditions [13]. If plan was good and there were no unforeseen impact on execution of work, then they realized effect should be approximately equal to the planned effect.

Although there are stochastic models for determining size of the impact of construction machinery (based on principle of equilibrium statistical series relating to quantitative characterization of random events over random variables) [7] [8], they are applied only to the various theoretical, and in civil engineering practice "maximum range" is a deterministic calculation of impact. Stochastic models are more specific, but give almost identical results and are quite complicated [8]. Deterministic calculation implies multiplication hour theoretical effect (for machines that run cyclically this effect is calculated as product of the number of cycles per hour with the amount of work to be done on average in one cycle) with a series of correction coefficients ($E_p = E_t \times k_1 \times k_2 \times \dots \times k_n$) whose dependent of machine type and of application characteristics. [4] [6] [9] [10] [14] [15].

There are more similar methodology for calculating performance machines (with different coefficients of correction and their value), of which those of known machine manufacturers give greater effect sizes calculated.

(Npr. u odnosu na u članku prezentirani postupak, proračun *Fiattallisa* za bager s lopatom od 1,0 m³ daje 20%, proračun *Komatsua* 36%, *Caterpillara* 48%, a *Liebherra* 53% veći učinak, dok *Handubuch BML* daje 11% manji izračun učinka, [9].)

Uobičajeni korekcijski koeficijenti za određivanje učinka građevinskih strojeva navedeni su u tablici 1, a prema granicama u kojima im se kreću veličine vidi se da U_p može biti i više od deset puta manji od U_t . (Najveći broj koeficijenata i najveće umanjeње učinka je kod strojeva za zemljane radove.)

For example, in relation to article presented procedure, budget *Fiattallis* for excavator with bucket of 1.0 m³ gives 20%, 36% of budget of *Komatsu*, *Caterpillar's* 48%, a *Liebherr* 53% more performance, while *Handubuch BML* gives 11% lower calculation impact. [9]

The usual correction coefficients to determine the impact of construction machinery are listed in Table 1, according to limits of their range in size can be seen that up can be more than ten times smaller than U_t . The maximum number of coefficients and largest reduction effect is at earthmoving.

Tablica 1. Najčešće korišteni koeficijenti za korekciju teorijskog učinka građevinskih strojeva s uobičajenim graničnim veličinama, [9], [12], [14], [15]

Koeficijenti ispravke - vrste utjecaja na učinak	Granične veličine	Napomena
k_{rv} – iskorištenost radnog vremena	0,75 – 0,92	Uzima se u obzir kod svih strojeva
k_{og} – organizacija rada na gradilištu i rukovođenje radovima	0,5 – 0,83	
k_{ds} – dotrajalo (prema dosadašnjem broju radnih sati)	0,71 – 1,00	
k_{pu} – prosječno punjenje radnog alata	0,40 – 1,20	Djelovanje radnih uvjeta i zadatka (karakteristike materijala, terena itd.) na količinu rada obavljenju u jednom ciklusu rada, odnosno na brzini rada (kod strojeva koji rade kontinuirano)
k_{ns} – nož stroja (kod strojeva s nožem nema k_{pu})	0,40 – 1,20	
k_{kn} – kut nagiba noža u odnosu na smjer kretanja stroja	0,60 – 1,00	
k_{gm} – gubitak materijala guranjem duž dionice (dozeri)	0,50 – 0,95	
k_{nt} – nagib terena po kojemu se kreće puni stroj (dozeri)	0,40 – 2,20	
k_{nm} – nadmorska visina	0,90 – 1,00	
k_{vm} – vlažnost materijala (zemljanog) s kojim se manipulira	0,30 – 0,95	
k_{rp} – pogodnost radnog prostora za manevriranje stroja	0,95 – 1,00	
k_{ko} – kut okretanja oko osi u radnom ciklusu (samo bageri)	0,71 – 1,26	
$k_{vč}$ – prosječna visina radnog čela pri radu	0,80 – 1,00	
k_{uv} – pogodnost transportnog vozila za utovar (1,00 ako je istovar na hrpu pored radnog stroja)	0,83 – 0,91	

Table 1. The most commonly used ratios to correct the theoretical impact of construction machinery with the usual border sizes. [9] [12] [14] [15]

Coefficients of correction - kind of influence on effect	Limit size	Remark
k_{ut} – utilization of working time	0,75 – 0,92	Taken into account in all machines
k_{ow} – organization of work on construction site and management	0,5 – 0,83	
k_{dm} – deterioration (according to the previous number of worked hours)	0,71 – 1,00	
k_{ft} – average filling of working tools	0,40 – 1,20	The effect of working conditions and the task (characteristics of the material, terrain, etc.) on the amount work performed in one cycle of work, or the work speed - for machines that run continuously.
k_{km} – knife of machine (for machines with a knife no k_{ft})	0,40 – 1,20	
k_{ak} – blade pitch angle to direction of machine movement	0,60 – 1,00	
k_{lm} – loss of material sliding along section (dozers)	0,50 – 0,95	
k_{st} – slope of terrain travelled by it full machine (dozers)	0,40 – 2,20	
k_{at} – altitude	0,90 – 1,00	
k_{mm} – moisture of material (earth) with which to manipulate	0,30 – 0,95	
k_{ws} – convenience of working space for maneuvering of machine	0,95 – 1,00	
k_{ar} – angle rotation about an axis in working cycle (only a crawler)	0,71 – 1,26	
k_{hf} – average height of working face at work	0,80 – 1,00	
k_{lv} – suitability of transport vehicle loading (1.00 if unloading on pile addition processing machine)	0,83 – 0,91	

Kada se računa učinak za vrijeme rada duže od jednog sata potrebno je uzeti u obzir i veći postotak neiskorištenog radnog vremena u tim dužim periodima korištenja strojeva.

Kako se količine uobičajeno iskazuju bez uzimanja u obzir rastresitosti matreijala (zemljani matreijal u sraslom stanju), učinak treba još umanjiti množenjem s koeficijentom rastresitosti čija je veličina obrnuto razmjerna postotku rastresitosti.

Za sve strojeve koji zbog sigurnosti ne moraju uvijek biti u potpuno ispravnom stanju (vozila koja se kreću javnim cestama, dizalice) proračunati učinak se umanjuje zbog predviđenih kvarova, odnosno dotrajalosti s k_{ds} . Kako se vidi u tablici 1 to umanjivanje može biti do 29% teorijskog učinka i taj iznos umanjenja učinka može biti čak i veći od veličine na kraju izračunatog planskog učinka. No, takav izračun je paušalan, jer je temeljen isključivo na dosadašnjem broju sati rada stroja. (Općenito, ako strojevi nisu imali izvanrednih oštećenja, "novim" se smatraju oni s do 2000 radnih sati i za njih nema umanjenja učinka, strojevi s 2000 - 4000 sati rada smatraju se "očuvanim" i njima se učinak umanjuje za 9% zbog dotrajalosti, strojevi s 4000 - 6000 sati rada smatraju se "dotrajalima" i učinak im se umanjuje 20%, a strojeve s preko 6000 sati rada neka literatura ([12]) deklarira kao "sasvim dotrajale" i njima se učinak umanjuje za 29%.) Korekcijski koeficijent k_{ds} obuhvaća pretpostavku glede starosti odnosno stanja i održavanosti strojeva i omogućava planiranje vrijednosti pojedinačnog učinka stroja u smislu pretpostavke njegove pouzdanosti. Pouzdanost, ovisno o namjeni strojeva i uvjetima rada, može imati više značenja i svojstava, kao npr. rad bez kvarova, trajnost, prilagodljivost i dr. Pouzdanost pojedinog stroja kao tehničkog sustava ovisi o pouzdanosti funkcioniranja njegovih sklopova, podsklopova i dijelova te o određenosti njihovog međudjelovanja i vezama među njima, a na to se direktno djeluje održavanjem, [9].

Kvarovi kod strojeva su često posljedica trošenja, habanja ili starenja, pa njihove radne karakteristike opadaju konstatno i postepeno. Samo numerička procjena stupnja oštećenja kod istrošenih dijelova rješava pitanje vrednovanja i izračuna pouzdanosti dijelova, a za to je potrebno poznavanje zakona trošenja materijala. Vanjski faktori (priroda trljanja tijela, početni zazor, vrsta trenja, opterećenje na površini trenja, brzina, okolina, a posebno ulje i temperatura okruženja) značajno utječu na interakciju unutarnjih (plastična deformacija i oslobađanje topline, izmjena hrapavosti, strukture,

When calculated effect of operating time is longer than one hour is necessary to take into account higher percentage of unused working hours in these long periods of use of the machines. As amount normally expressed without taking account of material plus soils (clay material in a fused state) effect should be even cheaper by multiplying coefficient of friability whose size is inversely proportional to percentage of soils.

For all machines for safety may not always be in perfect condition (vehicle travelling on public roads, cranes) calculated effect is reduced due to anticipated failure or deterioration of k_{dm} . As seen in Table 1 of this reduction can be up to 29% of theoretical performance and amount of impairment effect may be even larger than size at the end of calculated planned effect. However, such a calculation was arbitrary because it is based solely on the current number of operating hours. In general, if machines have not had extraordinary damage new are those with up to 2000 hours and for them there is no impairment effect, machines with 2000-4000 hours of operation are considered to be preserved and their effect is reduced by 9% due to deterioration, machines with 4000 - 6000 hours of operation are considered worn out and their effect is reduced 20%, and machines with more than 6000 hours of some of literature [12] declared as "totally worn out" and their effect is reduced by 29% - correction coefficient k_{dm} includes assumption of age or condition, and of maintenance of machines and allows planning values individual performance of machine in terms of assumption of reliability. Reliability, depending on the use of machines and operating conditions, can have multiple meanings and characteristics, for example, trouble-free operation, durability, flexibility and others. Reliability single machine as a technical system depends on reliability of functioning of its assemblies, subassemblies and parts, and determination of their interactions and relationships between them, and this is a direct effect of preservation. [9]

Failures in machines are often the result of wear, tear or aging, but their performance declining constantly and gradually. Only numerical assessment of damage degree in worn parts solves the issue of evaluating and calculating reliability of parts, and this requires knowledge of the law to wear and tear. External factors (nature of body rubbing, initial play, kind of friction, at partial load on surface friction velocity, environment, and in particular oil and ambient temperature) significantly affect

mehaničkih svojstava i svojstva filma, akumulacija energije u materijalu pri cikličnom opterećenju) i izlaznih faktora (brzina trošenja, intezitet trošenja, linearno trošenje). No, te odnose je vrlo teško izraziti u analitičkom obliku, pa se na osnovu empirijskih podataka definira raspon ograničenja za određenu vrstu oštećenja, u određenim uvjetima, [6].

Zbog mnogih utjecaja teško je predvidjeti točnu granicu između stanja u radu i otkaza. Realnije rješenje pruža uvođenje stupnja pripadnosti elemenata stanju u radu ili otkazu. Ta stanja predstavljaju fuzzy događaje koji se opisuju elementima fuzzy skupova. Otkazi se događaju slučajno, pa predstavljaju probabilističke događaje za koje vrijedi teorija vjerojatnosti fuzzy događaja. Više autora je u svojim radovima primjenilo tu teoriju za određivanje pouzdanosti i upravljanje održavanjem tehničkih sustava, [11] kakvim se smatraju i građevinski strojevi.

3. ODRŽAVANJE STROJEVA NA GRADILIŠTIMA

U 21. st. razvijene su napredne strategije održavanja tehničkih sustava, ali one se za sada još ne primjenjuju kod strojeva na gradilištima.

U odnosu na nastanak kvarova, održavanje građevinskih strojeva može biti korektivno i preventivno.

Korektivno održavanje je interveniranje radi otklanjanja iznenadnih kvarova. Pri tome je uvijek bitno otkloniti uzroke koji su doveli do njihovog nastanka. To može biti zamjenom pojedinih dijelova stroja ili popravcima (podešavanjem, podmazivanjem, čišćenjem i drugim postupcima).

Preventivno održavanje radi se prema nekom utvrđenom planu. Planiranje održavanja strojeva temelji se na poznavanju svih bitnih podataka o njima (o uporabi, funkcioniranju i upravljanju, obavljenim popravcima, načinu transporta, konzerviranju, priboru i rezervnim dijelovima, uputama za podešavanje, održavanje i podmazivanje, ispitnim kartonima strojeva, normativima za poslove održavanja itd.). Planiraju se kontrolni pregledi, čišćenja i podmazivanja, traženje i otklanjanje slabih mjesta i male, srednje i velike popravke te kapitalni remont.

Jednosmjenski postupci održavanja (kao npr. vizualni pregled i podmazivanje koje obavlja sam rukovatelj stroja) obavljaju se prije ili poslije svake radne smjene, periodično održavanje obavlja se prema uputama proizvođača stroja

interaction of internal (plastic deformation and release of heat exchange surface roughness, structure, mechanical properties and properties film, accumulation of energy in material under cyclic load may) and output factors (rate of removal, intensity of spending, linear wear). However, this relationship is very difficult to express in analytical form, but on basis of empirical data defined range limits for certain types of damage, under certain conditions. [6]

Because of many influences it is difficult to predict exact border between state of work and dismissal. More realistic solution provides introduction degree of belonging to state of the elements in work or dismissal. These balances represent Fuzzy events that describe the elements Fuzzy sets. Failures happen by accident, but are probabilistic events for which applies probability theory Fuzzy events. Several authors have in their papers applied this theory to determine reliability and maintenance management of technical systems [11] what are considered construction equipment.

3. MAINTENANCE MACHINES ON CONSTRUCTION SITES

In the 21st century, developed advanced strategies maintenance of technical systems, but they are as yet not applied in machinery on construction sites.

In relation to occurrence of faults, maintenance of construction machinery could be corrective and preventive. Corrective maintenance is intervening in order to eliminate unexpected failures. It is always important to remove causes that led to their creation. It can be by replacing individual parts of machine or repairs (adjustment, lubrication, cleaning and other processes).

Preventive maintenance works according to an established plan. Planning maintenance of machines based on knowledge of all relevant data about them (on application, functioning and management, carried out repairs, mode of transport, preservation, accessories and spare parts, instructions for setup, maintenance and lubrication, test records machinery, norms for maintenance, etc.). They plan to check-ups, cleaning and lubrication, search and elimination of weak points and small, medium and major repairs and capital repairs.

One-shift maintenance procedures (e.g., visual inspection and lubrication performed alone machine operator) are performed before or after each work shift, periodic maintenance is carried out by manufacturer of the machine

(pregledi bez rasklapanja, čišćenja i mali popravci, podmazivanja, zamjene i dopune pojedinih elemenata i podešavanja u kojima uz rukovatelja stroja učestvuju i mehaničar i vanjski suradnik – uobičajeno nakon 50, 100 ili 200 ili 250, 500 i 1000 ili 2000 ili 3000 sati rada, a uvijek obuhvaća i sve potrebne radnje održavanja za kraći period koji sadrži, [16]), a sezonsko održavanje obavlja se obično dva puta godišnje (priprema stroja za rad u jesensko-zimskom i proljetno-ljetnom periodu). Prije skladištenja stroja potrebno ga je pažljivo očistiti, obojati oštećena područja, nagrižene metalne dijelove zaštititi antikorozivnim zaštitom, isprati sustav i napuniti ga novim operativnim tekućinama, te provesti redovite radnje periodičnog održavanja i konzerviranje. Veća složenost strojeva i veći intenzitet uporabe u težim uvjetima rada (tvrđi materijali) zahtjeva duže vrijeme održavanja, veću stručnost i postupke koji se obavljaju u specijaliziranim radionicama. Kapitalni remont podrazumjeva potpuno rasklapanje stroja, pregled i selekciju elemenata na one koji se mogu i dalje koristiti, one koji su za reparaciju i one koji se moraju zamjeniti. (Značajne uštede donosi korištenje modularnih jedinica koje su prethodno uzete s drugih strojeva i renovirane, [6].) Odluka o takvom velikom poravku donosi se komisijski na temelju tehničkih (utvrđenog stanja stroja) i ekonomskih pokazatelja.

Preventivne aktivnosti mogu se poduzimati na osnovu vremenskog roka (tamo gdje je trošenje podjednako i kada se radi i kada se ne radi) ili određenog broja sati rada, pređenih kilometara ili utrošenih kWh. (Ispitivanja su pokazala da je trošenje dijelova 37% više u korelaciji s potrošnjom energije nego sa satima vožnje ili km [6].) ili prema rano upozoravajućim indikatorima mogućih grešaka i zastoja. Takvi indikatori dobivaju se provjeravanjem postojećeg stanja i radnih performansi stroja što karakterizira prediktivno održavanje. Redovitim održavateljskim aktivnostima dok još nije došlo do otkaza u radu smanjuju se vlasnički troškovi i troškovi rada, [5], obzirom da se izbjegava šteta do koje dolazi kada se rad prekida zbog kvara. Preventivno, a pogotovo prediktivno održavanje u raznim djelatnostima je pokazalo da dovodi do znatnog smanjenja potrebne količine rezervnih dijelova i smanjenja zastoja a povećava se produktivnost i dobiti, [1].

Mogući načini organizacije službe održavanja strojeva u građevinskim poduzećima (prema [16]) i njihove karakteristike navedeni su u tablici 2.

(checks without disassembly, cleaning and small repairs, lubrication, replacement and amendment of certain elements and settings in which along with machine operator and mechanic participate and associate - usually after 50, 100 or 200 or 250, 500 and 1000 or 2000, or 3000 hours of operation, and always includes all necessary actions to maintain for a short period containing) [16] and seasonal maintenance is usually performed twice a year (preparing machine for work in autumn-winter and spring-summer). Before storing machine needs to be carefully cleaned, paint the affected area, etched metal parts protect corrosion protection, rinse system and fill it with new operating fluids, and conduct regular operations of periodic maintenance and preservation. Greater complexity of machines and higher intensity of use in severe operating conditions (harder materials) requires more maintenance time, greater expertise and procedures that are performed in specialized workshops. Capital repair involves completely dismantling machine, review and selection of elements to those that can still be used, those who repair and those that must be replaced; significant savings with using modular units that were previously taken from other machines and renovated. [6] The decision on repair of such high returns are based on technical commission (established state machine) and economic indicators.

Preventive activities can be undertaken on basis of the time limit (where spending alike when it comes and when it does not work) or a specified number of hours worked mileage or consumed kWh. Studies have shown that the wear parts 37% more correlated with energy consumption than with hours of driving or km [6] or as early warning indicators of possible errors and delays. Such indicators are obtained by checking the current situation and the working performance of the machine which is characterized by predictive maintenance. Regular maintenance activities while there has been no failures in work of reducing cost of ownership and operating costs, [5], since it avoids damage that occurs when work is interrupted due to a malfunction. Preventive and predictive maintenance, especially in various activities showed that leads to a significant reduction in required quantity of spare parts and reducing downtime and increasing productivity and profits. [1] Possible ways of organization of the maintenance of machines in construction companies (according to [16]) and their characteristics are listed in Table 2.

Tablica 2. Načini organizacije održavanja strojeva na gradilištima

Način organizacije	Karakteristike održavanja i slučajevi pogodni za primjenu
Centralizirano	Samo jedna služba održavanja s radionicom i alatnicom (najčešće na centralnom pogonu poduzeća) koja djeluje vrlo kvalitetno (dobra opremljenost, kvalitetni stručnjaci, olakšano prikupljanje i obrada podataka), ali problem je u lošijoj povezanosti sa svim gradilištima i mjestima strojeva na njima (slabo praćenje i reagiranje na iznenadne kvarove).
Pojedinačno (decentralizirano)	Na svakom gradilištu sa strojevima je služba održavanja s radionicom, odgovarajućom prema vrsti i broju korištenih strojeva. Problem je što građevinska poduzeća rijetko imaju za to dovoljno stručnih djelatnika, a multiplicirana oprema obično je slabije iskorištena. Zato se takvo održavanje, u pravilu, organizira samo za veća, izdvojena gradilišta.
Kombinirano (centralizirano s dislociran. grupama za održavanje)	Male službe za održavanje organizirane su na svakom gradilištu (dobro poznaju stanje strojeva i brzo reagiraju), a u slučaju kompliciranijih intervencija djeluju stručnjaci iz centralnog odjela. Tekuće održavanje odvija se na samom gradilištu (s mobilnom radionicom), a investicijsko održavanje u pravilu se obavlja u centralnoj radionici ili servisu.
Kooperativno (outsourcing)	Održavanje je djelomično ili u potpunosti povjereno vanjskim specijaliziranim službama, koje mogu biti i od proizvođača strojeva. Slična je situacija i kada se unajme strojevi, pa o njihovom održavanju brine vlasnik. To je dobro za mala poduzeća koja nemaju potrebne stručnjake i opremu.

Table 2. Models of organization maintaining machinery on construction sites

Org. model	Characteristics of maintenance and suitable cases for application
Centralized	Only one maintenance department with workshop and tool room (usually in the central drive companies) that operates very well (good equipment, quality experts, facilitated the collection and processing of data), but the problem is worse in connection with all sites and places of machines on them (poor monitoring and responding to sudden failures).
Individually (decentralized)	At each site with machines is service maintenance with a workshop, appropriate to the type and number of used machines. Problem is that construction companies rarely have enough for professionals, but multiplied equipment is generally less utilized. Therefore, such maintenance, generally, organized only for larger, separate site.
Combined (centralized with remote groups to maintain)	Small maintenance services are organized at each site (well aware of the condition of machines and react quickly), but in the case of complicated interventions work experts from the central departments. Current maintenance is carried out on the site (with mobile workshop), and investment maintenance is usually performed in the central workshop or service.
Cooperative (outsourcing)	Maintenance is partially or totally outsourced to specialized services, which may be the manufacturer of the machines. The situation is similar when it hired the machines, but on their maintenance care owner. This is good for small companies that do not have the specialists and equipment.

Organizacija održavanja uvijek treba biti uskladena s brojem, vrstama i rasporedom strojeva i treba biti fleksibilna zbog čestih promjena zadataka koje mora ispuniti. Organizacija održavanja treba obuhvatiti i povezati planiranje realizacije tehnologije održavanja, planiranje opskrbe rezervnih dijelova i opreme, obuku servisera i korisnika strojeva, te organizaciju skladišta i radionica za potporu na višoj i nižoj razini održavanja, sve s pratećom dokumentacijom.

U planiranje troškova uporabe strojeva, kao i u analizu isplativosti njihove nabave, moraju se ukalkulirati troškovi održavanja.

The organization of maintenance should always be consistent with - number, type and arrangement of machines and need to be flexible because of frequent changes of tasks to be fulfilled. Organization of maintenance should include planning and implementation of technology to link maintenance, planning, supply of spare parts and equipment, training of service and user machines, and organization of warehouses and workshops to support on high and low level of maintenance, all accompanying documents.

In planning cost of using machines, as well as the cost-benefit analysis of their purchase, must be, to include maintenance costs.

Vrlo jednostavno određivanje orijentacijske veličine troškova održavateljskih aktivnosti na građevinskom stroju na godišnjoj razini je u odnosu na njegovu obračunsku cijenu C (tvornička cijena uvećana za troškove nabave i dopreme) prema obrascu, [10]:

- za osnovno održavanje $0,06 \times C$ kod stacionarnih strojeva, a $0,09 \times C$ kod transportnih strojeva
- za srednje održavanje $0,08 \times C$ kod stacionarnih strojeva, a $0,11 \times C$ kod transportnih strojeva
- za veliko održavanje $0,10 \times C$ kod stacionarnih strojeva, a $0,13 \times C$ kod transportnih strojeva

Uz ovo treba uzeti u obzir i troškove probnog rada koji se mogu pretpostaviti u vrijednosti od cca 2% od tvorničke cijene stroja, [10] i troškove nabave i zamjene habajućih dijelova (proporcionalno količini i težini uvjeta rada). Orijentacijski se može pretpostaviti da u ukupnoj cijeni sata rada građevinskih strojeva trošak njihovog održavanja iznosi 9 - 10%, [3]. Prema mišljenju Assakkafa, [2] čak do 35 % troškova građevinskih strojeva treba usmjeriti na održavanje i popravke, jer uštede na tome mogu biti samo kratkoročne obzirom da dovode do lošeg tehničkog stanja stroja, smanjenja učinka, niske kvalitete rada i povećanog rizika od ozljeda i ekoloških nesreća, dugotrajnijih zastoja u radu zbog kvarova na strojevima i dr, [8].

3.1. Mogućnosti povećanja učinka i pouzdanosti građevinskih strojeva

Važno je poznavati uobičajene gubitke vremena do kojih dolazi pri realizaciji građevinskih projekata kako bi se znalo planirati one na koje se ne može djelovati, te da bi se umanjilo ili izbjeglo (gotovo nikada potpuno) negativno djelovanje onih na koje se na neki način može djelovati. Gubici vremena koji su prema uzrocima prirodne (najviše vremenski uvjeti) i tehnološke naravi (promjene radnih mjesta na gradilištu, promjene dužine transportnih puteva, neujednačeno i djelomično opterećenje i dr.) ne mogu se izbjeći, već samo dobrim planiranjem i organizacijom (prilagodbom) umanjiti. Zastoji koji se mogu izbjeći boljom pripremom, rukovođenjem i monitoringom nastaju zbog nedostataka materijala, rezervnih dijelova i pogonske energije, lošeg rasporeda na gradilištu, neusklađenih radnih procesa, lošeg izbora strojeva i alata, kvarova strojeva, neobučenosti, nemotiviranosti i nediscipline djelatnika itd.

Quite simply rough guidelines determine size of maintenance activities on construction machine on annual basis in relation to accounting cost C (factory price plus the cost of procurement and delivery) according to the model: [10]

- For basic maintenance $0.06 \times C$ in stationary machines, $0.09 \times C$ at transport machines
- For medium maintenance $0.08 \times C$ in stationary machines, $0.11 \times C$ at transport machines
- To maintain a large $0.10 \times C$ in stationary machines, $0.13 \times C$ at transport machines

With this should be taken into account and the cost of the test run, which can be assumed in the amount of approximately 2% of the ex-works price of the machine and costs of procurement and replacement of wearing parts (proportional to the amount and heaviness of working conditions). [10] Orienteering can be assumed that total cost of hours of construction machinery cost of their maintenance is 9-10% [3]. In the opinion of Assakkafa [2] even up to 35% of the costs of construction machinery should focus on maintenance and repairs, because savings on it can only be short-term as it will lead to bad technical condition of machine, reducing impact of low-quality work and increased risk of injury and environmental disasters, protracted downtime due to failures on machines, etc. [8]

3.1. Possibility for Improved Performance and Reliability of Construction Machinery

It is important to know the usual time losses occurring in the implementation of construction projects in order to know to plan those to whom it cannot act, and to minimize or avoid (almost never completely) the negative effect on those who are in some way can act. Losses time that according to natural causes (most weather conditions) and technological nature (changes jobs at the site, changes haulage roads, uneven and partly of load, etc.) Cannot be avoided, but only good planning and organization (adaptation) reduced. Delays that can be avoided with better preparation, management and monitoring arise due to lack of materials, spare parts and driving energy, poor distribution on the construction site, inconsistent workflows, poor choice of machines and tools, machine failures, lack of training, lack of motivation and discipline employees etc.

Teško se može djelovati na uvjete rada (karakteristike materijala, prostora i vremena, pa i raspoloživost pojedinih resursa u poduzeću i na tržištu), ali uvijek je moguće pozitivno djelovanje na druge čimbenike koji utječu na ostvareni učinak. Takve mjere navedene su u tablici 3.

It is difficult to act on the working conditions (characteristics of materials, space and time, and the availability of certain resources in company and in market), but it is always possible to have a positive effect on other factors that influence effect achieved. Such measures are listed in Table 3:

Tablica 3. Djelovanje mogućih mjera na povećanje učinka građevinskih strojeva

Mjere za povećanje učinka	Djelovanje na učinak preko:
- Izbor optimalnih strojeva (između raspoloživih) za zahtjevane radne zadatke (kako bi dali maksimum učinka)	T_C i v
- Priprema i planiranje rada – broj i prostorni raspored strojeva, usklađenost učinaka strojeva koji djeluju povezani, put djelovanja strojeva koji se kreću pri radu, rezerva u učinka u skladu s težinom uvjeta rada (10 - 30%)	T_C , v , k_{og} , k_{rp} , k_{uv} , $k_{vč}$, k_{ko} i k_{rp}
- Odgovarajuća priprema terena za rad strojeva (npr. kod zemljanih radova optimalna vlažnost)	T_C , v i k_{vm}
- Osiguranje redovite opskrbe potrebnom energijom i pomoćnim materijalima za rad strojeva	k_{og}
- Izbor i obuka radnika koji rade sa strojevima, te njihova motivacija (pravilno nagrađivanje i komuniciranje) kako bi više iskoristili i čuvali strojeve	T_C , k_{rv} , k_{pu} i k_{ds}
- Pravovremeno preventivno održavanje i brzo reagiranje u slučaju korektivnog djelovanja (uz pomoć tehničke dijagnostike, rukovatelja stroja i specijaliziranih mehaničara održavanja)	k_{ds}
- Monitoring rada – za osiguranje discipline i prikupljanje podataka o ostvarenom i stvarnim uvjetima rada (za planiranje budućih radnih zadataka)	k_{rv} i <i>pouzdanost</i>

Table 3. Effect of possible measures on increase the impact of construction machinery

Measures to increase the impact	Action over:
- Selection of optimal machine (between available) for required tasks (in order to give maxim. effect)	T_C , speed
- Preparation and planning of work - number and spatial distribution of machines, compliance effects machines that work-related, path of action moving machine at work, backup in effect in accordance with the severity of working conditions (10 - 30%)	T_C , speed, k_{ow} , k_{ws} , k_{lv} , k_{hf} , k_{ar} and k_{ws}
- Appropriate preparing ground for the operation of machines (e.g. in earthworks optimum moisture)	T_C , v and k_{mm}
- Ensuring regular supply of necessary energy and auxiliary materials for machinery	k_{ow}
- Selection and training of workers who work with machines, and their motivation (duly rewarding and communication) in order to take advantage of more and kept machines	T_C , k_{ut} , k_{ft} and k_{dm}
- Timely preventive maintenance and rapid response in case of corrective action (with help of technical diagnostics, machine operators and maintenance of specialized mechanics)	k_{dm}
- Monitoring of work - to ensure discipline and collection of data on realized and actual operating conditions (for planning future work assignments)	k_{ut} & <i>reliability</i>

Na osnovu analize svih troškova i utjecaja na učinak strojeva treba izabrati najprimjereniji način održavanja. Također, treba razmotriti isplativost ulaganja u nabavku novih, boljih strojeva, koji pružaju mogućnost postizanja većih učinaka, pogodniji su za održavanje (jednostavnije održavanje i samoodržavanje, te ugrađeni uređaji za tehničku dijagnostiku) i koriste IT za praćenje radnih performansi.

Based on analysis of the costs and impact on performance of machines should choose the most appropriate way of maintenance. You should also consider feasibility of investing in purchase of new, better machines, which provide opportunity to achieve greater effects, more suitable for maintenance (easier maintenance and self-maintenance, and embedded devices for technical diagnostics) and use IT to monitor job performance.

Praćenje rada važno je zbog ocjene uspješnosti rada (nagrađivanja – motivacije radnika) i zbog određivanja normativa vremena i podataka za planiranje učinka strojeva (trajanja ciklusa - T_C , radne brzine - v , korekcijskih koeficijenata). Koeficijent dotrajnost trebalo bi definirati prema stvarnom stanju i pouzdanosti održavanja svakog pojedinog stroja na gradilištu.

Za izradu normativa vremena rada strojeva koji djeluju u ponavljajućim ciklusima kraćeg trajanja najpogodnija je metoda kronometriranja (mjeri se samo produktivno vrijeme, pa se naknadno mora dodati i druge prosječne utroške vremena), a, kao dopunsku metodu, dobro je koristiti radna izvješća u ujednačenim obrascima, koja se ionako vode zbog redovitog poslovanja gradilišta i poduzeća.

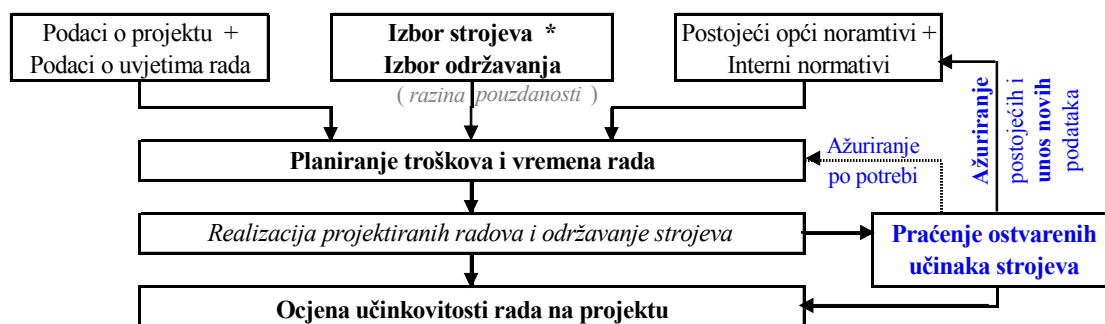
Vrlo je bitno uspostaviti racionalni sustav skladištenja i opskrbe s rezervnim dijelovima, jer to ima veliki utjecaj i na pouzdanost i na troškove.

Planiranje je uvijek proces i taj proces za građevinske strojeve prikazan na slici 1.

Monitoring work is important for performance evaluation work (reward - motivation of workers) and to determine the norms and weather data for planning effect machines (working cycle - T_C or speed, and correction coefficients). The coefficient of deterioration should be defined according to the actual situation and the reliability of maintenance of each machine at the construction site.

To create norms uptime of machines operating in repeating cycles of shorter duration is the most suitable chronometer method (measured only productive time, but subsequently has to add other average spending of time), and, as a supplementary method, it is good to use the working reports in uniform patterns the water anyway due to the normal course of business sites and companies. It is vital to establish a rational system of storage and supply with spare parts, because it has a huge impact on the reliability and cost.

Planning is always a process and the process for construction machinery shown in Figure 1;



Slika 1. Proces planiranja uporabe građevinskih strojeva

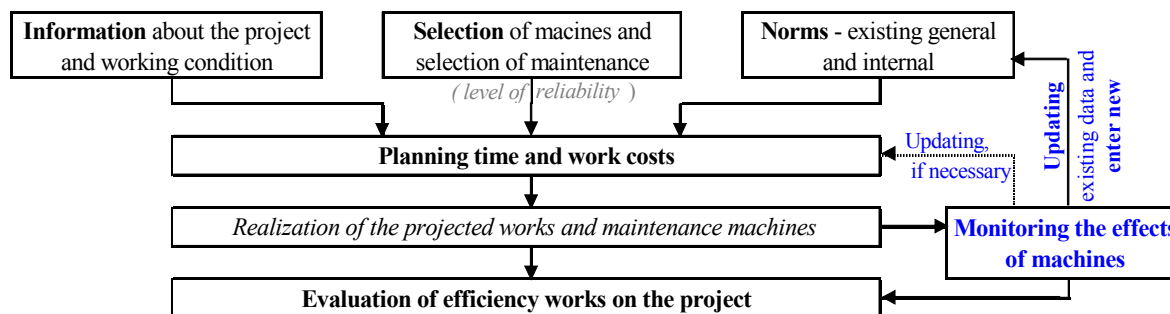


Figure 1. The process of planning the use of construction machinery

4. ZAKLJUČAK

Postizanje većeg učinka strojeva u pravilu za izvođača radova znači niže troškove i kraće rokove. Iz podataka navedenih u članku vidi se značaj održavanja za učinak građevinskih strojeva i učešće troška održavanja u ukupnim troškovima uporabe stroja. Održavanje, također, djeluje i na sigurnost radnika, a sigurnost je jedan od faktora motivacije. Zbog svega toga, za ekonomičan rad strojeva na gradilištu potrebno je prethodno dobro organizirati i isplanirati njihovo korištenje i održavanje. Optimalni izbor strojeva, kao i njihovo korišćenje i održavanje, spadaju u ključne probleme i zadatke upravljanja građevinskim projektima i organizacije građevinske proizvodnje, [12].

Za planiranje učinka strojeva preporuča se usporedno korištenje normativa (u prvom redu internih, a ako postoje odgovarajući opći normativi i njih treba uzeti u obzir) i proračun prema predviđenim utjecajima za radno mjesto i stroj, obračunatim s realnim veličinama koeficijentata korekcije.

Poznavanje pozitivnih i negativnih utjecaja na učinak građevinskih strojeva u konkretnim radnim uvjetima važno je kako bi se moglo djelovati na njih s ciljem postizanja veće produktivnosti i da bi se moglo što realnije planirati rokove i troškove rada.

Pozitivno se može djelovati s pozicije rukovodstva i s pozicije rukovatelja strojeva i drugih radnika, što je u duhu strategije totalno produktivnog održavanja (*Total Productive Maintenance*).

4. CONCLUSION

Achieving greater impact machines generally for contractors means lower costs and shorter deadlines. Data listed in article see importance of maintaining performance of construction machinery and share cost of maintaining - total cost of using machine. Maintenance affects safety of workers, and safety is one of factors of motivation. For all these reasons, economically works machines on site require prior well organize and plan their use and maintenance. Optimal choice of machines, as well as their use and maintenance, are among crucial problems and tasks of construction project management and organization of construction production. [12] To plan a performance of machines recommended parallel use norms (primarily internal, and if there are adequate general norms and they should be taken into account) and budget provided for under influence of position and machine, calculated from actual sizes of correction coefficients.

Knowing positive and negative impact on performance of construction machinery in particular operating conditions it is important to be able to act on them in order to achieve higher productivity and that could be more realistically planned term and costs.

Positively can act from a position of leadership and the position of the machine operator and other workers, which is in the spirit of the totally productive maintenance (TPM).

5. REFERENCES - LITERATURA

- [1] Adamović, Ž., Ilić, B.: *Nauka o održavanju tehničkih sistema*, Srpski akademski centar, Novi Sad, 2013.
- [2] Assakkaf, I.: *Ence 420 - construction Equipment and Methods*, <http://www.assakkaf.com>, Accessed at 12.09.2014.
- [3] Bezak, S., Linarić, Z.: *Methodological approach to the calculation of machine work cost in civil engineering*, Građevinar, No. 61 (2008) 1, pp. 23-27.
- [4] Car-Pušić, D., Husić, F., Marović, I.: *Analiza učinaka standardne građevinske mehanizacije na izgradnji ceste Vodnjan - Pula*, Zbornik radova Sveučilišta u Rijeci – Knjiga XI, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2008, pp. 175-188.
- [5] Caterpillar, *Savjeti za održavanje – Maksimalno produjiti trajanje i produktivnost strojeva*, Cat magazine No. 2, 2010, p. 9., www.teknoxgroup.com, Accessed at 15.06.2015.
- [6] Djakov, I. F.: *Stroiteljnije i dorožnije mašini i osnovi avtomatizaciji*, Uljanovskij gosudarstvenij tehničeskij universitet, Uljanovsk, 2007.
- [7] Korytárová, J. et al.: *Management of risks associated with the delivery of construction work*, 1st Edition, CERM, Brno, 2011.
- [8] Kozlovska, M., Krajnak, M., Sirochmanova, L., Baškova, R., Strukova, Z.: *New approaches to specifying performance of construction machinery*, Građevinar, No. 67 (2015) 7, pp. 673-680.

- [9] Linarić, Z.: *Građevinski strojevi – Učinak građevinskih strojeva*, Građevinski fakultet u Zagrebu, e-udžbenik, 2006, <https://www.grad.unizg.hr>, Accessed at 20.06.2016.
- [10] Mirković, S.: *Građevinska mehanizacija*, Građevinska knjiga, Beograd, 2005.
- [11] Prašćević, Ž., Prašćević, N.: *Pouzdanost, raspoloživost i očekivani radni učinci sistema građevinskih mašina sa rasplnutim ulaznim parametrima*, Zbornik radova XL naučno stručnog skupa Održavanje mašina i opreme, Beograd - Budva, 18-26.06.2015, pp. 487-494.
- [12] Protić, Đ., Klisinski, T.: *Prosečne građevinske mašinske norme I deo – Zemljani radovi*, Građevinska knjiga, Beograd, 1979.
- [13] Radziszewska-Zielina, E., Sobotka, A., Plebankiewicz, E., Zima, K.: *Preliminary identification and evaluation of parameters affecting the capacity of the operator-earthmoving machine system*, Budownictwo i architektura, 12 (2013), pp. 53-60.
- [14] Trbojević, B.: *Građevinske mašine*, Građevinska knjiga, Beograd, 1988.
- [15] Vidaković, D., Gušić, I.: *Učinak građevinskih strojeva – Koeficijetni za određivanje praktičnog učinka*, Graditelj, No. 9 i 10, 2004, pp. 8-15. i pp. 30-34
- [16] Vidaković, D., Lacković, Z., Bubalo, T.: *Utjecaj tehničke dijagnostike i održavanja na troškove građevinske mehanizacije*, XII International Conference on Organization, Technology and Management in Construction, Primošten, 2015, Proceedings on CD

Corresponding author:**Držislav Vidaković****University J. J. Strossmayer in Osijek,****Faculty of Civil Engineering, Osijek****Email: dvidak@gfos.hr****Phone: +385 (0)91 224 07 37**

Rad je objavljen na VI International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection 2016 (IIEE 2016), October 13-14th, 2016, Zrenjanin, Serbia

