

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Visokošolski program Gradbeništvo,
Prometnotehnična smer

Kandidat:

Zoran Vučković

Določitev tipske ekipe gradbene mehanizacije pri izvajanju zemeljskih del

Diplomska naloga št.: 227

Mentor:

doc. dr. Alojzij Juvanc

Somentor:

viš. pred. dr. Aleksander Srdić

Ljubljana, 20. 4. 2006

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **ZORAN VUČKOVIĆ** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: »**DOLOČITEV TIPSKE EKIPE GRADBENE MEHANIZACIJE PRI IZVAJANJU ZEMELJSKIH DEL**«.

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separatorke FGG.

Ljubljana, 20.03.2006

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	621.87:624.132/.139:625.7/.8(043.2)
Avtor:	Zoran Vučković
Mentor:	doc. dr. Alojz Juvanc univ. dipl. inž. grad
Somentor:	dr. Aleksander Srdić univ. dipl. inž. grad
Naslov:	Določitev tipske ekipe gradbene mehanizacije pri izvajanju zemeljskih del
Obseg in oprema:	63 str., 47 pregl., 13 sl.
Ključne besede:	zemeljska dela, gradbena mehanizacija, cestogradnja

Izveček

Diplomsko delo obravnava postopek za določitev optimalne skupine gradbene mehanizacije za izvajanje zemeljskih del v cestogradnji. Preko primerjav, ki temeljijo na razmerju kapacitete strojev v [m^3/h] ter transportnih vozil v [m^3/km] in ceni izvedbe zemeljskih del v [SIT/m^3], se odločimo katera vrsta in tip izkopno/nasipne ter transportne mehanizacije, je s stroškovnega in časovnega vidika glede na obseg in geološko sestavo tal, najprimernejša. Tako sem najprej opredelil pojem teoretična kapaciteta - K_{teo} , ki jo zmanjšamo za vrednost korekcijskega faktorja - F in dobimo praktično kapaciteto - K_{pra} , na kateri temeljijo v diplomskem delu prikazane primerjave. V kombinacijah izkopno/nasipnih strojev sem izbiral stroje s podobnimi praktičnimi kapacitetami - K_{pra} , in ker so le te za vsak stroj, ki nastopa v kombinaciji različne, upoštevamo pri kombinacijah vedno kapaciteto stroja, ki ima nižjo kapaciteto - K_{rac} . Izkopne kombinacije strojev so sestavljene iz ene ali več vrst strojev, za vsako vrsto stroja oziroma kombinacijo strojev, pa imamo na izbiro različne tipe posameznega stroja, ki se razlikujejo glede na razmerje kapaciteta/cena. V nadaljevanju naloge sem primerjal strošek za m^3 izkopnega materiala v lahki zemljini, težki zemljini, mehki kamnini in trdi kamnini, in produktivnost izvajanja izkopa, ki so jo dosegali bager brez sodelovanja drugih strojev, kombinacija nakladalnik – buldozer in kombinacija bager – buldozer. Podoben postopek sem prikazal tudi za nasipne kombinacije. V zadnjem delu naloge sem predstavil postopek za izbiro optimalne izkopne skupine strojev na konkretnem primeru.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDK: 621.87:624.132/.139:625.7/.8(043.2)
Author: Zoran Vučković
Supervisor: doc. dr. Alojz Juvanc univ. dipl. inž. grad
Co - Supervisor: dr. Aleksander Srđić univ. dipl. inž. grad
Title: Designation of typical team of construction machinery at execution of earthwork
Notes: 63 p., 47 tab., 13 fig.
Key words: earthwork, construction machinery, road construction

Abstract

Diploma deals with procedure for designation of optimal group of construction machinery for execution of earthwork. Through comparisons, which based upon relationship of capacity of construction machines and capacity of transport vehicles and also price of realizations of earthwork, we decide which type of excavation and transport mechanizations, is from cost and time point of view, considering extend and geologic composition, most suitable. In continuation I determined concept theoretical capacity - K_{teo} , that we reduce for value of correction factor – F and we get practical capacity - K_{pra} , on which based in diploma showed comparisons. In combinations of excavation machines, I was choosing machines with analogous practical capacities and because it is only these for every machine, that performance in combination different, we consider capacity of machine at combination, that has lower capacity. Excavation combinations of machines are made from one or more types. For every type of machine or combination of machines, we have different types of individual machine per choice, that distinguish considering relationship capacity/price. In continuation I was comparing cost for m^3 excavation material in different geologic compositions, and productivity of execution of excavation, that are achieved by excavator without cooperation of other machines, combination of wheel loader and dozer, and combination of excavator and dozer. In last part I showed procedure of choice of optimal excavation group of machines on concrete instance.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomskega dela se zahvaljujem mentorju doc. dr. Alojzu Juvancu in somentorju dr. Aleksandru Srdiću, ki mi je izkazal veliko podporo pri razvoju izbrane tematike. Posebej bi se zahvalil Borisu Kovačiču, u.d.i.g. za sodelovanje in svetovanje na področju gradbene mehanizacije in mag. Juretu Kostanjšku za strokovni pregled diplomskega dela v zvezi z gradbeno mehanizacijo.

Posebna zahvala za moralno podporo in vzpodbudo pri študiju tudi staršem in prijateljem.

KAZALO

1	UVOD.....	1
1.1	Opis problema	1
1.2	Namen, smisel in cilji diplomske naloge.....	1
1.3	Metoda dela.....	1
2	ZEMELJSKA DELA IN GRADBENA MEHANIZACIJA.....	2
2.1	Specifikacija zemeljskih del.....	2
2.1.1	<i>Izkopi</i>	2
2.1.1.1	Pridobljeni osnovni materiali	3
2.1.2	<i>Planum temeljnih tal</i>	3
2.1.3	<i>Drenažne in filtrske plasti, povozni plato</i>	4
2.1.4	<i>Nasipi, zasipi, klini, posteljice in glineni naboj</i>	5
2.1.5	<i>Brežine in zelenice</i>	5
2.1.6	<i>Armiranje zemljin</i>	6
2.1.7	<i>Koli in vodnjaki</i>	6
2.1.8	<i>Zagatne stene</i>	7
2.1.9	<i>Razprostiranje odvečnega materiala</i>	7
2.2	Gradbena mehanizacija za izvajanje zemeljskih del.....	8
2.2.1	<i>Vhodni podatki za pravilno izbiro gradbene mehanizacije</i>	8
2.2.1.1	F - korekcijski faktor.....	8
2.2.1.2	Teoretična kapaciteta – K_{teo}	10
2.2.1.3	Praktična kapaciteta - K_{pra}	12
2.2.1.4	Število potrebnih vozil – N	12
2.2.2	<i>Gradbena mehanizacija za izvajanje zemeljskih del</i>	13
2.2.2.1	Vrste izkopno/nasipne mehanizacije.....	14
2.2.2.1.1	Bager.....	14
2.2.2.1.2	Nakladalnik.....	17
2.2.2.1.3	Buldozer.....	18
2.2.2.1.4	Strgalnik – Scraper.....	19
2.2.2.1.5	Valjar	20
2.2.2.1.6	Grejder	21
2.2.2.2	Vrste transportne mehanizacije	21
2.2.2.2.1	Demper	22
2.2.2.2.2	2 - osni prekucniki	22
2.2.2.2.3	3 - osni prekucniki	23
2.2.2.2.4	4 - osni prekucniki	23
2.2.2.2.5	5 - osni prekucniki	24

2.2.2.2.6	Vlačilci s prekucnimi - kiperskimi polprikolicami	24
2.2.2.2.7	Vlačilci z nizkopodnimi polprikolicami.....	25
2.3	Optimizacija plana izvedbe zemeljskih del	25
2.3.1	<i>Kriteriji in merila</i>	25
2.3.2	<i>Omejitve</i>	26
3	DOLOČITEV OPTIMALNIH KOMBINACIJ SKUPIN STROJEV	28
3.1	Omejitve pri določanju optimalnih kombinacij skupin strojev.....	28
3.1.1	<i>Metoda primerjav kombinacij strojev</i>	28
3.2	Predstavitev kombinacij strojev	30
3.2.1	<i>Izkopne kombinacije strojev</i>	30
3.2.1.1	Kombinacija A: Bager, 4 - osni prekucnik.....	31
3.2.1.1.1	Izvajanje izkopa z bagrom v lahki zemljini; transport s 4 - osnimi prekucniki.....	31
3.2.1.1.2	Izvajanje izkopa z bagrom v težki zemljini; transport s 4 - osnimi prekucniki.....	32
3.2.1.1.3	Izvajanje izkopa z bagrom v mehki kamnini; transport s 4 - osnimi prekucniki.....	33
3.2.1.1.4	Izvajanje izkopa z bagrom v trdi kamnini; transport s 4 - osnimi prekucniki	34
3.2.1.2	Kombinacija B: Buldozer, nakladalnik, 4 – osni prekucnik.....	35
3.2.1.2.1	Izvajanje izkopa s kombinacijo buldozerja in nakladalnika v lahki zemljini;.....	35
3.2.1.2.2	Izvajanje izkopa s kombinacijo buldozerja in nakladalnika v težki zemljini;.....	36
3.2.1.2.3	Izvajanje izkopa s kombinacijo buldozerja in nakladalnika v mehki kamnini; transport s 4 - osnimi prekucniki	37
3.2.1.2.4	Izvajanje izkopa s kombinacijo buldozerja in nakladalnika v trdi kamnini; transport s 4 - osnimi prekucniki	38
3.2.1.3	Kombinacija C: Buldozer, bager, 4 – osni prekucnik	39
3.2.1.3.1	Izvajanje izkopa s kombinacijo buldozerja in bagra v lahki zemljini; transport s 4 - osnimi prekucniki.....	39
3.2.1.3.2	Izvajanje izkopa s kombinacijo buldozerja in bagra v težki zemljini; transport s 4 - osnimi prekucniki.....	40
3.2.1.3.3	Izvajanje izkopa s kombinacijo buldozerja in bagra v mehki kamnini; transport s 4 - osnimi prekucniki.....	41
3.2.1.3.4	Izvajanje izkopa s kombinacijo buldozerja in bagra v trdi kamnini; transport s 4 - osnimi prekucniki.....	42
3.2.1.4	Primerjava stroška za m ³ izkopnega materiala z različnimi izkopnimi kombinacijami strojev in v različnih vrstah podlage	43
3.2.2	<i>Nasipne kombinacije strojev</i>	47
3.2.2.1	Izvajanje nasipa s kombinacijo buldozerja in valjarja v lahki zemljini.....	47
3.2.2.2	Izvajanje nasipa s kombinacijo buldozerja in valjarja v težki zemljini	48
3.2.2.3	Izvajanje nasipa s kombinacijo buldozerja in valjarja v mehki kamnini.....	48
3.2.2.4	Izvajanje nasipa s kombinacijo buldozerja in valjarja v trdi kamnini	49

3.3	Predstavitev rezultatov primerjav kombinacij strojev	50
3.3.1	<i>Primerjava izkopnih kombinacij</i>	50
3.3.1.1	Primerjava kombinacije buldozer – nakladalnik in samostojnega bagra.....	52
3.3.1.2	Primerjava kombinacije buldozer – bager in samostojnega bagra	53
3.3.1.3	Primerjava kombinacij buldozer – nakladalnik in buldozer – bager	54
3.3.1.4	Ugotovitve primerjav	54
3.3.2	<i>Primerjava nasipnih kombinacij</i>	55
3.4	Določitev optimalnih kombinacij gradbene mehanizacije na AC Vrba – Črnivec (Peračica).....	56
3.4.1	Predstavitev projekta.....	56
3.4.2	Izhodišča	56
3.4.3	Obseg zemeljskih del.....	57
3.4.4	Primerjava tipskih kombinacij za izvedbo izkopa	57
3.4.5	Nekonkurenčnost in neuskkljenost strojev v kombinacijah	57
3.4.6	Določitev tipskih kombinacij za izvedbo izkopa in čas trajanja izkopa	58
3.4.7	Izbor optimalne kombinacije	59
3.4.8	Predlagan izbor	60
4	ZAKLJUČEK.....	61

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Vrednosti za faktor organizacije dela	8
Preglednica 2:	Vrednosti za faktor koriščenja dnevnega delovnega časa	9
Preglednica 3:	Vrednosti za faktor težavnosti dela	9
Preglednica 4:	Vrednosti za faktor redukcije zaradi nadmorske višine in temperature	9
Preglednica 5:	Koeficient razrahljivosti K_v za posamezno vrsto materiala	11
Preglednica 6:	Računska razrahljivost k_r , ki jo upoštevamo pri računu teoretične kapacitete	11
Preglednica 7:	Napolnjenost zajemalke pri različnih tipih bagrov	16
Preglednica 8:	Nakladalniki CAT	17
Preglednica 9:	Buldozerji CAT	18
Preglednica 10:	Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v lahki zemljini z bagrom	31
Preglednica 11:	Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa z bagrom v lahki zemljini	31
Preglednica 12:	Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v težki zemljini z bagrom	32
Preglednica 13:	Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa z bagrom v težki zemljini	32
Preglednica 14:	Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v mehki kamnini z bagrom	33
Preglednica 15:	Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa z bagrom v mehki kamnini	33
Preglednica 16:	Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v trdi kamnini z bagrom	34
Preglednica 17:	Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa z bagrom v trdi kamnini	34
Preglednica 18:	Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v lahki zemljini s kombinacijo buldozerja in nakladalnika	35
Preglednica 19:	Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa s kombinacijo buldozerja in nakladalnika v lahki zemljini	35
Preglednica 20:	Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v težki zemljini s kombinacijo buldozerja in nakladalnika	36
Preglednica 21:	Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa s kombinacijo buldozerja in nakladalnika v težki zemljini	36
Preglednica 22:	Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v mehki kamnini s kombinacijo buldozerja in nakladalnika	37
Preglednica 23:	Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa s kombinacijo buldozerja in nakladalnika v mehki kamnini	37
Preglednica 24:	Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v trdi kamnini s kombinacijo buldozerja in nakladalnika	38

Preglednica 25:	Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa s kombinacijo buldozerja in nakladalnika v trdi kamnini	38
Preglednica 26:	Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v lahki zemljini s kombinacijo buldozerja in bagra	39
Preglednica 27:	Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa s kombinacijo buldozerja in bagra v lahki zemljini	39
Preglednica 28:	Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v težki zemljini s kombinacijo buldozerja in bagra	40
Preglednica 29:	Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa s kombinacijo buldozerja in bagra v težki zemljini	40
Preglednica 30:	Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v mehki kamnini s kombinacijo buldozerja in bagra	41
Preglednica 31:	Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa s kombinacijo buldozerja in bagra v mehki kamnini	41
Preglednica 32:	Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v trdi kamnini s kombinacijo buldozerja in bagra	42
Preglednica 33:	Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa s kombinacijo buldozerja in bagra v trdi kamnini	42
Preglednica 34:	Primerjava stroška izvajanja izkopa z različnimi kombinacijami strojev v lahki zemljini.....	43
Preglednica 35:	Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene.....	43
Preglednica 36:	Primerjava stroška izvajanja izkopa z različnimi kombinacijami strojev v težki zemljini.....	44
Preglednica 37:	Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene.....	44
Preglednica 38:	Primerjava stroška izvajanja izkopa z različnimi kombinacijami strojev v mehki kamnini.....	45
Preglednica 39:	Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene.....	45
Preglednica 40:	Primerjava stroška izvajanja izkopa z različnimi kombinacijami strojev v trdi kamnini.....	46
Preglednica 41:	Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene.....	46
Preglednica 42:	Maksimalna produktivnost in v njenem okviru minimalni stroški.....	46
Preglednica 43:	Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja nasipa v lahki zemljini s kombinacijo buldozerja in valjarja.....	47
Preglednica 44:	Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja nasipa v težki zemljini s kombinacijo buldozerja in valjarja.....	48
Preglednica 45:	Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja nasipa v mehki kamnini s kombinacijo buldozerja in valjarja.....	48
Preglednica 46:	Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja nasipa v trdi kamnini s kombinacijo buldozerja in valjarja	49
Preglednica 47:	Primerjava različnih kombinacij skupin strojev, časa izvedbe izkopa, stroška za m ³ izkopnega materiala in stroška izvedbe izkopa s transportom.....	58

KAZALO SLIK

Slika 1:	Bager CAT 320 CL.....	15
Slika 2:	Delež napoljenosti zajemalke	16
Slika 3:	Optimalna postavitev bagra za maksimalno produktivnost	16
Slika 4:	Nakladalnik Volvo 120 e.....	17
Slika 5:	Diagram zmogljivosti za buldozerje Caterpillar	18
Slika 6:	Buldozer CAT D6R	19
Slika 7:	Strgalnik CAT 631E	20
Slika 8:	Valjar HAMM 3412	20
Slika 9:	Grejder CAT 14H.....	21
Slika 10:	Demper Volvo A30 D.....	22
Slika 11:	4 - osni prekucniki	23
Slika 12:	5 - osni prekucnik	24
Slika 13:	Vlačilec MAN 33.604 s 50 - tonsko nizkonosečo polprikolico in izrednim tovorom bagrom VOLVO EC 360 BNLC.....	25

1 UVOD

1.1 Opis problema

Z izgradnjo številnih AC odsekov v zadnjih letih se s stališča izvajalcev največ vprašanj postavlja v zvezi s časom izvedbe in višino stroškov, ki nastanejo pri izvajanju zemeljskih del oziroma, kako v čim krajšem času čim bolj ekonomično pripeljati dela h koncu. Problemi izbire gradbene mehanizacije, oblikovanja ustreznih izkopnih in nasipnih kombinacij strojev, v veliki meri vplivajo na uspeh projekta.

1.2 Namen, smisel in cilji diplomske naloge

Namen diplomske naloge je določitev optimalne skupine gradbene mehanizacije za izvajanje zemeljskih del v cestogradnji, ki bi v predpisanem časovnem okviru in z najnižjimi stroški, kakovostno zadovoljile zahteve naročnika na eni strani in interese izvajalca na drugi strani.

Smisel diplomske naloge je preko primerjav, ki temeljijo na razmerju kapacitete strojev v [m^3/h] ter transportnih vozil v [m^3/km] in ceni izvedbe zemeljskih del v [SIT/m^3], neposredno vplivati na dejavnike pri nakupu nove gradbene mehanizacije in posledično pripomoči večji uspešnosti podjetja, hkrati pa tudi zaradi nižje cene izvajanja zemeljskih del, večji konkurenčnosti podjetja.

Osnovni cilj diplomske naloge je na podlagi obsega zemeljskih del in geološke sestave tal omogočiti enostavno izbiro gradbene mehanizacije in posledično določiti rok izvedbe ter dejanske stroške izvajanja zemeljskih del.

1.3 Metoda dela

Metoda dela temelji na predstavitvi posameznih strojnih in transportnih vrst gradbene mehanizacije, in na analizi primerjav različnih izkopnih in nasipnih kombinacij strojev ter transportnih vozil, določiti optimalno skupino gradbene mehanizacije za izvajanje specifičnih zemeljskih del. V diplomski nalogi sem se v pretežni meri omejil na gradbeno mehanizacijo z visokimi kapacitetami, ki jo uporabljamo pri večjih projektih kot je izgradnja AC odseka.

2 ZEMELJSKA DELA IN GRADBENA MEHANIZACIJA

2.1 Specifikacija zemeljskih del

Zemeljska dela v cestogradnji delimo v več podskupin (vir 10):

- Izkopi.
- Planum temeljnih tal.
- Drenažne in filtrske plasti, povozni plato.
- Nasipi, zasipi, klini, posteljice in glineni naboj.
- Brežine in zelenice.
- Armiranje zemljin.
- Koli in vodnjaki.
- Zagatne stene.
- Razprostiranje odvečnega materiala.

2.1.1 Izkopi

Izkopi obsegajo več vrst del, ki jih mora izvajalec opraviti:

- Površinski izkop plodne zemljine (humusa) do ustrezne debeline (do globine največ 40 cm) z odvozom ali odrivom na odlagališče.
- Široke izkope vseh kategorij zemljin in kamnin, ki so predvideni po projektu, vključno z odrivom, odvozom, nakladanjem in odlaganjem izkopanega materiala v nasipe, kline ali odlagališča.
- Izkope za temelje objektov, ter kanalske in druge rove (prepusti, jaški, drenaže) v vseh kategorijah zemljine in v vseh globinah.
- Izkope gradbenih jam za objekte širše od 2,0 m v vseh kategorijah materiala, ter v vseh globinah (odvoz odvečnega materiala na odlagališča, ali na mesta za vgraditev v nasipe, zasipe...).
- Vse izkope za kanale melioracij in regulacij ter podobnih del.
- Izkope za odvodne jarke in koritnice poleg cestnega telesa, gotovega planuma ali obstoječe poti (odvoz odvečnega materiala v odlagališče ali pa odmetavanje).

2.1.1.1 Pridobljeni osnovni materiali

Materiali, ki jih izvajalec pridobi v izkopih in se uporabljajo pri gradbenih delih, so zemljine in kamnine.

Zemljine in kamnine, ki se uporabljajo za gradbena dela razvrščamo v kategorije:

- Plodna zemljina (humus).
- Slabo nosilna zemljina.
- Lahka zemljina.
- Težka zemljina.
- Mehka kamnina.
- Trda kamnina.

Merilo za razvrstitev zemljin in kamenin so različne lastnosti, ki vplivajo na posamezna gradbena dela. Če upoštevamo sodobno gradbeno mehanizacijo, spadajo pod ta dela izkopi, prevozi in vgrajevanje.

Za nadaljno uporabo pridobljenega materiala ni primerna slabo nosilna zemljina, zato je potrebno to vrsto materiala odpeljati in odložiti na posebnem odlagališču (deponija), ki mora biti ustrezno urejen. Za plodno zemljino ali humus je potrebno poskrbeti na odlagališču ob trasi, ki mora imeti na zunanji strani zagotovljeno odvodnjavanje in preprečeno zadrževanje padavinske vode, ter zamakanje raščenenih tal. Plodno zemljino lahko uporabimo po končani gradnji za zatravitev površin (brežin...).

V splošnem je potrebno poskrbeti za ves material, ki je neuporaben za gradnjo ali pa je presežek, da se pravilno odstrani in deponira.

2.1.2 Planum temeljnih tal

Planum temeljnih tal moramo pripraviti za vgrajevanje nasipov, zasipov, klinov po izvršenem površinskem izkopu plodne zemljine ali širokem izkopu v zemljini ali kamenini, ki obsega:

- Grobo planiranje.
- Zgoščevanje površinske plasti temeljnih tal.

Pri izboljšanju in (ali) kemičnem stabiliziranju pa tudi:

- Dobavo in razprostiranje veziva.
- Močenje.
- Mešanje.
- Vzdrževanje planuma temeljnih tal do nadgradnje.

Planum naravnih, izboljšanih in (ali) kemično stabiliziranih tal je mogoče urediti v zemljinah in kamninah, ki ne vsebujejo materialov, ker bi sčasoma zaradi biokemičnih procesov spremenili svoje mehansko - fizikalne lastnosti v takšni meri, da bi škodljivo vplivali na stabilnost. Omogočena mora biti takšna zgostitev temeljnih tal, da bodo sposobna prevzeti vse predvidene obremenitve. Za izboljšanje in (ali) kemično stabiliziranje je mogoče uporabiti predvsem žgano in hidratizirano apno, pucolanski ali metalurški cement ter elektrofiltrski pepel ali elektrofiltrsko malto.

Za ureditev planuma temeljnih tal so praviloma primerne vse kamenine, ki ne vsebujejo preveč humusnih in organskih primesi. Za uporabo zemljin pa je predhodno potrebno preveriti:

- Vlažnost.
- Optimalno vlažnost in največjo gostoto (Proctorjev postopek).
- Konsistenčne meje.
- Vsebovanost humusnih in organskih primesi.

2.1.3 Drenažne in filtrske plasti, povozni plato

Dela v tem razdelku vsebujejo dobavo in vgraditev materiala za drenažne in filtrske plasti, ter povozni plato na mestih zahtevanih v projektu, dobavo in vgradnjo nekamnitih materialov (npr. Polipropilenske polsti), ki se uporabljajo kot drenažne in filtrske plasti.

Uporabni so predvsem naravni in (ali) robljeni kamniti materiali. Uporabljati pa je mogoče tudi nekamnite materiale. Kamnite materiale pridobivamo predvsem neposredno iz izkopov ali stranskih odvzemih (gramoznice, prodišča, kamnolomi, peskolomi..), ali neposredno z drobljenjem. Zmesi kamnitih zrn morajo biti sestavljene iz posameznih frakcij v takšnem

razmerju, da so v odvisnosti od namena uporabe izpolnjene zahteve. Nekamniti materiali morajo ustrezati lastnostim, ki so navedene v tehničnih podatkih proizvajalca, ki jih je sprejel investitor.

2.1.4 Nasipi, zasipi, klini, posteljice in glineni naboj

Delo v nasipih vključuje:

- Razprostiranje materiala za nasipe.
- Razprostiranje materiala v zasipih temeljev, kanalskih rovov, gradbenih jam, kanalov melioracij in regulacij ter odvodnih jarkov in koritnic.
- Razprostiranje materialov v klinih za objekti ali na prehodih iz vkopov v kamninah na nasipe iz zemljine.
- Razprostiranje materialov za posteljico.
- Močenje, mešanje, grobo planiranje in zgoščevanje materialov v nasipih, zasipih in klinih.
- Razprostiranje materialov za predobremenitve in preobremenitve.
- Izdelavo posteljice.
- Izdelavo glinastega naboja.

Uporabimo lahko ustrezne lahke in težke zemljine, mehke in trde kamnine, ter elektrofiltrski pepel iz termoelektrarn in toplarn. Ne smejo pa biti vgrajene slabo nosilne zemljine in drugi materiali, ki bi sčasoma spremenili svoje mehansko-fizikalne lastnosti. Materiale lahko pridobimo iz izkopov v trasi in (ali) stranskih odvzemih. Za glinasti naboj pa so uporabne samo vezljive zemljine.

Za izboljšanje lastnosti materialov v nasipih je mogoče uporabiti predvsem hidravlična veziva, in sicer mleto žgano ali hidratizirano apno, pucolanski ali metalurški cement ter elektrofiltrski pepel, ki mu po potrebi dodamo ustrezno količino apna za spodbuditev in zagotovitev vezanja.

2.1.5 Brežine in zelenice

Delo v tej rubriki vključuje ureditev in erozijsko zaščito površin pobočij, vkopov, nasipov in zelenic. Urejamo lahko s humuziranjem in zatravitvijo, biotorkretom z nastiljem, popleti, zasaditvijo okrasnih dreves in grmov, mrežami, roliranjem, tokretiranjem in z montažnimi

elementi (kaštami, votlimi elementi iz cementnega betona, ploščami za zatravitev, tlakovci...). V to delo so vključeni vsi materiali (tudi nakladanje, transport in odlaganje), sejanje, polaganje, priprava podloge, obiranje in zaklinjenje materiala.

Za izvedbo teh del se uporabljajo materiali za vegetacijske zaščite:

- Humus.
- Nastil (iz slame ali sena, ter bitumenski obrizg).
- Popleti (sveže vrbove šibe).
- Drevesa in grmovje (ustrezati morajo biološkim pogojem – trajnost zarasti).
- Semena in zatravitev (taka vrsta semen da ustreza biološkim – ekološkim pogojem).

Poznamo pa tudi druge vrste zaščite:

- Zaščita z mrežami (pletene mreže).
- Roliranje s kamnom (neobdelan kamen).
- Zaščita s torkretiranjem (cementni beton in armatura).
- Zaščita z montažnimi elementi (elementi za zaščito brežin).

2.1.6 Armiranje zemljin

Za armiranje so primerne vse zemljine in kamnine, ki so uporabne za nasipe. Uporabljajo se lahko materiali:

1. Cementni beton za temeljenje.
2. Obložni elementi iz cementnega betona.
3. Mozniki in sidra.
4. Kamniti materiali za drenažno plast.
5. Trakovi za armiranje.
6. Polipropilenska plast.

2.1.7 Koli in vodnjaki

Za temeljenje na kolih ali vodnjakih moramo predvideti:

- Dovoz, postavitve, vzdrževanje, demontiranje in odvoz potrebne mehanizacije.
- Izkop in odstranitev izvrtane in (ali) izkopane zemljine ali kamenine ter morebitno črpanje vode.

- Dobava in vgraditev vseh potrebnih materialov za popolno končanje dela.
- Dela za dokončanje glav kolov in vodnjakov.
- Dela za izdelavo zunanjih sten, pregrad in nožev vodnjakov.

Za izdelavo kolov in vodnjakov je dovoljeno uporabiti samo materiale, ki so predvideni s projektom. V glavnem pa se pri gradnji uporabljajo naslednji materiali:

- Cementni beton in jeklo normirane sestave (za uvtane, zabite in pogreznjene kole).
- Ustrezna vrsta lesa (leseni koli).
- Žgano in hidratizirano apno, elektrofitrski pepel in mavec (koli iz kemično stabilizirnih zemljin).
- Zmes drobljenih kamnitih zrn (koli iz zmesi kamnitih zrn).

2.1.8 Zagatne stene

Uporabiti je potrebno material, ki je predviden v projektu. Delo, ki ga moramo postoriti:

- Dobava in vgraditev zagatnih elementov (desk), kotnih in odcepnih elementov, opor, opasnic in vsega pribora za razpiranje gradbene jame;
- Vzdrževanje v času vgraditve;
- Demontiranje.

Kakovost vgrajenega materiala mora odgovarjati zahtevam v projektu.

2.1.9 Razprostiranje odvečnega materiala

Razprostirati je potrebno vse materiale, ki niso uporabni in (ali) potrebni za zasipe, nasipe in kline. Materiali nimajo določene kakovosti, lahko so suhi ali vlažni, namočeni ali zmrznjeni. Delo zajema vse vrste razprostiranja in nasipavanja odvečnega ter izkopanega nasipnega materiala iz izkopov vseh vrst in kategorij. Odlagamo ga na odlagališčih, ali pa ob trasi po končanem delu. Upoštevati moramo ustrezno estetsko in tehnično pravilno oblikovanje razprostrtega materiala in pravilno namensko plastovitost za razne vrste zemljin.

2.2 Gradbena mehanizacija za izvajanje zemeljskih del

2.2.1 Vhodni podatki za pravilno izbiro gradbene mehanizacije

Pri izračunu kapacitet gradbene mehanizacije je pomembno, da za izvajanje posamezne vrste zemeljskih del izberemo optimalno vrsto in tip posameznega stroja oziroma skupine strojev.

2.2.1.1 F - korekcijski faktor

Korekcijski faktor je sestavljen iz več faktorjev (vir 9):

- Faktor organizacije dela na gradbišču F_{org} .
 - Faktor koriščenja dnevnega delovnega časa $F_{kdč}$.
 - Faktor težavnosti dela F_{tde} .
 - Faktor redukcije zaradi vpliva nadmorske višine in temperature F_{nmt} .
 - Faktor zmanjšanja ali povečanja kapacitete zaradi vzpona ali padca F_{vsp} .
- Faktor organizacije dela na gradbišču vključuje uspešnost vodenja del, usposobljenost strojnikov, stanje mehanizacije, delovno disciplino ter vremenske vplive.

Preglednica 1: Vrednosti za faktor organizacije dela

F_{org}	Uspešnost vodenja del	Usposobljenost strojnikov	Stanje mehanizacije	Delovna disciplina	Vremenski vplivi
Ocena uspešnosti	VOD	US	SM	DD	VV
Odlična	0,01	0,01	0,05	0,01	0,07
Dobra	0,03	0,03	0,10	0,03	0,09
Slaba	0,06	0,06	0,15	0,08	0,12
Neprimerna	0,10	0,10	0,20	0,13	0,16

Faktor organizacije dela na gradbišču: $F_{org} = VOD + US + SM + DD + VV$

- Faktor koriščenja delovnega časa izberemo na podlagi dolžine delovnika s prekinitvijo.

Preglednica 2: Vrednosti za faktor koriščenja dnevnega delovnega časa

Dnevne prekinitve	Dnevno delo 8 ur	Dnevno delo 9 ur	Dnevno delo 10 ur	Dnevno delo 11 ur	Dnevno delo 12 ur
30 min	0,062	0,055	0,050	0,045	0,042
60 min	0,125	0,111	0,100	0,091	0,083
90 min	0,187	0,167	0,150	0,136	0,125

Faktor koriščenja dnevnega delovnega časa: $F_{kdč} = \text{prekinitve} / \text{dnevni delovni čas}$

- Faktor težavnosti dela je odvisen od razmer v katerih se delo odvija.

Preglednica 3: Vrednosti za faktor težavnosti dela

Vrsta ovire	Normalno delo	Delo pri umetni luči	Delo v prahu	Zelo moker material	Material v vodi	Material s koreninami
Ni ovir	0,000	0,040	0,016	0,066	0,100	0,083
Delne ovire	0,020	0,080	0,033	0,133	0,200	0,166
Ovire	0,030	0,160	0,050	0,200	0,300	0,250

Faktor težavnosti dela F_{tde} odčitamo iz preglednice 3.

- Faktor redukcije zaradi vpliva nadmorske višine in temperature.

Preglednica 4: Vrednosti za faktor redukcije zaradi nadmorske višine in temperature

F_{nmt}	Temperatura								
	25°C	20°C	15°C	10°C	5°C	0°C	- 5°C	- 10°C	- 15°C
Nadmorska višina									
0 m	0,982	0,991	1,000	1,009	1,017	1,026	1,035	1,044	1,053
100 m	0,969	0,978	0,987	0,996	1,005	1,014	1,023	1,032	1,041
200 m	0,956	0,965	0,974	0,983	0,992	0,001	1,010	1,019	0,028
300 m	0,944	0,953	0,962	0,970	0,980	0,988	0,997	1,006	0,015
400 m	0,931	0,940	0,949	0,958	0,966	0,975	0,984	0,994	1,002

Faktor redukcije zaradi nadmorske višine in temperature F_{nmt} odčitamo iz preglednice 4.

- Faktor zmanjšanja ali povečanja kapacitete zaradi vzpona ali padca običajno ne upoštevamo, ker je običajno teren na gradbišču ceste ali avtoceste precej razgiban in se vpliv zmanjšanja ali povečanja kapacitete mehanizacije za zemeljska dela izenači.

Korekcijski faktor: $F = F_{org} + F_{kdč} + F_{tde}$

2.2.1.2 Teoretična kapaciteta – K_{teo}

Teoretično kapaciteto se izračuna za vsako vrsto in tip stroja na podlagi podatkov o posameznem stroju.

Najprej se izračuna ali odčita iz preglednice za posamezni stroj osnovni čas, ki je odvisen od vrste stroja (bager, buldozer, nakladalnik), tipa stroja (CAT 330 CL, Volvo EC 360 BNLC, CAT D5H, CAT D6R, CAT D9L, CAT 950G), vrste izkopnega materiala (lahka zemljina, težka zemljina, mehka kamnina, trda kamnina) in načina dela (širok izkop brez nakladanja, izkop jarkov do 2 m globine brez nakladanja ali z nakladanjem, izkop jarkov do 4 m globine brez nakladanja ali z nakladanjem, izkop jarkov do 6 m globine brez nakladanja ali z nakladanjem, izkop odprtih jarkov s profiliranim orodjem).

Sledi izračun trajanja cikla na podlagi osnovnega časa, kota obračanja bagra pri izkopu in nakladanju na transportno sredstvo, razdalje nakladanja v metrih in časa dviga orodja pri nakladalniku, razdalje izkopa s prerivanjem ali razdalje razgrinjanja pri buldozerju.

Teoretično kapaciteto izračunamo na podlagi dolžine cikla, kapacitete orodja za posamezno vrsto zemljine oziroma kamnine, in vrsto stroja, preračunano v raščenem stanju, koeficienta polnjenja ali razrahljivosti zemljine oziroma kamnine. Pri razgrinjanju z buldozerjem izračunamo teoretično kapaciteto iz dolžine cikla, debeline nasutega sloja, širine pluga, reduciranega zaradi razrahljivosti, razdalje razgrinjanja in števila potrebnih prehodov.

Preglednica 5: Koeficient razrahljivosti K_v za posamezno vrsto materiala

Vrsta materiala	Suha mivka, sipek suh material	Glinovit pesek, humus	Pesek, gramoz, lahka glina	Srednje težka glina	Težka glina, lapor, škrlj	Drobno razstreljena skala	Grobo razstreljena skala
Koeficient razrahljivosti K_v	1,10	1,20	1,12	1,25	1,33	1,35	1,50

➤ Način za izračun teoretične kapacitete K_{teo} pri nakladalnikih

Račun je osnovan na metodologiji SCT; *Hitri izračun strojnih kapacitet*.

Račun teoretične kapacitete temelji na trajanju enega cikla:

$$CIKL = (T * 2 * L) + N + 10 \text{ sek} \quad [\text{sek}]$$

Izračun kapacitete:

$$K_{teo} = 3600 / CIKL * Q * k_r \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

T - osnovni čas za posamezen material in stroj v [sek]; faktor se odčita iz preglednice, ki je povzeta po metodologiji SCT; *Hitri izračun strojnih kapacitet*

N - dvig orodja; faktor se odčita iz preglednice, ki je povzeta po metodologiji SCT; *Hitri izračun strojnih kapacitet*

L - razdalja nakladanja v [m]

Q - kapaciteta orodja v raščnem stanju [m³]

k_r - računski razrahljivost, ki jo odčitamo iz preglednice 6

Preglednica 6: Računska razrahljivost k_r , ki jo upoštevamo pri računu teoretične kapacitete

Vrsta materiala	Suha mivka, sipek suh material	Glinovit pesek, humus	Pesek, gramoz, lahka glina	Srednje težka glina	Težka glina, lapor, škrlj	Drobno razstreljena skala	Grobo razstreljena skala
Računska razrahljivost k_r	0,92	0,83	0,88	0,80	0,75	0,74	0,67

Za izračun teoretične kapacitete valjarjev se izračuna potrebno število prehodov iz potrebne energije za zbitost zemljin oziroma kamnin (standardni ali modificirani Proctorjev preizkus), debeline nasutega sloja pred valjanjem, širine valjanja in nabijalne sposobnosti valjarja. Maksimalno hitrost valjarja se izračuna iz koeficienta trenja zemljine, ki se jo utrjuje, vlečne moči in teže valjarja. Teoretično kapaciteto valjarja se izračuna iz maksimalne hitrosti valjarja, širine valjanja, debeline nasutega sloja pred valjanjem in števila prehodov valjarja.

2.2.1.3 Praktična kapaciteta - K_{pra}

Praktična kapaciteta v [m^3/h] je kapaciteta stroja, ki jo stroj doseže pri določenih – predvidenih pogojih dela. Izračun temelji na podlagi teoretične kapacitete, ki jo zmanjšamo s korekcijskim faktorjem. Teoretično kapaciteto izračunamo iz podatkov o vrsti in tipu stroja, vrsti izkopnega materiala in načinu dela.

Praktična kapaciteta:
$$K_{pra} = K_{teo} * [F_{nmt} * F_{vsp} * (1 - F)]$$

K_{teo} - teoretična kapaciteta v [m^3/h]

F_{nmt} - faktor redukcije zaradi nadmorske višine in temperature

F_{vsp} - faktor zmanjšanja ali povečanja kapacitete zaradi vzpona ali padca

F - korekcijski faktor

2.2.1.4 Število potrebnih vozil – N

Število potrebnih vozil izračunamo tako, da je vozilo ves čas pod nakladalnim strojem – vozilo ni kritični element. Najprej določimo faktor razdalje, ki narašča s transportno razdaljo. Za demperje ta faktor zmanjšamo za 20%, ker na gradbišču dosegajo višje hitrosti kot kamioni - prekucniki. Faktor razdalje množimo s kapaciteto vodilnega stroja v posamezni kombinaciji strojev ter delimo z volumnom vozila (3-osni prekucnik $8 m^3$, 4-osni prekucnik $14 m^3$, demper $14 m^3$). Izračunanemu številu vozil se prišteje še eno vozilo, ki se trenutno naklada.

2.2.2 Gradbena mehanizacija za izvajanje zemeljskih del

V cestogradnji se največkrat srečujemo z deli, ki obsegajo izkop, prenos, predelovanje in vgradnjo velike količine različnih materialov. Zato moramo najbolj ekonomično in optimalno izbrati kombinacije gradbene mehanizacije za tovrstna dela. Za ustrezno izbiro mehanizacije moramo upoštevati več faktorjev, med drugimi tudi lastnosti materiala, ki ga bomo izkopali in transportirali. Primerno moramo načrtovati tudi kapaciteto gradbene mehanizacije oziroma strojev, ki jih nameravamo uporabiti za delo.

Med prvimi koraki pri planiranju potrebne mehanizacije upoštevamo naslednja dva parametra:

- skupno količino materiala in
- vrsto materiala.

Na izbiro vrste, tipa, in potrebno število mehanizacije, vplivata količina materiala in čas oziroma rok izvedbe del.

Pri izbiri kombinacij posameznih strojev moramo paziti, da se njihove kapacitete med seboj ne razlikujejo preveč. Ko izbiramo mehanizacijo pazimo, da se izognemo skupinam, ki dosegajo nizke kapacitete pri visokih cenah. Stroje z nizkimi kapacitetami uporabljamo na manjših gradbiščih, kjer so količine zemeljskih del manjše ali pa je premalo prostora, da bi se z večjimi stroji dosegla zadovoljiva izkoriščenost stroja. Pri tem moramo biti pozorni na optimalno izkoriščenost stroja, da ni pretiranega čakanja na delo. Pri velikih gradbiščih izberemo tako skupino strojev, ki dosega visoke kapacitete pri nizkih cenah. Gradbišče organiziramo na ta način, da vodilni stroj lahko dela s polno kapaciteto (vir 5).

Kapaciteta strojev je odvisna predvsem od zemljine oziroma kamnine, v kateri se izvajajo zemeljska dela. Pri izkopu v lahki zemljini se dosegajo višje kapacitete, ker stroj veliko lažje in hitreje izvaja operacije kot v trdi kamnini. To se odraža v kapaciteti in ceni za m³ izkopnega materiala. Za izkop v mehki in trdi kamnini se porabi še več časa, ker delo otežujejo večje skale. Pri izbiri izkopne skupine strojev moramo biti pazljivi, da se ujema z izbiro nasipne skupine, da ne pride do nepotrebnih zastojev mehanizacije.

Produktivnost izkopno/nasipne mehanizacije lahko izrazimo kot:

Produktivnost = količina materiala/cikl * ciklov/h

Enačba se prilagodi vsaki vrsti stroja posebej zaradi določenih faktorjev, ki jih moramo upoštevati pri računu. Večina teh faktorjev je podana s strani proizvajalca strojne mehanizacije.

2.2.2.1 Vrste izkopno/nasipne mehanizacije

V nadaljevanju naloge bom predstavil posamezne vrste strojne in transportne mehanizacije, in kombinacije posameznih strojev pri izvajanju zemeljskih del.

2.2.2.1.1 Bager

Bager je stroj namenjen izkopavanju materiala, ki lahko dela samostojno ali v kombinaciji z drugimi stroji. V kolikor dela samostojno material koplje in ga hkrati naklada na transportno sredstvo, v kolikor pa dela v kombinaciji z drugimi stroji, na primer z buldozerjem, naklada že izkopan material na transportno sredstvo. Običajno bager dela samostojno v lahki in težki zemljini, v kombinaciji z buldozerjem pa v mehki in trdi kamnini.

Bagri imajo lahko montirana različna orodja za opravljanje posameznih del (vir 3):

- Izkopne zajemalke.
- Ozke zajemalke.
- Škarpirne zajemalke.
- Profilirne zajemalke.
- Hidravlična odkopna kladiva.
- Ripper.
- Vibracijske nabijalne plošče,..

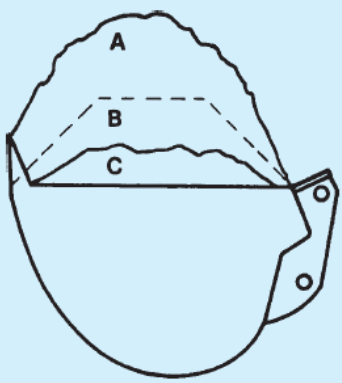
Najpogosteje so bagri opremljeni z izkopno zajemalko, za izkopavanje ozkih jarkov pa jih opremimo z ozko zajemalko. Škarpirna zajemalka se uporablja pri škarpiranju brežin, humusiranju in ostalih podobnih delih, kjer potrebujemo večjo širino zajemalke, ki je gladka in ima nož namesto zob. Profilirne zajemalke imajo stranice pod različnimi koti, odvisno od tega, kakšno obliko jarka želimo izoblikovati. Hidravlična odkopna kladiva so namenjena razbijanju

skal ali rušenju objektov, rahljanje srednje trdih zemljin pa se lahko izvaja z uporabo riperja. Za utrjevanje brežin je včasih treba uporabiti vibracijsko nabijalno ploščo, za zidanje kamnitih zložb ali skalometov pa je uporaben »grajfer«. Pri večjih bagrih (več kot 30 ton), ki jih uporabljamo za masovne izkope, je zelo pomembna pravilna izbira prave zajemalke. Zajemalke so različno močne in različnih velikosti. Velike zajemalke so primerne za delo v mehkem materialu (jalovina, ilovica, in mehkejši lapor) - za nakladanje materialov z nižjimi specifičnimi masami, ker omogočajo primerne kapacitete izkopa. Za delo v kamnitem materialu morajo biti zajemalke močnejše in zato tudi nekoliko manjše prostornine. V primeru izbire napačne zajemalke, ne dosežemo predvidenih kapacitet izkopa.



Slika 1: Bager CAT 320 CL

material	napolnjenost zajemalke
glina	A – 100–120 %
pesek in gramoz	B – 95–110 %
lapor	C – 80–90 %
skala dobro zdrobljena	60–75 %
skala manj zdrobljena	40–50 %



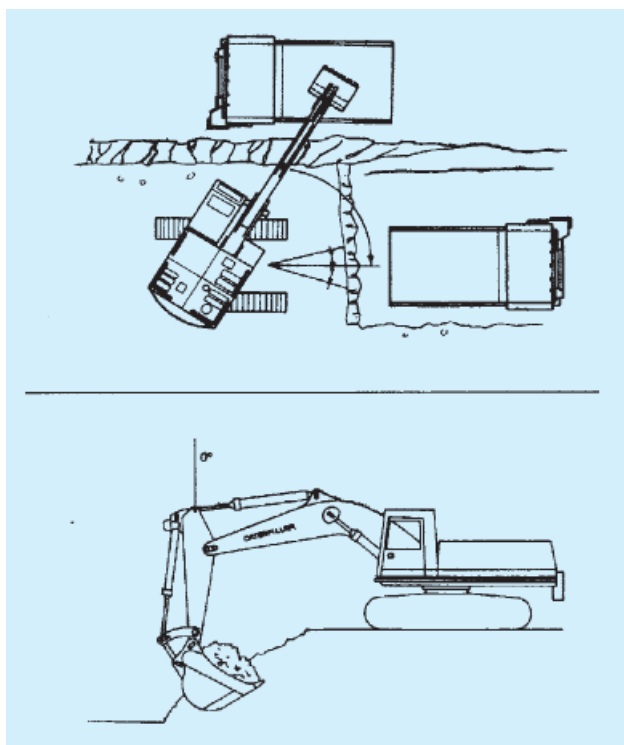
Slika 2: Delež napolnjenosti zajemalke

Količina izkopanega materiala na časovno enoto je odvisna tudi od postavitve bagra glede na položaj materiala, ki ga izkopavamo, in glede na položaj transportnega sredstva (kamiona). Najprimernejši položaj je, ko je prevozno sredstvo za eno raven nižje od bagra in postavljeno tako, da je zasuk nadgradnje bagra znotraj kota 45°.

Količina materiala v zajemalki je odvisna od vrste materiala in znaša od 60 % (kamniti materiali) do 120 % (jalovina, ilovica) napolnjenosti zajemalke glede na njeno nazivno velikost.

Preglednica 7: Prostornina zajemalke pri različnih tipih bagrov

Tip bagra	Prostornina zajemalke
Liebherr R 914 Litronic	0,30 - 1,40 m ³
Liebherr R 934 Litronic	0,24 - 2,20 m ³
O&K RH 6	0,40 - 0,60 m ³
Volvo EC 360 BNLC	1,27 - 3,00 m ³
CAT 235	1,89 m ³



Slika 3: Optimalna postavitve bagra za maksimalno produktivnost

2.2.2.1.2 Nakladalnik

Nakladalnik je stroj namenjen nakladanju naravnih zemeljine ali kamnine na transportno sredstvo. V kolikor gre za lahek in sipek material, lahko tudi izkopavajo do določene globine. Nakladalnik je zmožen nakladanja materiala v višini koles ali nad njimi. V zadnjem času se v veliki meri uporabljajo za nakladanje ali prekladanje frakcij na deponijah, betonarnah in asfaltnih bazah, uporablja pa se tudi za nakladanje odstranjenega materiala v predorih. Večji nakladalniki s kapaciteto zajemalke vsaj okoli 5 m³ (CAT 980) so izredno primerni za široke izkope, vendar za predpripravo materiala za nakladanje nujno potrebujemo buldozer teže več kot 35 ton (CAT D8 ali večji), s katerim material ripamo in narivamo pred nakladalnik. Pri izkopih z nakladalnikom je za manevriranje z nakladalnikom potrebnega veliko več prostora kot pri bagrskem izkopu.



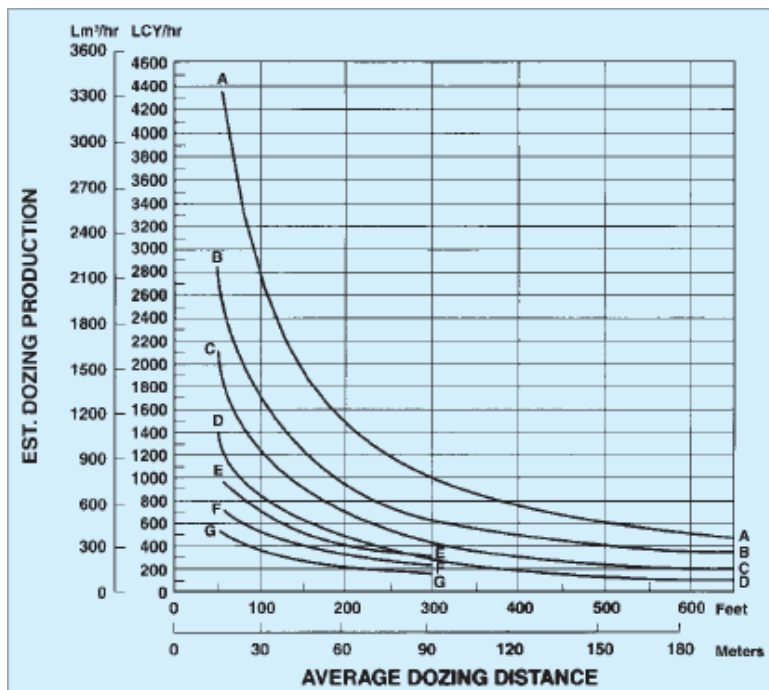
Slika 4: Nakladalnik Volvo 120 e

Preglednica 8: Nakladalniki CAT

Tip nakladalnika	Velikost zajemalke [m ³]
CAT 950E	2,3 m ³
CAT 966D	3,1 m ³
CAT 980C	4,0 m ³

2.2.2.1.3 Buldozer

Buldozer je stroj namenjen potiskanju materiala. V kolikor je zemljina oziroma kamnina pretrda, vendar pa drobljiva ali slabo razstreljena, jo najprej razrahlja, nato pa odrine na določen prostor. Na sprednji strani imajo, razen tistih za delo v mehkem materialu, montirane Semi – Univerzalne pluge, kar pomeni, da imajo stranice plugov rahlo obrnjene navznoter in na teh zavirih imajo pritrjene konice pluga. Buldozerji za delo v mehkem imajo ravne pluge. Navadno imajo ozke gosenice, ker večinoma delajo v trdnem terenu. Za delo na slabo nosilnih tleh uporabljamo buldozerje z daljšim podvozjem in širšimi ploščami gosenic. Ti buldozerji imajo oznako LGP (Low Ground Pressure). Buldozerji so namenjeni predvsem potiskanju materiala, vendar je to smiselno samo do določene razdalje, kar je vidno iz diagrama (vir 1).



Preglednica 9: Buldozerji CAT

Tip buldozerja	Moč [kW]	Širina/višina pluga [mm]
CAT D5B	78	3150/978
CAT D7G	149	3660/1270
CAT D8L	250	4172/1760
CAT D9L	343	4570/1988

Slika 5: Diagram zmogljivosti za buldozerje Caterpillar

Osnovne operacije, ki jih izvajamo z buldozerji, so:

- odkrivanje humusa in jalovine,
- prerivanje materiala,
- urejanje deponij,
- planiranje nasipov,
- ripanje,..



Slika 6: Buldozer CAT D6R

2.2.2.1.4 Strgalnik – Scraper

Strgalnik je stroj namenjen rezanju zemljine, nakladanju, transportu ter vgrajevanju in na ta način združuje štiri funkcije. Največja prednost strgalnika je njegova večnamembnost. Uporaben je za delo z večino zemljin, ki jih srečamo pri gradnji. Strgalnik je kompromis med stroji, katerih namembnost je transportiranje, nakladanje in vgrajevanje (vir 11).

V primeru, da imamo skupino štirih strojev, ki skupaj opravljajo isto delo kot sam strgalnik in se en stroj pokvari, se ustavi celotni proces dela. Prednost strgalnika je, da se v primeru okvare ustavi samo en stroj in ne celotna skupina.

Čeprav so strgalniki namenjeni nakladanju in transportiranju materiala, pa niso v prednosti glede na stroje, namenjenim samo eni operaciji, kajti njihova kapaciteta je nižja. Vendar je njihova prednost v tem da delujejo krožno, odlagajo oziroma vgrajujejo material v enakomernih plasteh, kar pospeši fazo vgradnje materiala.



Slika 7: Strgalnik CAT 631E

2.2.2.1.5 Valjar

Pri gradnji nasipov in vgrajevanju zgornjega ustroja potrebujemo valjarje. Za različna dela so potrebni različno težki valjarji. Zato imamo precejšnjo izbiro valjarjev, in sicer od valjarjev na rudo širine 60 do 90 cm (BOMAG BW 60 in BW 90) z močjo 5 oziroma 9 kW, 12 - tonskih (HAMM 3412) z močjo okoli 100 kW do največjih 18 - tonskih valjarjev (HAMM 3518) z močjo do 150 kW. Pri vgrajevanju kamnitih nasipov potrebujemo najtežje valjarje, ker le s temi dosegamo zbitost nasipne plasti do globine 50 cm (največ 60 cm). Ker je maksimalna dovoljena velikost vgrajenega zrna omejena z okoli 60 odstotki debeline nasipne plasti, pomeni, da lahko z lažjimi valjarji vgrajujemo tanjše plasti in s tem bolj droben material. Valjarji za zemeljska dela imajo nastavljivo frekvenco in moč udarca vibracij.



Slika 8: Valjar HAMM 3412

2.2.2.1.6 Grejder

Grejderji so namenjeni za izdelavo zemeljskih planumov, planiranju grede in tampona, za pridobivanje predpisane višine in stopnje oblike terena. Osnovni namen stroja je rezanje in premik materiala v kolikor je materiala preveč oziroma je plast previsoka. Nekateri grejderji so opremljeni s čelnim plugom za grobo razgrinjanje materiala, nekateri pa imajo zadaj montiran ripper, ki služi predvsem rahljanju preveč utrjenih ali zvoženih površin pred finim rezanjem.



Slika 9: Grejder CAT 14H

2.2.2.2 Vrste transportne mehanizacije

Namen transportne mehanizacije je transport gradbenega materiala. V grobem delimo transportno gradbeno mehanizacijo na kiperske prevoze, ki jo naprej delimo na vozila za gradbiščni prevoz – gradbiščni prekucniki ali demperji, in vozila za cestni prevoz – kamione prekucnike, ter izredne prevoze, ki so namenjeni predvsem selitvam strojev ali opreme, ki presega predpisane dimenzije.

2.2.2.2.1 Demper

Namenjeni so interni uporabi na gradbišču za prevoze razsutega materiala, zato niso registrirani in se jih zaradi njihove velikosti in zmožnosti transporta večje količine materiala ne sme uporabljati na javnih cestah. Uporaba demperjev je racionalna na transportnih razdaljah do 2 km. Omogočajo le vzvratno odlaganje materiala (vir 6).



Slika 10: Demper Volvo A30 D

2.2.2.2.2 2 - osni prekucniki

Dvoosni prekucniki so namenjeni izključno za režijska dela za potrebe gradbišča ter za oskrbovanje ročnih asfaltnih skupin z asfaltom. Omogočajo vzvratno in stransko odlaganje materiala. Nosilnost < 10 ton.

2.2.2.2.3 3 - osni prekucniki

Triosni prekucniki so namenjeni prevozu razsutega materiala. Nosilnost teh vozil je 26 ton, vendar na javnih cestah maksimalno 24 ton. Lahko so opremljeni z dumper zabojniki, ki omogočajo le vzvratno odlaganje materiala, ali s klasičnimi zabojniki, ki omogočajo poleg vzvratnega tudi stransko odlaganje. Uporabljamo jih predvsem za režijska dela na gradbiščih ter za prevoze asfaltov na manjša gradbišča. Za Transporte na večjih razdaljah po javnih cestah k triosnim prekucnikom pripnemo tandem prekucne prikolice, s čimer dobimo skupino vozil, katerih skupna dovoljena masa lahko doseže 40 ton.

2.2.2.2.4 4 - osni prekucniki

4 - osni prekucniki so registrirana vozila in so namenjeni transportu razsutega materiala. Najprimernejši so za Transporte, kjer so del transportne poti javne ceste, del pa gradbiščne poti. Ta vozila omogočajo vzvratno ali stransko odlaganje materiala. Primerna so tudi za transport asfalta, še posebno kjer je zaradi konfiguracije terena delo z vlačilci oteženo ali nemogoče (prevelik bočni nagib cestišča, delo v predoru,..). Pri transportu asfalta morajo biti ta vozila obvezno opremljena s pokrivnimi ponjavami, da se asfaltna masa med transportom preveč ne ohladi. Na sliki je prikazana izvedba 4 – osnega vozila z bolj robustnim zabojnikom namenjenim predvsem transportu težkega kamnitega materiala. Največja dovoljena masa za vozilo MAN TGA 41.413 FFDK je 41 ton, medtem ko je nosilnost vozila 26 ton.



Slika 11: 4 - osni prekucniki

2.2.2.2.5 5 - osni prekucniki

5 - osni prekucnik predstavlja alternativo tako vlačilcem kot tudi tandem priklopnikom zaradi svoje primernosti bodisi po nosilnosti, ki je enaka kot pri vlačilcih in tandem priklopnikih, bodisi zaradi uporabnosti na izkopih v težkih pogojih, kjer so vlačilci in tandem priklopniki neprimerni. Potrebe po višjih kapacitetah in mobilnosti narekujejo njegovo vsestransko uporabo v prihodnosti.



Slika 12: 5 - osni prekucnik

2.2.2.2.6 Vlačilci s prekucnimi - kiperskimi polprikolicami

Vlačilci s prekucnimi polprikolicami so namenjeni transportu razsutega materiala na daljših razdaljah po javnih cestah. Dovoljena skupna masa teh skupin vozil je 40 ton, nosilnost pa 26 ton. Z vlačilci je možno vzvratno ali stransko odlaganje materiala, odvisno od načina izvedbe polprikolice. Pri vlačilcih s prekucnimi polprikolicami ločimo 2 – osne vlačilce primerne za transport frakcij in asfalta, in 3 – osne vlačilce, ki so zaradi boljšega prenosa moči (dve pogonski osi), primerni tudi za izvajanje nasipov ali celo izkopa v bolj zahtevnem terenu. Običajno vlačilce s prekucnimi polprikolicami ne uporabljamo na izkopih v kolikor nimamo na razpolago dovolj prostora, ki je potreben za nemoten transport z vlačilci.

2.2.2.2.7 Vlačilci z nizkopodnimi polprikolicami

Vlačilci z nizkopodnimi polprikolicami so namenjeni selitvam gradbene mehanizacije. Nosilnosti klasičnih polprikolic so od 25 do 50 ton. Vse nizkopodne polprikolice so opremljene z navoznimi rampami za lažje nakladanje strojev. Nekatere polprikolice imajo tudi razširitve, ki so potrebne za prevoze širših strojev.



Slika 13: Vlačilec MAN 33.604 s 50 - tonsko nizkonosečo polprikolico in izrednim tovorom bagrom VOLVO EC 360 BNLC

2.3 Optimizacija plana izvedbe zemeljskih del

2.3.1 Kriteriji in merila

Pri uporabi gradbene mehanizacije moramo upoštevati njeno starost. Starejša je mehanizacija, večja je verjetnost okvare in s tem posredno višji stroški vzdrževanja ter oviranja del med gradnjo. Nova mehanizacija ima nižje stroške vzdrževanja in večjo produktivnost (vir 2).

V večini primerov en sam stroj ne deluje kot samozadostna enota, temveč deluje v kombinaciji z drugimi stroji. Bager deluje v kombinaciji s transportnimi sredstvi, ko izkopava material in ga naklada na transportno sredstvo. Lahko rečemo, da je neka skupina gradbene mehanizacije sestavljena iz bagra, transportnih sredstev, buldozerja in valjarja.

Pri določanju števila gradbene mehanizacije moramo paziti, da stroški ne presegajo vrednosti projekta. Gradbeno mehanizacijo moramo optimalno razporediti po projektu glede na čas dela in stroškovnega dela projekta. Optimalna razporeditev gradbene mehanizacije je taka, da težimo k čim krajšemu času izvedbe del, ter čim nižjim stroškom uporabe gradbene mehanizacije.

Cene delovne ure stroja je izračunana na podlagi nabavne cene, amortizacije, starosti stroja, porabe goriva, režije mehanizacije, cene vzdrževanja in cene strojnika, hkrati pa je cena delovne ure stroja za šibkejše stroje nižja, vendar ni v sorazmerju z znižanjem kapacitete.

Optimizacija plana razširjenosti porabe mehanizacije je za izvajalca ključnega pomena. Z optimizacijo lahko določi kje, kdaj in koliko mehanizacije se uporablja na določenem odseku projekta. Določiti mora tudi maksimalno število potrebne mehanizacije, ki jo lahko uporabi glede na stroške uporabe, zato je potrebno smiselno razporediti mehanizacijo po gradbišču.

Za izbiro optimalne mehanizacije moramo poznati lastnosti strojev, ki jih nameravamo uporabiti za delo. Upoštevati je potrebno čas in način zaposlovanja ter izvajanja del. Poznati moramo lastnosti in količine materiala na katerem se bodo dela izvajala, ter količino materiala z enakimi lastnostmi, zato da se pravilno razporedi in določi količina potrebne mehanizacije.

2.3.2 Omejitve

Pri izbiri mehanizacije se moramo zavedati, da obstajajo omejitve, ki zmanjšujejo učinek mehanizacije in jih moramo upoštevati pri izbiri in količini le te.

Na izbiro vpliva več faktorjev, ki so lahko pogojeni z vrsto materiala, ki ga bomo izkopavali ali vgrajevali. Upoštevati moramo:

- delo v mokrih tleh;
- delo v tleh, kjer nastopajo korenine;
- delo, kjer razpore opornih jam ovirajo normalni potek dela;
- delo na mestih, kjer so različne podzemne napeljave (vodovod, kabli...).

Oteževalne okoliščine pa se pojavijo tudi pri sami gradbeni mehanizaciji. Upoštevati moramo vpliv dela na motor in vozilo, ki ga nameravamo uporabiti. Nekaj vplivov je:

- vpliv nadmorske višine (zmanjšuje moč motorja),
- temperatura ozračja,
- starost motorja.

Pri uporabi starejše mehanizacije so možnosti okvar večje kot pri uporabi nove. Poznati pa moramo tudi vplive, ki delujejo na samo vozilo:

- Notranji upor (zmanjšuje število obratov motorja, kar vpliva na zmanjšanje vrtenja koles).
- Odpor kotaljenja (stanje podlage po kateri se mehanizacija premika – zrnavost površine, stanje hrapavosti in neravnin, suha ali mokra površina...).
- Odpor premagovanja vzponov.
- Upor zraka (če je hitrost vozila majhna lahko to zanemarimo).
- Odpor proti zdrsu (ko je vlečna sila večja od trenja koles s podlago).
- Prehod iz mirovanja v premikanje vozila.

Kot omejitev moramo upoštevati tudi usposobljenost in strokovnost upravljavca stroja in vseh ostalih delavcev, ki sodelujejo pri delu. Učinek slabo usposobljenega upravljavca je manjši kot dobro usposobljenega. Zaradi tega lahko pride do zastojev pri delu ter posredno do daljšega časa izvedbe del.

3 DOLOČITEV OPTIMALNIH KOMBINACIJ SKUPIN STROJEV

3.1 Omejitve pri določanju optimalnih kombinacij skupin strojev

Pri določanju optimalnih kombinacij skupin strojev sem se osredotočil na stroje z visokimi kapacitetami, uporaba katerih je ekonomična na izkopih in nasipih pri večjih projektih kot je izgradnja AC odseka. Kapacitete in cene šibkejših strojev sem prikazal kot primerjavo, da je njihova uporaba neekonomična pri večjih izkopnih in nasipnih delih. V stroških za m³ izkopnega materiala pri samostojnem bagru in kombinaciji buldozer – nakladalnik, ni upoštevano škarpiranje brežin, ker le to povzroči minimalen dvig cene izkopa. V skupinah strojev, ki imajo v kombinaciji bager, le ta hkrati škarpira brežine v kolikor ima presežek kapacitete proti buldozerju.

Kombinacije skupin strojev sem prikazal v štirih vrstah podlage:

- Lahka zemljina.
- Težka zemljina.
- Mehka kamnina.
- Trda kamnina.

3.1.1 Metoda primerjav kombinacij strojev

Primerjave temeljijo na prikazu podatkov o praktičnih kapacitetah - K_{pra} , cenah na delovno uro glede na vrsto in tip stroja, ter na strošku prevoza z 4 - osnimi prekucniki prostornine zabojnika 14 m³ na razdalji 6 km.

Tako sem v kombinacijah strojev izbiral stroje s podobnimi praktičnimi kapacitetami - K_{pra} , in ker so le te za vsak stroj, ki nastopa v kombinaciji različne, upoštevamo pri kombinacijah vedno kapaciteto stroja, ki ima nižjo kapaciteto – $K_{rač}$. V nadaljevanju sem na podlagi praktične kapacitete - K_{pra} izračunal ceno v celoti izkoriščenega stroja/m³, na podlagi računske kapacitete – $K_{rač}$ pa dejansko ceno stroja/m³, in prikazal razliko med njima za m³ izkopnega ali nasipnega materiala. Razlika pri bagru je enaka nič, ker bager izvaja izkop kot samostojen stroj v kolikor ne dela v kombinaciji z buldozerjem.

Korekcijski faktor F , s katerim zmanjšamo teoretično kapaciteto – K_{teo} , sestavljajo:

- Faktor organizacije dela na gradbišču F_{org} , ki je izbran na podlagi dobre organizacije dela na gradbišču, odlične usposobljenosti strojnikov, dobrega stanja mehanizacije in dobre delovne discipline.
- Faktor koriščenja dnevnega delovnega časa $F_{kdč}$, ki je izbran za devet urni delovnik s polurno prekinitvijo.
- Faktor težavnosti dela F_{ide} , ki je izbran za normalno delo brez ovir.
- Faktor redukcije zaradi vpliva nadmorske višine in temperature, ki je izbran za nadmorsko višino 100 m in temperaturo 15°C.
- Faktor zmanjšanja ali povečanja kapacitete zaradi vzpona ali padca pri izračunu ni bil upoštevan, ker je običajno teren na gradbišču precej razgiban in se vpliv zmanjšanja ali povečanja kapacitete mehanizacije za zemeljska dela izenači.

Pri izračunu praktične kapacitete za nakladalnike sem upošteval razdaljo nakladanja 10 m, osnovni čas za posamezno zemljino in stroj, in kapaciteto orodja v raščenem stanju, sem odčital iz tabel *Hitri izračun strojnih kapacitet* po metodologiji SCT.

Pri izračunu praktične kapacitete za buldozerje sem upošteval razdaljo izkopa s prerivanjem 40 m, osnovni čas za posamezno zemljino in stroj, in kapaciteto orodja za posamezno zemljino in stroj, preračunano v raščenem stanju v m³, sem odčital iz tabel *Hitri izračun strojnih kapacitet* po metodologiji SCT.

Pri izračunu praktične kapacitete za buldozerje sem upošteval razdaljo razgrinjanja 20 m, osnovni čas za posamezno zemljino in stroj, in širino pluga reducirano zaradi razrahljivosti, sem odčital iz tabel *Hitri izračun strojnih kapacitet* po metodologiji SCT. Število potrebnih prehodov N_0 sem izbral 4, ter da je debelina nasutega sloja D v [m] je enaka 0,3 m.

N – število potrebnih vozil za prevoz zemljin oziroma kamnin sem izračunal na podlagi hitrega izračuna potrebnih vozil za transport izkopnega materiala po metodologiji SCT.

Razdalja 6 km je izbrana na podlagi srednje transportne razdalje na odseku AC Lesce – Brezje, km 0,000 do km 6,711 zaradi uporabnosti podatka v nadaljevanju diplomske naloge. Transport je v tem primeru možen samo s kamioni - prekucniki, ker transportna pot poteka po javnih prometnih površinah. V primeru transporta samo po gradbišču bi primerjal strošek transporta za m^3 izkopnega materiala z demperji in strošek transporta za m^3 izkopnega materiala s kamioni – prekucniki.

Cena transporta za m^3 izkopnega materiala na transportni razdalji 6 km je enaka 451,80 SIT/ m^3 .

Na podlagi velikosti zabojnika 4 - osnega prekucnika, ki je enak $14 m^3$ in transportne razdalje 6 km, sem prikazal potrebno število vozil – N_{pot} , ki je vedno zaokroženo navzgor – dejansko število vozil – N_{dej} . Število je orientacijsko saj se transportna razdalja spreminja z napredovanjem izkopnih del po trasi (od 5 do 7 km). Razmerje med dejanskim številom vozil – N_{dej} in potrebnim številom vozil – N_{pot} sem definiral kot izkoristek transportnih sredstev – I^T .

Na koncu sem prikazal kumulativno ceno, ki vključuje tako strošek strojnega izvajanja izkopa kot tudi transport na določeno lokacijo v SIT/ m^3 .

3.2 Predstavitev kombinacij strojev

3.2.1 Izkopne kombinacije strojev

Izkopne kombinacije strojev so sestavljene iz ene ali več vrst strojev. Za vsako vrsto stroja oziroma kombinacijo strojev, pa imamo na izbiro različne tipe posameznega stroja, ki se razlikujejo glede na razmerje kapaciteta/cena. V nadaljevanju naloge sem primerjal strošek za m^3 izkopnega materiala v lahki zemljini, težki zemljini, mehki kamnini, trdi kamnini, in produktivnost izvajanja izkopa v naslednjih kombinacijah strojev:

- A) Bager.
- B) Buldozer – nakladalnik.
- C) Buldozer – bager.

3.2.1.1 Kombinacija A: Bager, 4 - osni prekucnik

3.2.1.1.1 Izvajanje izkopa z bagrom v lahki zemljini; transport s 4 - osnimi prekucniki

	Izkop	Prerivanje	Nakladanje	Transport
Bager				
4 - osni prekucnik				

Preglednica 10: Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v lahki zemljini z bagrom

	Lahka zemljina	$K_{pra}/stroj$	št. strojev	K_{pra}	$K_{rač}$	Cena/h	Dejanska cena stroja/ m^3	Cena v celoti izkoriščenega stroja/ m^3	Razlika/ m^3
	Tip stroja	m^3/h	S	m^3/h	m^3/h	SIT/h	SIT/ m^3	SIT/ m^3	SIT/ m^3
A1	Liebherr A 904	58,44	1	58,44	58,44	7783,00	133,18	133,18	
							133,18	133,18	0,00
A2	Liebherr R 914	68,62	1	68,62	68,62	7768,00	113,20	113,20	
							113,20	113,20	0,00
A3	CAT 330 CL	125,24	1	125,24	125,24	12907,00	103,06	103,06	
							103,06	103,06	0,00
A4	Volvo EC 360	132,42	1	132,42	132,42	12907,00	97,47	97,47	
							97,47	97,47	0,00

Preglednica 11: Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa z bagrom v lahki zemljini

	Potrebno št. vozil	Dejansko št. vozil	Cena transporta/ m^3	Izkoristek transportnih sredstev - I^T	Kumulativna cena	
	N_{pot}	N_{dej}	SIT/ m^3		SIT/ m^3	
A1	3,78	4	451,80	0,95	584,98	
A2	4,28	5	451,80	0,86	565,00	
A3	6,96	7	451,80	0,99	554,86	
A4	7,31	8	451,80	0,91	549,27	Min. strošek in Max. produktivnost

3.2.1.1.2 Izvajanje izkopa z bagrom v težki zemljini; transport s 4 - osnimi prekucniki

	Izkop	Prerivanje	Nakladanje	Transport
Bager				
4 - osni prekucnik				

Preglednica 12: Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v težki zemljini z bagrom

	Težka zemljina	K _{pra} /stroj	št. strojev	K _{pra}	K _{rač}	Cena/h	Dejanska cena stroja/m ³	Cena v celoti izkoriščenega stroja/m ³	Razlika/m ³
	Tip stroja	m ³ /h	S	m ³ /h	m ³ /h	SIT/h	SIT/m ³	SIT/m ³	SIT/m ³
A1	Liebherr A 904	55,98	1	55,98	55,98	7783,00	139,03	139,03	
							139,03	139,03	0,00
A2	Liebherr R 914	65,72	1	65,72	65,72	7768,00	118,20	118,20	
							118,20	118,20	0,00
A3	CAT 330 CL	119,94	1	119,94	119,94	12907,00	107,61	107,61	
							107,61	107,61	0,00
A4	Volvo EC 360	127,13	1	127,13	127,13	12907,00	101,53	101,53	
							101,53	101,53	0,00

Preglednica 13: Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa z bagrom v težki zemljini

	Potrebno št. vozil	Dejansko št. vozil	Cena transporta/m ³	Izkoristek transportnih sredstev - I ^T	Kumulativna cena	
	N _{pot}	N _{dej}	SIT/m ³		SIT/m ³	
A1	3,66	4	451,80	0,92	590,83	
A2	4,13	5	451,80	0,83	570,00	
A3	6,71	7	451,80	0,96	559,41	
A4	7,05	8	451,80	0,88	553,33	Min. strošek in Max. produktivnost

3.2.1.1.3 Izvajanje izkopa z bagrom v mehki kamnini; transport s 4 - osnimi prekucniki

	Izkop	Prerivanje	Nakladanje	Transport
Bager				
4 - osni prekucnik				

Preglednica 14: Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v mehki kamnini z bagrom

	Mehka kamnina	$K_{pra}/stroj$	št. strojev	K_{pra}	$K_{rač}$	Cena/h	Dejanska cena stroja/ m^3	Cena v celoti izkoriščenega stroja/ m^3	Razlika/ m^3
	Tip stroja	m^3/h	S	m^3/h	m^3/h	SIT/h	SIT/ m^3	SIT/ m^3	SIT/ m^3
A1	Liebherr A 904	50,32	1	50,32	50,32	7783,00	154,67	154,67	
							154,67	154,67	0,00
A2	Liebherr R 914	59,08	1	59,08	59,08	7768,00	131,48	131,48	
							131,48	131,48	0,00
A3	CAT 330 CL	107,80	1	107,80	107,80	12907,00	119,73	119,73	
							119,73	119,73	0,00
A4	Volvo EC 360	113,99	1	113,99	113,99	12907,00	113,23	113,23	
							113,23	113,23	0,00

Preglednica 15: Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa z bagrom v mehki kamnini

	Potrebno št. vozil	Dejansko št. vozil	Cena transporta/ m^3	Izkoristek transportnih sredstev - I^T	Kumulativna cena	
	N_{pot}	N_{dej}	SIT/ m^3		SIT/ m^3	
A1	3,40	4	451,80	0,85	606,47	
A2	3,82	4	451,80	0,96	583,28	
A3	6,13	7	451,80	0,88	571,53	
A4	6,43	7	451,80	0,92	565,03	Min. strošek in Max. produktivnost

3.2.1.1.4 Izvajanje izkopa z bagrom v trdi kamnini; transport s 4 - osnimi prekucniki

	Izkop	Prerivanje	Nakladanje	Transport
Bager				
4 - osni prekucnik				

Preglednica 16: Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v trdi kamnini z bagrom

	Trda kamnina	$K_{pra}/stroj$	št. strojev	K_{pra}	$K_{rač}$	Cena/h	Dejanska cena stroja/ m^3	Cena v celoti izkoriščenega stroja/ m^3	Razlika/ m^3
	Tip stroja	m^3/h	S	m^3/h	m^3/h	SIT/h	SIT/ m^3	SIT/ m^3	SIT/ m^3
A1	Liebherr A 904	43,32	1	43,32	43,32	7783,00	179,66	179,66	
							179,66	179,66	0,00
A2	Liebherr R 914	50,86	1	50,86	50,86	7768,00	152,73	152,73	
							152,73	152,73	0,00
A3	CAT 330 CL	92,81	1	92,81	92,81	12907,00	139,07	139,07	
							139,07	139,07	0,00
A4	Volvo EC 360	98,12	1	98,12	98,12	12907,00	131,54	131,54	
							131,54	131,54	0,00

Preglednica 17: Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa z bagrom v trdi kamnini

	Potrebno št. vozil	Dejansko št. vozil	Cena transporta/ m^3	Izkoristek transportnih sredstev - I^T	Kumulativna cena	
	N_{pot}	N_{dej}	SIT/ m^3		SIT/ m^3	
A1	3,06	4	451,80	0,77	631,46	
A2	3,42	4	451,80	0,86	604,53	
A3	5,42	6	451,80	0,90	590,87	
A4	5,67	6	451,80	0,95	583,34	Min. strošek in Max. produktivnost

3.2.1.2 Kombinacija B: Buldozer, nakladalnik, 4 – osni prekucnik

3.2.1.2.1 Izvajanje izkopa s kombinacijo buldozerja in nakladalnika v lahki zemljini;

	Izkop	Prerivanje	Nakladanje	Transport
Nakladalnik				
Buldozer				
4 - osni prekucnik				

Preglednica 18: Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v lahki zemljini s kombinacijo buldozerja in nakladalnika

	Lahka zemljina	$K_{pra}/stroj$	št. strojev	K_{pra}	$K_{rač}$	Cena/h	Dejanska cena stroja/ m^3	Cena v celoti izkoriščenega stroja/ m^3	Razlika/ m^3
	Tip stroja	m^3/h	S	m^3/h	m^3/h	SIT/h	SIT/ m^3	SIT/ m^3	SIT/ m^3
B1	CAT D7	111,95	1	111,95	111,95	15278,00	136,47	136,47	
	CAT 950	156,58	1	156,58	111,95	7761,00	69,33	49,57	
							205,80	186,04	19,76
B2	CAT D8	232,26	1	232,26	232,26	19392,00	83,49	83,49	
	CAT 980	414,18	1	414,18	232,26	12449,00	53,60	30,06	
							137,09	113,55	23,54
B3	CAT D8 + CAT D7	344,21	1	344,21	344,21	34670,00	100,72	100,72	
	CAT 980	414,18	1	414,18	344,21	12449,00	36,17	30,06	
							136,89	130,78	6,11
B4	CAT D8 + CAT D6	307,90	1	307,90	307,90	30667,00	99,60	99,60	
	CAT 966	310,47	1	310,47	307,90	9162,00	29,76	29,51	
							129,36	129,11	0,25
B5	CAT D8	232,26	1	232,26	232,26	19392,00	83,49	83,49	
	CAT 966	310,47	1	310,47	232,26	9162,00	39,45	29,51	
							122,94	113,00	9,94
B6	CAT D9 + CAT D6	413,35	1	413,35	413,35	35298,00	85,39	85,39	
	CAT 980	414,18	1	414,18	413,35	12449,00	30,12	30,06	
							115,51	115,45	0,06
B7	CAT D9	337,71	1	337,71	337,71	24023,00	71,13	71,13	
	CAT 980	414,18	1	414,18	337,71	12449,00	36,86	30,06	
							108,00	101,19	6,81

Preglednica 19: Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa s kombinacijo buldozerja in nakladalnika v lahki zemljini

	Potrebno št. vozil	Dejansko št. vozil	Cena transporta/ m^3	Izkoristek transportnih sredstev - I^T	Kumulativna cena	
	N_{pot}	N_{dej}	SIT/ m^3		SIT/ m^3	
B1	6,33	7	451,80	0,90	657,60	
B2	12,05	13	451,80	0,93	588,89	
B3	17,39	18	451,80	0,97	588,69	
B4	15,65	16	451,80	0,98	581,16	
B5	12,05	13	451,80	0,93	574,74	
B6	20,70	21	451,80	0,99	567,31	Max. produktivnost
B7	17,06	18	451,80	0,95	559,80	Min. strošek

3.2.1.2.2 Izvajanje izkopa s kombinacijo buldozerja in nakladalnika v težki zemljini;

	Izkop	Prerivanje	Nakladanje	Transport
Nakladalnik				
Buldozer				
4 - osni prekucnik				

Preglednica 20: Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v težki zemljini s kombinacijo buldozerja in nakladalnika

	Težka zemljina	$K_{pra}/stroj$	št. strojev	K_{pra}	$K_{rač}$	Cena/h	Dejanska cena stroja/ m^3	Cena v celoti izkoriščenega stroja/ m^3	Razlika/ m^3
	Tip stroja	m^3/h	S	m^3/h	m^3/h	SIT/h	SIT/ m^3	SIT/ m^3	SIT/ m^3
B1	CAT D7	68,89	1	68,89	68,89	15278,00	221,77	221,77	
	CAT 950	95,58	1	95,58	68,89	7761,00	112,66	81,20	
							334,43	302,97	31,46
B2	CAT D8	151,54	1	151,54	151,54	19392,00	127,97	127,97	
	CAT 980	282,40	1	282,40	151,54	12449,00	82,15	44,08	
							210,12	172,05	38,07
B3	CAT D8 + CAT D6	194,00	1	194,00	194,00	30667,00	158,08	158,08	
	CAT 966	210,80	1	210,80	194,00	9162,00	47,23	43,46	
							205,30	201,54	3,76
B4	CAT D8	151,54	1	151,54	151,54	19392,00	127,97	127,97	
	CAT 966	210,80	1	210,80	151,54	9162,00	60,46	43,46	
							188,43	171,43	17,00
B5	CAT D9 + CAT D6	269,13	1	269,13	269,13	35298,00	131,16	131,16	
	CAT 980	282,40	1	282,40	269,13	12449,00	46,26	44,08	
							177,41	175,24	2,17
B6	CAT D9	226,67	1	226,67	226,67	24023,00	105,98	105,98	
	CAT 980	282,40	1	282,40	226,67	12449,00	54,92	44,08	
							160,90	150,07	10,84

Preglednica 21: Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa s kombinacijo buldozerja in nakladalnika v težki zemljini

	Potrebno št. vozil	Dejansko št. vozil	Cena transporta/ m^3	Izkoristek transportnih sredstev - I^T	Kumulativna cena
	N_{pot}	N_{dej}	SIT/ m^3		SIT/ m^3
B1	4,28	5	451,80	0,86	786,23
B2	8,22	9	451,80	0,91	661,92
B3	10,24	11	451,80	0,93	657,10
B4	8,22	9	451,80	0,91	640,23
B5	13,82	14	451,80	0,99	629,21
B6	11,81	12	451,80	0,98	612,70

Max. produktivnost
Min. strošek

3.2.1.2.3 Izvajanje izkopa s kombinacijo buldozerja in nakladalnika v mehki kamnini; transport s 4 - osnimi prekucniki

	Izkop	Prerivanje	Nakladanje	Transport
Nakladalnik				
Buldozer				
4 - osni prekucnik				

Preglednica 22: Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v mehki kamnini s kombinacijo buldozerja in nakladalnika

	Mehka kamnina	$K_{pra}/stroj$	št. strojev	K_{pra}	$K_{rač}$	Cena/h	Dejanska cena stroja/ m^3	Cena v celoti izkoriščenega stroja/ m^3	Razlika/ m^3
	Tip stroja	m^3/h	S	m^3/h	m^3/h	SIT/h	SIT/ m^3	SIT/ m^3	SIT/ m^3
B1	CAT D7	44,86	1	44,86	44,86	15278,00	340,57	340,57	
	CAT 950	57,25	1	57,25	44,86	7761,00	173,00	135,56	
							513,58	476,13	37,44
B2	CAT D8 + CAT D6	130,57	1	130,57	130,57	30667,00	234,87	234,87	
	CAT 966	132,20	1	132,20	130,57	9162,00	70,17	69,30	
							305,04	304,17	0,87
B3	CAT D8	103,39	1	103,39	103,39	19392,00	187,56	187,56	
	CAT 966	132,20	1	132,20	103,39	9162,00	88,62	69,30	
							276,18	256,87	19,31
B4	CAT D9 + CAT D6	185,70	1	185,70	178,36	35298,00	197,90	190,08	
	CAT 980	178,36	1	178,36	178,36	12449,00	69,80	69,80	
							267,70	259,88	7,82
B5	CAT D9	158,52	1	158,52	158,52	24023,00	151,55	151,55	
	CAT 980	178,36	1	178,36	158,52	12449,00	78,53	69,80	
							230,08	221,34	8,74

Preglednica 23: Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa s kombinacijo buldozerja in nakladalnika v mehki kamnini

	Potrebno št. vozil	Dejansko št. vozil	Cena transporta/ m^3	Izkoristek transportnih sredstev - I^T	Kumulativna cena
	N_{pot}	N_{dej}	SIT/ m^3		SIT/ m^3
B1	3,14	4	451,80	0,79	965,38
B2	7,22	8	451,80	0,90	756,84
B3	5,93	6	451,80	0,99	727,98
B4	9,49	10	451,80	0,95	719,50
B5	8,55	9	451,80	0,95	681,88

Max. produktivnost
Min. strošek

3.2.1.2.4 Izvajanje izkopa s kombinacijo buldozerja in nakladalnika v trdi kamnini; transport s 4 - osnimi prekucniki

	Izkop	Prerivanje	Nakladanje	Transport
Nakladalnik				
Buldozer				
4 - osni prekucnik				

Preglednica 24: Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v trdi kamnini s kombinacijo buldozerja in nakladalnika

	Trda kamnina	K _{pra} /stroj	št. strojev	K _{pra}	K _{rač}	Cena/h	Dejanska cena stroja/m ³	Cena v celoti izkoriščenega stroja/m ³	Razlika/m ³
	Tip stroja	m ³ /h	S	m ³ /h	m ³ /h	SIT/h	SIT/m ³	SIT/m ³	SIT/m ³
B1	CAT D7	33,61	1	33,61	33,61	15278,00	454,57	454,57	
	CAT 950	40,40	1	40,40	33,61	7761,00	230,91	192,10	
							685,48	646,67	38,81
B2	CAT D8 + CAT D6	100,96	1	100,96	96,60	30667,00	317,46	303,75	
	CAT 966	96,60	1	96,60	96,60	9162,00	94,84	94,84	
							412,31	398,60	13,71
B3	CAT D8	81,98	1	81,98	81,98	19392,00	236,55	236,55	
	CAT 980	130,38	1	130,38	81,98	12449,00	151,85	95,48	
							388,40	332,03	56,37
B4	CAT D8	81,98	1	81,98	81,98	19392,00	236,55	236,55	
	CAT 966	96,60	1	96,60	81,98	9162,00	111,76	94,84	
							348,30	331,39	16,91
B5	CAT D9	127,58	1	127,58	127,58	24023,00	188,30	188,30	
	CAT 980	130,38	1	130,38	127,58	12449,00	97,58	95,48	
							285,88	283,78	2,10

Preglednica 25: Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa s kombinacijo buldozerja in nakladalnika v trdi kamnini

	Potrebno št. vozil	Dejansko št. vozil	Cena transporta/m ³	Izkoristek transportnih sredstev - I ^T	Kumulativna cena	
	N _{pot}	N _{dej}	SIT/m ³		SIT/m ³	
B1	2,61	3	451,80	0,87	1137,28	Min. strošek in Max. produktivnost
B2	6,75	7	451,80	0,96	864,11	
B3	4,91	5	451,80	0,98	840,20	
B4	4,91	5	451,80	0,98	800,10	
B5	7,07	8	451,80	0,88	737,68	

3.2.1.3 Kombinacija C: Buldozer, bager, 4 – osni prekucnik

3.2.1.3.1 Izvajanje izkopa s kombinacijo buldozerja in bagra v lahki zemljini; transport s 4 - osnimi prekucniki

	Izkop	Prerivanje	Nakladanje	Transport
Bager				
Buldozer				
4 - osni prekucnik				

Preglednica 26: Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v lahki zemljini s kombinacijo buldozerja in bagra

	Lahka zemljina	K _{pra} /stroj	št. strojev	K _{pra}	K _{rač}	Cena/h	Dejanska cena stroja/m ³	Cena v celoti izkoriščenega stroja/m ³	Razlika/m ³
	Tip stroja	m ³ /h	S	m ³ /h	m ³ /h	SIT/h	SIT/m ³	SIT/m ³	SIT/m ³
C1	CAT D6	75,64	1	75,64	68,62	11275,00	164,31	149,06	
	Liebherr R 914	68,62	1	68,62	68,62	7768,00	113,20	113,20	
							277,51	262,26	15,25
C2	CAT D7	111,95	1	111,95	111,95	15278,00	136,47	136,47	
	Liebherr R 914	68,62	2	137,24	111,95	15536,00	138,78	113,20	
							275,25	249,67	25,57
C3	CAT D7	111,95	1	111,95	111,95	15278,00	136,47	136,47	
	Volvo EC 360	132,42	1	132,42	111,95	12907,00	115,29	97,47	
							251,76	233,94	17,82
C4	CAT D8 + CAT D6	307,90	1	307,90	264,84	30667,00	115,79	99,60	
	Volvo EC 360	132,42	2	264,84	264,84	25814,00	97,47	97,47	
							213,26	197,07	16,19
C5	CAT D8	232,26	1	232,26	193,86	19392,00	100,03	83,49	
	Liebherr R 914 + CAT 330 CL	193,86	1	193,86	193,86	20675,00	106,65	106,65	
							206,68	190,14	16,54
C6	CAT D9	337,71	1	337,71	333,46	24023,00	72,04	71,13	
	2 * Volvo EC 360 + Liebherr R 914	333,46	1	333,46	333,46	33582,00	100,71	100,71	
							172,75	171,84	0,91

Preglednica 27: Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa s kombinacijo buldozerja in bagra v lahki zemljini

	Potrebno št. vozil	Dejansko št. vozil	Cena transporta/m ³	Izkoristek transportnih sredstev - I ^T	Kumulativna cena
	N _{pot}	N _{dej}	SIT/m ³		SIT/m ³
C1	4,27	5	451,80	0,85	729,31
C2	6,33	7	451,80	0,90	727,05
C3	6,33	7	451,80	0,90	703,56
C4	13,62	14	451,80	0,97	665,06
C5	10,24	11	451,80	0,93	658,48
C6	16,87	17	451,80	0,99	624,55

Min. strošek in Max. prod.

3.2.1.3.2 Izvajanje izkopa s kombinacijo buldozerja in bagra v težki zemljini; transport s 4 - osnimi prekucniki

	Izkop	Prerivanje	Nakladanje	Transport
Bager				
Buldozer				
4 - osni prekucnik				

Preglednica 28: Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v težki zemljini s kombinacijo buldozerja in bagra

	Težka zemljina	K _{pra} /stroj	št. strojev	K _{pra}	K _{rač}	Cena/h	Dejanska cena stroja/m ³	Cena v celoti izkoriščenega stroja/m ³	Razlika/m ³
	Tip stroja	m ³ /h	S	m ³ /h	m ³ /h	SIT/h	SIT/m ³	SIT/m ³	SIT/m ³
C1	CAT D6	42,46	1	42,46	42,46	11275,00	265,54	265,54	
	Liebherr R 914	65,72	1	65,72	42,46	7768,00	182,95	118,20	
							448,49	383,74	64,75
C2	CAT D7	68,89	1	68,89	65,72	15278,00	232,47	221,77	
	Liebherr R 914	65,72	1	65,72	65,72	7768,00	118,20	118,20	
							350,67	339,97	10,70
C3	CAT D7	68,89	1	68,89	68,89	15278,00	221,77	221,77	
	Volvo EC 360	127,13	1	127,13	68,89	12907,00	187,36	101,53	
							409,13	323,30	85,83
C4	CAT D8 + CAT D6	194,00	1	194,00	194,00	30667,00	158,08	158,08	
	Volvo EC 360	127,13	2	254,26	194,00	25814,00	133,06	101,53	
							291,14	259,60	31,54
C5	CAT D8	151,54	1	151,54	151,54	19392,00	127,97	127,97	
	Liebherr R 914 + CAT 330 CL	185,66	1	185,66	151,54	20675,00	136,43	111,36	
							264,40	239,33	25,07
C6	CAT D9	226,67	1	226,67	226,67	24023,00	105,98	105,98	
	Volvo EC 360	127,13	2	254,26	226,67	25814,00	113,88	101,53	
							219,87	207,51	12,36

Preglednica 29: Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa s kombinacijo buldozerja in bagra v težki zemljini

	Potrebno št. vozil	Dejansko št. vozil	Cena transporta/m ³	Izkoristek transportnih sredstev - I ^T	Kumulativna cena
	N _{pot}	N _{dej}	SIT/m ³		SIT/m ³
C1	3,02	4	451,80	0,76	900,29
C2	4,28	5	451,80	0,86	802,47
C3	4,13	5	451,80	0,83	860,93
C4	10,24	11	451,80	0,93	742,94
C5	8,22	9	451,80	0,91	716,20
C6	11,81	12	451,80	0,98	671,67

Min. strošek in Max. produktivnost

3.2.1.3.3 Izvajanje izkopa s kombinacijo buldozerja in bagra v mehki kamnini; transport s 4 - osnimi prekucniki

	Izkop	Prerivanje	Nakladanje	Transport
Bager				
Buldozer				
4 - osni prekucnik				

Preglednica 30: Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v mehki kamnini s kombinacijo buldozerja in bagra

	Mehka kamnina	$K_{pra}/stroj$	št. strojev	K_{pra}	$K_{rač}$	Cena/h	Dejanska cena stroja/ m^3	Cena v celoti izkoriščenega stroja/ m^3	Razlika/ m^3
	Tip stroja	m^3/h	S	m^3/h	m^3/h	SIT/h	SIT/ m^3	SIT/ m^3	SIT/ m^3
C1	CAT D7	44,86	1	44,86	44,86	15278,00	340,57	340,57	
	Liebherr R 914	59,08	1	59,08	44,86	7768,00	173,16	131,48	
							513,73	472,05	41,68
C2	CAT D8 + CAT D6	130,57	1	130,57	113,99	30667,00	269,03	234,87	
	Volvo EC 360	113,99	1	113,99	113,99	12907,00	113,23	113,23	
							382,26	348,10	34,16
C3	CAT D8	103,39	1	103,39	103,39	19392,00	187,56	187,56	
	CAT 330 CL	107,80	1	107,80	103,39	12907,00	124,84	119,73	
							312,40	307,29	5,11
C4	CAT D9	158,52	1	158,52	158,52	24023,00	151,55	151,55	
	Volvo EC 360 + Liebherr R 914	173,07	1	173,07	158,52	20675,00	130,43	74,58	
							281,97	226,12	55,85

Preglednica 31: Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa s kombinacijo buldozerja in bagra v mehki kamnini

	Potrebno št. vozil	Dejansko št. vozil	Cena transporta/ m^3	Izkoristek transportnih sredstev - I^T	Kumulativna cena	
	N_{pot}	N_{dej}	SIT/ m^3		SIT/ m^3	
C1	3,14	4	451,80	0,79	965,53	Min. strošek in Max. produktivnost
C2	6,43	7	451,80	0,92	834,06	
C3	5,93	6	451,80	0,99	764,20	
C4	7,21	8	451,80	0,90	733,77	

3.2.1.3.4 Izvajanje izkopa s kombinacijo buldozerja in bagra v trdi kamnini; transport s 4 - osnimi prekucniki

	Izkop	Prerivanje	Nakladanje	Transport
Bager				
Buldozer				
4 - osni prekucnik				

Preglednica 32: Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja izkopa v trdi kamnini s kombinacijo buldozerja in bagra

	Trda kamnina	$K_{pra}/stroj$	št. strojev	K_{pra}	$K_{rač}$	Cena/h	Dejanska cena stroja/ m^3	Cena v celoti izkoriščenega stroja/ m^3	Razlika/ m^3
	Tip stroja	m^3/h	S	m^3/h	m^3/h	SIT/h	SIT/ m^3	SIT/ m^3	SIT/ m^3
C1	CAT D7	33,61	1	33,61	33,61	15278,00	454,57	454,57	
	Liebherr R 914	50,86	1	50,86	33,61	7768,00	231,12	152,73	
							685,69	607,30	78,39
C2	CAT D8 + CAT D6	100,96	1	100,96	98,12	30667,00	312,55	303,75	
	Volvo EC 360	98,12	1	98,12	98,12	12907,00	131,54	131,54	
							444,09	435,30	8,79
C3	CAT D8	81,98	1	81,98	81,98	19392,00	236,55	236,55	
	CAT 330 CL	92,81	1	92,81	81,98	12907,00	157,44	139,07	
							393,99	375,61	18,37
C4	CAT D9	127,58	1	127,58	127,58	24023,00	188,30	188,30	
	Volvo EC 360 + Liebherr R 914	148,98	1	148,98	127,58	20675,00	162,06	138,78	
							350,35	327,07	23,28

Preglednica 33: Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene pri izvajanju izkopa s kombinacijo buldozerja in bagra v trdi kamnini

	Potrebno št. vozil	Dejansko št. vozil	Cena transporta/ m^3	Izkoristek transportnih sredstev - I^T	Kumulativna cena	
	N_{pot}	N_{dej}	SIT/ m^3		SIT/ m^3	
C1	2,60	3	451,80	0,87	1137,49	Min. strošek in Max. produktivnost
C2	5,67	6	451,80	0,95	895,89	
C3	4,76	5	451,80	0,94	845,79	
C4	7,07	8	451,80	0,88	802,15	

3.2.1.4 Primerjava stroška za m³ izkopnega materiala z različnimi izkopnimi kombinacijami strojev in v različnih vrstah podlage

Primerjava temelji na prikazanih preglednicah iz katerih je razvidno, katere so konkurenčne kombinacije strojev glede na praktično kapaciteto, ki jo dosegajo, in glede na strošek za m³ izkopnega materiala. Strošek transporta je odvisen od transportne razdalje in enako vpliva na vse izkopne kombinacije strojev.

Preglednica 34: Primerjava stroška izvajanja izkopa z različnimi kombinacijami strojev v lahki zemljini

	Lahka zemljina	K _{pra} /stroj	št. strojev	K _{pra}	K _{rač}	Cena/h	Dejanska cena stroja/m ³	Cena v celoti izkoriščenega stroja/m ³	Razlika/m ³
	Tip stroja	m ³ /h	S	m ³ /h	m ³ /h	SIT/h	SIT/m ³	SIT/m ³	SIT/m ³
A	Volvo EC 360	132,42	1	132,42	132,42	12907,00	97,47	97,47	0,00
B	CAT D9	337,71	1	337,71	337,71	24023,00	71,13	71,13	6,81
	CAT 980	414,18	1	414,18	337,71	12449,00	36,86	30,06	
							108,00	101,19	
C	CAT D9	337,71	1	337,71	333,46	24023,00	72,04	71,13	0,91
	2 * Volvo EC 360 + Liebherr R 914	333,46	1	333,46	333,46	33582,00	100,71	100,71	
							172,75	171,84	

Preglednica 35: Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene

	Potrebno št. vozil	Dejansko št. vozil	Cena transporta/m ³	Izkoristek transportnih sredstev - I ^T	Kumulativna cena	
	N _{pot}	N _{dej}	SIT/m ³		SIT/m ³	
A	7,31	8	451,80	0,91	549,27	Min. strošek
B	17,06	18	451,80	0,95	559,80	Max. produktivnost
C	16,87	17	451,80	0,99	624,55	

Izkaže se da v lahki zemljini najnižji strošek za m³ izkopnega materiala dosega bager Volvo EC 360, vendar pa ni primeren za izkope, ki morajo biti končani v čim krajšem času, ker dosega nizke izkopne kapacitete. Najbolj konkurenčna kombinacija v tem primeru je kombinacija buldozerja CAT D9 in nakladalnika CAT 980, ki ima nekoliko višji strošek za m³ izkopnega materiala, vendar dosega veliko višje kapacitete.

Preglednica 36: Primerjava stroška izvajanja izkopa z različnimi kombinacijami strojev v težki zemljini

	Težka zemljina	$K_{pra}/stroj$	št. strojev	K_{pra}	$K_{rač}$	Cena/h	Dejanska cena stroja/ m^3	Cena v celoti izkoriščenega stroja/ m^3	Razlika/ m^3
	Tip stroja	m^3/h	S	m^3/h	m^3/h	SIT/h	SIT/ m^3	SIT/ m^3	SIT/ m^3
A	Volvo EC 360	127,13	1	127,13	127,13	12907,00	101,53	101,53	
							101,53	101,53	0,00
B	CAT D9	226,67	1	226,67	226,67	24023,00	105,98	105,98	
	CAT 980	282,40	1	282,40	226,67	12449,00	54,92	44,08	
							160,90	150,07	10,84
C	CAT D9	226,67	1	226,67	226,67	24023,00	105,98	105,98	
	Volvo EC 360	127,13	2	254,26	226,67	25814,00	113,88	101,53	
							219,87	207,51	12,36

Preglednica 37: Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene

	Potrebno št. vozil	Dejansko št. vozil	Cena transporta/ m^3	Izkoristek transportnih sredstev - I^T	Kumulativna cena	
	N_{pot}	N_{dej}	SIT/ m^3		SIT/ m^3	
A	7,05	8	451,80	0,88	553,33	Min. strošek
B	11,81	12	451,80	0,98	612,70	Max. produktivnost
C	11,81	12	451,80	0,98	671,67	Max. produktivnost

V težki zemljini se izkaže, da bager Volvo EC 360 ponovno dosega najnižji strošek za m^3 izkopnega materiala. V primeru, da mora biti izkop končan v čim krajšem času, lahko uporabimo dva bagra Volvo EC 360 brez pomoči buldozerja CAT D9, v kolikor nam to dovoljujejo okoliščine, predvsem prostor, ki je potreben za dve napadni mesti.

Preglednica 38: Primerjava stroška izvajanja izkopa z različnimi kombinacijami strojev v mehki kamnini

	Mehka kamnina	$K_{pra}/stroj$	št. strojev	K_{pra}	$K_{rač}$	Cena/h	Dejanska cena stroja/ m^3	Cena v celoti izkoriščenega stroja/ m^3	Razlika/ m^3
	Tip stroja	m^3/h	S	m^3/h	m^3/h	SIT/h	SIT/ m^3	SIT/ m^3	SIT/ m^3
A	Volvo EC 360	113,99	1	113,99	113,99	12907,00	113,23	113,23	
							113,23	113,23	0,00
B	CAT D9	158,52	1	158,52	158,52	24023,00	151,55	151,55	
	CAT 980	178,36	1	178,36	158,52	12449,00	78,53	69,80	
							230,08	221,34	8,74
C	CAT D9	158,52	1	158,52	158,52	24023,00	151,55	151,55	
	Volvo EC 360 + Liebherr R 914	173,07	1	173,07	158,52	20690,00	130,52	119,55	
							282,07	271,09	10,97

Preglednica 39: Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene

	Potrebno št. vozil	Dejansko št. vozil	Cena transporta/ m^3	Izkoristek transportnih sredstev - I^T	Kumulativna cena	
	N_{pot}	N_{dej}	SIT/ m^3		SIT/ m^3	
A	6,43	7	451,80	0,92	565,03	Min. strošek
B	8,55	9	451,80	0,95	681,88	Max. produktivnost
C	8,55	9	451,80	0,95	733,87	Max. produktivnost

Tudi v mehki kamnini se izkaže, da najnižji strošek za m^3 izkopnega materiala dosega bager Volvo EC 360. Prav tako kot v težki zemljini se v primeru, ko mora biti izkop končan v čim krajšem času, lahko uporabi dva bagra Volvo EC 360, v kolikor nam to dovoljujejo okoliščine, predvsem prostor, ki je potreben za dve napadni mesti. Prav tako je iz preglednice 39 razvidno, da sta kombinaciji buldozer CAT D9 ter nakladalnik CAT 980 in buldozer CAT D9 ter Volvo EC 360 + Liebherr R 914 z obzirom na strošek za m^3 izkopa nekonkurenčni, dosejata pa krajši čas izvedbe izkopa.

Preglednica 40: Primerjava stroška izvajanja izkopa z različnimi kombinacijami strojev v trdi kamnini

	Trda kamnina	$K_{pra}/stroj$	št. strojev	K_{pra}	$K_{rač}$	Cena/h	Dejanska cena stroja/ m^3	Cena v celoti izkoriščenega stroja/ m^3	Razlika/ m^3
	Tip stroja	m^3/h	S	m^3/h	m^3/h	SIT/h	SIT/ m^3	SIT/ m^3	SIT/ m^3
A	Volvo EC 360	98,12	1	98,12	98,12	12907,00	131,54	131,54	
							131,54	131,54	0,00
B	CAT D9	127,58	1	127,58	127,58	24023,00	188,30	188,30	
	CAT 980	130,38	1	130,38	127,58	12449,00	97,58	95,48	
							285,88	283,78	2,10
C	CAT D9	127,58	1	127,58	127,58	24023,00	188,30	188,30	
	Volvo EC 360 + Liebherr R 914	148,98	1	148,98	127,58	20690,00	162,17	138,88	
							350,47	327,18	23,30

Preglednica 41: Prikaz potrebnega števila vozil, cene transporta in kumulativne cene

	Potrebno št. vozil	Dejansko št. vozil	Cena transporta/ m^3	Izkoristek transportnih sredstev - I^T	Kumulativna cena	
	N_{pot}	N_{dej}	SIT/ m^3		SIT/ m^3	
A	5,67	6	451,80	0,95	583,34	Min. strošek
B	7,07	8	451,80	0,88	737,68	Max. produktivnost
C	7,07	8	451,80	0,88	802,27	Max. produktivnost

V trdi kamnini se za neustrezno različico izvajanja izkopa, izkaže kombinacija buldozer CAT D9 in nakladalnik CAT 980, ki dosega visok strošek za m^3 izkopa, ne dosega pa visokih kapacitet. Ponovno se izkaže, da bager Volvo EC 360 dosega najnižji strošek za m^3 izkopnega materiala, vendar bager v kamnitem materialu ne more delovati brez sodelovanja drugih strojev, zato se ga upošteva le v kombinaciji z buldozerjem.

Preglednica 42: Maksimalna produktivnost in v njenem okviru minimalni stroški

	Lahka zemljina			Težka zemljina			Mehka kamnina			Trda kamnina		
	Cena / m^3	K_{pra}	I^I [%]	Cena / m^3	K_{pra}	I^I [%]	Cena / m^3	K_{pra}	I^I [%]	Cena / m^3	K_{pra}	I^I [%]
A1	549,2	132,4	91	553,3	127,1	88	565,0	113,9	92	583,3	98,1	95
B6	567,3	413,3	99									
B5				629,2	269,1	99						
B4							719,5	178,3	95			
B5										737,6	127,5	88
C6	624,5	333,4	99	671,6	226,6	98						
C4							733,7	158,5	90	802,1	127,5	88

3.2.2 Nasipne kombinacije strojev

Nasipne kombinacije strojev so sestavljene iz dveh vrst strojev, to je iz buldozerja in valjarja. Za vsako kombinacijo teh dveh strojev imamo na izbiro različne tipe posameznega stroja, ki se razlikujejo glede na razmerje kapaciteta/cena. V nadaljevanju naloge sem primerjal strošek za m³ nasipnega materiala v lahki zemljini, težki zemljini, mehki kamnini, trdi kamnini, in produktivnost izvajanja nasipa z različnimi kombinacijami posameznih tipov strojev.

3.2.2.1 Izvajanje nasipa s kombinacijo buldozerja in valjarja v lahki zemljini

Preglednica 43: Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja nasipa v lahki zemljini s kombinacijo buldozerja in valjarja

Lahka zemljina	K _{pra} /stroj	št. strojev	K _{pra}	K _{rač}	Cena/h	Dejanska cena stroja/m ³	Cena v celoti izkoriščenega stroja/m ³	Razlika/m ³	Cena/m ³
Tip stroja	m ³ /h	S	m ³ /h	m ³ /h	SIT/h	SIT/m ³	SIT/m ³	SIT/m ³	SIT/m ³
CAT D5	164,59	1	164,59	164,59	6586,00	40,01	40,01		
Hamm 2410	174,76	1	174,76	164,59	5578,00	33,89	31,92		
						73,90	71,93	1,97	73,90
CAT D6	211,44	1	211,44	211,44	11275,00	53,32	53,32		
Hamm 2510	219,21	1	219,21	211,44	5981,00	28,29	27,28		
						81,61	80,61	1,00	81,61
CAT D7	238,91	1	238,91	219,21	15278,00	69,70	63,95		
Hamm 2510	219,21	1	219,21	219,21	5981,00	27,28	27,28		
						96,98	91,23	5,75	96,98
CAT D6 + CAT D5	376,03	1	376,03	349,52	17861,00	51,10	47,50		
Hamm 2410	174,76	2	349,52	349,52	11156,00	31,92	31,92		
						83,02	79,42	3,60	83,02
CAT D7 + CAT D6	450,35	1	450,35	438,42	26553,00	60,57	58,96		
Hamm 2510	219,21	2	438,42	438,42	11962,00	27,28	27,28		
						87,85	86,25	1,60	87,85

3.2.2.2 Izvajanje nasipa s kombinacijo buldozerja in valjarja v težki zemljini

Preglednica 44: Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja nasipa v težki zemljini s kombinacijo buldozerja in valjarja

Težka zemljina	$K_{pra}/$ stroj	št. strojev	K_{pra}	$K_{rač}$	Cena/h	Dejanska cena stroja/ m^3	Cena v celoti izkoriščenega stroja/ m^3	Razlika/ m^3	Cena/ m^3
Tip stroja	m^3/h	S	m^3/h	m^3/h	SIT/h	SIT/ m^3	SIT/ m^3	SIT/ m^3	SIT/ m^3
CAT D5	134,65	1	134,65	134,65	6586,00	48,91	48,91		
Hamm 2410	151,08	1	151,08	134,65	5578,00	41,43	36,92		
						90,34	85,83	4,51	90,34
CAT D6	172,54	1	172,54	172,54	11275,00	65,35	65,35		
Hamm 2510	191,48	1	191,48	172,54	5981,00	34,66	31,24		
						100,01	96,58	3,43	100,01
CAT D7	193,41	1	193,41	191,48	15278,00	79,79	78,99		
Hamm 2510	191,48	1	191,48	191,48	5981,00	31,24	31,24		
						111,02	110,23	0,80	111,02
CAT D6 + CAT D5	307,19	1	307,19	302,16	17861,00	59,11	58,14		
Hamm 2410	151,08	2	302,16	302,16	11156,00	36,92	36,92		
						96,03	95,06	0,97	96,03
CAT D7 + CAT D6	365,95	1	365,95	365,95	26553,00	72,56	72,56		
Hamm 2510	191,48	2	382,96	365,95	11962,00	32,69	31,24		
						105,25	103,79	1,45	105,25

3.2.2.3 Izvajanje nasipa s kombinacijo buldozerja in valjarja v mehki kamnini

Preglednica 45: Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja nasipa v mehki kamnini s kombinacijo buldozerja in valjarja

Mehka kamnina	$K_{pra}/$ stroj	št. strojev	K_{pra}	$K_{rač}$	Cena/h	Dejanska cena stroja/ m^3	Cena v celoti izkoriščenega stroja/ m^3	Razlika/ m^3	Cena/ m^3
Tip stroja	m^3/h	S	m^3/h	m^3/h	SIT/h	SIT/ m^3	SIT/ m^3	SIT/ m^3	SIT/ m^3
CAT D5	123,34	1	123,34	123,34	6586,00	53,40	53,40		
Hamm 2410	155,41	1	155,41	123,34	5578,00	45,22	35,89		
						98,62	89,29	9,33	98,62
CAT D6	156,51	1	156,51	156,51	11275,00	72,04	72,04		
Hamm 2510	197,19	1	197,19	156,51	5981,00	38,21	30,33		
						110,25	102,37	7,88	110,25
CAT D7	176,12	1	176,12	176,12	15278,00	86,75	86,75		
Hamm 2510	197,19	1	197,19	176,12	5981,00	33,96	30,33		
						120,71	117,08	3,63	120,71
CAT D6 + CAT D5	279,85	1	279,85	279,85	17861,00	63,82	63,82		
Hamm 2410	155,41	2	310,82	279,85	11156,00	39,86	35,89		
						103,69	99,72	3,97	103,69
CAT D7 + CAT D6	332,63	1	332,63	332,63	26553,00	79,83	79,83		
Hamm 2510	197,19	2	394,38	332,63	11962,00	35,96	30,33		
						115,79	110,16	5,63	115,79

3.2.2.4 Izvajanje nasipa s kombinacijo buldozerja in valjarja v trdi kamnini

Preglednica 46: Prikaz praktičnih kapacitet in stroška izvajanja nasipa v trdi kamnini s kombinacijo buldozerja in valjarja

Trda kamnina	$K_{pra}/$ stroj	št. strojev	K_{pra}	$K_{rač}$	Cena/h	Dejanska cena stroja/ m^3	Cena v celoti izkoriščenega stroja/ m^3	Razlika/ m^3	Cena/ m^3
Tip stroja	m^3/h	S	m^3/h	m^3/h	SIT/h	SIT/ m^3	SIT/ m^3	SIT/ m^3	SIT/ m^3
CAT D5	83,55	2	167,10	167,10	13172,00	78,83	78,83		
Hamm 2410	174,76	1	174,76	167,10	5578,00	33,38	31,92		
						112,21	110,75	1,46	112,21
CAT D6	108,57	2	217,14	217,14	22550,00	103,85	103,85		
Hamm 2510	221,22	1	221,22	217,14	5981,00	27,54	27,04		
						131,39	130,89	0,51	131,39
CAT D7	120,24	2	240,48	221,22	30556,00	138,12	127,06		
Hamm 2510	221,22	1	221,22	221,22	5981,00	27,04	27,04		
						165,16	154,10	11,06	165,16
CAT D6 + CAT D5	192,12	1	192,12	174,76	17861,00	102,20	92,97		
Hamm 2410	174,76	1	174,76	174,76	5578,00	31,92	31,92		
						134,12	124,89	9,24	134,12
CAT D7 + CAT D6	228,81	1	228,81	221,22	26553,00	120,03	116,05		
Hamm 2510	221,22	1	221,22	221,22	5981,00	27,04	27,04		
						147,07	143,08	3,98	147,07

3.3 Predstavitev rezultatov primerjav kombinacij strojev

Kriterij za optimalno izbiro strojev za izvajanje izkopa ali nasipa, je izbira samostojnih ali kombinacij strojev, ki dosegajo visoke kapacitete pri nizkih cenah. Na ta način v čim krajšem času in z najnižjimi stroški za m³ izvedbe izkopa ali nasipa, izpolnimo zahteve glede časovne in stroškovne omejenosti.

Strošek za m³ izvedbe izkopa ali nasipa je odvisen od:

- Cene delovne ure stroja, ki je izračunana na podlagi nabavne cene, amortizacije, starosti stroja, porabe goriva, režije mehanizacije, cene vzdrževanja in cene strojnika.
- Cena delovne ure stroja je za šibkejše stroje nižja, vendar ni v sorazmerju z znižanjem kapacitete. Kot primer vzemimo bager Liebherr R 914, katerega delovna ura znaša 7783,00 SIT/h in praktična kapaciteta v lahki zemljini 68,62 m³/h, v primerjavi z bagrom Volvo EC 360, katerega delovna ura znaša 12907,00 SIT/h in praktična kapaciteta 132,42 m³/h. Bager Volvo EC 360 nima dvakrat višje cene delovne ure, dosega pa več kot dvakrat višjo kapaciteto.
- Največji strošek v vsakem primeru predstavlja stroj, ki ne dosega praktične kapacitete zaradi neustrezne organizacije dela na gradbišču.

Strošek transporta za m³ izkopnega ali nasipnega materiala je določen na osnovi transportne razdalje, ki ni v sorazmerju z ceno. Cena se oblikuje na osnovi nabavne cene, amortizacije, starosti transportnega vozila, porabe goriva, režije mehanizacije, cene vzdrževanja in cene voznika. V preteklosti je transport z demperji dosegal nižje stroške za m³ izkopnega ali nasipnega materiala, ker so le ti dosegali višje hitrosti na gradbišču, hkrati pa so imeli večjo kapaciteto zabojnika. Danes je kapaciteta zabojnika 4 - osnega prekucnika in kapaciteta demperja primerljiva, vendar je strošek transporta za m³ pri demperju višji.

3.3.1 Primerjava izkopnih kombinacij

Za obsežnejša zemeljska dela uporabljamo stroje, ki dosegajo visoke praktične kapacitete, saj je na velikih gradbiščih dovolj prostora, da delo na gradbišču organiziramo na način, da vodilni stroj dela s polno kapaciteto. Cena na delovno uro stroja je v vseh kategorijah zemljine oziroma kamnine enaka, kapaciteta stroja za m³ izkopnega materiala pa je z višanjem kategorije zemljine

oziroma kamnine nižja, zato je cena za m³ izkopnega materiala višja. Pri izkopu v lahki zemljini samostojen stroj in kombinacije strojev dosegajo višje kapacitete, ker lažje in hitreje izvajajo operacije kot v težki zemljini. Prav tako se za izkop v mehki in trdi kamnini porabi še več časa, ker delo otežujejo večje skale in se zajemalka stroja v celoti ne napolni.

V primeru izvajanja izkopa s samostojnim bagrom, kombinacijo buldozerja in nakladalnika ali kombinacijo buldozerja in bagra, se izkaže da dosega visoke kapacitete pri najnižjem strošku za m³ izkopnega materiala v vseh kategorijah zemljin oziroma kamnin, bager Volvo EC 360. Zato je smiselno, da delo na gradbišču organiziramo v tej smeri, v kolikor nam konfiguracija terena to dopušča, da lahko na enem napadnem mestu izvajamo izkop z dvema bagroma Volvo EC 360. V lahki zemljini je konkurenčna kombinacija za izvajanje izkopa, kombinacija buldozer CAT D9 in nakladalnik CAT 980, ki ima praktično kapaciteto 337,11 m³/h in strošek za m³ izkopnega materiala 559,80 SIT/m³, v primerjavi z dvema bagroma Volvo EC 360, ki imata praktično kapaciteto 264,84 m³/h in strošek za m³ izkopnega materiala 549,27 SIT/m³. Prednost kombinacije buldozerja CAT D9 in nakladalnika CAT 980 je, da za nekoliko višji strošek, približno 10 SIT/m³, dosega veliko višje kapacitete in posledično krajši čas izvedbe del.

V primeru izvajanja izkopa s samostojnim bagrom se za popolnoma neprimerno različico izkaže Liebherr R 914, ki dosega visok strošek za m³ izkopnega materiala, istočasno pa bistveno podaljša čas izvedbe del zaradi nizkih kapacitet, ki jih dosega. Uporaba bagra Liebherr R 914 je smiselna za izvedbo planuma temeljnih tal ali za škarpiranje brežin v kolikor ima presežek kapacitete v kombinaciji z drugim, večjim bagrom in buldozerjem.

Pri kombinaciji buldozer – nakladalnik z višanjem kategorije zemljine oziroma kamnine, buldozerjem z nižjo kapaciteto, predvsem CAT D6 in CAT D7, zaradi zahtevnejše podlage kapaciteta veliko hitreje pada kot pri nakladalnikih. Zato je smiselno uporabiti večje buldozerje, kot so CAT D8 ali CAT D9, da se približamo kapaciteti nakladalnika.

Pri kombinaciji buldozer – bager najnižji strošek za m³ izkopnega materiala dosega kombinacija buldozerja CAT D9, ki prerine dovolj materiala v lahki zemljini za dva bagra Volvo EC 360 in bager Liebherr R 914. Z višanjem kategorije zemljine oziroma kamnine, se kapaciteta buldozerja CAT D9 bistveno zmanjša, zaradi česar v trdi kamnini ne more preriniti dovolj materiala za en

bager Volvo EC 360 in en bager Liebherr R 914. Strošek, ki ga dosega kombinacija strojev buldozer – bager, je precej višji od preostalih dveh kombinacij v lahki zemljini in je enak 624,55 SIT/m³, dosega pa ga kombinacija buldozer CAT D9, dva bagra Volvo EC 360 in bager Liebherr R 914. Prednost te kombinacije je v primeru, da ima bager ali buldozer presežek kapacitete, se enega izmed njiju lahko uporabi za druga dela na gradbišču, bodisi škarpiranje brežin ali vzdrževanje gradbiščnih poti. V kombinaciji buldozer – bager ima običajno presežek kapacitete bager, katerega funkcija je nakladanje izkopnega materiala in ne izvajanje izkopa.

Preglednice 34 – 41 prikazujejo naraščanje stroška za m³ izkopnega materiala pri vseh kombinacijah strojev in pri vseh kategorijah podlage. Iz njih je mogoče zaključiti:

- V lahki zemljini najnižji strošek za m³ izkopnega materiala dosega samostojen bager, malo višji strošek dosega kombinacija buldozer – nakladalnik, in precej višji strošek dosega kombinacija buldozer – bager.
- V težki zemljini strošek za m³ izkopnega materiala najmanj naraste pri samostojnem bagru, največ pri kombinaciji buldozer – nakladalnik, in malo manj pri kombinaciji buldozer – bager.
- V mehki in trdi kamnini je strošek za m³ izkopnega materiala pri izvedbi izkopa s samostojnim bagrom bistveno nižji kot pri kombinacijah buldozer - nakladalnik ali buldozer – bager. Vzrok za to je predvsem dejstvo, da bager v kamnitem materialu ne more delati samostojno, zato se ga upošteva le v kombinaciji z buldozerjom, ki v lahki in težki zemljini kaže presežek kapacitete proti bagru, v mehki in trdi kamnini pa je ravno buldozer ozko grlo izvajanja izkopa zaradi bistvenega zmanjšanja kapacitete.

3.3.1.1 Primerjava kombinacije buldozer – nakladalnik in samostojnega bagra

V lahki zemljini primerljiv strošek za m³ izkopnega materiala dosega samostojen bager Liebherr R 914, katerega praktična kapaciteta je enaka 68,62 m³/h in strošek 565,00 SIT/m³, ter kombinacija buldozerjev CAT D9 + CAT D6 in nakladalnika CAT 980, ki dosega praktično kapaciteto 413,35 m³/h in strošek 567,31 SIT/m³. Prednost kombinacije je, da ima šestkrat višjo kapaciteto in tako neprimerljivo krajši čas izvedbe del. V kolikor imata buldozerja presežek kapacitete proti nakladalniku, se lahko enega, običajno je to manjši CAT D6, uporabi za druga dela na gradbišču.

V trdi kamnini je strošek za m³ izkopnega materiala višji pri kombinaciji buldozerja CAT D9 in nakladalnika CAT 980, v primerjavi s samostojnim bagrom Liebherr R 914, vendar ponovno dosega kombinacija strojev več kot dvakrat višjo kapaciteto in posledično krajši čas izvedbe del.

Prednosti izvajanja izkopa s kombinacijo buldozer – nakladalnik:

- Dosega visoke kapacitete in posledično krajši čas izvedbe del.
- V kolikor ima presežek kapacitete buldozer, ga lahko uporabimo za vzdrževanje gradbiščnih poti.

Prednosti izvajanja izkopa z bagrom:

- Dosega nižji strošek v vseh kategorijah podlage.
- Samostojno izvajanje izkopa; v primeru kombinacije strojev, se lahko en stroj pokvari in onemogoči nadaljevanje del.

3.3.1.2 Primerjava kombinacije buldozer – bager in samostojnega bagra

V lahki zemljini je zanimiva primerjava stroška za m³ izkopnega materiala, ki ga dosega samostojen bager CAT 330 CL, katerega praktična kapaciteta je enaka 125,24 m³/h in strošek 554,86 SIT/m³, ter kombinacije buldozerja CAT D9 in dveh bagrov Volvo EC 360 ter bagra Liebherr R 914, ki skupaj dosega praktično kapaciteto 333,46 m³/h in strošek 624,55 SIT/m³. Prednost kombinacije je predvsem v tem, da v kolikor ima bager Liebherr R 914 presežek kapacitete, ga lahko uporabimo za druga dela na gradbišču, na primer za škarpiranje brežin, istočasno pa kombinacija ponovno dosega krajši čas izvedbe del.

Prednosti izvajanja izkopa s kombinacijo buldozer – bager:

- Dosega visoke kapacitete in posledično krajši čas izvedbe del.
- V kolikor ima presežek kapacitete bager, ga lahko uporabimo za škarpiranje brežin ali za pripravo planuma temeljnih tal.
- V kolikor ima presežek kapacitete buldozer, ga lahko uporabimo za vzdrževanje gradbiščnih poti.

3.3.1.3 Primerjava kombinacij buldozer – nakladalnik in buldozer – bager

V mehki kamnini primerljiv strošek za m³ izkopnega materiala dosega kombinacija buldozerja CAT D9 in bagrov Volvo EC 360 + Liebherr R 914, katere praktična kapaciteta je enaka 158,52 m³/h in strošek 733,77 SIT/m³, ter kombinacija buldozerja CAT D8 in nakladalnika CAT 966, ki dosega praktično kapaciteto 103,39 m³/h in strošek 727,98 SIT/m³. V tem primeru je pomembno, da ima v prvi kombinaciji presežek kapacitete bagska skupina in v tem primeru, običajno tistega z manjšo kapaciteto, lahko uporabimo za škarpiranje brežin, medtem ko ima v drugi kombinaciji presežek kapacitete nakladalnik in ga ne moremo v celoti izkoristiti.

Prednosti izvajanja izkopa s kombinacijo buldozer – nakladalnik:

- Dosega visoke kapacitete in kratek čas izvedbe del.
- V kolikor ima presežek kapacitete buldozer, ga lahko uporabimo za vzdrževanje gradbiščnih poti.

Prednosti izvajanja izkopa s kombinacijo buldozer – bager:

- Dosega visoke kapacitete in kratek čas izvedbe del.
- V kolikor ima presežek kapacitete bager, ga lahko uporabimo za škarpiranje brežin ali za pripravo planuma temeljnih tal.
- V kolikor ima presežek kapacitete buldozer, ga lahko uporabimo za vzdrževanje gradbiščnih poti.

3.3.1.4 Ugotovitve primerjav

Na podlagi primerjav, ki izhajajo iz podatkov prikazanih v preglednicah lahko zaključimo, da v kolikor mora biti izkop končan v čim krajšem času, uporabimo kombinacijo buldozer – nakladalnik v zemljinah, kjer za relativno nizek strošek za m³ izkopnega materiala, dosega kombinacija najvišje kapacitete. V kolikor izvajamo dela v kamnini uporabimo kombinacijo buldozer – bager, ki ima visok strošek za m³ izkopnega materiala, vendar dosega višje kapacitete od kombinacije buldozer – nakladalnik. Prednost kombinacije buldozer – bager je tudi v tem, da lahko presežek kapacitete bodisi enega ali drugega stroja v celoti izkoristimo (bager za škarpiranje brežin, buldozer za vzdrževanje gradbiščnih poti) v primerjavi s kombinacijami, ki jih sestavlja nakladalnik.

3.3.2 Primerjava nasipnih kombinacij

Strošek za m³ nasipnega materiala je v zemljinah dokaj primerljiv in ni pretiranih razlik kot pri izkopnih kombinacijah. Do večjih razlik pride v kamninah, še posebej v trdi kamnini, kjer se pokaže bistveno hitreje padanje kapacitete pri buldozerjih v primerjavi z valjarji, ki imajo enako kapaciteto kot v lahki zemljini. V vsakem primeru velja, da v kolikor ima presežek kapacitete buldozer, to bistveno vpliva na strošek za m³ nasipnega materiala, kajti cena delovne ure buldozerja je precej višja od cene delovne ure valjarja, zato je smiselno, da se kombinacijam strojev v katerih je vodilni stroj valjar, izogibamo.

Najnižji strošek za m³ nasipnega materiala v lahki zemljini pri razmeroma nizki kapaciteti 164,59 m³/h, dosega kombinacija buldozerja CAT D5 in valjarja HAMM 2410, v primerjavi s kombinacijo, ki jo sestavljata buldozer CAT D6 in valjar HAMM 2510, ki ima sicer nekoliko višji strošek za m³ nasipnega materiala, njuna kapaciteta pa je enaka 211,44 m³/h.

V težki zemljini dosega zelo dobre rezultate z visoko kapaciteto 302,16 m³/h, kombinacija CAT D6 + CAT D5 in dva valjarja HAMM 2410, pri razmeroma nizkem strošku za m³ nasipnega materiala. Vzrok za to je predvsem ujemanje kapacitet skupin strojev.

Primerjava kombinacije, ki jo v lahki zemljini sestavljata buldozer CAT D5 in valjar HAMM 2410, v primerjavi z isto kombinacijo v trdi kamnini ugotovimo, da je za približno ujemanje kapacitet buldozerja in valjarja potreben še dodaten CAT D5 za razgrinjanje nasutega materiala v kolikor želimo imeti primerljivo izkoriščena stroja. Pri vseh skupinah v trdi kamnini se je pokazalo, da sta za ujemanje kapacitet potrebna dva buldozerja in en valjar, in kljub temu bo valjar tisti stroj, ki bo imel presežek kapacitete.

Običajno je kriterij za optimalno izbiro nasipne kombinacije kapaciteta, ki jo dosegajo nasipne skupine v odvisnosti od izkopnih skupin, v kolikor vgrajujemo izkopni material. Če izkopna in nasipna skupina delata na gradbišču združeno, se lahko med seboj dopolnjujeta v smislu, da razliko med izkopnimi in nasipnimi kapacitetami, uskladimo z dodatnim buldozerjem, ki ga uporabimo za izkop in nasip.

3.4 Določitev optimalnih kombinacij gradbene mehanizacije na AC Vrba – Črnivec (Peračica)

3.4.1 Predstavitev projekta

Odsek avtoceste Vrba – Peračica je dolg 9.870 m in se prične na koncu že zgrajenega odseka avtoceste Hrušica - Vrba, južno od vasi Vrba. Od tu poteka proti jugovzhodu, od podvoza ceste Lesce - Hlebce naprej vzhodno vzdolž obstoječe glavne ceste GI-8 vse do Predtrškega polja. Zahodno od naselja Hraše je predviden priključek "Lesce", na območju križanja avtoceste z glavno cesto G I-8 Vrba - Črnivec na severnem robu Predtrškega polja pa priključek "Radovljica" in obojestranski bencinski servis Radovljica.

Trasa avtoceste bo na poteku mimo Lesce in Radovljice delno poglobljena, protihrupna zaščita pa bo izvedena z zemeljskimi nasipi, ki bodo ustrezno zasajeni.

Na območju obojestranskega bencinskega servisa in v nadaljevanju poteka avtocesta ob vznožju vzpetine Batranca, južno od sadovnjaka Resje in naselja Mošnje, pri čemer dolini Zgoše in Dobruše prečka z viaduktoma.

Južno od Črnicca je predviden priključek "Brezje". Trasa poteka v nadaljevanju vzdolž jež severno od Dobrega polja ter se pred viaduktom Peračica, kjer je predvidena cestninska postaja priključi na obstoječo glavno cesto.

3.4.2 Izhodišča

V nadaljevanju diplomskega dela bom poskušal predstaviti več variant izvedbe izkopa z različnimi kombinacijami gradbene mehanizacije na konkretnem primeru AC Vrba – Peračica, odsek Lesce – Brezje od P 292 do P 490, na katerem bo dela izvajalo podjetje SCT.

Stroški za m³ izkopnega materiala, ki jih bom prikazal pri primerjavah, predstavljajo dovolj dober približek kot kriterij za izbiro optimalnih kombinacij strojev za obravnavan odsek.

Ker je projektna dokumentacija v pripravi, v tem trenutku ni na voljo konkretnih podatkov o uporabnosti izkopnega materiala za nasipe, podjetje SCT pa mi je posredovalo nekaj konkretnih

podatkov, na osnovi katerih bom poskušal prikazati in primerjati strošek za m³ izkopnega materiala ter prikazati čas trajanja izkopnih del.

Srednjo transportno pot 6 km sem določil na podlagi deponij, ki se nahajajo ob trasi in v primeru, da bo nekaj izkopnega materiala primerneza za nasipe. Del transportne poti predstavljajo javne prometne površine, del pa gradbiščne poti, zato sem se odločil za transport s kamioni – prekucniki. Cena transporta za m³ izkopnega materiala na transportni razdalji 6 km je enaka 451,80 SIT/m³.

Podlago v kateri bodo potekala zemeljska dela sem na osnovi pridobljenih informacij opredelil kot lahko zemljino.

3.4.3 Obseg zemeljskih del

Zemeljska dela na odseku Lesce – Brezje od P 292 do P 490 obsegajo:

- Izkop humusa v skupni količini 77.741,00 m³.
- Izkop materiala 3. kategorije v skupni količini 737.068,00 m³.
- Izkop materiala 2. kategorije v skupni količini 4.307,00 m³.

3.4.4 Primerjava tipskih kombinacij za izvedbo izkopa

Primerjava za izvedbo izkopa bo potekala v sledečih kombinacijah:

- Samostojen bager.
- Kombinacija buldozer in nakladalnik.
- Kombinacija buldozer in bager.

3.4.5 Nekonkurenčnost in neuskklajenost strojev v kombinacijah

Nekonkurenčnost strojev bom opredelil kot doseganje bistveno višjih stroškov za m³ izkopnega materiala (>20% preseganje minimalne cene), pri bistveno nižji kapaciteti (<70% maksimalne kapacitete). Za izvedbo večjih izkopov, kot smo ga deležni v tem primeru, se bomo izogibali nekonkurenčnim strojem.

S pojmom neusklajenost strojev se srečamo pri sestavi kombinacij strojev in pomeni bistveno razliko v kapacitetah strojev, ki kombinacijo sestavljajo. Na ta način dosežemo, da je stroj z nižjo kapaciteto v celoti izkoriščen, medtem ko je stroj, ki ima presežek kapacitete, izkoriščen samo do kapacitete stroja s katerim dela v kombinaciji.

3.4.6 Določitev tipskih kombinacij za izvedbo izkopa in čas trajanja izkopa

Na obravnavanem odseku se delo na gradbišču lahko organizira v smeri izvajanja izkopa z dveh napadnih mest. Zato bo čas izvajanja del, v kolikor bomo ustrezno razdelili potrebne količine izkopnega materiala 3. kategorije v skupni količini 737.068,00 m³, za polovico manjši. V nadaljevanju sem prikazal primerjavo različnih kombinacij skupin strojev, strošek za m³ izkopnega materiala, kumulativni strošek celotne izvedbe izkopa, transport izkopnega materiala na deponijo, ter čas trajanja izvedbe izkopa.

Preglednica 47: Primerjava različnih kombinacij skupin strojev, časa izvedbe izkopa, stroška za m³ izkopnega materiala in stroška izvedbe izkopa s transportom

Lahka zemljina	K _{pra} / stroj	Število strojev	K _{pra}	K _{rač}	Cena/h	Dejanska cena stroja/m ³	Čas izvedbe	Strošek /m ³	Strošek izvedbe + transport
Tip stroja	m ³ /h	S	m ³ /h	m ³ /h	SIT/h	SIT/m ³	mesecev	SIT/m ³	SIT
Volvo EC 360	132,42	2	264,84	264,84	25814,00	97,47			
						97,47	12,37	549,27	404849466,1
Volvo EC 360	132,42	3	397,26	397,26	38721,00	97,47			
						97,47	8,25	549,27	404849466,1
CAT D9	337,71	2	675,42	675,42	48046,00	71,13			
CAT 980	414,18	2	828,36	675,42	24898,00	36,86			
						108,00	4,85	559,80	412609182,2
CAT D9	337,71	2	675,42	675,42	48046,00	71,13			
CAT 980	414,18	1	414,18	675,42	12449,00	18,43			
Volvo EC 360	132,42	2	264,84	675,42	25814,00	38,22			
						127,79	4,85	579,59	427194053,6
CAT D9	337,71	2	675,42	643,93	48046,00	74,61			
CAT 966	310,47	1	310,47	643,93	9162,00	14,23			
2 * Volvo EC 360 + Liebherr R 914	333,46	1	333,46	643,93	33582,00	52,15			
						140,99	5,09	592,79	436929183,0
CAT D9	337,71	2	675,42	666,92	48046,00	72,04			
2 * Volvo EC 360 + Liebherr R 914	333,46	2	666,92	666,92	67164,00	100,71			
						172,75	4,91	624,55	460335344,1
CAT D8	232,26	1	232,26	232,26	19392,00	83,49			
CAT 966	310,47	1	310,47	232,26	9162,00	39,45			
2 * Volvo EC 360 + Liebherr R 914	333,46	1	333,46	333,46	33582,00	100,71			
						223,65	5,79	675,45	497850767,3

3.4.7 Izbor optimalne kombinacije

➤ Glede na strošek:

Stroškovno je najbolj ugodna varianta izvedbe izkopa z dvema bagroma Volvo EC 360, vendar pa je časovno neprimerna, kajti traja več kot leto dni. V kolikor je možno delo na gradbišču organizirati, da na enem napadnem mestu izvajamo izkop z dvema bagroma Volvo EC 360 in na drugem napadnem mestu z enim bagrom Volvo EC 360, je to stroškovno najbolj ugodna varianta, izvedbeni čas pa se zaradi nižjih kapacitet bagske skupine, podaljša za tri mesece v primerjavi s kombinacijo buldozer - nakladalnik.

Prednosti:

- Nizki stroški za m³ izkopnega materiala.
- Samostojno izvajanje izkopa - v primeru kombinacije strojev, se lahko en stroj pokvari in onemogoči nadaljevanje del.
- V kolikor nimamo na razpolago potrebno število transportnih vozil - presežek kapacitete pri bagru, ki ga izkoristimo za druga dela na gradbišču.

Slabosti:

- Daljši čas izvedbe del.

➤ Glede na strošek in čas gradnje:

Z obzirom na strošek za m³ izkopnega materiala ter čas trajanja izvedbe izkopa, je vsekakor optimalna varianta, izbira kombinacije buldozerja CAT D9 in nakladalnika CAT 980, ki v slabih petih mesecih z dveh napadnih mest končata izkop v celoti, vendar pri tem ni upoštevano škarpiranje brežin, ki povzroči minimalen dvig kumulativne cene.

Prednosti:

- Strošek za m³ izkopnega materiala.
- Čas izvedbe.

Slabosti:

- Dodaten Leibherr R 914 za škarpiranje brežin in pripravo temeljnih tal.

Konkurenčna skupina je kombinacija buldozerja CAT D9 in nakladalnika CAT 966 na enem napadnem mestu, in na drugem napadnem mestu kombinacija buldozerja CAT D9 in dveh bagrov Volvo EC 360 ter enega bagra Liebherr R 914, ki ima v strošku za m³ izkopnega materiala upoštevano tudi škarpiranje brežin, presežek kapacitete pri bagru Liebherr R 914.

Različica izvajanja izkopa na enem napadnem mestu s kombinacijo buldozerja CAT D9 in nakladalnika CAT 980, in na drugem napadnem mestu s kombinacijo buldozerja CAT D9 in dveh bagrov Volvo EC 360 se pokaže za neprimerno, kajti na enem napadnem mestu ima nakladalnik presežek kapacitete proti buldozerju, na drugem napadnem mestu pa ima buldozer presežek kapacitete proti bagrski skupini.

3.4.8 Predlagan izbor

Optimalno izbiro za izvedbo izkopa na konkretnem primeru predstavljata:

- Na napadnem mestu, kjer predvidimo večje površine za izvedbo izkopa, uporabimo kombinacijo buldozerja CAT D9 in nakladalnika CAT 966.
- Na napadnem mestu, kjer je konfiguracija terena zahtevnejša, uporabimo kombinacijo dveh bagrov Volvo EC 360 in bagra Liebherr R 914 ter buldozerja CAT D9.
- Presežek kapacitete pri bagru Liebherr R 914 predstavlja v strošku za m³ izkopnega materiala tudi škarpiranje brežin in pripravo planuma temeljnih tal.

Predlagan izbor doseže predviden strošek izvedbe izkopa 436.969.183,00 SIT in konec izkopnih del v dobrih petih mesecih.

4 ZAKLJUČEK

V zaključku naj ponovim, da je bil namen diplomske naloge določiti optimalne skupine gradbene mehanizacije za izvajanje zemeljskih del v cestogradnji, ki bi v predpisanem času in z najnižjimi stroški, kvalitetno zadovoljile potrebe naročnika na eni strani in interese izvajalca na drugi strani.

V diplomski nalogi sem preko primerjav, ki so temeljile na razmerju kapacitete posameznih strojev v [m^3/h] ter transportnih sredstev v [m^3/km] in strošku izvedbe zemeljskih del [SIT/m^3], omogočil na podlagi obsega zemeljskih del in geološke sestave tal, enostavno izbiro gradbene mehanizacije in posledično določiti čas izvedbe del ter dejanske stroške izvajanja zemeljskih del.

Pri večjih projektih kot je izgradnja AC odseka, bistveno nižje stroške za m^3 izkopnega materiala, dosegajo stroji z višjimi kapacitetami. Kapacitete in cene šibkejših strojev sem prikazal kot primerjavo in ugotovil, da je njihova uporaba neekonomična pri večjih izkopnih delih, kajti cena delovne ure stroja je za šibkejše stroje nižja, vendar ni v sorazmerju z znižanjem kapacitete.

Pri izkopnih skupinah se je ne glede na vrsto podlage pokazalo, da najnižje stroške za m^3 izkopnega materiala dosega samostojen bager. Konkurenčna skupina strojev v lahki zemljini je kombinacija buldozerja in nakladalnika, ki ima primerljiv strošek za m^3 izkopnega materiala, vendar dosega bistveno krajši čas izvajanja del. Občutno višji strošek za m^3 izkopnega materiala v lahki zemljini predstavlja kombinacija buldozerja in bagra, ki ima to prednost da v kolikor ima bager presežek kapacitete proti buldozerju, ga lahko izkoristimo za škarpiranje brežin. Bolj je zahtevna podlaga, višji strošek za m^3 izkopnega materiala dosega kombinaciji buldozerja in nakladalnika ter buldozerja in bagra. Samostojen bager v kamninah teoretično dosega občutno nižji strošek za m^3 izkopnega materiala, vendar v tej vrsti podlage ne more samostojno izvajati izkopa.

Na konkretnem primeru sem prikazal kakšne so razlike v strošku za m^3 izkopnega materiala in koliko časa bomo izvajali izkopna dela pri primerljivih kombinacijah. Rezultat konkretnega

primera je pokazal, da so stroški pri nekaterih kombinacijah občutno višji, časi izvedbe izkopnih del pa so najdaljši pri samostojnem bagru. Izvajanje izkopa bi lahko prikazal tudi pri nepravilni izbiri posameznih kombinacij strojev, v katerih dosega stroji tudi do dvakrat višje stroške za m³ izkopnega materiala in nekajkrat daljše izvedbene čase.

Pri nasipnih kombinacijah do večjih razlik v strošku za m³ nasipnega materiala pride v kamninah, še posebej v trdi kamnini, kjer se pokaže bistveno hitreje padanje kapacitete pri buldozerjih v primerjavi z valjarji, ki imajo enako kapaciteto kot v lahki zemljini. Primerjave pokažejo, da v kolikor ima presežek kapacitete buldozer, to bistveno vpliva na strošek za m³ nasipnega materiala, kajti cena delovne ure buldozerja je precej višja od cene delovne ure valjarja in ravno zaradi tega je smiselno, da se nasipnim skupinam strojev v katerih je vodilni stroj valjar, izogibamo.

Pri izbiri in oblikovanju skupin strojev se bomo odločali na podlagi naslednjih kriterijev:

- Stroški, ki ne smejo preseči vrednosti projekta.
- Rok izvedbe projekta.
- Strojev, ki jih imamo na razpolago.

V kolikor imamo v podjetju stroje s katerimi glede na kapacitete, ki jih dosega, ne moremo tvoriti optimalnih skupin, je diplomska naloga nasvet pri nakupu nove gradbene mehanizacije.

VIRI

1. Caterpillar inc., 1993. Caterpillar Performance Handbook, Edition 24. CAT publication by Caterpillar Inc., Peoria, Illinois, USA.
2. Glavan, P. 2005. Operativno planiranje izvajanja zemeljskih del pri projektih v cestogradnji. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG.
3. Humar, M. 2005. Stroji za zemeljska dela, Tehnični informator. Ljubljana, SCT.
4. IZS, 2004. Pravilnik o projektni in tehnični dokumentaciji. Slovenija, Inženirska zbornica Slovenije.
5. Jerala, M. 1996. Izbor optimalne skupine strojev za zemeljska dela. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG.
6. Kovačič, B. 2005. Gibljiva podpora gradbeni operativi, Tehnični informator. Ljubljana, SCT.
7. Pšunder, M. 1988. Operativno planiranje. Maribor. Univerza v Mariboru, Tehniška fakulteta VTO gradbeništvo.
8. Rodošek, E. 1985. Operativno planiranje. Ljubljana, FGG Ljubljana.
9. SCT, 1990. Hitri izračun strojnih kapacitet. Ljubljana, SCT.
10. Skupnost za ceste Slovenije, 1989. Splošni tehnični pogoji. Ljubljana, Skupnost za ceste Slovenije DO cestni inženiring.
11. Trbojević, B. 1985. Građevinske mašine. Beograd, Građevinska knjiga.