

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Наташа Г. Милановић

**Оптимизација трошкова у ланцу
снабдевања
мастер рад**

Крагујевац, 2020.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Индустијски инжењеринг

Предмет: Инжењерска економија

Број индекса: 343/2018

Наташа Г. Милановић

Оптимизација трошкова у ланцу снабдевања мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Снежана Нестић - ментор

2. _____

3. _____

Датум
одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

Дефинише појмове ланац снабдевања и управљање ланцима снабдевања на основу литературе; анализира карактеристике ланца снабдевања према литератури; дефинише проблеме који егзистирају у ланцу снабдевања; дефинише трошкове и врсте трошкова који се јављају у ланцу снабдевања на основу литературе; анализира методе за оптимизацију трошкова у ланцу снабдевања. Након теоријских разматрања, кандидат треба да дефинише нов модел за оптимизацију трошкова у ланцу снабдевања.

Препоручена литература:

- [1] Дубоњић Р., Милановић Д., Мисита М., Инжењерска економија, Универзитет у Београду, Машински факултет, Београд, 2016
- [2] SylvainPerron, PierreHansen, SébastienLeDigabel, Nenad Mladenović (2010), European Journal of Operational Research 202, стр. 864 – 879
- [3] Миловановић Г. , Барац Н. , Анђелковић А. : Логистика, менаџмент ланца снабдевања и концептуалне перспективе њихових односа, Економске теме, 2011 , број часописа 3 (2011), стр. 339 – 354

Крагујевац,

Ментор:

Проф. др Снежана Нестић

Изјава о самосталној изради рада

Изјављујем да сам овај завршни рад урадила самостално, служећи се стеченим знањем и искуством као и наведеном литературом.

343/2018 Наташа Милановић

(потпис)

Садржај

1. Увод	3
2. Структура ланца снабдевања	5
3. Менаџмент ланцем снабдевања	8
3.1 Релације између логистике и менаџмента ланцем снабдевања.....	8
3.2 Основна разматрања термина менаџмент ланцем снабдевања	11
3.3 Нови концепти менаџмента ланцем снабдевања.....	14
4. Опис трошкова у ланцу снабдевања.....	18
5. Оптимизација трошкова у ланцу снабдевања-основна разматрања.....	24
5.1 Класификација трошкова у ланцу снабдевања	24
5.2 Методе за оптимизацију трошкова	25
5.3 Оптимизација трошкова применом математичких метода	30
5.4 Трансфер цена.....	32
6. Поставка проблема	36
7. Нов модел за оптимизацију трошкова.....	37
8. Закључак.....	44
Литература	46

Resume:

A relatively new and chosen concept for a railway company that determines its business and links its profits is the *supply chain*. Over time, its definitions and functions have changed. Software advances and computer knowledge are the reason for its great importance. First came *logistics*, which even to day has some overlap with the supply chain, although in fact different sciences. The types of costs that exist in *engineering economics* are defined. After some theoretical considerations of the model, a new model was developed that serves to *optimize costs* in the supply chain, using *linear programming* according to the software Lingo17.0, which is based on the Simplex method, the results were obtained and discussed in the paper.

Keywords: engineering economic, linear programming, logistics, optimize costs, supply chain

Резиме:

Релативно нов и изазован концепт за компаније које желе да унапреде своје пословање и повећају своју добит јесте *ланац снабдевања*. Кроз временски период његове дефиниције и функције су се мењале. Напредак софтвера и информатичко знање су разлог његовог великог значаја. Најпре је настала *логистика*, која и дан данас има неких преклапања са ланцем снабдевања, иако су заправо различите науке. Дефинисане су врсте трошкова које постоје у *инжењерској економији*. Након неких теоријских разматрања модела, развијен је нов модел који служи за *оптимизацију трошкова* у ланцу снабдевања, коришћењем *линеарног програмирања* према софтверу Lingo17.0, који се заснива на Симплекс методи добијени су резултати и продискутовани у раду.

Кључне речи: инжењерска економија, ланац снабдевања, линеарно програмирање, логистика, оптимизација трошкова

1. Увод

Управљање организационим системом представља проблем који је одувек постојао. У многим историјским документима, може се читалац сусрести са термином логистика. Термин „логистика“ потиче од грчке речи *logistikos* (λογιστική) која се преводи као „уметност рачунања“. У првој половини XX века, термин логистика обухвата скуп активности снабдевања брода или авиона лоцираних на фронту материјалним средствима или муницијом, када је војна индустрија у питању. Током 1960-тих година, логистика се разматра као квантитативна наука, тако да као и свака наука обухвата скуп активности које су међусобно повезане, зависне и једна другу допуњују, тачно су дефинисане и примењене у одговарајућој области како би се решио проблем који егзистира у компанијама. Од средине 1890-тих година задатак и обавеза главног менаџера је била да осигура да производи у виду материјала потребних за рад стигну до потрошача у што бољем стању, уз што нижу цену и у тачно време на договореној локацији. Тежило се томе да време транспорта буде што краће када су у питању производи који имају кратак рок трајања или када су услуге и испоруке непредвидљиве и хитно потребне. У таквим ситуацијама додатни трошкови би били оправдани. За много велики број производа време транспорта није било проблем, јер је дат дуг временски период на располагању при склапању уговора са послодавцима.

Током 1980-тих и 1990-тих уводи се појам пословна логистика. Пословна логистика представља процес који врши испоруку производа и поруџбина који стижу према захтевима потрошача и на тај начин је постала јако важна за област која се бави стратегијом пословања компаније. Менаџери компанија су све више ишли и радили на идеји која доприноси томе да транспорт буде у што краћем временском интервалу.

На самом почетку деведесетих година 20. века све успешне компаније су тежиле да квалитет услуге буде на што већем нивоу и постао је стандард по коме се извршавају пословне активности, пословне активности су се међусобно разликовале према перформансама логичких активности које су биле њихов саставни део. Велики број истраживача и практичара су почели да врше истраживања у домену логистике, при чему посебну пажњу усмеравају на дефинисање значаја логистике и допринос компанијама. Почеле су да се примењују нове информационе технологије које су доводиле до разних бенефита и развоју капацитета, правилном току материјала и што је најважније рађено је на томе да купци буду задовољни услугом или производом који су тражили. На основу резултата истраживања, показан је значај логистике, интеграција и тимска сарадња међу члановима компаније.

Данас, термин не обухвата само физичке активности које су везане за снабдевање и продају материјала већ и за управљање и успостављање односа између добављача и купца, који се дефинише одређеним правилима понашања и узајамним поверењем и поштовањем. Термин логистика је проширен, тако да обухвата трансформисање количине производа, њихову применљивост и руковање њима како би се искористили на што бољи и профитабилнији начин. Тиме је обухваћен шири спектар делатности које су везане за планирање, од инвенције до иновације материјалних добара, контроле квалитета и њихове просторно–временске трансформације.

Почетком 1980-тих година уведен је термин ланац снабдевања као последица међусобног повезивања организација које су имале исти циљ, да максимално задовоље потребе, квалитет и жеље својих клијената како би их на тај начин придобиле и задржале. Секвентно повезане организације заједно са активностима које су укључене од креирања производа, праћења његове израде до пуштања у производњу која омогућава доступност у смислу његове куповине од стране клијената зове се ланац снабдевања. Ланац снабдевања може и на другачији начин да се дефинише као ланац вредности, из разлога што добављачи, произвођачи, превозници и остали чланови који су у тај процес укључени њему додају и повећавају вредност као финалном производу. Ако све претходно наведене активности посматрамо у супротном смеру, ланац снабдевања постаје ланац тражње.

У овом мастер раду детаљно је разматран концепт управљања ланцем снабдевања. Описана је структура и менаџмент ланцем снабдевања. Менаџмент проблеми су класификовани према просторној и временској димензији. Посебна пажња је усмерена на проблем оптимизације трошкова.

Проблем који се односи на оптимизацију трошкова је решен применом адекватних софтвера који су се са напретком технологије знатно побољшали, поред њих укључено је и математичко моделирање. Појављују се различите врсте трошкова на које је потребно да се обрати пажња како би компанија била што профитабилнија.

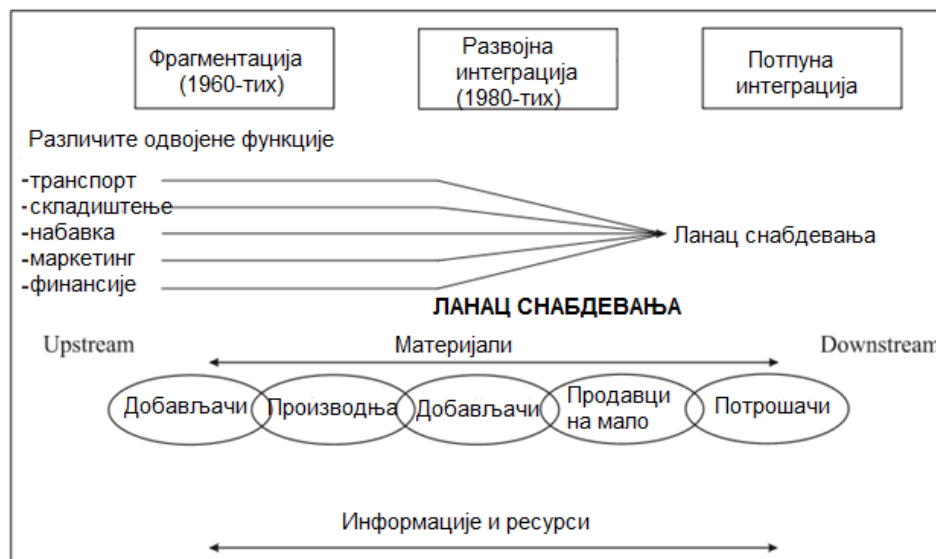
Методе које су коришћене у раду су математичке и представљене су линеарно са свим формулама и шематским приказом функције, која показује трошкове који се односе на набавку, складиштење и залихе.

Рад је организован на следећи начин: у другој глави дефинисана је структура ланца снабдевања. У трећој глави описан је концепт менаџмента ланцем снабдевања. У четвртој глави су дефинисане врсте трошкова према теорији инжењерске економије. У петој глави су дата нека основна разматрања за оптимизацију трошкова. У шестој глави је дата поставка проблема. У седмој је представљен нов модел ланца снабдевања којим се врши оптимизација трошкова. За последњу осму главу дата је дискусија целог рада са изведеним закључцима.

2. Структура ланца снабдевања

Готово је немогуће да се утврди то када и ко је употребио термин ланац снабдевања. Сматра се да га је употребио *Keith Oliver* 1982. године, председник лондонске канцеларије међународне консултантске фирме „*BoozAllenHamilton*“ и тиме допринео обogaћењу и напредовању економије. Термин је дефинисан у циљу развитака идеје да се послови у организационом систему поделе не према функционалном већ према процесном приступу [1].

Кристофер, ланац снабдевања дефинише као мрежу међусобно повезаних организација које су интегрисане од изворног добављача до крајњег потрошача, спроводе се разноврсне врсте активности и процеса које стварају финални производ или услугу за купца. То је најбоље приказано шематски на слици (слика број 1) [2].



Слика 1. Еволуција интегрисаног ланца снабдевања[2]

Интегрисани ланац снабдевања је много већи од интегрисане логистике. Интегрисана логистика је везана за активности у виду интегрисања набавке, производње и испоруке како би се клијенту пружио жељени производ или услуга, јер су они најважнији према маркетиншком пословању.

Интегрисани ланац снабдевања је настао према моделу и пресликавању интегрисане логистике која чини његов интерни део, а екстерни део ланца снабдевања се односи на односе између добављача и потрошача.

На основу изнетих објашњења ова два појма може се јасно закључити да ланац снабдевања не обухвата само набавку и продају, већ је везан и за међуљудске односе између компаније са добављачима, посредницима и потрошачима што га чини

комплекснијим појмом. Стога, термини интегрисана логистика и интегрисани ланац снабдевања имају различита значења.

У јануару 2005.године дошло је до реорганизације међународних професионалних организација које се баве свим недостацима и проблемима који егзистирају у ланцу снабдевања. Након тога дошло је и до промене назива *Савет за управљање логистиком* добио је ново име и од те године се зове *Савет професионалаца за управљање ланцем снабдевања*. Данас, логистика представља део ланца снабдевања и ограничава се само на: транспорт, управљање материјалом и његовим складиштењем, слање пошиљки, креирање логистичке мреже, задатке који су везани за уводни део и процес планирања понуде и тражње, управљање залихама, тежњи да их не буде превише и управљање *outsourcing* стратегијама [2].

Ланац снабдевања има сложену структуру из тога произилази да су у њему укључене различите врсте токова, они најглавнији су [2]:

- физички токови материјала,
- токови информација,
- токови опреме, финансијских и људских ресурса,
- токови неопипљивих ресурса – као пример за то може послужити добар однос између компанија које заједно послују, што представља врло важан фактор за ланце снабдевања које желе ефективно пословање

Кристофер сугерише да се ланац снабдевања прикаже као вишедимензионална мрежа међусобно повезаних ентитета. Мрежа може да пружи много јаснији приказ, при чему се наглашава интеракција између различитих врста ентитета. Теоријски везе између ланца снабдевања и логистике различите врсте ентитета се означавају као везе које могу представљати транспортне услуге и чворови који могу да буду синоним за складиштење производа. Истовремено везе и чворови у ланцима снабдевања могу играти различите улоге у већем броју ланца снабдевања [2].

За дефинисање ланца снабдевања постоји већи број дефиниција које су научници дали, оне су приказане табеларно и према хронолошком редоследу (табела1).

Табела 1. Различите дефиниције ланца снабдевања

Аутор	Година	Дефиниција ланца снабдевања
Stevens	1989	Ланац снабдевања представља систем чији су саставни делови: снабдевачи материјала, производни објекти, дистрибутивне службе и корисници, повезани преко тока материјала и повратног тока информација. Ланцем снабдевања се управља да би се синхронизовали захтеви корисника са током материјала од снабдевача и избалансирао висок ниво услуге корисника , низак ниво залиха и ниски јединични трошкови [3].

Christopher	1994	Ланац снабдевања представља мрежу организација које су повезане двосмерним везама, различитим процесима и активностима које стварају вредност у облику производа и услуга за крајњег корисника [4].
Chow и остали	1994	Ланац снабдевања обухвата све компаније које учествују у производњи / преради, продаји и дистрибуцији производа од изворишта сировина до крајњих корисника [5].
Beamon	1998	Ланац снабдевања је интегрисани процес у коме се налазе бројни различити пословни ентитети (снабдевачи, произвођачи, дистрибутери и трговци) који раде са циљем да: набављају сировине, претварају сировине у одређене готове производе и испоручују готове производе трговцима. Овакав ланац традиционално је одређен са два тока: током материјала и повратним током информација [6].
Lummus и Vokurka	1999	Ланац снабдевања су све активности које се односе на испоруку производа до корисника, а у њих спадају: снабдевање сировинама и деловима, производња и монтажа, складиштење и праћење залиха, унос наруџбина и управљање реализацијом наруџбине, дистрибуција дуж свих канала, испорука корисницима, као и информациони системи који су неопходни за праћење свих ових активности [7].
Min и Zhou	2002	Ланац снабдевања је интегрисани систем који синхронизује низ између зависних пословних процеса у циљу да се: набављају сировине и делови, ове сировине и делови трансформишу се у готове производе, додаје вредност овим производима, ови производи се дистрибуирају и промовишу било продавцима било корисницима и олакшава се размена информација између различитих пословних ентитета (као што су снабдевачи, произвођачи, дистрибутери, логистички даваоци услуга и малопродаја) [8].
Frazelle	2002	Ланац снабдевања је мрежа објеката (складишта, фабрика, терминала, лука, малопродајних објеката, и домаћинства), транспортних средстава (камиона, возова, авиона и океанских пловила) и логистичких информационих система који су повезани преко снабдевачких снабдевача и корисникових корисника [9].

3. Менаџмент ланцем снабдевања

Менаџмент логистиком обухвата менаџмент физичким током материјала. Основне активности менаџмента логистиком су: набавка производа, складиштење производа, дистрибуција производа до купца са циљем да задовољи жеље купаца у смислу квалитета, цене, да стигне у тачно договорено време и у тачној количини наруџбине. Односно да производ стигне до крајњих купаца без икаквих жалби и примедби од стране купаца који мора бити испоштован у сваком смислу те речи.

Менаџмент ланцем снабдевања је шири појам од менаџмента логистиком и обухвата планирање свих сегмената кретања материјалних добара и информација док се налазе у дистрибутивном процесу. У литератури, не постоји универзална дефиниција менаџмента ланцем снабдевања. *Keith Oliver* је први пут применио концепт менаџмента ланца снабдевања при пословању са холандским гигантом електронике, односно светски познатом компанијом *Philips* [2].

3.1 Релације између логистике и менаџмента ланцем снабдевања

Larson & Halldorsson су приказали и анализирали разлике између појма менаџмент логистиком и менаџмент ланцем снабдевања са различитих перспектива [10].

У традиционалном приступу, однос менаџмента логистиком и менаџмента ланцем снабдевања је приказан на слици 3. Према традиционалној перспективи менаџмент ланца снабдевања је са стратешког аспекта везан за процес набавке, њеним управљањем и управљањем снабдевања.



Слика 2. Традиционална перспектива [2]

Сегментирано третирање набавке које је везано за традиционалну перспективу могуће је само за фирме чије пословање је стабилно и профитабилно. Концепт интегрисаног управљања снабдевањем је уведен са циљем да предузеће оствари конкурентску предност на тржишту која са собом повлачи виши ниво политичке,

социјалне и тржишне неизвесности и из тог разлога традиционални приступ и постаје застарели модел .

Термин транспорт су многи истраживачи поистоветили са термином менаџмент мрежама снабдевања. Са напретком технологије, релације које постоје између ова два појма су се мењале као што је приказано на слици 4 [11].



Слика 3. Перспектива новог означавања [2]

Неки аутори сматрају да је менаџмент логистиком само део менаџмента ланца снабдевања као што је приказано на слици 4. *Mentzer* и остали научници сматрају да све активности маркетинга, транспорта, продаје, истраживања и развоја производа, набавке, планирања и предвиђања, производње, примене информационих технологија, финансија и задовољења купчевих жеља представљају активности менаџмента ланцима снабдевања. Менаџери ланца снабдевања треба да спроведу ове активности и да воде рачуна о њиховом правилном току [12].



Слика 4. Перспектива уније [2]

Неки научници имају другачији став о релацији менаџмента логистиком и менаџмента ланцем снабдевања од горе изнетих ставова. Они сматрају да постоје преклапања између менаџмента логистике и менаџмента ланца снабдевања иако су они сасвим различите и међусобно одвојене целине (види слику 5) [2].



Слика 5. Перспектива пресека [2]

Концепт логистике је доста ужи и са скупом мањих броја активности, док је менаџмент ланца снабдевања знатно комплекснији, контролише односе између компанија и сагледава њено екстерно окружење. Менаџмент ланцем снабдевања обухвата задатке који су везани за стратешки ниво из неколико функционалних подручја који су везани за логистику, набавку, маркетинг и производњу, али се не бави делом који је везан за тактичке елементе који подразумева то да се залихе склањају и складиште.

Претходно наведене перспективе посматрања зависе од ширине и дубине концепта. Перспектива пресека и уније су широки концепти из разлога што они захтевају извршење више функција. Традиционална перспектива је ужи концепт због третмана менаџмента снабдевања као логистичког подскупа. У концепту новог означавања све активности елементи логистике преписују се менаџменту ланца снабдевања. Перспектива уније има велику дубину из разлога што менаџмент ланца снабдевања садржи велики број активности и све елементе из више функција. Дубина перспективе пресека је мала, јер ланац снабдевања је оријентисан само на интегративне и стратешке елементе из више функција. Карактеристике наведених аспеката логистике и менаџмента ланцем снабдевања су приказани у табели 2 [2].

Табела 2. Ширина и дубина концепта менаџмента ланца снабдевања[2]

	Ширина	
Дубина	Мала	Велика
Мала	Традиционална перспектива	Перспектива пресека
Велика	Перспектива новог означавања	Перспектива уније

Менаџери су највише тежили перспективи уније која има велику ширину и дубину, јер пружа широк поглед на менаџмент ланца снабдевања, при чему је логистика тесно повезана са активностима набавке, маркетингом и свим производним операцијама.

3.2 Основна разматрања термина менаџмент ланцем снабдевања

У овој Секцији дате су основне дефиниције разматраног термина које могу да се нађу у литератури.

Томас и Грифин управљање ланцем снабдевања дефинишу као управљање материјалним и информационим токовима унутар саме компаније за које су задужени њени запослени радници, тако и за оне екстерне, спољашње који се односе на објекте, у виду трговачких, монтажних, производних објеката и центара који се баве дистрибуцијом производа.

Све активности се усклађују једна са другом и интегришу у један процес применом управљања ланца снабдевања. Снабдевачи, превозници, даваоци услуга и компаније које су везане за правилно функционисање информационих система, представљају спону за све партнере унутар организације и оних који се налазе изван ње, као спољни партнери.

За *Simchi & Levi* и осталу групу његових сарадника управљање ланцем снабдевања представља низ поступака који се примењују у циљу ефикасног интегрисања снабдевача, произвођача, складишта и малопродајних објеката, како би производ стигао у тачно договореном временском интервалу, на тачној локацији, са оптимизованим трошковима и прихватљивошћу од стране клијента [11].

Lambert & Cooper управљање ланцем снабдевања дефинишу као интеграцију кључних пословних процеса од крајњег купца па све до почетних снабдевача који су обезбедили производе, услуге и информације којима је додата вредност, при овом периоду од самог почетка па све до краја његовог развоја и побољшања [13].

Hensher & Brewer управљање ланцем снабдевања сагледавају као целокупан низ пословних и управљачких активности које input претварају у output, односно улазне ресурсе претварају у производ или услугу својим клијентима [14].

Менаџмент ланцем снабдевања је засновано на седам принципа који су приказани у Табели 3 [15].

Табела 3. Седам принципа управљања ланцем снабдевања [15]

	ПРИНЦИПИ	КОМЕНТАРИ
1	Прилагодите ланац снабдевања потребама купаца. Подржава раст прихода.	Подразумева могућност вишеструких ланаца снабдевања или, у најмању руку, уграђену флексибилност у дизајн ланца снабдевања како би се задовољили захтеви купаца.

2	Прилагодити логистичку мрежу према захтевима купаца. Подржава искоришћеност средстава.	„Логистика мреже“ би требала да буде широка на све интеракције купаца.
3	Усагласите планирање потражње у ланцу снабдевања. Подржава искоришћености средстава.	Компаније теже томе да производња одговара потражњи, уместо на прогнозама и претпоставкама које се заснивају на захтевима купаца.
4	Прилагодити производ купцу. Подржава смањење трошкова и средстава коришћења.	У том правцу делују: маркетинг, продаја и инжењерске функције.
5	Управљати стратешким пореклом да би смањили укупне трошкове власништва за купљене материјале и услуге. Подржава смањење трошкова.	Функције у ланцу снабдевања још увек не поступају стратешки.
6	Развити информационе технологије које подржавају доношење одлука на више нивоа. Подржава искоришћеност средстава.	У <i>SCMR (Supply Chain Management Review)</i> системи морају покрити краткорочне трансакционе потребе, планирање и стратешку анализу. Ти системи надаље пружају информације на време тако да доносиоци одлука делују благовремено.
7	Усвојити вертикалне мреже за сваки канал. Подржавају раст прихода, коришћење средстава и смањење трошкова.	<i>SCRM</i> доноси транспарентни преглед трошкова који свим учесницима ланца снабдевања омогућава увид у активности и трошкове који их прате.

За успешно пословање најпре је потребан амбициозан, предузимљив и креативан лидер који ће искористити све погодности и пронаћи начин како да фирма оствари што већи профит и успех.

Табеларно су приказане карактеристике традиционалног и савременог ланца снабдевања, од стране више научника који се баве овом темом из њиховог угла посматрања [16], [17], [18], [19], [20], и [21].

Табела 4. Карактеристике традиционалног и савременог приступа управљања ланцем снабдевања

Аспект	Модерни ланац снабдевања	Традиционални ланац снабдевања
Стратегија предузећа	• Тржишно оријентисани • Процесно оријентисани • Управљање ланцем снабдевања	• Производно оријентисана • Функционална специјализација • Класична хијерархија • Административно управљање

Производ	• Велики асортиман • Кратак животни циклус • Високе технологије • Доминира квалитет производа	• Мали асортиман • Дуг животни циклус • Најнижа технологија • Ниска цена производа доминира
Производња	• Висока флексибилност уз пуно радно оптерећење • Јединична и серијска производња • Краћи оптимизирани пут снабдевања • Ниски трошкови производње • Куповање сировине уместо производње • Мали број изабраних добављача	• Ниска флексибилност уз пуно радно оптерећење • Велике количине • Дужи путеви снабдевања • Ниски трошкови производње • Производње сировине уместо куповине • Велики број добављача
Тржиште	• Купаца на тржишту • Велика конкуренција • Глобално оријентисано • Динамично на тржишту	• Продавца на тржишту • Мала конкуренција • Национално оријентисано • Статична тражња
Услуге	• Висок ниво услуга • Аутоматизација логистичких процеса уз низак инвентар • Велика брзина процеса • Кратко време превоза	• Висок ниво услуга • Велики број средстава и инвентара • Спора логистика процеса • Велико транспортно време
Информациона технологија	• Електронска обрада података • Без папира • 24 – часовни електронски начин преноса података	• Мануелна обрада података • Саопштење управе • Класични начин преноса података

У пракси то није једноставно јер у многим броју компанија не постоји такав стручни кадар, већ је менаџерима дат шири задатак и они воде рачуна како о набавци тако и о процесима дистрибуције. То резултира тиме да такве компаније не могу да достигну неке велике резултате и котирају се на сам врх.

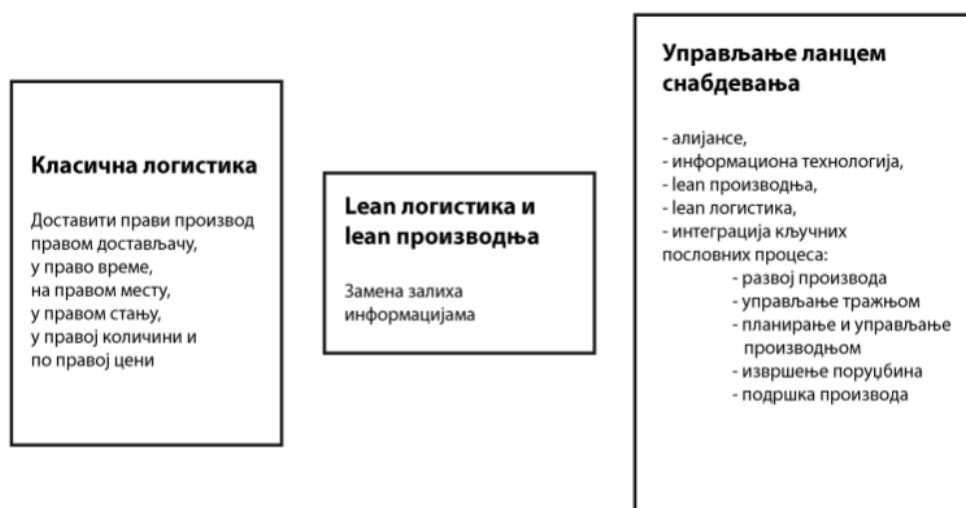
Две компоненте су од изузетне важности за данашње пословање и управљање ланцима снабдевања. Нове комуникационе технологије представљају једну од те две компоненти, јер менаџери путем њих активно управљају ланцем снабдевања, друга се односи на смањење трошкова тако да се не изгуби његов квалитет којим би купци били

задовољни и стављени у први план. Најчешће се врши оптимизација целокупног ланца снабдевања.

3.3 Нови концепти менаџмента ланцем снабдевања

Неки аутори уместо менаџмент ланцем снабдевања користи термин вертикална интеграција. Кристофер истиче и прави разлику између вертикалне интеграције и менаџмента ланцем снабдевања како се појмови не би поистоветили. Управљање односима са добављачима и купцима у циљу стварања додатне вредности производу при његовој испоруци и што већем квалитету по што повољнијој цени, односно што мањим трошковима у целокупном ланцу он назива управљање ланцем снабдевања. Концепт вертикалне интеграције захтева власништво или контролу *upstream* добављача и *downstream* потрошача ентитета, док концепт менаџмента ланца снабдевања не садржи то као обавезу и има слободу да одбаци његово контролисање и надзор од стране партнерске компаније [2].

Прелаз са концепта логистике на концепт менаџмента ланца снабдевања шематски је приказан на слици (слика 6) заједно са свим кључним компонентама које припадају менаџменту ланцу снабдевања.



Слика6.Еволуција. класичне логистике, lean логистике и lean производње у менаџменту ланца снабдевања [2]

Продавачи на велико и мало, дистрибутери и произвођачи према савременој економији теже томе да што је више могуће повећају свој профит, а да уз то смање све трошкове који се јављају при изради материјалног добра, скрате време испоруке, сведу залихе на минимум са освртом на то да купци буду задовољни и њихове жеље испуњене.

За сложене производе као што су рачунари, аутомобили и авиони од посебног је значаја интеграција пословних процеса која омогућава бржи развој нових производа и унапређење и надоградњу постојећих производа.

Последњих деценија, уочава се примена концепта менаџментом ланцем снабдевања у мањим фирмама независно од области производње којом се баве.

Примена концепта менаџмента ланцем снабдевања је заснована на примени информационих технологија. Партнери у ланцу снабдевања несебично деле и размењују информације међусобно, јер од брзине протока, тачности, приступачности, исправности и доступности зависи успешност и вредност ланца снабдевања. Поред свега претходно наведеног менаџмент ланца снабдевања омогућава електронско кодирање производа, софтвер којим се планирају ресурси потребни предузећу (*Enterprise resource planning - ERP*), електронску размену података (*EDI*) и софтвер којим се оцењује и побољшавају перформансе у ланцу снабдевања [2].

- Технологије електронског кодирања производа (*engl. Electronic product code - EPC*) подразумевају баркодирање, радио фреквентну идентификацију (*engl. Radio frequency identification - RFID*). Када је потребно да се јединствено идентификује и прати производ, палете, кутије и возила у ланцу снабдевања путем радио фреквентне идентификације ове технологије су идеалне за то. Са данашњим бар кодом EPC има највише сличности, али и користи, опције и квалитети перформанси су много веће у односу на бар код. Његова данашња употреба је ограничена на кодирање палета и кутија. Пројектован је као врло флексибилна мрежа која може да подржи многобројне шеме кодирања укључујући и оне које се користе заједно са баркод технологијом, али он никад неће моћи да у потпуности замени баркодирање и пун текст. Произвођачи имају захтев који он не испуњава, а то је издржљивост, велика сигурност и потпуна безбедност ознаке [2].
- *Софтвер за планирање ресурса предузећа (ERP)* он се бави обрађивањем свих трансакција у било ком функционалном подручју са омогућеним приступом бази података у било ком временском тренутку. *ERP* замењује заостале информационе системе који су годинама креирани у јако кратком временском периоду, без неког великог труда и напора од стране производње, финансија, маркетинга, набавке, инжењеринга итд. Тај вид традиционалних информационих система је било тешко повезати са другим функционалним подручјима, као још једна мана издваја се њихова ограниченост употребе и немогућност праћења промена које се дешавају у ланцу снабдевања [2].
- *Електронска размена података (Electronic data interchange - EDI) и Интернет* захваљујући томе постиже се лакше стварање пословног окружења у коме се све

информације деле и размењују између сарадника како би се донеле кључне и значајне одлуке за цео ланац снабдевања уз договор и успостављање компромиса [2].

- *Supply chain analytics (SCA)* је софтвер који се користи за оцењивање и сваку могућу врсту побољшања перформанси, такође има способност да оцени где се јавља неравнотежа између материјала и капацитета и захтева купаца или да утврди који су превозници и дистрибутивни центри најпоузданији за извршење одређеног задатка [2].
- Некомпатибилност хардвера је била једна од главних препрека организацијама које су желеле сарадњу пре неких двадесетак година, док данас супротно томе проблем је у некомпатибилности софтвера. За ту некомпатибилност софтвера постоје две врсте решења. Прво решење је да се од једног продавца набаве све софтверске апликације за управљање транспортом, складиштењем и залихама. Коришћење *Microsoft Office-a* може послужити као пример. Предност ове врсте решења јесте то што између различитих апликација постоји уређеност, сређеност и изједначеност. Одабир најбоље апликације за одређену функцију представља друго решење [22]. За боље разумевање ових решења узет је баналан пример, организација за управљање транспортом користи софтвер од једне компаније, док за део који се односи на складиштење производа користи софтвер неке друге компаније. Спровођење интеграције различитих апликација није могуће остварити без додатне подршке и помоћи додатних софтверских пакета, уз то различите неинтегрисане апликације могу да изазову велике и озбиљне проблеме у компанијама [2].

Елиминисање свих активности које производу не додају вредност постиже се ако компанија имплементира *Lean концепт* у своју компанију, концепт је јако сложен обухвата више метода. Овај концепт је развијен на претпоставци да је неопходно да се тежи елиминисању губитка, избегавању и контролисању истих. *Lean* губици су: преоптерећење, неуједначеност, губитак (3М), прекомерна или превремена обрада, чекање, транспорт, грешке и корекције, залихе, непотребно кретање радника, прекомерна обрада и неискоришћена креативност запослених радника.

Код *Lean-a* користи се и *pull* систем који је оријентисан и окренут ка купцима и све се израђује према њиховој жељи, они су у првом плану. У оваквом ланцу је доста смањена неизвесност, трошкови материјала су познати, залихе су смањене и постоји могућност да се производ унапреди и побољша. Неопходно је да тражња купаца буде позната.

Велики изазов и примамљивост *Lean* логистике се налази код компанија које послују на глобалном нивоу из разлога што се пошиљке превозе на удаљена одредишта и више компанија је укључено у процес транспортовања производа до жељене локације. У проширеним мултитрансакционим ланцима таквих компанија није ни мало лако ни

једноставно да се *Lean* концепт имплементира из разлога што у њима егзистирају вредности које не стварају додатну вредност производу и узрокују велике губитке које је тешко елиминисати. Менаџмент ланца снабдевања подстиче запослене на стални напредак и тренинг, што доводи до стицања способности и вештина запослених којима би решили неке сложеније задатке.

Део области који је задужен за координацију планирања и управљања производом у целом ланцу снабдевања заснован је на размени и протоку информација између запослених о залихама и тражњи, поред тога потребно је да се израђују и размеђују бизнис планови. Неопходно је да се одржи склад између понуде и тражње на свим нивоима предузећа.

Разменом података и могућности сталног увида у количине залиха, као и места њиховог складиштења, унапређење односа међу радницима резултују флексибилнијим и ефикаснијим управљањем поруџбина које стижу са купчевих страна. Континуирано попуњавање залихама и вршење испоруке у договорено време доводи до задовољења или надмашивања купчевих жеља.

За остварење захтева купаца неопходно је да се развије већи број међусобно повезаних мрежа активности којима се обезбеђује послепродајна подршка производа. Сходно томе потребно је да постоје резервни делови, да се издају гаранције и да се производ испоручи у тачно предвиђено време, одржава на прави начин и да се створе услови у коме је могуће да се он врати.

Повећава се и број компанија које врше имплементацију *Lean концепта*, што им омогућава да повећају ефективност пословања и бољу тржишну позицију. Конкретан пример за то је компанија *Wal-Mart* која је усавршавањем концепта изградила комуникационе мреже широм света, успоставила добре односе са добављачима како би се ток материјала кретао неометано, сигурно и поуздано током целог трајања процеса и како се не би правиле беспотребне залихе које коштају и захтевају додатни трошак око складиштења. Ова компанија је пионир када је у питању примена и имплементација концепта за многе менаџере, јер јој је пошло за руком да изгради глобалне мреже добављача, складишта и продавца на мало и да све међусобно повезане фирме са протоком информација у реалном времену послују, пријатељски сарађују, повећавају квалитет пословања и све заједно функционишу као једна иста компанија [2].

4.Опис трошкова у ланцу снабдевања

Трошкови који се разматрају у овом ланцу снабдевања су фиксни и варијабилни, директни и индиректни, конкретно се односе на трошкове залиха и транспортне трошкове. Да би се они што боље разумели дат је детаљан преглед свих трошкова који се јављају у инжењерској економији.

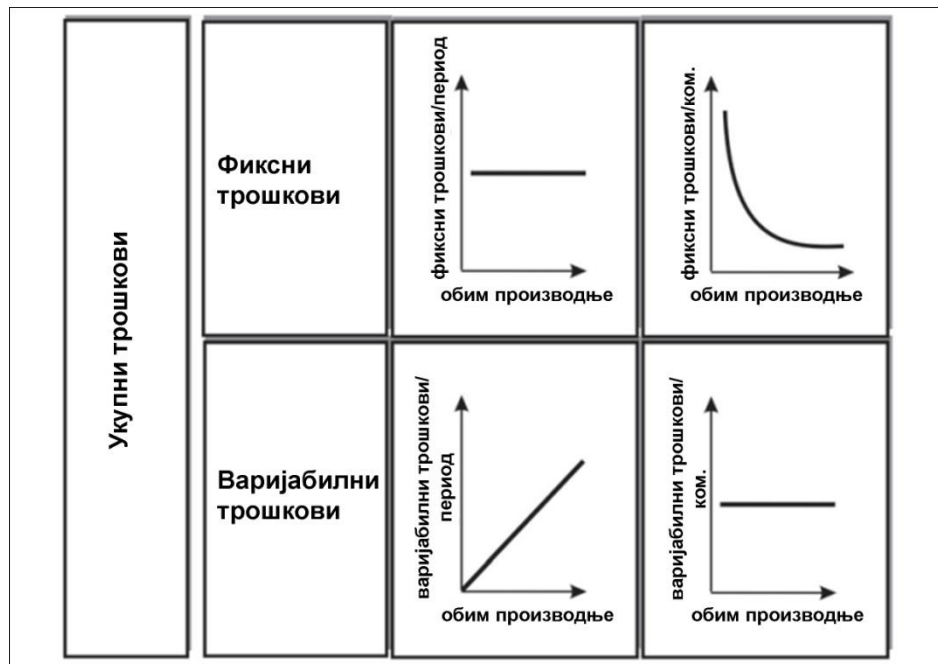
Настанак различитих врста трошкова је проузрокован производњом производа и услуга. Из потребе да се инжењерско - економске одлуке испланирају, донесу и исконтролишу, потребно је да се изврши подела трошкова према одређеним критеријумима. То је визуелно приказано на слици (слика 7) [23].



Слика 7.Основе за поделу трошкова [23]

Према степену искоришћења капацитета укупни трошкови се деле на фиксне и варијабилне. Фиксни трошкови су они који су константни и задржавају своју вредност и када се обим производње промени, независни су од ње.

У фиксне трошкове спадају: амортизација, општи трошкови производње, административно-продајни трошкови, трошкови који су везани за осигурање и камате на кредите за основна и обртна средства.



Слика 8.Карактеристике промене фиксних и варијабилних трошкова [23]

Тамо где се јављају промене у обиму производње и трошкови на које та промена утиче називају се варијабилним трошковима. Они обухватају директни материјал израде, директни рад и друге трошкове који су у вазалном односу од обима производње. Како обим производње расте тако расту и варијабилни трошкови и то се може одвијати на три начина пропорционално, дегресивно или прогресивно [23].

Варијабилни трошкови у периоду



Слика 9.Могуће промене варијабилних трошкова у периоду у зависности од обима производње[23]

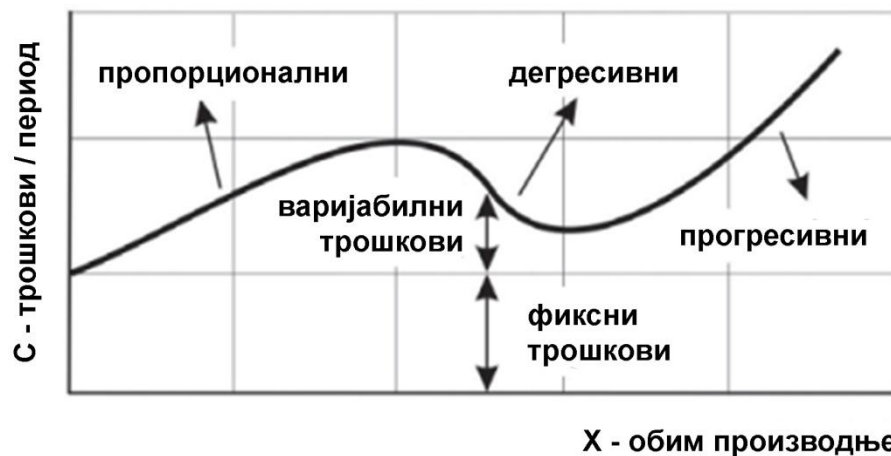
Пропорционални трошкови су варијабилни трошкови који расту пропорционално са степеном коришћења капацитета и мењају се односно падају или расту у зависности од раста или пада производње.

Дегресивни трошкови расту и падају споријим темпом него што расте или пада количина произведених производа. У те трошкове спадају трошкови грејања, електричног осветљења, трошкови помоћних материјала, део који се односи на зараде запослених радника, као и општи трошкови производње.

Прогресивни трошкови расту брже него што расте количина производа. Они су последица лоше организованости процеса производње или неусклађености задатака и доступних капацитета. Њихов пораст се најчешће јавља због преоптерећености радне снаге или опреме и машина.

Збир свих варијабилних и фиксних трошкова представљају укупне трошкове производње.

За доношење рационалних пословних одлука криве укупних и просечних трошкова су веома важни трошковни појмови. Са слике (слика 20) види се да одређене врсте трошкова увек постоје, независно да ли предузеће послује или не. Поред тога може да се уочи да она при одређеној врсти производње расте дегресивно, а затим наставља прогресивни раст у односу на количину производа [23].



Слика 10. Промена укупних трошкова у функцији обима производње[23]

Просечни трошкови или трошкови по јединици производа добијају се као однос:

$$\text{просечни трошкови} = \frac{\text{укупни трошкови у периоду}}{\text{обим производње}}$$

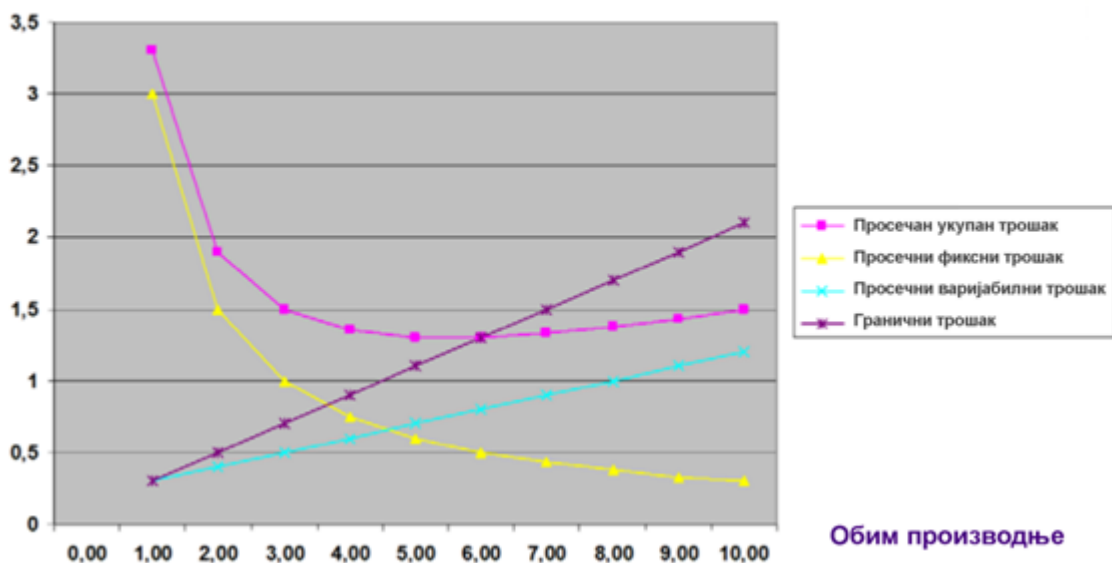
Просечни укупни трошак је укупни трошак подељен са количином производа.

Просечни фиксни трошак је фиксни трошак подељен са количином производа.

Просечни варијабилни трошак је варијабилни трошак подељен са количином производа.

Гранични трошак је повећање укупног трошка који настаје производњом додатне јединице производа.

Трошкови



Слика 11. Криве просечног и граничног трошка [23]

Ове криве показују три закључка која су типична за многа предузећа:

- Гранични трошак расте са количином производа.
- Крива просечног укупног трошка има облик слова U.
- Крива граничног трошка сече криву просечног укупног трошка у тачки минималног просечног укупног трошка.

Ефикасна количина је количина производа која минимизира просечни укупни трошак.

Трошак пропуштене прилике је трошак најбољих одбачених алтернатива, односно могућих решења. Овај трошак настаје из разлога што се користе ограничени ресурси.

Према носиоцима трошкова трошкови могу да се поделе на две компоненте, на директне и индиректне. Овакав вид поделе се у пракси примењује да би се утврдила цена коштања производа или услуге. Сви трошкови који непосредно утичу на стварање производа или услуге спадају у директне трошкове, а то су директни материјал и директни трошкови рада.

Директни материјал чине сировине, делови и материјал који се користе за производњу готовог производа и чији се утрошак непосредно прати по величини произведених производа. Са аспекта сваког индивидуалног предузећа дефинише се материјал за израду и готов производ. На баналном примеру за фабрику аутомобила котрљајни лежај представља материјал за израду, док за фабрику лежајева котрљајни лежајеви су финални производи.

Зараде производних радника који раде ручно или помоћу машина и алата да би произвели жељени производ за тржиште представљају директне трошкове рада. Трошкови рада се врло лако и једноставно израчунавају и распоређују по јединици производа.

У опште или индиректне трошкове спадају општи трошкови производње и административно – продајни трошкови.

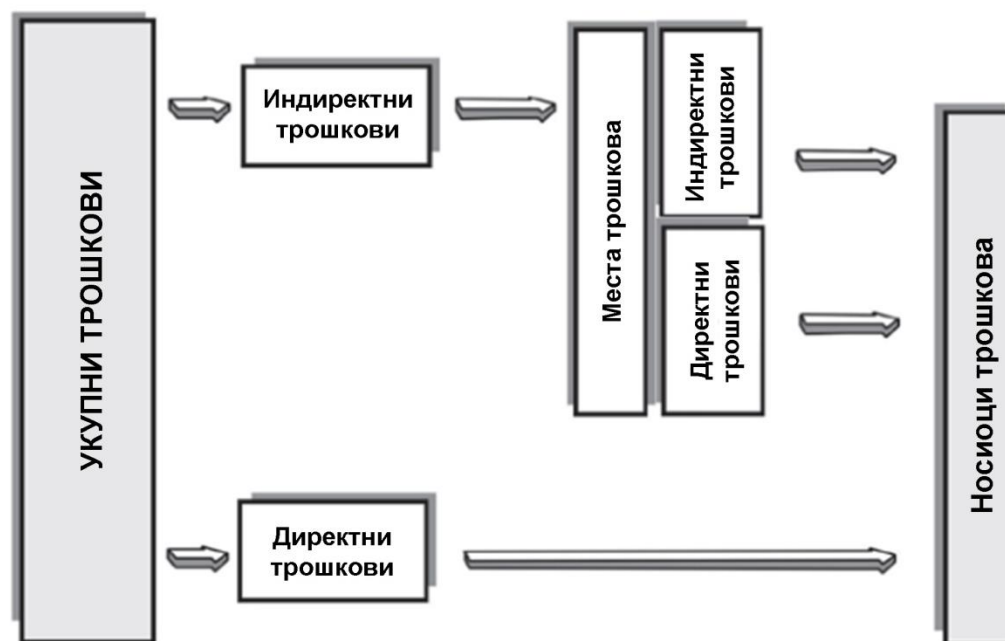
Општи трошкови производње у производном предузећу могу бити [23]:

- индиректни материјал у употреби
- индиректни трошкови рада
- трошкови коришћења погона
- трошкови постројења и опреме
- трошкови усклађивања са државним и локалним прописима
- остали општи трошкови производње

Административно – продајни трошкови могу бити [23]:

- зарада управљачког и продајног особља
- трошкови пројектног и констркционог сектора
- трошкови амортизације и осигурања управних зграда
- трошкови непроизводних услуга
- трошкови репрезентације
- трошкови пропаганде и унапређења продаје
- трошкови банкарских услуга
- трошкови транспорта производа
- трошкови пореза
- трошкови негативних курсних разлика
- трошкови обезбеђења
- трошкови енергије управних зграда итд.

Директне трошкове је једноставно израчунати и пренети на јединицу производа или услуге. Помоћу требовања се идентификују директни трошкови материјала и везују за носиоце трошкова. Директни трошкови зарада се добијају на основу платних листа радника у производњи и на основу њихових проведених часова у раду. У цену производа поред директних улазе и индиректни трошкови, које је потребно распоредити и класификовати на две групе, односно на производе и услуге. Најпре се индиректни трошкови евидентирају према месту настанка, па се после тога распоређују на производе и услуге, уз коришћење одговарајућих метода и калкулације трошкова. То је визуелно приказано на слици (слика 12) [23].



Слика 12. Криве просечног и граничног трошка [23]

Према месту настанка, односно према организационим целинама у којима су настали трошкови се деле на [23]:

- трошкове припреме производње, планирања, конструкције и пројектовања
- трошкове набавке
- трошкове непосредне производње
- трошкове квалитета
- трошкове маркетинга
- трошкове финансијског пословања
- трошкове истраживања и развоја

Према методологији обрачуна трошкови могу да се поделе на:

Стварне трошкове који се добијају књиговодственим путем на крају одређеног обрачунског периода.

Нормалне трошкове који су унапред утврђени трошкови на бази научних метода и предвиђања.

Планске трошкове који се предвиђају за одређени временски период, најчешће је он једногодишњи и они се спроводе на основу стварних трошкова који су обрачунати у претходном периоду [23].

Релевантни међународни фактори као што су избор начина превоза, алокација трошкова превоза између предузећа која су у вазалном односу, трошкови залиха који се јављају услед проблема који се јавља при доношењу одлука, експлицитна укљученост добављача и нелинеарни ефекти који су везани за међународно опорезивање доста су игнорисани при већем делу истраживачког процеса. Операције руковања и монтаже ради добијања готових производа који су сачињени од различитих врста сировина које се

обављају и извршавају у производним погонима коришћењем различитих производних процеса. Производни погони су подељени у две групе: производни погони који се налазе у земљама где царине наплаћују три ствари: трошкове, терет и осигурање. Постоје и производни погони који се налазе у земљама које не наплаћују царину и оне врше превоз морским путем, односно бродски. У сваком производном погону се могу произвести различите врсте готових производа. За лукове између производног погона и дистрибутивног центра, модел мора да одреди количину готових производа који се испоручују, алокацију транспортних трошкова као и трансферне цене готових производа.

5.Оптимизација трошкова у ланцу снабдевања-основна разматрања

Оптимизација ланца снабдевања представља сложен менаџмент проблем који може да се декомпонује на већи број пот-проблема. Решавање ових пот-проблема засновао је на примени алата. Један од важних менаџмент проблема је оптимизација трошкова пословања. Овај проблем може да се реши применом технике математичког моделирања и адекватних софтвера. Треба напоменути да не постоји јединствено софтверско решење које може да се примени за решавање различитих проблема. Постоји више врста различитих метода које су развијене у сврху решавања оваквих врста проблема.

Christopher је издвојио четири најважнија фактора који утичу на оптимизацију пословања ланцем снабдевања [24]:

- дужи рокови испоруке;
- продужено и непоуздано време превоза;
- вишеструко спајање и опције заједничког терета
- модел вишеструког превоза робе и трошковне опције

5.1 Класификација трошкова у ланцу снабдевања

У литератури могу да се нађу различите класификације трошкова. Неке од тих класификација су надаље приказане.

Врсте трошкова које се могу јавити у ланцу снабдевања зависе у великој мери од делатности у којој се ланац снабдевања примењује. У практичној примени принципа управљања ланцем снабдевања која је издата 2008.године од стране *T.Schoenfeldt-a* изнете су врсте трошкова које обухватају све делатности ланца снабдевања у којима трошкови егзистирају [25]:

- *Аквизициони трошкови*: трошак процеса поручивања, трошак транспорта материјала, полупроизвода и робе; трошкови припреме за поручивање, праћење и верификација поруџбина и испорука, трошак услед некохерентне комуникације између запослених, трошкови зарада запослених у бруто износима; трошак

управљања папирном документацијом, трошак предикција и промена планова тражње и продаје, ангажовање додатне радне снаге ради праћења касне испоруке; трошкови зграда, магацина и постројења, трошак супервизије набавних активности, трошкови укључења додатне радне снаге са задатком да прими и обради захтеве за понуду итд.

- *Трошкови поседовања и манипулације:* трошкови везани за управљање складишним простором, трошкови за утоваривање терета, трошкови паковања материјала, полупроизвода и робе; трошак одржавања транспортних средстава; трошкови режијског одржавања зграда и постројења; трошкови текућег одржавања и безбедносних активности; трошкови пореза и осигурања; трошкови лома, хала и растура за време складиштења; трошкови управљања *stock-om* залиха; трошкови управљања опремом у фабрици / складишту и слично; трошкови радне снаге у складишту и слично; трошкови управљања опремом у фабрици / складишту и слично; трошкови радне снаге у складишту; трошак додатне сатнице за рачуноводство приликом усклађивања стварних и књиговодствених стања; трошкови супервизије складишног простора; утрошак времена топ менаџмента за осмишљавање решења проблема итд.
- *Трошкови укључивања у процесе:* трошак преношења знања приликом нових инсталација; трошак увођења информационих система; трошак увођења нових апликација у рад; трошак решавања погрешних поруџбина / испорука итд.
- *Инспекцијски трошкови:* трошак управљања и одржавања квалитета; трошак провере објекта, капацитета и технике исправности; трошак провере искоришћености капацитета; трошак провере и инсталације специфичне опреме; трошак управљања и одржавања квалитета; трошак провере објекта, капацитета и техничке исправности; трошак провере искоришћености капацитета; трошак провере и инсталације специфичне опреме итд.
- *Опортунитетни / могући трошкови:* пројекција и доношење акционог плана у оквиру потенцијалног квара у производној линији; трошак неискоришћености капацитета у камиону; трошак реорганизације функција „силоса“; тренутни трошкови измештања функције (*outsource*); трошкови који се јављају у току гаранцијског периода; трошкови прераде, обраде и дораде; трошкови планирања и имплементације плана преживљавања уских грла итд.

5.2 Методе за оптимизацију трошкова

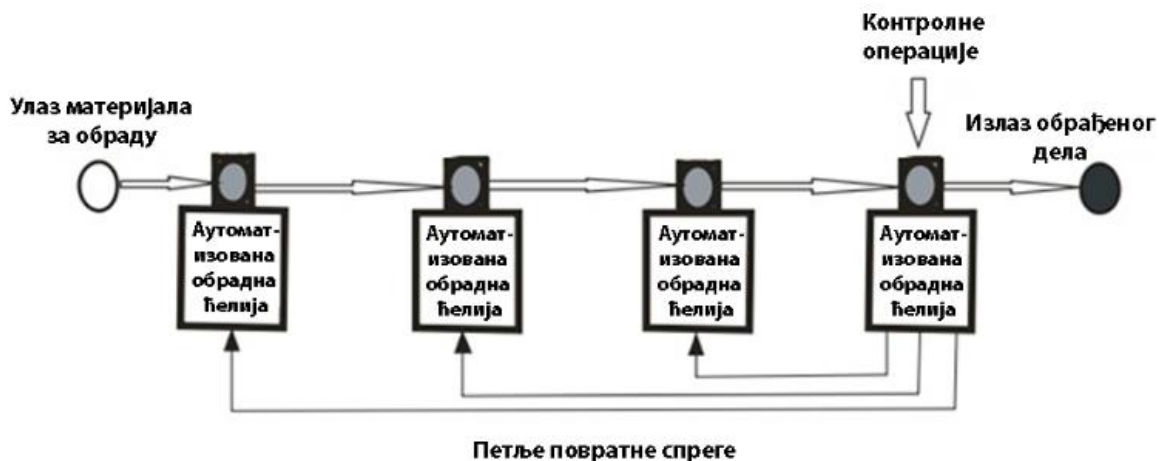
Основни циљ сваког предузећа јесте да оствари профит, профит се остварује тако што се купци мотивишу да купе њихов, а не конкурентни производ. За то је неопходно да

производ поседује задовољавајуће перформансе, односно да има добар и висок квалитет и уз то минималну цену коштања.

Главна идеја менаџмента ланца снабдевања јесте да од добављача сировина, преко трговца и складишта до крајњег купца примени приступ потпуног система који се односи на управљање током информација, материјала и услуга. У великом броју компанија се од укупног трошка производа одваја 60 – 70% за трошкове који се односе на набавку сировина и делова. Контролисање набавне функције је данас један од трендова већих добављача и логистичких трошкова. Према традиционалном принципу набавке, фокус предузећа је био на јефтине добављаче, док је данас дошло до измене која захтева квалитет и тежи томе да одржи са добављачима добре и дуге партнерске везе, како би се развио производ што већег квалитета и што нижих трошкова.

Један од начина да се производни трошкови смање, јесте да се залихе у складишту држе што краћи временски период. То се постиже правилним планирањем набавке и правилним одвијањем производње, док оне долазе из ланца снабдевања из једне у другу фирму.

Повећањем аутоматизације производње могу да се смање укупни трошкови производње у ланцу снабдевања као што је приказано на доњим сликама [26].



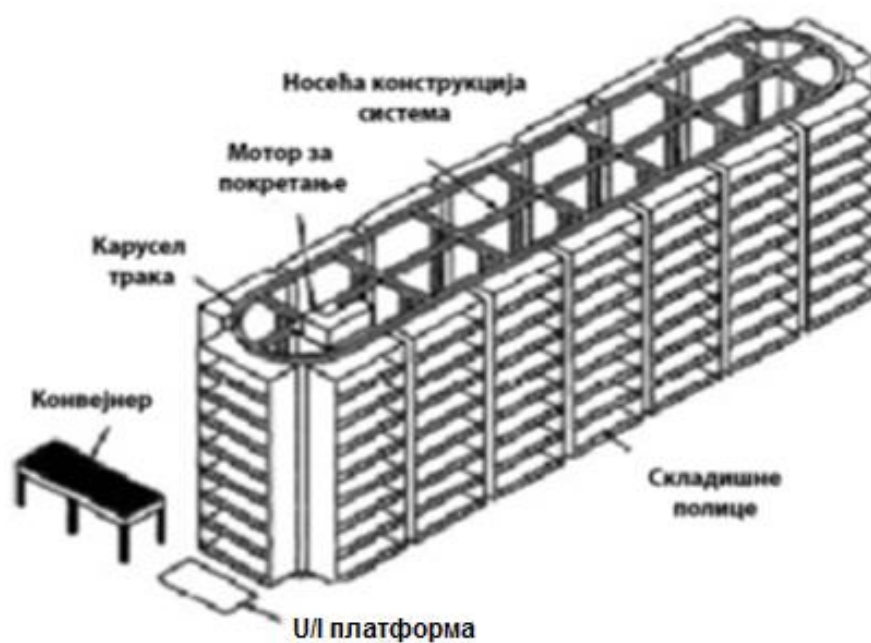
Слика 13. Аутоматизовани начин производње и транспорта [26]

У горе приказаном решењу, не разматрају се производне карактеристике које подразумевају: транспорт, складиштење, реализацију наруџбине са купчеве стварне жеље које утичу на одвијање логистичког система.

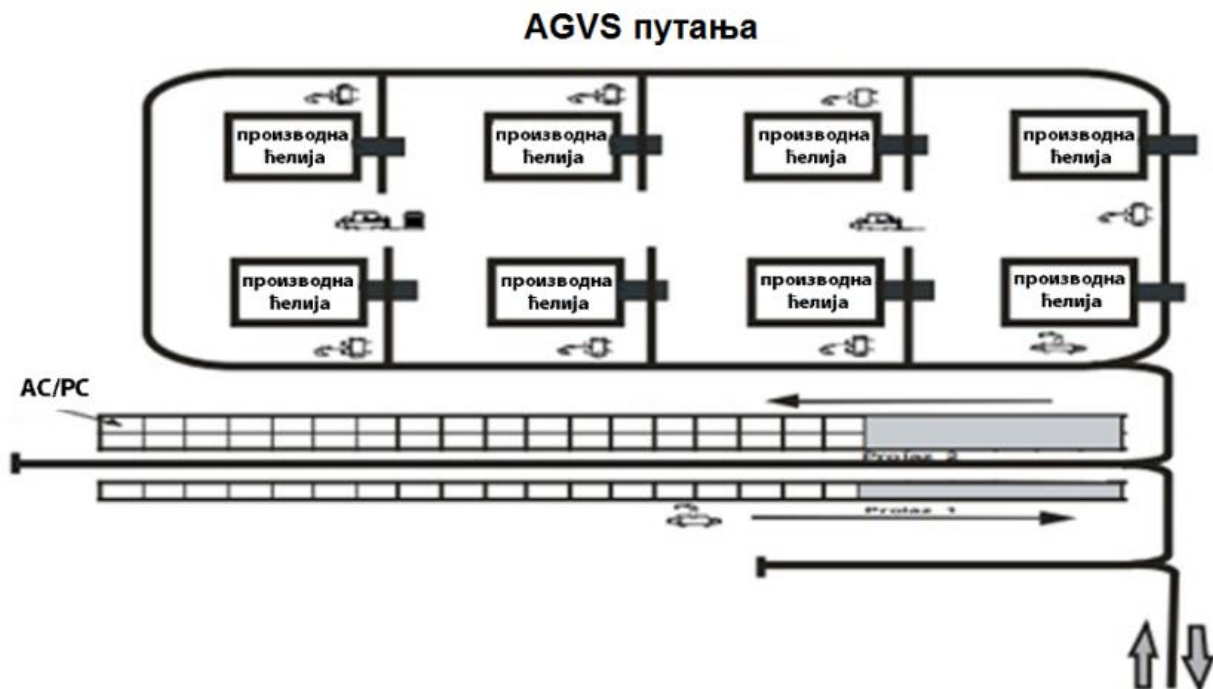
Оваквим приступом дошло се до тежње за локалним оптимумом, пословањем које је било независно, неслоге између самих подсистема у компанији, конфликта мишљења, док су се међу члановима тима могли видети направљени пропусти у виду стварања беспотребног нивоа залиха, великог броја грешака када би се производ испоручио клијенту, јако мала флексибилност, и немогућност да се реагује на промене које тржиште намеће и неспособности да се одржи конкурентска предност, нису постојали ни адекватни информациони системи који би обрачунавали трошкове, јављали су се и високи трошкови

у администрацији и при самом преносу информација, постајао је низ грешака у документацији, јако мале могућности за поређење перформанси, застоји при току материјала су били врло чести исто то се дешавало и са финансијама и информацијама, неадекватан информациони систем, превелики број запослених, нарочито код снабдевача је постојала јако велика непоузданост и несигурност, жалбе купаца су се доста споро решавале при рекламацији производа [26].

Потпуна аутоматизација производње и транспорта је имала за циљ да снизи трошкове, повећа продуктивност, да се направи одређено растојање између радника како не би било ометања при току материјала, тежи се томе да време буде што краће између производних операција, такође тежи се и томе да се операције интегришу и специјализују на што бољи начин. Овакав вид аутоматизације је визуелно представљен на сликама (слика 8 и слика 9) [26].



Слика 14. Аутоматизовано складиште [26]

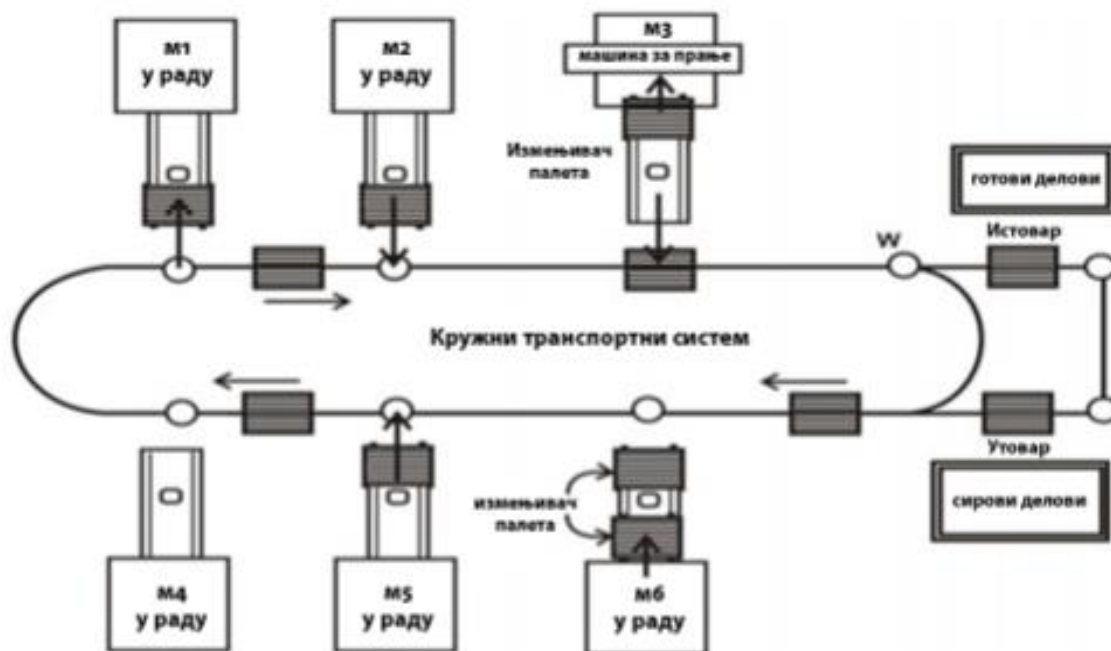


Слика 15. Аутоматизовано изузимање сировине и флексибилна производња [26]

Стратегија тока материјала, токова вредности и информација обухвата следеће наведене задатке: смањење броја степена у којима се производи морају рашчлањавати, потребно је да се повећа ниво флексибилности кадровских капацитета, неопходно је да се добављачи у већој мери ангажују и укључе у производни процес, да се информације и токови обликују по једноставном, разумљивом и функционалном принципу и да се уведу савременији, поузданији и квалитетнији информациони системи у компанију.

На слици (слика број 16) приказани су циљеви како је планирано одвијање унутрашњег транспорта при обављању производних процеса компаније која примењује концепт ланца снабдевања и послује придржавајући се његових захтева за своју добробит [26]:

- *Оптимално коришћење:* трошкови који су потребни за транспорт сведени су на минимум, тежи се томе да број празних ходова буде што мањи, функционалност је на високом нивоу и време је искоришћено на најбољи могући начин;
- *Висок степен услуге:* не троши се беспотребно време на чекање и транспорт се обавља у доста кратком временском периоду;
- *Велика флексибилност:* постоји широк асортиман терета који се транспортује, у радном окружењу се долази до брзог уклапања и пријатне радне атмосфере;
- *Висока транспарентност:* доступне су информације о актуелној ситуацији, трошкови су обрачунати и утврђени су показатељи.



Слика 16. Кружни транспортни систем[26]

Трендови у структури производње: потребно је да се производи према потребама и у количини тражње са тржишта, број производа је бројно ограничен, потребна је способност прилагодљивости потребама и квалитету одређеног стандарда који купци желе, да се прихвата развој нових производа и одступи од рутине и да се изврши брзо прилагођавање свим врстама асортимана производа, производња мора да буде економична и да има веће приходе од расхода и ако је потребно да ангажује спољне произвођаче да има ту могућност и контакте, једноставнија средстава за производњу могу и да се једноставније комбинују без улагања неког већег напора [26].

Треба напоменути да било који сложен менаџмент проблем, као што је и проблем оптимизације трошкова који се разматра у овом раду, заснован на примени *blockchain* технологија. У том случају, подаци су организовани у једну индивидуалну целину која се налази на мрежи или компјутеру сваког члана који је повезан са блоком, односно индивидуалном целином. У случају да се уведе нека промена која је реалан и прихватљив податак, дозвољава се ауторизација ако се сви чланови ауторизују. Блокови су заштићени математичким алгоритмом. Манипулација и фалсификација података није прихватљива и то се избегава. Ниво поверења између запослених је на врло високом нивоу, комуникација убрзана и тиме је доста олакшан процес који се односи на доношење одлука. Ова технологија се користи у доста широкој сфери пословања [25].

Нека од њих су [27]:

- Утицај на однос у ланцу снабдевања и на стратегије које се односе на управљање;
- Утицај на функцију набавке;
- Утицај на глобалне трансакције, одлагања и неефикасност и људске грешке у праћењу роба кроз све фазе у ланцу снабдевања;
- Праћење квалитета и брзине комуникације у ланцу снабдевања;
- Праћењу квалитета и процеса испоруке;
- Сагласност са транспортним и трговинским регулацијама;
- Праћење складишних процеса и капацитета;
- Утицај на повратну логистику и зелени ланац снабдевања.

Walmart компанија која располаже са 1.1 милион производа, највећи број производа је из прехранбене индустрије и она захваљујући *blockchain-u* прати кретање производа од произвођача до малопродавца. Глобални лидер у контејнерском транспорту, сарађује директно са компанијом *IBM* и користи њихове услуге *blockchain-anacloud* сервиса како би успела да испрати кретање контејнера, пролазак кроз царину и његову испоруку на одговарајућу локацију. Оно што компанија жели употребом ове врсте технологије јесте да повећа и убрза ефикасност процеса [25].

5.3 Оптимизација трошкова применом математичких метода

Имплементацијом савремених знања из организације и управљања производним системима може да се повећа ефикасност производних система. Поменути знања се односе на следеће таксативно наведене бенефите који произилазе из њих [28]:

- Примена вишекритеријумске анализе у процесу одлучивања;
- Усавршавање система применом стандардних времена;
- Развој ефикасног и поузданог система управљања производњом;
- Примена методе минималног транспортног тока;
- Примена методе транспортних партија;

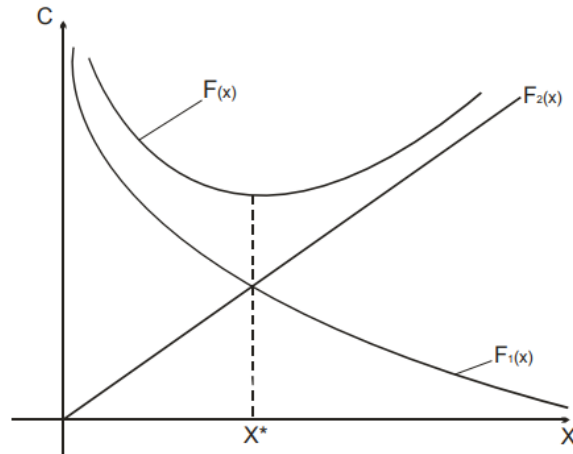
У литератури највећи број аутора сугерише да се трошкови представљају линеарним функцијама.

Укупни трошкови једне серије у временском интервалу t износе:

$$f = C + C_1 \cdot \frac{x}{2} \cdot t \quad [1]$$

На дијаграму, односно на слици (слика број 17) су приказани укупни трошкови набавке и складиштења делова ($F_{(x)}$) у зависности од величине поруџбине, односно од броја делова којима се складиште попуњава, посматрају се две стране, једна се односи на трошкове залиха ($F_{2(x)}$), а друга на цену поруџбине ($F_{1(x)}$). Када се ове две криве саберу добија се резултујућа крива укупних трошкова чији минимум одговара оптималној

величини поруџбине, односно броју делова који се налазе у једној поруџбини који имају најмању трошковну вредност набавке и складиштења делова. Минимум криве укупних трошкова се добија диференцирањем [28].



Слика број 17. Зависност трошкова од броја производа [28]

Ако се у временском периоду (0,T) направи n серија, онда се n рачуна преко следеће формуле:

$$n = \frac{A}{X} = \frac{T}{t} \quad [2]$$

онда укупни трошкови модела залиха ће бити [1]:

$$F_{(X)} = \left(C + C_1 \cdot \frac{x}{2} \cdot t \right) \cdot n = C \cdot n + C_1 \cdot \frac{x}{2} \cdot t \cdot n = \frac{CA}{X} + \frac{C_1 \cdot T \cdot X}{2} \quad [3]$$

Из претпоставке за минимум функције добијају се оптималне вредности:

$$F'_{(X)} = -\frac{C \cdot A}{X^2} + \frac{C_1 \cdot T}{2} = 0 \quad [4]$$

Оптимална количина залиха:

$$X^* = \sqrt{\frac{2 \cdot C \cdot A}{C_1 \cdot T}} \quad [5]$$

Оптимални број серија:

$$n^* = \frac{A}{X^*} = \frac{A}{\sqrt{\frac{2 \cdot C \cdot A}{C_1 \cdot T}}} = \sqrt{\frac{A \cdot C_1 \cdot T}{2 \cdot C}} \quad [6]$$

Оптимално време једне серије:

$$t^* = \frac{T}{n^*} = \frac{T \cdot X^*}{A} = \frac{T}{A} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot C \cdot A}{C_1 \cdot T}} = \sqrt{\frac{2 \cdot T \cdot C}{A \cdot C_1}} \quad [7]$$

Минимални укупни трошкови модела управљања залихама у временском интервалу (0,T) износе:

$$F(X^*) = \frac{C \cdot A}{X^*} + \frac{C_1 \cdot T \cdot X^*}{2} = \frac{C \cdot A}{\sqrt{\frac{2 \cdot C \cdot A}{C_1 \cdot T}}} + \frac{C_1 \cdot T}{2} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot C \cdot A}{C_1 \cdot T}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{C_1 \cdot T \cdot C \cdot A}{2}} = \sqrt{2 \cdot A \cdot C \cdot C_1 \cdot T} \quad [8]$$

Уобичајено је да се проблеми оптимизације трошкова поставе као проблем линеарне оптимизације који је представљен у Глави 7.

5.4 Трансфер цена

Многи модели ланца снабдевања се воде претпоставком да су цене трансферних услуга фиксне и дате.

Трансфер цена је цена коју добављач односно производно предузеће, наплаћује за производ или услугу која се испоручује производном предузећу, односно дистрибутивном систему, респективно. Према мишљењу *O'Connor* – а трансфер цене је једно од најважнијих међународних пореских питања са којим се мултинационалне компаније суочавају и данас и то се исто очекује и у предстојећем временском периоду. При истраживању преко 200 мултинационалних компанија, 80% њих је идентификовало трансфер цене као једно од најзначајних питања са којим се морају суочити. Већина истраживача сматра да је трансфер цене проблем којим је нужно да се бави рачуноводство и сматрају да овај параметар не треба да се разматра при решавању проблема оптимизације тока производа [29].

Данас, менаџмент може да утврди цену преноса са одређеним степеном флексибилности који се креће у задатим границама. Несумњиво, проблем који је везан за трансфер цена је много комплекснији од рачуноводственог проблема. *Abdallah* истиче да је доношење одлука које се односе на трансферне цене од посебног значаја за мултинационалне компаније и представља сложен, флексибилан и врло компликован задатак, јер представља ефекте друге главне функције фирме као што су маркетинг, производња, локација, транспорт и финансије [30].

Утицај политике трансферних цена је такође важан и када је у питању опорезиви доходак, царина и перформансе које су везане за управљање. Према мишљењу *Nieckels-a*, промене у трансферним ценама могу довести до значајних разлика након опорезивања пореза на добит компаније. У литератури могу да се нађу и другачија мишљења, самоволна манипулација трансферним ценама је тренутно под пажљивим надзором пореских власти и строго је кажњива. Упркос свим овим ограничењима и на основу тренутних прописа, у већини случајева компаније имају одређени и тачно дефинисани опсег по коме се вредности трансферних цена крећу. У литератури која се односи на компанију и управљање сложеним економским системима могу се наћи препоруке које транспортне цене су прихватљиве. Међутим, не постоји само једна дефинисана цена која се сматра правом.

У литератури могу да се нађу радови у којима су развијени оптимизациони модели са трансфер ценом. *Nieckels* је глобални ланац снабдевања представио као нелинеарни математички модел којим се одређују оптималне трансферне цене и како се врши расподела ресурса у мултинационалној текстилној компанији. Он укључује трансферне цене као врсту променљивих одлука и линеарну циљну функцију којом се врши максимизација глобалног нето прихода након опорезивања. Једно од ограничења овог модела је уведена претпоставка да постоји један централни дистрибутивни центар из кога се врши дистрибуција свих производа продајним сарадницима. Као други недостатак модела може да се издвоји то да не обухвата ограничења саставнице која су за стварни систем значајна. Уместо тога проблем је формулисан као модел који је заснован на

сировинама до којих се долази трансформацијом производа. Аутор се не бави одлуком која се односи на расподелу трошкова везаних за превоз, јер се они наплаћују сарадничкој фирми.

Никелсов приступ решењу започиње хеуристичким поступком који трансферним ценама додељује неке почетне вредности, које су лимитиране и све имају неку једнаку вредност, која представља неку средину горње и доње границе налази у средини као нека аритметичка вредност између највеће и најниже вредности. Преостали програм је линеарног типа и то је решено за протоке који су оптималног типа.

Имајући у виду ове токове, скуп трансферних цена поново постаје изазован и примамљив за изучавање. За проналажење новог скупа трансферних цена, примењују се хеуристичке методе.

Cohen и остали сарадници представљају прелиминарну формулацију нормативног модела који је динамичне природе и нелинеарна мешовита програмска формулација целог броја. Модел је нелинеаран из разлога што су укључене трансферне цене и варијабилне одлуке за расподелу режијских трошкова по постројењима. Циљна функција је дефинисана као максимизација добити предузећа након опорезивања. Преносне цене се посматрају као марка сваког производа, примењују се на трошкове производње, који су увећани за трошкове испоруке, који у себе укључују одређене тарифе. То се сматра недостатком ове врсте модела, јер у већини случајева тарифе зависе од вредности пренесених производа, а заправо теоријски у овом делу рада се сматрају делом трошкова испоруке по јединици производа. Приступ решењу представља хијерархијски процес који се креће између решавања мешовитих целих програма како би се утврдили оптимални токови и склопио уговор са добављачима уз оптималне надокнаде. Овај поступак се понавља више пута, односно све док се не дође до локалног оптимума. Сходно томе да додаци немају горњу границу, резултујуће решење може да доведе до знатно сниженог пореза које би било неприхватљиво за пореске власти [31].

Cohen & Lee описују модел једног у једном периоду где се врши анализирање одлуке о размештању ресурса са којима се суочава и које разматра произвођач персоналних рачунара. Битно је да се напомене да је ово једини модел који разматра одлуку о додели трошкова који се стварају услед транспорта било према пореклу или према одредишту формулисања бинарних променљивих. Међутим, у представљеном процесу решења, ова одлука се доноси на екстерном нивоу предузећа и одговарајуће бинарне променљиве су фиксирани у овом моделу [32].

У једном од најопсежнијих модела до данас, *Arntzen* са осталим сарадницима представља целовит програм који представља мешавину мултипериодности и мултимодалности којом се извршава оптимизација глобалног ланца снабдевања у компанији дигиталне опреме. Циљна функција је дефинисана као минимизирање варијабилних трошкова производње, трошкова залиха, трошкова испоруке, фиксних трошкова производње и врсте производње којом фирма послује који се умањују уштедом снижене пореске цене и ослобађањем од плаћања царине. Није јасно како модел управља са две различите мерне јединице у циљној функцији, јер то се налази изнад могућности које су додељене од стране корисника. Одлука која је везана за проблем трансферних цена није укључена у формулацију. Аутори извештавају да су се употребљавале нетрадиционалне методе, као што су еластична ограничења, факторизација реда, каскадно

решење проблема и набрајање ограничења. Међутим, из рада не може се закључити која метода решења је примењена [33].

Canel & Khumawala предлажу модел који садржи већи број мешовитих појединачних производа. Аутори у своју анализу укључују одлуке које су везане за трансферне цене, они их фиксирају или сниже или повећају до горње дозвољене границе, пре него што се дође до решења модела. Поред тога транспортни трошкови се додељују одређеној сарадничкој компанији. Као резултат тога овај модел не укључује проблем трансферних цена и алокацију транспортних трошкова који чине део процеса одлучивања [34].

У већини описаних модела се занемарује изричито укључивање глобалних добављача. Осим тога у већини случајева се не разматрају и не узимају у обзир трошкови залиха и њихов утицај на одлуку везану за избор начина, односно врсте транспорта, што је од врло важног значаја у међународном сценарију.

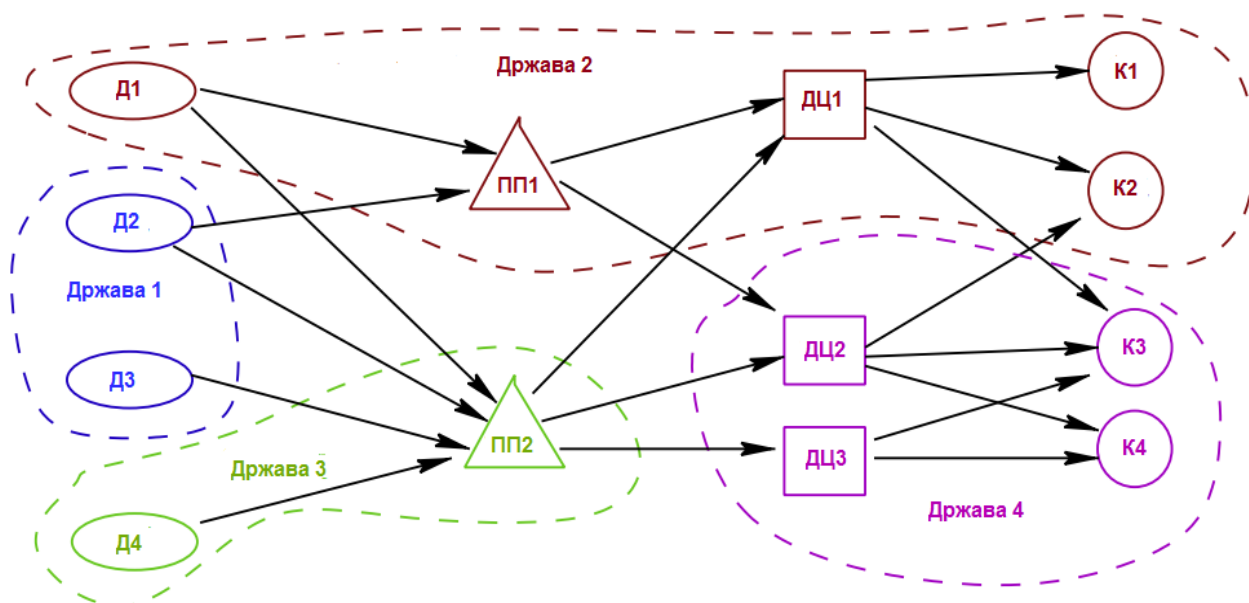
Овај рад представља тактички модел глобалног ланца снабдевања који проширује претходна истраживања и који истовремено узима у обзир трансферне цене, алокацију трошкова који су везани за транспорт, трошкове залиха и њихов утицај на избор међународног начина превоза [35].

Према другој групи научника посматра се проблем мултинационалне компаније која покушава да повећа свој глобални профит након опорезивања одређеног протока робе, трансферних цена и расподеле трошкова превоза између сваке сарадничке компаније. Овај проблем одговара оном који је посматран од стране *Vidal & Goetschalckx*. Циљ овакве врсте проблема је да осмисли праксу трансферних цена које законским путем минимизирају порезе, тј. осмишљавају и креирају дизајнерску праксу трансферних цена које користе предности различитих пореских структура између различитих држава, али могу бити оправдане пореским властима.

У проблему глобалног ланца снабдевања постоје четири нивоа која се разматрају: добављачи, производни погони, дистрибутивни центри и купци. Мрежна илустрација примера ове врсте глобалног ланца снабдевања је приказана на слици (слика 18) и она има доста сличности са моделом глобалног логистичког система који су представили *Vidal & Goetschalckx*. У овом примеру постоји 13 подружница: четири добављача (*S1, S2, S3 & S4*), два производна погона (*MP1 & MP2*), три дистрибутивна центра (*DC1, DC2 & DC3*) и четири купца (*C1, C2, C3 & C4*). Ове подружнице су лоциране у четири различите земље.

Први ниво глобалног ланца снабдевања се односи на скуп унутрашњих и спољних добављача који производе различите врсте сировина и компонената. Под унутрашњим добављачем се сматра да је добављач сарадник мултинационалне компаније. Модел мора да одреди потребну количину сировине и компоненте које се испоручују од сваког добављача сваком производном погону.

За мрежу са слике (слика 18), значи да модел мора да одреди потребну количину изражену у јединици производа која ће се испоручити од добављача до предузећа. Модел такође мора да одреди и расподели трошкове које су везани за транспорт између добављача и предузећа као и трансферне цене за сировине које обезбеђују унутрашњи добављачи. За спољне, односно екстерне добављаче одлука о трансферним ценама је бескорисна све док се користе тржишне цене [36].



Слика 18. Мрежна заступљеност глобалног ланца снабдевања [36]

Vidal & Goetschalckx су развили модел за оптимизацију тока материјала у глобалном ланцу снабдевања унутар следећих претпоставки [36,37]:

- Одлуке се морају доносити у једном периоду;
- Кретање протока у ланцу снабдевања је ограничено да буде само у једном правцу (од добављача до погона, од погона до дистрибутивног центра или из дистрибутивног центра до купаца);
- Све локације објекта су већ дефинисане;
- Потражња купаца може или не мора бити у потпуности задовољена;
- Одлуке о трансферним ценама су централизоване;
- Претпоставља се да је свака подружница опорезована од нето прихода локалног извора;
- Као захтев за оправдање трансферних цена пореским властима, све трансферне цене морају бити у уском интервалу и морају бити исте за сва одредишта за одређено порекло и одређену компоненту;
- Увозне царине плаћа увозна држава на основу бесплатне царине или на основу принципа где се царина наплаћује и то зависи од географског положаја државе.

6.Поставка проблема

У овој секцији разматран је проблем оптимизације тока производње респектујући трошкове. Добављачи у ланцу снабдевања се формално представљају скупом $\{1, \dots, i, \dots, I\}$. Укупан број добављача је означен као I , а индекс добављача је i , $i=1, \dots, I$. На сличан начин се формално представљају предузећа која егзистирају у ланцу снабдевања и дистрибутивни систем. Предузећа се представљају скупом $\{1, \dots, j, \dots, J\}$. Укупан број предузећа је означен као J и индекс предузећа је j , $j=1, \dots, J$. Елементи дистрибутивног система (велетрговине, трговине на мало и крајњи потрошачи) се представљају скупом $\{1, \dots, k, \dots, K\}$. Укупан број дистрибутивних јединица је K и индекс за дистрибутивну јединицу је k , $k=1, \dots, K$. Треба напоменути да се од сваког добављача набавља једна или више врста различитих репроматеријала који се у производним процесима применом одговарајућих технологија трансформишу у финалне производе. Такође у производном делу ланца снабдевања настаје више различитих врста производа који се дистрибуирају једној или свим дистрибутивним јединицама.

Транспорт репроматеријала, транспорт полу-производа као и транспорт финалних производа може да буде реализован коришћењем различитих транспортних средстава. Избор транспортних средстава утиче на трошкове транспорта и може да се разматра као задатак сам за себе. У овом раду је претпостављено да се од добављача наручује L различитих врста репроматеријала који се до производног система транспортују на M различитих начина. Репроматеријали се представљају скупом индекса $\{1, \dots, l, \dots, L\}$ и l , $l=1, \dots, L$ је индекс који се придружује репроматеријалу. Начини транспорта репроматеријала се представљају скупом индекса $\{1, \dots, m, \dots, M\}$ и m , $m=1, \dots, M$ је индекс начина транспорта репроматеријала.

Нека у производним предузећима настаје N различитих врста производа који се формално представљају скупом индекса $\{1, \dots, n, \dots, N\}$ и n , $n=1, \dots, N$ је индекс финалног производа. Претпостављамо да је ниво технолошког нивоа у свим предузећима приближно једнак и да се користе конвенционални начини транспорта. Може се сматрати да трошкови унутрашњег транспорта не утичу значајно на укупне трошкове који настају у ланцу снабдевања.

Начини транспорта који се користе од добављача до производних предузећа су исти тако да није потребно да се уводи нова променљива. Ово је претпоставка која се уводи у овај модел и сасвим реално описује ланце снабдевања који егзистирају у реалном окружењу. На овај начин се поједностављује модел оптимизације тока производа.

7. Нов модел за оптимизацију трошкова

Према узору модела који су развили научници Перон и Младеновић, који представља доста сложенији модел и где је реч о глобалном ланцу снабдевања који садржи комплексније функције циља и скупове ограничења, развијен је нов модел који посматра уже параметре у складу са задатом темом и посматра ланац снабдевања. Како би биле разумљивије функције циља и скуп ограничења сви параметри који се провлаче у формулама су дефинисани на следећи начин:

c_{pj} - индекс цена

x_{rijm} - количина репроматеријала r , $r = 1, \dots, R$ која се транспортује од добављача i , $i = 1, \dots, I$ до предузећа j , $j=1, \dots, J$ користећи начин транспорта m , $m = 1, \dots, M$

α_{jp} - индекс капацитета

c_{rim} - јединична цена набавке сировине r , $r = 1, \dots, R$ која се транспортује од добављача i , $i = 1, \dots, I$, коришћењем m начина транспорта, $m = 1, \dots, M$

t_{ir} – трансферна цена

T_j – трошкови директног рада

T_{cj} – фиксни трошкови (трошкови амортизације, трошкови режије)

C_j – расположиви буџет

Предложени би линеарни модел може да се напише преко функције циља која има свој скуп ограничења.

Функција циља

$$\max \left\{ \sum_{j=1, \dots, J} \left(\sum_{p=1, \dots, P} c_{pj} \cdot \sum_{i=1, \dots, I} \sum_{r=1, \dots, R} x_{rijm} \cdot \alpha_{jp} \right) \right\}$$

Скуп ограничења

$$\forall j: \sum_{i=1, \dots, I} \sum_{r=1, \dots, R} \sum_{m=1, \dots, M} c_{rim} \cdot x_{rijm} + \sum_{i=1, \dots, I} \sum_{r=1, \dots, R} \sum_{m=1, \dots, M} t_{ir} \cdot x_{rim} + T_j + T_{cj} \leq C_j \quad [9]$$

$$x_{rijm} \geq 0 \quad [10]$$

Дати би-линеарни модел може да се трансформише у линеарни модел применом методе линеаризације. Уводимо нову променљиву:

z_{rijm} – добит предузећа, односно његов профит

$$z_{rijm} = t_{ir} \cdot x_{rijm} \quad [11]$$

Тако да:

$$t_{ir} = \frac{z_{rijm}}{x_{rijm}} \quad [12]$$

Трансфер цена има своје граничне вредности $t_{ir} \in [t_{ir}^L, t_{ir}^U]$ и:

$$t_{ir} = \frac{z_{rijm}}{x_{rijm}} \geq t_{ir}^L \text{ и } t_{ir} = \frac{z_{rijm}}{x_{rijm}} \leq t_{ir}^U \quad [13]$$

После увођења ових трансформација би-линеарни модел се пресликава у линеарни модел који је надаље изложен:

Функција циља

$$\max \left\{ \sum_{j=1, \dots, J} \left(\sum_{p=1, \dots, P} c_{pj} \cdot \sum_{i=1, \dots, I} \sum_{r=1, \dots, R} x_{rijm} \cdot \alpha_{jp} \right) \right\}$$

Скуп ограничења

$$\forall j: \sum_{i=1, \dots, I} \sum_{r=1, \dots, R} \sum_{m=1, \dots, M} c_{rim} \cdot x_{rijm} + \sum_{i=1, \dots, I} \sum_{r=1, \dots, R} \sum_{m=1, \dots, M} z_{irjm} + T_j + T_{cj} \leq C_j \quad [14]$$

Ограничења која су везана за добит морају да испуне три услова, први је да горња граница буде већа или једнака од производа трансферне цене и количине репроматеријала, други да доња граница буде мања или једнака од производа трансферне цене и количине репроматеријала и наравно уз то број репроматеријала мора да буде већи или једнак нули.

$$z_{rijm} \geq t_{ir}^L \cdot x_{rijm} \quad [15]$$

$$z_{rijm} \leq t_{ir}^U \cdot x_{rijm} \quad [16]$$

$$x_{rijm} \geq 0 \quad [17]$$

Пример новог модела за оптимизацију трошкова у ланцу снабдевања

Нека се посматра ланац снабдевања који се састоји од три добављача ($I=3$), два производна предузећа ($J=2$). Од добављача се набављају две врсте репроматеријала ($R=2$) које се одређеним технологијама прерађују и настају два различита производа у првом предузећу и један производ у другом предузећу. Користи се само један транспортни начин-друмски превоз, тако да није потребно да се разматра индекс који означава начин транспорта. Вредности параметара и променљивих су претпостављене.

Модел линеарног програмирања у сажетом облику може да се пише у сажетом облику:

Функција циља

$$\max \{ \sum_{j=1,2} (\sum_{p=1, \dots, P} c_{pj} \cdot \sum_{i=1, \dots, 3} \sum_{r=1, \dots, 2} x_{rij} \cdot \alpha_{jp}) \}$$

Скуп ограничења:

$$c_{11} \cdot x_{111} + c_{21} \cdot x_{211} + c_{12} \cdot x_{121} + c_{22} \cdot x_{221} + c_{13} \cdot x_{131} + c_{23} \cdot x_{231} + z_{111} + z_{121} + z_{211} + z_{221} + z_{311} + z_{321} + c_{11} \cdot x_{111}$$

У прва два скупа ограничења за расположиви буџет је дефинисан трошковима директног рада, фиксним трошковима, који су заправо константе за задату неједначину и поред тога постоје и друге врсте трошкова које морају да се обрачунају.

$$j = 1: \sum_{i=1, \dots, 3} \sum_{r=1,2} c_{ri} \cdot x_{ri1} + \sum_{i=1, \dots, 3} \sum_{r=1,2} z_{ir1} + T_1 + T_{c1} \leq C_1$$

$$j = 2: \sum_{i=1, \dots, 3} \sum_{r=1,2} c_{ri} \cdot x_{ri2} + \sum_{i=1, \dots, 3} \sum_{r=1,2} z_{ir2} + T_2 + T_{c2} \leq C_2$$

Када су у питању остала ограничења за добит првог и другог предузећа важе иста правила, оба имају доњу и горњу границу која захтева да добит буде већа или једнака производу трансферне цене и количини репроматеријала, односно мања или једнака производу трансферне цене и броју репроматеријала, уз услов да број репроматеријала буде мањи или једнак нули.

$$z_{ri1} \geq t_{ir}^L \cdot x_{ri1}$$

$$z_{ri1} \leq t_{ir}^U \cdot x_{ri1}$$

$$z_{ri2} \geq t_{ir}^L \cdot x_{ri2}$$

$$z_{ri2} \leq t_{ir}^U \cdot x_{ri2}$$

$$x_{rijm} \geq 0$$

Или у развијеном облику:

Функција циља

$$\max\{(c_{11} \cdot \alpha_{11} + c_{21} \cdot \alpha_{12}) \cdot (x_{111} + x_{211} + x_{121} + x_{221} + x_{131} + x_{231}) \\ + (c_{21} \cdot \alpha_{21} + c_{22} \cdot \alpha_{22}) \cdot (x_{112} + x_{212} + x_{122} + x_{222} + x_{132} + x_{232})\}$$

Скуп ограничења:

$$c_{11} \cdot x_{111} + c_{21} \cdot x_{211} + c_{12} \cdot x_{121} + c_{22} \cdot x_{221} + c_{13} \cdot x_{131} + c_{23} \cdot x_{231} + z_{111} + z_{121} + z_{211} \\ + z_{221} + z_{311} + z_{321} + T_1 + T_{c1} \leq C_1$$

$$c_{11} \cdot x_{112} + c_{21} \cdot x_{212} + c_{12} \cdot x_{122} + c_{22} \cdot x_{222} + c_{13} \cdot x_{132} + c_{23} \cdot x_{232} + z_{112} + z_{122} + z_{212} \\ + z_{222} + z_{312} + z_{322} + T_2 + T_{c2} \leq C_2$$

$$z_{111} \geq t_{11}^L \cdot x_{111}$$

$$z_{211} \geq t_{12}^L \cdot x_{211}$$

$$z_{121} \geq t_{21}^L \cdot x_{121}$$

$$z_{221} \geq t_{22}^L \cdot x_{221}$$

$$z_{131} \geq t_{31}^L \cdot x_{131}$$

$$z_{231} \geq t_{32}^L \cdot x_{231}$$

$$z_{111} \leq t_{11}^U \cdot x_{111}$$

$$z_{211} \leq t_{12}^U \cdot x_{211}$$

$$z_{121} \leq t_{21}^U \cdot x_{121}$$

$$z_{221} \leq t_{22}^U \cdot x_{221}$$

$$z_{131} \leq t_{31}^U \cdot x_{131}$$

$$z_{231} \leq t_{32}^U \cdot x_{231}$$

$$z_{112} \geq t_{11}^L \cdot x_{112}$$

$$z_{212} \geq t_{12}^L \cdot x_{212}$$

$$z_{122} \geq t_{21}^L \cdot x_{122}$$

$$z_{222} \geq t_{22}^L \cdot x_{222}$$

$$z_{132} \geq t_{31}^L \cdot x_{132}$$

$$z_{232} \geq t_{32}^L \cdot x_{232}$$

$$z_{112} \leq t_{11}^U \cdot x_{112}$$

$$z_{212} \leq t_{12}^U \cdot x_{212}$$

$$z_{122} \leq t_{21}^U \cdot x_{122}$$

$$z_{222} \leq t_{22}^U \cdot x_{222}$$

$$z_{132} \leq t_{31}^U \cdot x_{132}$$

$$z_{232} \leq t_{32}^U \cdot x_{232}$$

$$x_{111}, x_{211}, x_{121}, x_{221}, x_{131}, x_{231}, x_{112}, x_{212}, x_{122}, x_{222}, x_{132}, x_{232} \geq 0$$

Ако заменимо бројне вредности добија се:

Функција циља

$$\max\{36 \cdot x_{111} + 36 \cdot x_{211} + 36 \cdot x_{121} + 36 \cdot x_{221} + 36 \cdot x_{131} + 36 \cdot x_{231} + 39 \cdot x_{112} + 39 \cdot x_{212} + 39 \cdot x_{122} + 39 \cdot x_{222} + 39 \cdot x_{132} + 39 \cdot x_{232}\}$$

Скуп ограничења:

Када су у питању прва два ограничења, види се да су трошкови директног рада у вредности од 400 дин., док су фиксни трошкови 1400 дин, а максимални расположиви буџет има вредност од 10 000. У другом ограничењу долази до малих измена, трошкови директног рада су нешто нижи и износе 400 дин., док су фиксни трошкови мало виши него у првом ограничењу и износе 2000 динара, а расположиви буџет је мало већи и износи 12 500 динара. Остале врсте ограничења не садрже трошкове, већ је добит изражена преко производа јединичне цене производа и количине репроматеријала.

$$20 \cdot x_{111} + 40 \cdot x_{211} + 30 \cdot x_{121} + 45 \cdot x_{221} + 15 \cdot x_{131} + 25 \cdot x_{231} + z_{111} + z_{121} + z_{211} + z_{221} + z_{311} + z_{321} + 500 + 1400 \leq 10000$$

$$20 \cdot x_{112} + 40 \cdot x_{212} + 30 \cdot x_{122} + 45 \cdot x_{222} + 15 \cdot x_{132} + 25 \cdot x_{232} + z_{112} + z_{122} + z_{212} + z_{222} + z_{312} + z_{322} + 400 + 2000 \leq 12500$$

$$z_{111} \geq 50 \cdot x_{111}$$

$$z_{211} \geq 50 \cdot x_{211}$$

$$z_{121} \geq 50 \cdot x_{121}$$

$$z_{221} \geq 50 \cdot x_{221}$$

$$z_{131} \geq 50 \cdot x_{131}$$

$$z_{231} \geq 50 \cdot x_{231}$$

$$z_{111} \leq 65 \cdot x_{111}$$

$$z_{211} \leq 65 \cdot x_{211}$$

$$z_{121} \leq 65 \cdot x_{121}$$

$$z_{221} \leq 65 \cdot x_{221}$$

$$z_{131} \leq 65 \cdot x_{131}$$

$$z_{231} \leq 65 \cdot x_{231}$$

$$z_{112} \geq 40 \cdot x_{112}$$

$$z_{212} \geq 40 \cdot x_{212}$$

$$z_{122} \geq 40 \cdot x_{122}$$

$$z_{222} \geq 40 \cdot x_{222}$$

$$z_{132} \geq 40 \cdot x_{132}$$

$$z_{232} \geq 40 \cdot x_{232}$$

$$z_{112} \leq 60 \cdot x_{112}$$

$$z_{212} \leq 60 \cdot x_{212}$$

$$z_{122} \leq 60 \cdot x_{122}$$

$$z_{222} \leq 60 \cdot x_{222}$$

$$z_{132} \leq 60 \cdot x_{132}$$

$$z_{232} \leq 60 \cdot x_{232}$$

$$x_{111}, x_{211}, x_{121}, x_{221}, x_{131}, x_{231}, x_{112}, x_{212}, x_{122}, x_{222}, x_{132}, x_{232} \geq 0$$

Постављени задатак линеарног програмирања могуће је решити применом софтвера који је посебно дизајниран за решавање овог типа проблема. У овом случају, коришћен је софтвер *Lingo17.0*, који се заснива на Симплекс методи. На слици (слика број 19) приказан је ЛП задатак који се решава помоћу овог софтвера.

```

Lingo Model - Lingo1
Max = 36*x111+36*x211+36*x121+36*x221+36*x131+36*x231+39*x112+39*x212+39*x122+39*x222+39*x132+39*x232;

20*x111+40*x211+30*x121+45*x221+15*x131+25*x231+z111+z121+z211+z221+z311+z321+500+1400<=10000;
20*x112+40*x212+30*x122+45*x222+15*x132+25*x232+z112+z122+z212+z222+z312+z322+400+2000<=12500;

z111>=50*x111;
z211>=50*x211;
z121>=50*x121;
z221>=50*x221;
z131>=50*x131;
z231>=50*x231;
z111<=65*x111;
z211<=65*x211;
z121<=65*x121;
z221<=65*x221;
z131<=65*x131;
z231<=65*x231;

z112>=40*x112;
z212>=40*x212;
z122>=40*x122;
z222>=40*x222;
z132>=40*x132;
z232>=40*x232;
z112<=60*x112;
z212<=60*x212;
z122<=60*x122;
z222<=60*x222;
z132<=60*x132;
z232<=60*x232;

x111>=0;x211>=0;x121>=0;x221>=0;x131>=0;x231>=0;x112>=0;x212>=0;x122>=0;x222>=0;x132>=0;x232>=0;

```

Слика 19. Модел линеарног програмирања у програму Lingo17.0

На слици (слика број 20) приказано је добијено решење.

Solution Report - Lingo1

Global optimal solution found.

Objective value: 45700.00

Infeasibilities: 0.000000

Total solver iterations: 0

Elapsed runtime seconds: 0.05

Model Class: LP

Total variables: 28

Nonlinear variables: 0

Integer variables: 0

Total constraints: 39

Nonlinear constraints: 0

Total nonzeros: 96

Nonlinear nonzeros: 0

Solution Report - Lingo1

Variable	Value	Reduced Cost
X111	0.000000	0.000000
X211	0.000000	0.000000
X121	0.000000	0.000000
X221	0.000000	0.000000
X131	540.0000	0.000000
X231	0.000000	0.000000
X112	0.000000	0.000000
X212	0.000000	0.000000
X122	0.000000	0.000000
X222	0.000000	0.000000
X132	673.3333	0.000000
X232	0.000000	0.000000
Z111	0.000000	0.000000
Z211	0.000000	0.000000
Z121	0.000000	0.000000
Z221	0.000000	0.000000
Z311	0.000000	2.400000
Z321	0.000000	2.400000
Z112	0.000000	0.000000
Z212	0.000000	0.000000
Z122	0.000000	0.000000
Z222	0.000000	0.000000
Z312	0.000000	2.600000
Z322	0.000000	2.600000
Z131	27000.00	0.000000
Z231	0.000000	0.000000
Z132	26933.33	0.000000
Z232	0.000000	0.000000

Слика 20. Оптимално решење разматраног проблема и оптималне вредности променљивих

Као што се може видети на слици (слика број20) оптимална вредност функције циља је 45.700. Оптималне вредности променљивих су:

$$x_{131} = 540$$

$$x_{132} = 673.33$$

$$z_{131} = 27.000$$

$$z_{132} = 26\,933.33$$

Менаџер производње на основу добијених резултата може да уочи која врста репроматеријала и у којој количини је њему потребна у производном програму, при чему ствара добит предузећу и пожељно је да се производи на тржишту. Наравно уз то мора да се усклади и трансферна цена, која би била одговарајућа потрошачима. Од предузећа се очекује да коришћењем што већег знања и искуства креира производ који одговара потребама на тржишту, уз што већу флексибилност и по што нижој цени производа на што је могуће вишем нивоу квалитета који ће понудити купцима. То му самим тим даје конкурентску предност.

У програму су направљене бројне комбинације и испитана је свака могућност на врло брз и ефикасан начин, захваљујући напредним софтверима који су нам данас доступни.

У овом случају је најбоље да се изабере први репроматеријал, од трећег добављача и из првог предузећа уз коришћење јединог расположивог начина транспорта, тј. друмским путем.

Максимална добит коју предузеће може да оствари добијена је линеарним програмирањем, на основу добијених резултата из приказаног оптималног решења на слици видимо да постоје две могућности, односно две оптималне добити. Прва и највећа је у износу од 27 000, при чему је трансферна дефинисана у ограничењу и износи 50.

Из другог оптималног решења закључујемо да је најбоље да се изабере први репроматеријал, од трећег добављача, али из другог предузећа. Вредност трансферне цене се исто лако налази из скупа ограничења и она у том случају износи 40, док предузеће остварује максималну добит у вредности од 26 933.33. Све остале комбинације менаџер не треба да узима у обзир, јер њима не остварује никакав профит у свом предузећу.

8. Закључак

На основу историјског развитка логистика је на самом почетку имала врло ограничен задатак и обухватала скуп активности које су везане за снабдевање брода или авиона, муницијом или материјалним средствима. Већ тамо око 60 – тих година прошлог века она се уврстава у квантативне науке, да би 90 – тих година захтевала да главни менаџер буде одговоран за то да производи у виду материјала који су неопходни за рад стигну до потрошача у што бољем стању, да испоштују тачно договорену локацију и да уз све то њихова цена не буде превише висока.

Већ тамо где почиње да се гледа однос између купца и добављача, кад се развију технологије и информације све брже циркулишу логистика постаје све сложенија и назива се ланцем снабдевања.

Постоје разни концепти о менаџменту ланца снабдевања најпре је посматран из традиционалне перспективе где је он подскуп логистике, односно део њене науке, који има неки одређени удео. Напредак технологије и њена експанзија у свету су довеле до сасвим обрнуте ситуације, при чему је све сматрано ланцем снабдевања, без икаквог логистичког удела и то је названо перспективом новог ограничења. У трећој етапи долази до перспективе уније, менаџмент ланца снабдевања је заправо најсложенији и он у себи садржи послове који се односе на набавку производа, производњу, маркетинг и наравно садржи логистику која се налази у тој унији послова. У завршној фази научници праве перспективу пресека и менаџмент ланца снабдевања и логистику виде као засебне и сасвим различите науке које имају нека преклапања између себе.

Инжењерска економија налази свој значај као мултидисциплинарна и интердисциплинарна наука која се бави инжењерством, квалитетом, економијом и менаџментом, нарочито у овој теми где треба да се изврши оптимизација трошкова. Најпре су дефинисане врсте и поделе трошкова, фиксни и варијабилни трошкови су подељени према променама трошкова који настају када се мења искоришћеност капацитета, директни и индиректни који су подељени према носиоцима трошкова, наравно кад је ланац снабдевања у питању ту увек постоје и транспортни трошкови, трошкови залиха, трошкови режије и амортизације.

Као методе за оптимизацију трошкова најпре је примењен аутоматизован начин снабдевања који се није показао као добар избор. Дошло је до неслагања између подсистема, запослени радници нису успели да одрже добар комуникацијски ниво из чега су произилазили конфликти мишљења, стварао се беспотребан ниво залиха, грешке и дефекти производа су се низали, флексибилност је била на јако малом нивоу и није било могућности да се одговори на промене које су долазиле са тржишта.

Након тог неуспеха развијена је потпуна аутоматизација производње и транспорта која је у први план имала то да снизи трошкове, повећа продуктивност производа и да одржи неко одређено растојање између радника како би се остварила уштеда на времену и да не би било ометања при току материјала, све операције су интегрисане и доведене на неки оптималан ниво.

Направљени кружни транспорт између машина које врше одређену функцију да би се стигло до финалног производа резултују тиме да су транспортни трошкови сведени на минимум, број празних ходова је што је мање могућ, а функционалност на високом нивоу.

Пружа се висок степен услуге, јер је време за чекање и транспорт драстично смањено. Компаније поседују висок ниво флексибилности и ствара се пријатна радна атмосфера. Доступност информацијама је врло лака и једноставна, нема никаквих манипулација или прикривања, видљиве су свим запосленим члановима.

По узору на модел за оптимизацију трошкова који постоје у глобалном ланцу снабдевања који је развила група научника, Младеновић и Перон са осталим члановима који се баве доста већим бројем и врстама трошкова, друмским и воденим, односно морским начином транспорта и извозом производа у различите државе где се у неким плаћа царина за превоз робе, а у неким не.

Од тог комплексног проблема направљен је нов модел у програму *Lingo17.0*, који се заснива на Симплекс методи. Посматрају се три добављача, два предузећа и две врсте репроматеријала. То представља оптимизацију трошкова у ланцу снабдевања, што заправо и јесте тема мастер рада.

Уз постављање одређених врста ограничења извршена је максимизација функције циља, односно тежило се томе да добит буде што већа, а трошкови што мањи. Програмирањем се врло једноставно дошло и до оптималне вредности функције циља, као и до оптималних вредности променљивих, односно броја производа и његових јединичних цена које су њен саставни део, преко којих се она дефинише.

Са самим почетком индустријске револуције и уласком у доба дигитализације, софтвери са свим својим могућностима напредују све више из дана у дан, обогаћују своје функције и раде све већом брзином. За проблем који се некад сматрао комплексним данас је врло једноставан, јер је доступност информацијама доступна из различитих врста извора. Значај менаџмента ланца снабдевања је све више добијао на важности да се сад сматра врло изазовном темом коју менаџери примењују у својим компанијама како би остварили што већу добит и добили прегледну и добро организовану производњу, која поред тога има добро мотивисане раднике који желе да свој потенцијал максимално искористе за напредак у каријери и дају допринос фирми, где влада колегијалност и где је створена пријатна радна атмосфера која има велики утицај на то да се тежи савршенству и достизању високих циљева од којих постоје бенефити и за компанију и за запослене.

Литература

- [1] Keith O. (2003) When Will Supply Chain Management Grow Up Strategy Business, 32 (Fall) : 1-5
- [2] Миловановић Г. , Барац Н. , Анђелковић А. : Логистика, менаџмент ланца снабдевања и концептуалне перспективе њихових односа, Економске теме, 2011 , број часописа 3 (2011), стр. 339 – 354
- [3] Stevens G.C., Integrating the supply chain, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, vol. 19, no. 8, pp. 3–8, 1989
- [4] Christopher, M., Logistics and supply chain management, Financial Times, Irwin Professional Publishing, New York, 1994
- [5] Chow, G., Heaver, T. D., Henriksson, L. E., Logistics Performance: Definition and Measurement, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 24., No. 1., pp. 17 – 28., 1994
- [6] Beamon, M. B.: Supply chain design and analysis: Models and methods, International Journal of Production Economics, 55, pp. 281 – 294, 1998
- [7] Lummus, R. R., Vokurka, J. R.: Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines, Industrial Management & Data Systems, 99/1, pp. 11 – 17, 1999
- [8] Min, H., Zhou, G.: Supply chain modeling: past, present and future, Computers & Industrial Engineering, 43, pp. 231-249, 2002
- [9] Frazelle, E., Supply Chain Strategy: The Logistics of Supply Chain Management. McGraw - Hill Companies.Inc.,USA, 2002
- [10] Larson, P. D., Halldórsson Á. (2004) Logistics vs. Supply Chain Management: An International Survey. International Journal of Logistics: Research & Applications, 7(1): 17-31
- [11] Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. & Simchi-Levi, E. (2000) Designing and Managing the Supply Chain. Boston, Massachusetts: Irwin McGraw-Hill
- [12] Mentzer, J. T., DeWitt, W. Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D. & Zacharia, Z. G. (2001) Defining Supply Chain Management. Journal of Business Logistics, 22(2): 1-25
- [13] Lambert, D. M., Cooper, M. C.: Issues in Supply Chain Management. Industrial Marketing Management, No. 29, p.p. 65 – 83, 2000
- [14] Hensher, D. A., Brewer, A. M.: Transport and economics and management perspective, Oxford University Press, 2004
- [15] Anderson David L., Frank F. Britt, and Donavon J. Favre, The Seven Principles of Supply Chain Management, Supply Chain Management Review (April 2007): 41–6
- [16] Lambert, Douglas M. and Stock, James R., Strategic Logistics Management, 3rd ed., Homewood, IL: Irwin, 1993, pp. 632-633
- [17] Lambert D.M., Emmelhainz M.A., Gardner J.T., Developing and implementing supply chain partnerships, The International Journal of Logistics Management, vol. 7, no. 2, pp. 1–18, 1996
- [18] Lambert, D.M., Cooper, M.C., Pagh, J.D., Supply chain management: Implementation issues and research opportunities, International Journal of Logistics Management 9 (2), 1–19. 1998

- [19] Lambert, Douglas M., James R. Stock, and Lisa M. Ellram, *Fundamentals of Logistics Management*, Boston, MA: Irwin/McGraw-Hill, 1998
- [20] Lambert, D. M., Cooper, M. C.: *Issues in Supply Chain Management*. *Industrial Marketing Management*, No. 29, p.p. 65 – 83, 2000
- [21] Lambert D.M., Burduroglu R., “Measuring and selling the value of logistics”, *International Journal of Logistics Management*, vol. 11, no. 1, pp. 1–18, 2000
- [22] Wisner, J. D., Keong G., Keah-Choon T. (2005) *Principles of Supply Chain Management: A Balanced Approach*. Mason, OH: South – Western Publishing,
- [23] Дубоњић Р., Милановић Д., Мисита М., *Инжењерска економија*, Универзитет у Београду, Машински факултет, Београд, 2016
- [24] Christopher, M., *Logistics and Supply Chain Management*, London, „PrenticeHall“. (1998)
- [25] Драгослав Словић, Драгана Стојановић: *Blockchain технологија – појам и примери примене у пракси*, Преглед трошкова у ланцу снабдевања, Зборник радова XII скупа привредника и научника SPI19, Леантрансформација и дигитализација привреде Србије, Факултет организационих наука, Београд 2019, 253-256
- [26] Станишић М., Регодић Душан Б.: *Технологија оптимизације ланца снабдевања*, X међународни научни скуп Синергија, Универзитет Сингидунум, Београд 2012
- [27] Kshetri, N., (2018). Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *onsupplychains. Int. J. Phys.* 47 (10), 954–971.
- [28] Броња Х.: XXXVII Национална конференција о квалитету, Фестивал квалитета 2010, 19-21. мај 2010, Крагујевац, Србија
- [29] O'Connor, W., 1997. *International transfer pricing*, in: Frederick, D.S.C. (Ed.), *International Accounting and Finance Handbook*, seconded. Wiley, New York.
- [30] Abdallah, W.M., 1989. *International Transfer Pricing Policies: Decision Making Guidelines for Multinational Companies*. Quorum Books, New York
- [31] Cohen, M.A., Fisher, M., Jaikumar, R., 1989. *International manufacturing and distribution networks: A normative model framework*. In: Ferdows, K. (Ed.), *Managing International Manufacturing*. North - Holland, Amsterdam, pp. 67-93
- [32] Cohen, M.A., Lee, H.L., 1989. *Resource deployment analysis of global manufacturing and distribution networks*. *Journal of Manufacturing Operations Management* 2, 81-104
- [33] Arntzen, B.C., Brown, G.G., Harrison, T.P., Trafton, L.L., 1995. *Global supply chain management at digital equipment corporation*. *Interfaces* 25 (1), 69-93
- [34] Canel, C., Khumawala, B.M., 1997. *Multi-period international facilities location: An algorithm and application*. *International Journal of Production Research* 35 (7), 1891-1910
- [35] Carlos J. Vilad, Mare Goetschalckx (2001), *European Journal of Operational Research* 129, стр. 864 – 879
- [36] Sylvain Perron, Pierre Hansen, Sébastien Le Digabel, Nenad Mladenović (2010), *European Journal of Operational Research* 202, стр. 864 – 879
- [37] Vidal, C.J., Goetschalckx, M., 2001. *A global supply chain model with transfer pricing and transportation cost allocation*. *European Journal of Operational Research* 129 (1), 134–158.
- [38] Vidal, C.J., Goetschalckx, M., 1998. *A heuristic for the design of global supply chains with transfer pricing and transportation cost allocation*. Technical report, School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia