

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET

**MARKO HOČEVAR**

**ŽIVOTNI CIKLUS ELEKTRONIČKOG I  
KONVENCIONALNOG GRAFIČKOG  
PROIZVODA**

**DIPLOMSKI RAD**

ZAGREB, 2012.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET

DIZAJN GRAFIČKIH PROIZVODA,  
GRAFIČKA TEHNOLOGIJA

**ŽIVOTNI CIKLUS ELEKTRONIČKOG I  
KONVENCIONALNOG GRAFIČKOG  
PROIZVODA**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

doc. dr. sc. IVANA BOLANČA MIRKOVIĆ

Student:

MARKO HOČEVAR

ZAGREB, 2012.

## SAŽETAK

Životni ciklus elektroničke i knjige izrađene konvencionalnim putem uvelike se razlikuje. U radu se radi o istraživanju, uočavanju i analiziranju razlika životnog ciklusa dviju knjiga. Radi lakšeg uočavanja štetnih učinaka na okoliš, koristi se metoda životnog ciklusa proizvoda pomoću koje će se svaki životni ciklus razgraditi na manje cjeline i tako pokazati i objasniti proizvodnju za oba dvije knjige. Svrha istraživanja je podijeljena u tri dijela. U prvom djelu objašnjava se životni ciklus proizvoda i njegova svrha. Drugi dio objašnjava nastanak knjige konvencionalnim grafičkim putem, a u trećem je objašnjena proizvodnja elektronskog uređaja koji je pod-sredstvo za čitanje i korištenje elektroničke knjige. U završnom djelu objasnit će se i prikazati rezultati životnog ciklusa knjige i elektroničkog uređaja.

**Ključne riječi:** Životni ciklus proizvoda, knjiga, e-knjiga, e-uređaj

## ABSTRACT

The life cycle of electronic and books made in conventional way is very different. The work is based on research, observation and analysis of the difference of two books in their life cycle. For easy observation of adverse effects on the environment, the method of life cycle is used which will help do break a life cycle on to smaller units and demonstrate and explain the manufacture the two books. The purpose of the research is divided into three parts. The first part explains the life cycle of the product and its purpose. The second part explain a formation of conventional graphic book, while third part is explained by the production of electronic devices that is used as a part for reading and use of electronic books. The final part will explain and show the results of the life cycle of book and electronic device.

**Key words:** Life cycle of product, book, e-book, e-device

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. ŽIVOTNI CIKLUS PROIZVODA.....	3
2.1. Metodologija LCA.....	4
2.1.1. Pred-proizvodnja.....	5
2.1.2. Proizvodnja.....	5
2.1.3. Distribucija.....	6
2.2. Komponente LCA.....	6
2.2.1. Definiranje ciljeva i opsega.....	7
2.2.1.1. Funkcionalna cjelina.....	8
2.2.2. Analiza inventara (LCI).....	8
2.2.3. Procjena utjecaja.....	9
2.2.4. Interpretacija i tumačenje rezultata.....	9
2.3. Prednosti i ograničenja.....	10
3. KONVENCIONALNI TISAK KNJIGE.....	11
3.1. Uvod u tisak knjige.....	11
3.1.1. Mala naklada.....	12
3.1.2. Srednja naklada.....	12
3.1.3. Velika naklada.....	12
3.2. Tisak knjiga.....	13
3.3. Faza proizvodnje materijala.....	13
3.3.1. Proizvodnja papira.....	13
3.3.2. Bojilo za tisak.....	15
3.3.3. Sastav bojila.....	16
3.3.4. Toksični materijali u bojilima.....	16
3.4. Ofset tisak.....	17
3.4.1. Priprema za tisak.....	17
3.4.2. Tisak.....	19
3.4.3. Dorada.....	20
3.4.4. Nanos ljepila.....	22

3.4.4.1. Polivinil acetat ljepila.....	22
3.4.4.2. Poliuretanska ljepila.....	22
3.4.4.3. Etilen-vinil acetat ljepila.....	22
3.4.5. Dostava.....	23
3.4.6. Upotreba i kraj životnog ciklusa.....	23
4. TEHNOLOGIJA RAZVOJA ELEKTRONIČKOG IZDAVAŠTVA.....	24
4.1. Elektroničke knjige.....	24
4.2. Razvoj elektroničkih knjiga.....	24
4.3. Prednosti elektroničkih knjiga.....	25
4.4. Uređaji za čitanje elektroničkih knjiga.....	26
4.4.1. E-papir tehnologija.....	27
4.5. Prednosti elektroničkih čitača.....	27
4.6. Ograničenja električnih knjiga i čitača.....	28
4.7. Proizvodnja uređaja za čitanje elektroničkih knjiga.....	29
4.7.1. Sustav uređaja.....	29
4.7.1.1. Mikroprocesor.....	30
4.7.1.2. Operativni sustav.....	30
4.7.1.3. Memorija.....	31
4.7.1.4. Baterija.....	31
4.7.1.5. Tehnologija LCD zaslona.....	31
4.7.1.6. Ulazni uređaji.....	31
4.7.1.7. Ulazni i izlazni portovi.....	32
4.7.1.8. Računalni softver.....	32
4.8. Proizvodnja komponenti.....	32
4.8.1. Faze proizvodnje.....	32
4.8.1.1. Izrada elektroničkog uređaja.....	33
4.8.1.2. Proizvodnja baterije.....	33
4.8.1.3. Izrada kablova.....	34
4.9. Faza distribucije.....	35
4.9.1. Odlaganje ambalaže.....	35
4.9.2. Dostava.....	36
4.9.3. Upotreba i kraj životnog ciklusa uređaja.....	36

4.9.4. Kreiranje, nabava i pohranjivanje elektroničke knjige.....	37
5. REZULTATI LCA.....	38
5.1. Cilj, definicija i opseg.....	38
5.2. Knjiga.....	38
5.2.1. Rezultati analize inventara (LCI).....	38
5.3. Elektronički uređaj.....	39
5.3.1. Rezultati analize inventara (LCI).....	39
6. ANALIZA PODATAKA I TUMAČENJE REZULTATA.....	41
7. ZAKLJUČAK.....	44
8. LITERATURA.....	46

## 1. UVOD

Korištenje, kupovina i sakupljanje knjiga je uobičajena navika svake osobe. Ne postoji osoba koja ima manje od dvadeset knjiga u kućanstvu na. Razlikuju se razne vrste knjiga, zavisno o formatu, temi i sadržaju. Knjige se sakupljaju godinama, pohranjuju na police, koriste kroz cijeli život, razmjenjuju, znači knjiga ima bezvremensko značenje i upotrebu jer se može prenositi od osobe do osobe. Razvojem prvih tiskarskih strojeva za vrijeme polovice 15. stoljeća započinje era razvoja tiskovina. Zapčinje masovan tisak knjiga i sve do danas ne postoji stvar koja nije sudjelovala u procesu tiska, bilo da se radi o novinama, časopisima ili nekoj vrsti ambalaže. Većina korisnika nije upoznata sa procesom nastanka knjige što u nekim slučajevima dovodi do obezvrjeđivanja knjige. Proces tiska knjige je dugotrajan i skup. Naručivanjem papira, tisak na papir, nabava bojila i ostalih komponenti može znatno povećati cijenu krajnjeg gotovog proizvoda. Gledano s aspekta okoliša, proces izrade knjiga putem procesa tiska znatno može utjecati na okolinu gdje se nalaze radnici i okoliš. Ovom problemu pridonose razni faktori, a jedan od njih je bojilo koje zbog svog kemijskog sastava ispušta određeni dio HOS spojeva. Da bi se regulirala emisija i izgaranje HOS spojeva koristi se metoda životnog ciklusa proizvoda. Ovim alatom svako poduzeće koje se bavi grafičkom tehnologijom može uvidjeti problem kroz razne faze i pravovremeno poduzeti bitne korake da se smanji štetni učinak na okolinu. Iako je istraživanje putem životnog ciklusa dugotrajan proces, na kraju ipak pruža dobre rezultate i analizu koje mogu upotrijebiti razne firme. Mnogi su se inovatori i znanstvenici zapitali kako da se riješi ovakav problem u potpunosti, a usput da se pridonese zaštiti okoliša. Početkom 20. stoljeća započinje masovan razvoj knjige u digitalnom obliku. U današnje vrijeme sve vrste i oblici knjiga mogu se naći putem interneta u digitalnom obliku što olakšava svakoj osobi koja posjeduje internet lako pretraživanje i nabavljanje željene literature. Da bi svaka osoba mogla uvijek sa sobom imati svoju omiljenu knjigu izumljeni su uređaji koji omogućuju čitanje i laki prijenos knjige. Ovi se uređaji nazivaju elektroničkim uređajima ili e-uređajima i može ih se nabaviti u svakoj trgovini diljem svijeta. Kada osoba posjeduje ovaj uređaj, nabava i kupovina knjiga joj je omogućena bilo gdje i bilo kada dok god se u blizini nalazi internet na koji se može priključiti. Knjige koje se nalaze u digitalnom obliku cjenovno su pristupačnije i nemaju određeni broj naklade

kao knjige koje su nastale procesom tiska. Zbog brzog razvoja novih tehnologija došlo je do pitanja što je ekološki prihvatljivije. Iako je većina osoba naviknuta na obične tiskovine i upoznata sa štetnosti nastanka, javlja se pitanje koliko su elektroničke knjige i uređaji štetne za okoliš. Da bi se dobio valjan odgovor na ovakvo pitanje potrebno je upotrijebiti analizu životnog ciklusa proizvoda i proizvodnju od svake ove dvije knjige raščlaniti na zasebne dijelove i cjeline i tako uvidjeti u kojim je fazama najveći učinak na okoliš.



## 2. ŽIVOTNI CIKLUS PROIZVODA

Životni ciklus proizvoda (Life Cycle Analysis, LCA) je tehnika koja služi za procjenu okolišnih aspekata i potencijalnih učinaka povezanih sa proizvodom (ISO 1996.) Kao sustavni alat, LCA analizira i procjenjuje utjecaj na okoliš kroz cijeli životni ciklus proizvoda. LCA obuhvaća sastavljanje propisa relevantnih za tokove ulaza i izlaza proizvoda ili sustava, te procjenu potencijalnog utjecaja na okoliš i kasniju interpretaciju dobivenih rezultata. Cilj analize životnog ciklusa proizvoda je procjena opterećenja na okoliš povezanih sa proizvodom, procesom ili aktivnostima koje prate ukupnu potrošnju energije i materijala koji su potrebni za proizvodnju i zbrinjavanje otpada i količinu emisije koja dopijeva u okoliš. Prema SETAC-u (1993) glavni ciljevi za provođenje LCA su:

1. Pridonijeti razumijevanju cjelokupnog proizvodnog sustava i međusobno razumijevanje između zaštite okoliša i posljedica ljudskih aktivnosti.
2. Pružiti donosiocima odluka podatke u kojima su definirani ekološki učinci i identificirati mogućnosti za smanjenje utjecaja na okoliš.

LCA pruža informacije proizvođačima, dobavljačima i kupcima, te se može koristiti za opće informativne svrhe, ali i za specifičnu proizvodnju i potrošnju orijentiranu prema poboljšanju. Tijekom svake faze životnog ciklusa (dobavljanje sirovina, prerada sirovina i materijala, proizvodnja, distribucija, korištenje i recikliranje otpada) proizvodi i procesi su u konstantnoj interakciji sa okolinom. Pristup životnom ciklusu u ovim fazama provodi se kroz alate, programe i postupke koji služe za procjenu prijedloga, procesa i proizvoda iz perspektive životnog ciklusa.

Životni ciklus pristupa sa vodećim načelima održavanja kao što je dematerijalizacija i eko učinkovitost (eng. „*Ecoefficiency*“). Dematerijalizacija preferira značajno smanjenje materijala i energije koji se koriste kod proizvoda da bi se zadovoljile potrebe korisnika, a istovremeno ne smanjuju njegovu kvalitetu. Eko učinkovitost odnosi se na isporuku robe po principu da se proizvodi i prevozi više za manje.

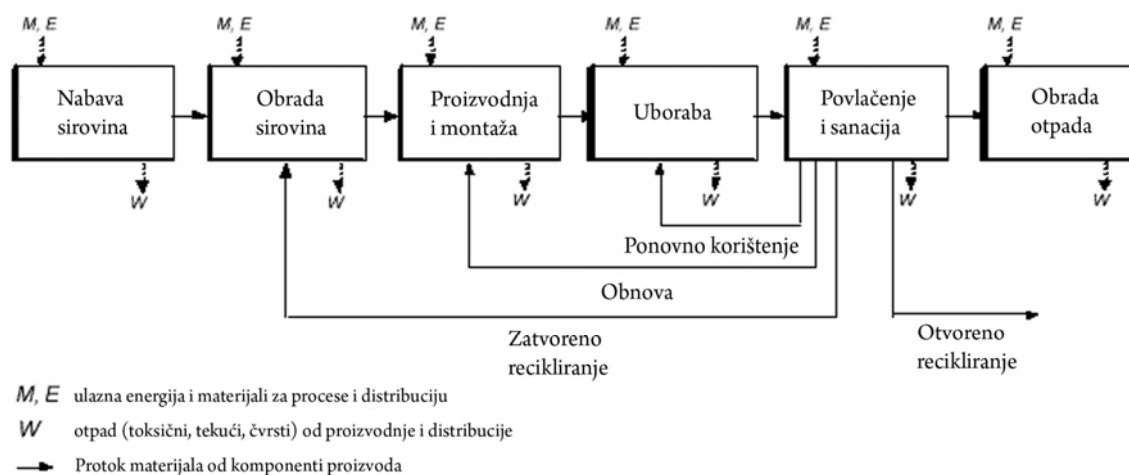
## 2.1. METODOLOGIJA LCA

Zbog velikog interesa o zaštiti okoliša i povećanju svijesti o negativnim utjecajima na okoliš povezanim sa procesima proizvodnje i potrošnje, razvijeno je nekoliko metoda („alata“) da bi se što bolje razumjeli i smanjili ti negativni utjecaji. U svrhu životnog ciklusa proizvoda razvila se LCA metoda ili „Procjena životnog ciklusa“. LCA je primarni analitički alat industrijske ekologije, koji predstavlja sustavni i sistematizirani pregled lokalnih, regionalnih i globalnih utjecaja i povezuje njihove tokove sa proizvodima, procesima, te industrijske i gospodarske sektore. LCA omogućuje sveobuhvatnu analizu posljedica proizvodnog sustava na okoliš.

LCA uspostavlja profil okoliša i utjecaj određenog proizvoda na njega, te razjašnjava aspekte okoliša s proizvodnim sustavom kao što su potrošnja energije, potrošnja materijala, čvrsti otpad, itd. Dobiveni rezultati dalje se koriste za procjenu ekološkog i ljudskog utjecaja. LCA procjenjuje utjecaj na okoliš iz svake od sljedećih faza životnog ciklusa proizvoda:

1. Pred-proizvodnja (vađenje i skladištenje sirovina)
2. Proizvodnja (obrada materijala)
3. Distribucija
4. Korištenje, održavanje i zbrinjavanje
5. Završna obrada („end of life“)

Ove se faze dalje mogu podijeliti u pod faze. Naprimjer, proizvodnja materijala može se odvojiti na dvije zasebne cjeline. Prva cjelina je nabava sirovine (rudarstvo, bušenje na naftnim platformama) i druga je obrada materijala (taljenje, polimerizacija), dok se proizvodnja može podijeliti na dijelove i sustav izrade komponenti i montaže. Ulazni (npr. energija i sirovine) i izlazni tokovi (npr. proizvodi, emisije, otpad) također se uzimaju u obzir kod ocjenjivanja u okvirima LCA između svake faze. Generički sustav proizvoda se sastoji od pet faza: nabava i obrada sirovina, proizvodnja i montaža, uporaba, povlačenje i obrada (slika 1.)



Slika 1: Životni ciklus proizvoda

## 2.1.1. PRED-PROIZVODNJA

Faza pred-proizvodnje obuhvaća nabavu i skladištenje potrebnih sirovina za proizvod. Sve potrebne sirovine se pripremaju kao komponente za proizvodnju krajnjeg gotovog proizvoda. Stoga se fazu pred-proizvodnje razgraničuje na tri cjeline:

1. Nabava i dobavljanje sirovina
2. Dostavljanje sirovina na proizvodno područje
3. Pretvaranje i obrada sirovina u materijale i energiju

## 2.1.2. PROIZVODNJA

Kod faze proizvodnje razmatraju se tri osnovne razlike. Prvo je obrada materijala gdje se sirovi materijal dostavlja u proizvodno područje i tamo se skladišti kako bi se kasnije pretvorili u komponente i pripremili za završetak finalnog proizvoda. U fazi proizvodnje kod ofsetnog tiska spadaju razni tehnološki procesi kao npr. tisak, priprema za tisak, dorada, itd. Nakon što se tiskovni arci otisnu, obrade i formiraju u knjigu oni se pakiraju i distribuiraju.

### 2.1.3. DISTRIBUCIJA

U fazi distribucije gotov proizvod se pakira da ne bi došlo do oštećenja kod transporta, prevozi se i skladišti u trgovinama i poduzećima. Fazu distribucije dijelimo na pakiranje, prijevoz i skladištenje. Jako je bitno da se proizvod osigura da dođe neoštećen do trgovine i kupca, te se zbog toga većina proizvoda pakira u kartonsku ambalažu da bi se osigurao siguran transport.

### 2.2. KOMPONENTE LCA

Tablica 1: Komponente životnog ciklusa proizvoda

KOMPONENTA	SVRHA/REZULTATI	REZULTATI/PREDNOSTI	KOMENTARI
Definiranje ciljeva i opsega	Definiranje svrhe proučavanja, postavljanje granica i utvrđivanje funkcionalne cjeline.	Ovisi o predmetu i svrhe studije. Obuhvaća secijela cjelina, kao i osiguranje kvalitete. Ovisno o cilju, dubina i širina studije može se znatno razlikovati.	Mora se točno i jasno odrediti.
Inventar ( <i>LCI-Life-cycle Inventory</i> )	Pružajući ulazni i izlazni popis podataka sustava studije.	Prikupljanje podataka za cilj studije.	Podaci možda neće biti dostupni na razini potrebe. Podaci su povjerljivi.
Procjena utjecaja ( <i>LCIA-Life-cycle impact assessment</i> )	Pružanje informacija da bi se razumijelo i procijenila veličina i značenje potencijalnih ekoloških utjecaja.	Pružajući kompletan uvid u sustav zaštite okoliša.	Rezultati pokazuju na potencijalne ekološke učinke, ali ne pokazuju stvarni utjecaj.
Interpretacija i tumačenje rezultata	Pružanje zaključaka i preporuke na temelju rezultata inventara i procjene utjecaja.	Korištenje pristupa identifikacije, procjene i predstavljanje zaključaka da bi se zadovoljili zahtjevi definirani u ciljevima i opsegu.	

ISO norme uključuju dodatne faze za izlaganje i potvrđivanje dobivenih rezultata. Faze izlaganja i potvrđivanja jako su bitne kod životnog ciklusa proizvoda jer će se dobiveni

rezultati kasnije uspoređivati sa ostalim studijama, iako nije potrebna ISO usklađenost s analizom troškova, čiji se rezultati koriste isključivo za interno donošene odluke. Na prethodnoj stranici (tablica 1.) prikazane su komponente LCA, koja im je svrha i koje će u daljnjem tekstu biti pobliže objašnjene. Internacionalna norma, ISO 14040, definirao je 4 glavne faze za životni ciklus proizvoda:

1. Definiranje ciljeva i opsega
2. Analiza inventara
3. Procjena utjecaja
4. Interpretacija i tumačenje rezultata

### 2.2.1. DEFINIRANJE CILJEVA I OPSEGA

Prvi dio životnog ciklusa sastoji se od definiranja ciljeva istraživanja i njegovog djelokruga. Cilj studije treba sadržavati izjavu kojom se razjašnjava zašto smo odabrali ovakvu vrstu istraživanja, kao i obrazloženje rezultata koji su namijenjeni određenoj publici. U okvirima LCA sljedeće stavke će se razmotriti i uzeti u obzir:

1. Funkcije proizvodnog sustava
2. Funkcionalna cjelina
3. Sustav granica
4. Raspodjela postupaka
5. Vrsta procjene utjecaja metodologije LCA
6. Potrebni podaci
7. Ograničenja i pretpostavke
8. Podaci visoke kvalitete
9. Vrsta i format izvješća potrebna za studiju [1.]

#### 2.2.1.1. FUNKCIONALNA CJELINA

Faza analize životnog ciklusa podijeljena je na nekoliko elemenata, gdje su neki deklarirani kao optimalni elementi (ISO, 2006). Prvi elementi analize životnog ciklusa, klasifikacija i karakterizacija, temelje se na tradicionalnim prirodnim znanostima i njihov

cilj je opis koji doprinosi utjecaju kategorija na okoliš. Funkcionalna cjelina je ključna jedinica LCA koja mora biti jasno definirana. Funkcionalna jedinica je mjera funkcije sistema kojeg se proučava, te na kraju pruža reference kojima se može povezati i usporediti ulazni i izlazni tokovi. Ova cjelina omogućuje usporedbu dva različita sustava. Npr. funkcionalna jedinica za sustav boja može se definirati kao jedinica površine zaštićene na deset godina. Usporedba utjecaja na okoliš dvaju različitih sustava boja sa istim funkcionalnim jedinicama je moguća.

## 2.2.2. ANALIZA INVENTARA (LCI)

Sistem analize inventara je definiran tako da se uključuju svi relevantni procesi lanaca za proizvodnju, uporabu i zbrinjavanje otpada od proizvoda. Za svaki proces u ovom lancu, relevantne ekološke intervencije (emisije zraka i vode, te ekstrakcija primarnih resursa) su propisane u odnosu na proces udjela središnje proizvodne funkcije. Intervencije koje su uzrokovane radi svakog procesa, koji su dio sustava, dodaju se prema intervencijskom tipu.

ULAZNI TOKOVI		IZLAZNI TOKOVI
Materijali za proizvodnju Pomoćni materijali Energija/sirovine	PROCESNA JEDINICA	Primarni proizvod Emisija zraka Otpadne vode

*Slika 2: Prikaz inventara LCI*

Konačni je rezultat popis svih ekoloških intervencija povezanih sa funkcijom proizvoda. Popis se još naziva i inventarna tablica. Tipična tablica inventara (slika 2.) može sadržavati popis od sto ili više intervencija, kao što su ukupne emisije olova, SO<sub>2</sub> i druge tvari koje onečišćuju vodu i zrak. Mnoge analize životnog ciklusa proizvoda završavaju sa ovom fazom gdje korisnici razumiju važnost određenih kemijskih spojeva. Također, ova metodologija nije još skroz razvijena da se mogli odrediti konkretni utjecaji svih supstanci i tvari na okoliš u svim slučajevima.

### 2.2.3. PROCJENA UTJECAJA

U fazu procjene utjecaja spadaju klasifikacija, karakterizacija i procjena dobivenih rezultata. Svrha faze procjene utjecaja je sakupljanje informacija dobivenih u inventaru. Klasifikacija utjecaja po kategorijama najčešće odražava zajednički mehanizam ekološke prijetnje (primjerice globalno zatopljenje, acidifikaciju i uništavanje ozona). U koraku karakterizacije, ekološke intervencije prikazane u inventarnoj tablici se provode u rezultate za svaku kategoriju procjene utjecaja. Ovaj se korak temelji u najvećoj mogućoj mjeri prirodnim znanostima i obično se izračunava prema sljedećoj formuli:<sup>(1)</sup>

$$S_i = \sum_{j=1}^n (e_{ij} * E_j)$$

gdje je  $S_i$  = rezultat utjecaja kategorije (tema) I;  $E_j$  = veličina ekološke intervencije j; i  $e_{ij}$  = faktor ekvivalentnosti; Faktor ekvivalentnosti je faktor koji označava doprinos jedne jedinice intervencije jedinice proizvoda. U načelu, kategorije utjecaja se mogu spojiti putem ponderiranja da daju konačni rezultat ekološkog utjecaja proizvoda. [1.]

### 2.2.4. INTERPRETACIJA I TUMAČENJE REZULTATA

Faza interpretacija i tumačenje rezultata omogućuje podatke o utjecaju proizvoda na okoliš. Za korištenje ovih rezultata bilo da se radi o nekom procesu, proizvodu, promjeni u dizajnu ili u drugim svrhama, donositelji odluka trebaju razumjeti pouzdanosti i valjanosti informacija. Analize za procjenu rezultata i zaključka uključuju sljedeće:

1. Identifikacija osjetljivosti analize i provjera kritičnih podataka u rezultatima. Ulazni parametri kod kojih i najmanja promjena vodi do većih promjena u rezultatima mora biti identificirana kao najkritičnija.
2. Analiza nepouzdanosti nekih podataka se odnosi na rezultate čija je vrijednost

---

<sup>(1)</sup>Na primjer, 1 mol  $H_2SO_4$  može otpustiti dva puta više H kao 1 mol HCl. Dakle, za rezultat na utjecaj kategorije “zakiseljavanja”, emisije 1 mola  $H_2SO_4$  se smatraju “ekvivalentnim” prema emisiji 2 mola HCl.

prevelika ili približna normama. Nepouzdana podaci javljaju se, naprimjer, utjecaj na okoliš je od nekih proizvođača i procesa različit, stoga dolazi do različitih emisija. Da bi se odredio učinak ovih podataka moraju se sakupiti različiti podaci i ocijeniti njihov raspon utjecaja.

3. Analiza varijacije procjenjuje učinke modela životnog ciklusa. Naprimjer, ako se isti procesi koriste u dvije različite zemlje, sa različitim izvorima energije, rezultati životnog ciklusa mogu biti različiti. Također, promjenom kemikalija koje se koriste u procesu ili materijali koji se koriste u različitim medijima, korisnici mogu identificirati i odrediti koje promjene imaju značajan utjecaj na rezultate i koje od njih proizvode manje promjene.

### 2.3. PREDNOSTI I OGRANIČENJA LCA

Uključivanje koncepata životnog ciklusa može pomoći industriji i privatnim organizacijama da donesu odluke o dizajnu i operacijama koje mogu naštetiti okolini. Opće prednosti i beneficija povezane sa LCA odnose se na:

1. Mogućnost za poboljšanje ekoloških aspekata proizvoda u raznim razinama životnog ciklusa.
2. Rezultati za različite proizvode mogu se uspoređivati pod uvjetom da su rezultati, ciljevi i pretpostavke kod studija iste.
3. LCA modeli imaju potencijal za razotkrivanje i sagledavanje posljedica.
4. Cjelovita perspektiva može olakšati sagledavanje i razumijevanje složenih odnosa, pogotovo kod ispitivanja i razvijanja novih tehnologija kao što su elektronički čitači.

Iako se LCA pristup smatra jednim od najboljih i najmoćnijih alata u industriji, također on ima ograničenja u svojim mogućnostima. Identificirana ograničenja LCA odnose se na:

1. Poteškoće u dobivanju točnih rezultata i podataka. Preciznost studije ograničena je dostupnosti podataka i kvalitetom istih.
2. Izbor i pretpostavke LCA studije, što se odnosi na sustav granica i tumačenje rezultata, subjektivne su prirode.



### 3. KONVENCIONALNI TISAK KNJIGE

#### 3.1. UVOD U TISAK KNJIGE

Proces pripreme konvencionalnog stroja za tisak je jako spor i zahtjeva određene novčane izdatke. U procesu tiska sa 4 boje, pripremaju se četiri ploče i montiraju na role, spremnici za boju napune se tintom i papir se pušta kroz tisak kako se namjesti puštanje boja i pritisak rola na papir. Svi korišteni papiri koji se upotrebljavaju tokom pripreme faze bacaju se i nazvani su „škart“ i to su često velike količine bačenog papira. Jedan od načina da se izmjeri eko-efikasnost procesa tiska je taj da se uspoređi količina otpada sa količinom upotrebljivih printanih materijala. Pripremno vrijeme će varirati zavisno o opremi i iskustvu svakog printera, ali u globalu ima smisla napraviti manji posao na manjim prešama.

Utjecaj procesa tiska na okoliš određen je tijekom tri ključne faze: priprema, vrijeme izvođenja (tisak) i čišćenje. Svaka od ovih faza predstavlja različite ekološke izazove. U pripremoj fazi dobivamo veliku količinu otpada od papira i boje. Kod ofsetne litografije potrebna su ulja na supstanci alkohola. Ova ulja su najveći izvor onečišćenja zraka u obliku hlapivih organskih spojeva (HOS emisije). Također, tiskanje zahtjeva veliku količinu energije koja se dobiva iz fosilnih goriva, što rezultira emisijom stakleničkih plinova. Kod faze čišćenja, koriste se toksična otapala (dio HOS emisija) da bi se očistile role i spremnici tinte na konvencionalnom tiskarskom stroju. Ovo predstavlja dosta dugi niz šteta koje štetno utječu na okoliš kao što su npr. otpad od papira, toksični materijali, ulazna energija i onečišćenje zraka. Postoje i drugi utjecaji na okoliš među koje možemo svrstati otrovne kemikalije koje se koriste kod izrade fotografskih ploča za tisak kao i utjecaji povezani sa tintama i uljima na pazi petroleja koje pridonose manjoj proporciji utjecaja ukupnog utjecaja ofsetne tehnike. Zbog ove kompleksnosti jako je teško usporediti relativne naknade raznovrsnih opcija tiskanja. Konkurentske tehnologije mogu unaprijediti određene attribute pod posebnim okolnostima, ali niti jedno krajnje rješenje ne rješava svaki aspekt problema. Ipak, moguće je odrediti najpovoljnije tehnologije za male, srednje i velike naklade kod tiska.

### 3.1.1. MALA NAKLADA

Za tisak manjih naklada (omjer od 1-1000 naklade), korištenje digitalnog tiska je pametan izbor kod zaštite okoliša. Strojevi kod digitalnog tiska kao što je „*Hewlett Packard's Indigo*“ odmah eliminiraju u pripremnoj fazi otpad od papira, tinte i otapala za čišćenje. Digitalni tisak zahtjeva određenu kvalitetu površine tako da se mogućnosti papira mogu limitirati. To otežava rad kada se koriste reciklirani papiri, te papiri sa određenim uzorcima i teksturama. Naravno, nije nemoguće napraviti otisak na takvim papirima, no osobe koje rade za digitalnim strojevima nisu naviknute na rad sa materijalima iznad zadanog standarda. Zato što digitalni tisak ne zahtjeva pripremnu fazu, oni emitiraju manje VOC emisije od konvencionalnog ofsetnog tiska kod manjih naklada. Povećanjem naklada, ova vrsta tiska polagano gubi svoju kompetentnost u zaštiti okoliša, te se zato smatra da je najpovoljnija kod manjih naklada.

### 3.1.2. SREDNJA NAKLADA

Kod srednje naklada (otprilike 1000-50000) najbolje je koristiti ofsetnu litografiju koja pruža najbolju kombinaciju cijene, kvalitete, fleksibilnosti i utjecaja na okoliš. Legalni propisi za dopuštanje HOS emisija variraju kod pojedinih regija. U zonama sa manjim propisima, većina printera je smanjila utjecaj HOS emisija na okoliš. Kod ostalih zona printeri i dalje predstavljaju veliko zagađivanje emisijom zraka. Grafički dizajneri trebali bi biti upoznati sa dvije glavne tehnologije koje mogu smanjiti onečišćenje okoliša kod ofsetne litografije: vodootporni tisak i UV tisak.

### 3.1.3. VELIKA NAKLADA

Velike naklada (50,000 primjeraka pa na više) najčešće se tiskaju na ofsetnim tiskarskim strojevima. Ovi tiskarski strojevi koriste velike role papira nego obične pakete sa listovima papira i rade sa velikom brzinom. Mnogi od ovih strojeva rade na principu sušenja, što znači da papir nakon tiska prolazi kroz prostore zvane peći da se smanji duljina sušenja. Nova generacija printera zvanih web printeri mogu se sami nadograditi tako da putem

interneta instaliraju UV sistem. Ovo eliminira veliku većinu HOS-emisija iz procesa printanja i smanjuje konzumaciju električne energije. Nekoliko velikih web i roto printera, kao što su Quad/Graphics, rade na principu zatvorenog tiska gdje dolazi do zadržavanja HOS emisija. Zadržani HOS plinovi se sagorijevaju i toplina se ponovno vraća u peći za sušenje otisaka.

## 3.2. TISAK KNJIGE

Iako postoje više vrsta i načina tiska knjiga kao što su, npr. fleksotisak, sitotisak, elektrografija, rotogravura, čelični i reljefni tisak, digitlni tisak, najčešća vrsta tiska koja se upotrebljava je tehnika ofsetne litografije. Da bi započeo tisak knjige svako grafičko postrojenje treba nabaviti potrebne materijale za proces izrade knjige.

## 3.3. FAZA PROIZVODNJE MATERIJALA

Osnovne komponente tiskane knjige kao što su bojilo i papir, dobiveni su iz nafte i drva. Analiza sustava izrade knjige uspoređuje utjecaje na okoliš od ekstrakcija sirovina sa preradom materijala. Bilo kakva aktivnost, pripisana za proizvodnju nafte i drva, je uključena u proizvodnju bojila i papira.

### 3.3.1. PROIZVODNJA PAPIRA

Papir je sastavni dio svake knjige. Razlikujemo razne vrste debljina, veličina i strukture papira. Dvije osnovne podjele su na papire i ljepenke, tj. kartone. Kod proizvodnje papira slijede sljedeći koraci (slika 3.):

1. Priprema drva

Nakon dostave kamionom, sirova se debla moče u vodi, režu i stavljaju u sitnilicu.

2. Proizvodnja pulpe

Pulpa je pripremljena mješavina od celuloznih vlaknaca. Ovaj proces uključuje uklanjanje lignina. Lignin se uklanja djelovanjem natrijevog hidroksida i sulfata pod djelovanjem topline i pritiska.

### 3. Proces bijeljenja

Kada se celulozna vlakanca isperu, slijedi tretiranje kemikalijama za izbjeljivanje što uključuje spojeve klora, klorov dioksid i vodikov peroksid i dr.

### 4. Rafiniranje

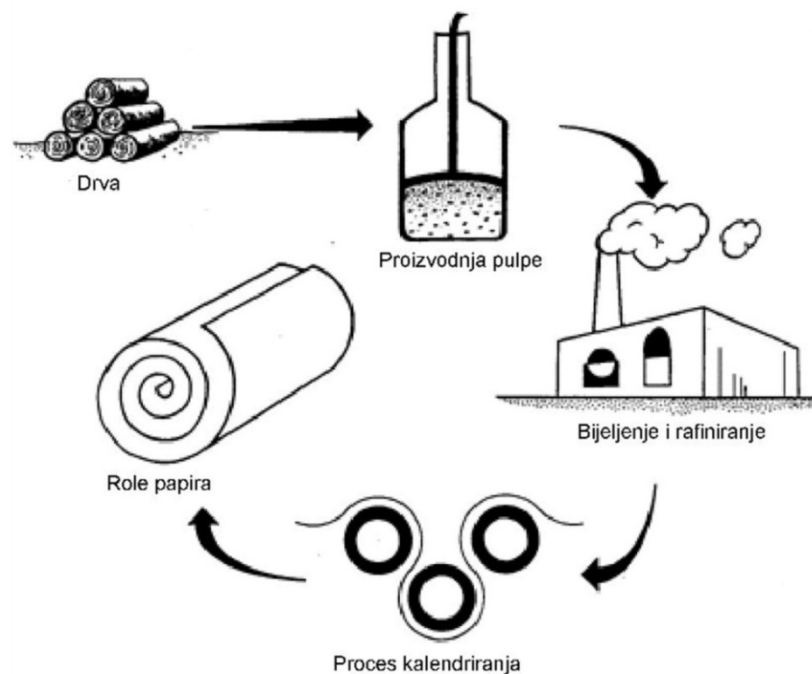
Postupak kojim se u tvornicama ili drugim industrijskim postrojenjima pročišćuju sirovine. Ovaj proces pridonosi celuloznim vlakancima da se drže zajedno slijepljeni.

### 5. Proces oblikovanja listova papira

Mješavina celuloznih vlakanca (pulpa) ubaci se u stroj „Fourdriner“ iz koje proizlazi neprekidni smotak papira. Prešama se iz te mase iscijedi određena količina vode, te se nakon toga papir mora sušiti u posebno opremljenim velikim cilindričnim sušionicama. U ovim postrojenjima uklanja se preostala vlaga iz papira.

### 6. Proces kalendriranja, rezanja i pakiranja

Nakon sušenja, listovi papira odlaze u stroj za kalendriranje gdje prolazi kroz niz metalnih valjaka koji tlače papir. Pod tlakom papir postaje ravan. Papiri se režu za maloprodaju, pakiraju u kutije i isporučuju. Dok za veće naklade papiri se ne režu već se namataju u velike role i tako isporučuju većim postrojenjima.



*Slika 3: Proces proizvodnje papira*

### 3.3.2. BOJILA ZA TISAK

Ovisno o vrsti tiska, sastav komponenata bojila varira. Različita bojila po svom sastavu i karakteristikama upotrebljavaju se za ofsetnu tehniku tiska. Također, svaka se tehnika tiska razlikuje po mehanizmu sušenja otisaka, npr. sušenje UV zračenjem, IR zračenjem ili snopom elektrona. Bojila su formulirana prema potrebi i za određenu tehniku tiska, stoga imaju različita svojstva. Bojila moraju biti otporna na različita površinska oštećenja kod ambalaže i složivih i nesloživih kutija, mora imati dobru otpornost na izbljeđivanje pri izloženom svijetlu, te mora biti netoksična ukoliko se radi o prehrambenoj industriji (prehrambena ambalaža, ambalaža za lijekove i dječje igračke). Kemijski sastav bojila i vrsta pigmenta, otapala, smole, veziva i ostali razni dodaci određuju kako će se bojilo ponašati u procesu tiska, odnosno kakva će imati svojstva.

Boja za tisak sadrži dvije glavne supstance: pigment i sušila. Kada se boja prenese na dio papira, tekuće sušilo mora se brzo osušiti tako da se pigment formira u stabilan premaz. Jedan način da se ovo postigne je da je sušilo hlapivo tako da brzo isparava. Nažalost, hlapivi organski spojevi (HOS) uzrokuju zagađenje zraka što je jako loše za okolinu gdje obitavaju radnici. Pri kupnji najbolje je tražiti od proizvođača boju sa manjom koncentracijom HOS spojeva. Standardne boje mogu sadržavati i do trideset i pet posto udjela HOS supstanci, ali boje sa nižim udjelom HOS-a samo su dostupne kod nekih proizvođača. Druga opcija koja se pruža tiskarama je kupnja UV boja, koje se ne oslanjaju na isparavanje. Današnji dizajneri sve više koriste bojila na bazi obnovljivih supstanci. Bojila na bazi obnovljivih supstanci sadrže biljna ulja (laneno, sojino, kokosovo) ili biljne estere (2. generacija bojila). Biljna ulja obnovljive su sirovine i stvaraju manje zdravstvene i sigurnosne probleme, a u vanjskoj atmosferi ne sudjeluju u fotokemijskim reakcijama.

### 3.3.3. SASTAV BOJILA

Osnovne komponente ofsetnih bojila su pigment, veziva, punila i sušila:

1. Pigment; tvari iz naftnih derivata dolaze do proizvođača bojila gdje se kemijski i fizički tretiraju kroz niz sinteza i faza dorade. U finalnoj fazi, materijal se filtrira i

- čisti pod vodom da se maknu ostale nečistoće, gdje se onda pretvara u oblik zvan „presscake“. Ova se tvar sastoji samo od pigmenta i vode.
2. Veziva; veziva su tekuće komponente bojila i sastoje se od smola i ulja. Veziva se proizvode da bi se dobila željena svojstva bojila kao što je viskoznost i da se povežu pigmentne čestice za površinu tiskarske podloge.
  3. Punila; sadrže kemijski spoj aluminijev oksid. Punila ne utječu na tiskarske boje i poboljšavaju konzistenciju pa su boje pogodnije za tisak. Nadoknađuju i dodaju masu bojilu, radi se o optičkim neutralnim tvarima.
  4. Sušila; sušila ili sikativi su tvari koje se dodaju tiskarskoj boji kako bi se poboljšalo i ubrzalo sušenje. U bojila se dodaje jako mala količina, a najčešće se upotrebljavaju kobaltova i manganova sušila.

### 3.3.4. TOKSIČNI MATERIJALI U BOJILIMA

Bojila sadrže metale u pigmentima. Pigmenti su prirodni ili umjetno dobiveni kruti prašci koji su pomiješani s određenim tekućinama (vezivima) koja imaju svojstvo da daju obojenje tiskarskoj boji. Želja je proizvesti boju sa što manje teških metala, takve su boje obično i skupe. Pigmenti sadrže antimon (Sb), arsen (As), barij (Ba), kadmij (Cd), krom (Cr), bakar (Cu), olovo (Pb), magnezij (Mg), nikal (Ni), srebro (Ag), cink (Zn), ali se mogu zamijeniti onima na bazi kalcija ili organskim pigmentima. Za neka bojila ne postoji zamjenski pigment (Rubin red, Rodamin red) jer dodani pigmenti ne mogu postići željenu nijansu boje. Boje koje najviše sadrže metala su fluorescentne i metalik koje sadrže visoki udio bakra i cinka.

Spot boje koje su formulirane od „Pantonovih“ toplo crvenih boja u pigmentu sadrže kemijski element barij. Da bi se ovo reguliralo, razni proizvođači boja nude svojim korisnicima listu „Pantonovih“ boja u kojima je opisano koja boja sadrži najveći udio metala. Drugi metal koji zabrinjava je kobalt koji se nalazi u mnogim bojama i čiji je glavni sastav u sušilima kod ofsetnog tiska.

### 3.4. OFSET TISAK

Ofsetna tehnika tiska u današnjoj grafičkoj industriji je jedna od najzastupljenijih tiskarskih tehnika. Ofsetnom tehnikom tiskaju se različiti grafički materijali kao što su monografije, knjige, letci, brošure, plakati, diplome, ambalaža i dr. Razlog zašto je ova tehnika toliko zastupljena je jednostavni proces pripreme i visokokvalitetna konstrukcija ofsetnih grafički strojeva kojima se dobiva kvalitetan otisak za nisku cijenu. Osnovni procesi tiska podijeljeni su u četiri skupine:

1. Priprema za tisak
2. Tisak
3. Dorada
4. Dostava

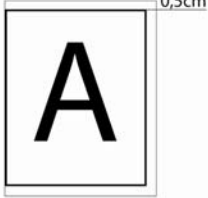
#### 3.4.1. PRIPREMA ZA TISAK

Prvi zadatak dizajnera je da se raspitaju na koji će se stroj tiskati, koja je veličina araka na koje se tiska, o kojoj se vrsti papira radi i kolika će biti naklada. Drugi korak je izračunavanje koliko će otisaka stati na jedan arak te se s time smanjuje velika količina otpada od papira. Format papira koji su na raspolaganju i koje većina tiskarskih firmi koristi su:

1. A1 – 59x84 cm
2. B1 – 70x100 cm
3. Ostali formati: 63x88cm i 64x90cm (A1+ format)

Prilikom odabira formata tiskovnog arka uvijek se odabire onaj format koji najbolje odgovara tehničko-tehnološkim zahtjevima za određeni grafički proizvod. Crtanjem i izračunavanje koliko stranica formata neke knjige stane na tiskovni arak dizajner može sam odrediti format papira, posložiti stranice po redoslijedu i pridonijeti procesu tiska u smislu smanjivanja otpada prilikom procesa tiska (slika 4.)

**Knjiga**  
 -format: 21x29,7 cm      Tiskarski stroj- ROLAND 4/0  
 -naklada: 10000  
 -opseg: 20 str.  
 -boja: cmyk

1.  0,5cm

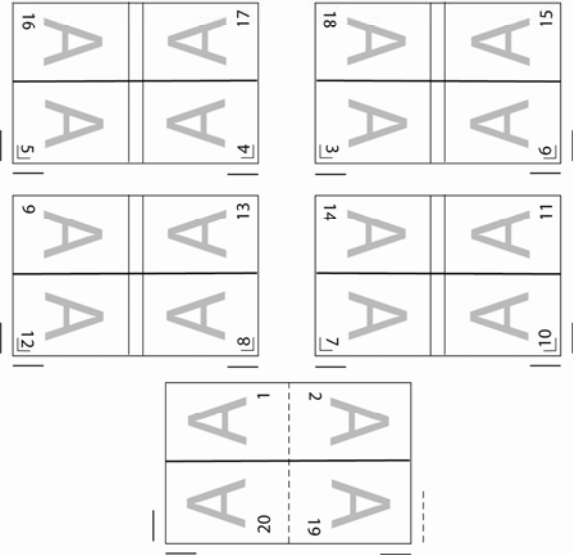
2. Odabir formata papira:

**A1** ~~$$\begin{array}{r} 59 \times 84 \\ 21,5 \times 30,7 \\ 2 \times 2 = 4 \\ (16) \quad (23) \end{array}$$~~ ~~$$\begin{array}{r} 59 \times 84 \\ 30,7 \times 21,5 \\ 1 \times 3 = 3 \\ (28) \quad (19,5) \end{array}$$~~

**A1<sup>+</sup>** ~~$$\begin{array}{r} 64 \times 90 \\ 21,5 \times 30,7 \\ 2 \times 2 = 4 \\ (21) \quad (28,6) \end{array}$$~~ 
$$\begin{array}{r} 64 \times 90 \\ 30,7 \times 21,5 \\ 2 \times 4 = 3 \\ (2,6) \quad (4) \end{array}$$

3. Izrada makete: 1KA 8  
 1KA 8  
 1KA 4

4. Izrada tiskovnog i montažnog arka



— -linija veza (hrbata)  
 - -linija razrezivanja  
 = -linija savijanja

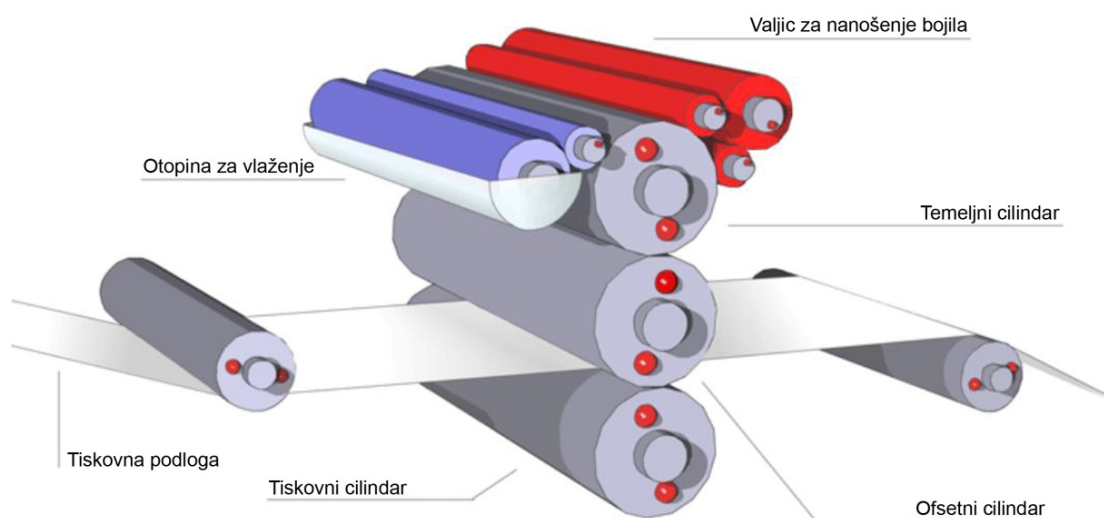
Slika 4: Primjer crtanja montažnog arka za knjigu formata 21 x 29,7 cm

Tekst i slike iz digitalnih medija prenose se na ploče za tisak. Izlaganje tiskovnih ploča svjetlu potiče kemijsku reakciju koja omogućuje aktiviranje osjetljivog premaza gdje je boja. Rezultat toga je prijenos slike iz negativa na tiskovnu ploču. Materijali u tiskovnoj ploči variraju, mnogi smatraju da su najbolje ploče od aluminija. Svaka od primarnih boja (CMYK) imaju predodređene zasebne ploče. Kontrola boja provodi se putem računala. [3.]



### 3.4.2. TISAK

Papir je provučen kroz cijeli proces tiska u kontinuiranom toku, te se odmotava iz rola. Svaka rola papira može težiti i do jedne tone. Nakon tiska papir se reže na zadani format i dalje obrađuje u fazi dorade. Kod manjih naklada i formata papir se može na početku rezati na određenu veličinu. Velike naklade koriste veliku brzinu tiska i s time veće količine papira. Tisak mora održavati konstantnu balansiranost između sila koje su potrebne da se



*Slika 5: Princip ofsetnog tiska*

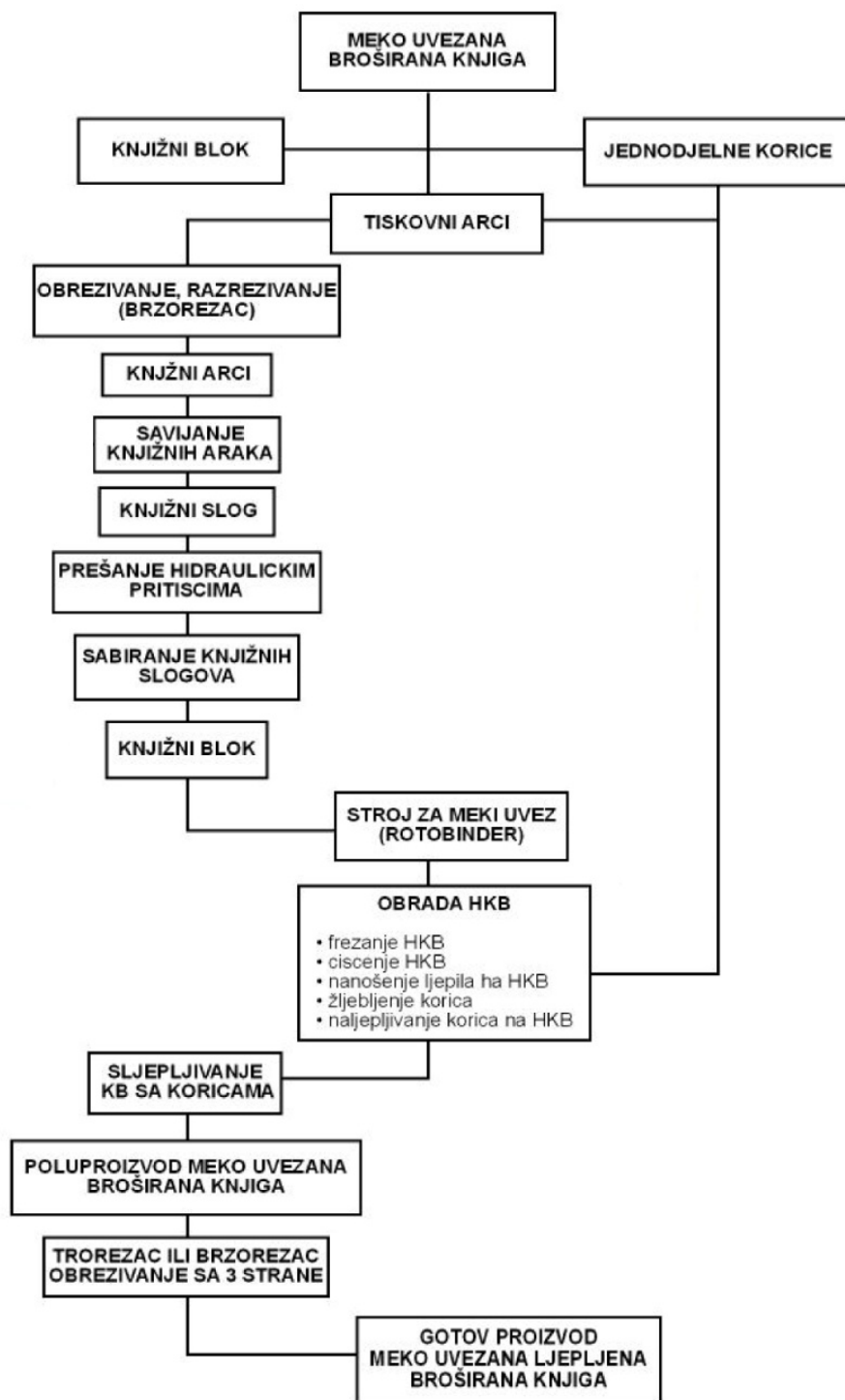
papir kreće naprijed i sila otpora koje omogućuju da papir bude ravan i čvrst kroz cijeli proces. Temeljni princip ofsetne litografije je taj što se ne miješa bojilo i otopina za vlaženje, što je zasnovano na principu oleofilnosti odnosno hidrofobnosti tiskovnih elemenata i hidrofobnosti, tj. oleofilnosti slobodnih površina. Bojilo se prenosi na ploče putem niza valjaka (slika 5). Prvo na cilindar dolazi otopina za vlaženje (voda s dodacima) koja se prihvaća samo na slobodnim površinama, pa tek zatim slijedi nanos bojila. Bojilo se zadržava na onim dijelovima na koje nije došla otopina za vlaženje, tako da se zaštite područja na koja ne dolazi bojilo. Sa temeljnog cilindra slika se prenosi na ofsetni, pa onda na tiskovnu podlogu. Da bi se spriječilo razmazivanje boje na tiskovnoj podlozi, ona prolazi kroz spremnike za sušenje. U prvom dijelu otisak se suši toplim zrakom da bi se

ubrzo i olakšalo, nakon toga prelazi na sušenje hladnim zrakom gdje se boja stvrdnjuje. Prema rezultatima analize inventara životnog ciklusa zastupljenost emisija i krutog otpada od faze tiska je isto također velika, pogotovo zato jer na kraju cijelog proces ostane dosta neupotrijebljenih materijala koje se odmah odvoze na otpad.

### 3.4.3. DORADA

U djelu dorade slijedi rezanje tiskanih rola papira koje su otisnute u prethodnoj fazi. Listovi se režu na manje dijelove, savijaju, skupljaju, šivaju, lijepe i dovršavaju u željeni konačni oblik. Tiskovni arci dolaze u knjigovežnicu gdje se obavlja proces obrezivanje i razrezivanje tiskovnih araka u knjižne arke (slika 6). Stroj za savijanje savija knjižne arke, te se zatim sastavljaju u knjižne slogove. Nakon procesa savijanja, slijedi prešanje knjižnih slogova, nakon čega odlaze na stroj za sabiranje gdje se sabiru u knjižne blokove. Sukladno sa izradom knjižnih blokova obrađuju se i višedijelne tvrde korice koje se isto tako izrađuju i obrađuju na brzorezaču. Na kraju u stroju za meki uvez, najprostranjeniji i u svačijoj upotrebi je Rotobinder stroj, obrađuje hrbat knjižnog bloka, što se odnosi na tehnološke procese kao što su frezanje, izrada utora, čišćenje i nanos ljepila.

Nakon nanošenja ljepila knjižni blok se sljepljuje sa koricama. Najčešće se udžbenici za škole lijepe, jer su manjeg formata, a enciklopedije i ostali radovi se šivaju zbog njihovog opsega i težine. Knjige na kojima se provodi proces šivanja dugotrajnije su i imaju manju vjerojatnost da će se raspasti stalnim korištenjem, dok knjige lijepljene ljepilom podložnije su raspadanju prilikom stalne upotrebe. S fazom dorade završava proces izrade knjiga, knjige se nakon dorade slažu u kutije i otpremaju u trgovine i poduzeća.



Slika 6: Proces izrade meko uvezane knjige

#### 3.4.4. NANOS LJEPILA

Ljepilo je nemetalni materijal, koji tijela koja se lijepe, kroz površinski obuhvat i unutarnju tvrdoću (adhezija i kohezija), međusobno lako poveže i pri tome bitno ne mijenja njegovu kompoziciju (sastav). U knjigoveštvu ljepilom se lijepe podstava, prilozi, knjižni blokovi, stranice i dr. Za izradu meko uvezane knjige koriste se taljiva (termalna) ljepila, dok kod tvrdog uveza knjige koriste se takozvana hladna ljepila. Ljepilo se nanosi da bi se stranice držale zajedno. Tri su glavne vrste ljepila koja se koriste za postupak lijepljenja i svaki od njih ima drugačiji utjecaj na okoliš.

##### 3.4.4.1. POLIVINIL ACETAT LJEPILA

Polivinil acetat (PVA) ljepila su sintetička bijela ljepila na bazi vode, slična po svojstvima ljepilima za drvo. Kod lijepljenje papira ljepilo se nanosi na sobnoj temperaturi. Ova vrsta ljepila nije jaka kao druge vrste ljepila, nanose se sporo i su napravljena od neobnovljivog petroleuma (nafte). Prednosti su što su netoksična, lako ih se može nabaviti i kompatibilna sa mogućim procesima recikliranja.

##### 3.4.4.2. POLIURETANSKA LJEPILA

Poliuretanska (PUR) taljiva ljepila su prestižna za lijepljenje materijala jer se koriste u manjim količinama i imaju dobro svojstvo stvrdnjavanja. Poliuretanska ljepila stvaraju kemijski spoj u atmosferi kada su izložena vlazi, ali ne oslobađaju HOS i ostale opasne polutante zraka. Pošto nisu topljiva u doticaju sa vodom, kada se nanese na podlogu odmah se formiraju. Ovo znači da se ljepilo ne smije miješati sa celuloznim vlakancima prilikom recikliranja, zato se naknadno filtriraju.

##### 3.4.4.3. ETILEN-VINIL ACETAT LJEPILA

Etilen-vinil acetat (EVA) taljiva ljepila je vrsta ljepila koja se koriste u mnogim knjigovežnicama. Ova vrste ljepila je skupa, lako se nanosi, ima mali udio toksičnosti i

HOS emisija. Problem koji se javlja kod ovih vrsta ljepila je kada su izloženi toplini ona se omekšavaju što može prouzročiti probleme u nekim procesima recikliranja.

#### 3.4.5. DOSTAVA

Dostava knjiga uključuje prevažanje tiskanih knjiga u skladišta trgovina. Knjige se pohranjuju u velike kartonske kutije i tako deportiraju iz skladišta u trgovine. Kartonske kutije štite knjige od oštećenja prilikom transporta i omogućuju lakše snalaženje osoblju u trgovini jer se u jednoj kutiji nalaze sve knjige iz određenog područja. Knjige se prevoze najčešće cestovnim, pomorskim ili željezničkim prometom što predstavlja izgaranje štetnih plinova i negativan utjecaj na okoliš

#### 3.4.6. UPOTREBA I KRAJ ŽIVOTNOG CIKLUSA

U fazi upotrebe korisnik koristi knjigu za čitanje. Pretpostavlja se da će jednu knjigu osoba pročitati minimalno pet puta kroz njen životni vijek. Faza kraj životnog ciklusa knjige odnosi se na zbrinjavanje nakon korištenja. Bitno je istaknuti da se cijela knjiga može reciklirati da bi se proizveo novo papir za novo korištenje. Iako je svrha svake knjige da duže traje, odnosno da se duže upotrebljava, većina knjiga ipak završi na odlagalištu. Pretpostavlja se da je najduži životni vijek neke knjige i do 400 godina, pogotovo onih koje su kvalitetno izrađene, pa se zbog toga u mnogim antikvarijatima diljem zemlje mogu pronaći knjige čiji je vijek i duži od pretpostavljenog. Knjige koje su tiskane na „kiselim“ papirima počinju se raspadati između 30 i 50 godina, mnoge od ovakvih knjiga mogu i dulje trajati ako ih se konstantno ne koristi.

## 4. TEHNOLOGIJA RAZVOJA ELEKTRONIČKOG IZDAVAŠTVA

Elektroničko izdavaštvo (e-publishing) je proces stvaranja i širenja medija i informacija putem elektroničkih sredstava što se prvenstveno odnosi na internet. Objavljivani elektronički materijali mogu izgledati isto kao tiskovina ili se mogu pripremiti za određeni elektronički oblik. Danas je veoma popularno elektroničko izdavaštvo i mnogi smatraju da je ovo jedan od prihvatljivijih „zelenih“ načina da se unaprijedi zaštita okoliša. Proizvodnja elektroničkih knjiga malim dijelom sudjeluje u zagađivanju okoliša, što se velikom većinom odnosi na upotrebu električne energije, jer nisu potrebne tolike faze kao što su kod obične tiskovine. [2.]

### 4.1. ELEKTRONIČKE KNJIGE

Elektronička knjiga ili e-knjiga je vrsta medija ista kao i obična tiskovina po broju stranica. E-knjige se objavljuju u digitalnom obliku koji se sastoji od teksta, slika i boje, a objavljuje se putem interneta tako da svaki korisnik ima mogućnost nabave željene knjige i čitanja na računalu ili nekom drugom elektroničkom uređaju. Često se elektronske knjige proizvode nakon objava tiskanih knjiga i to obično skeniranjem ili nanovim pretpikavanjem. U daljnjim stranicama rada za pojam elektroničke knjige i uređaja koristit će se skraćeni izraz „e-knjige“ i „e-uređaji“.

### 4.2. RAZVOJ ELEKTRONIČKIH KNJIGA

Kroz 2010. godinu prodaja elektroničkih uređaja za e-knjige se gotovo udvostručila, te sada čini 9% ukupne prodaje knjiga. Taj rast je potaknut zahvaljujući konkurentnosti između proizvođača e-uređaja kao što su Amazon, Sony Reader, Barnes & Noble Nook i drugi koji su pokušali ponuditi najbolje e-uređaje svojim potrošačima. Prve masovne prodaje e- uređaja započinju početkom 2009. godine, ali u 2010. godini postigli su pravi uspjeh. Iako mnoge osobe koje u slobodno vrijeme čitaju imaju jaku psihičku i sociološku privrženost konvencionalnim knjigama, većina ih se opredjeljuje za e-knjigu. Većina sveučilišta u Europi su počeli uvoditi e-čitače u svoje knjižnice, jer pružaju lakšu i brže

pretraživanje željenih materijala, kao i moguću posudbu istih. Npr. „Elektronski tekst centar“ na sveučilištu Virdžinija pokrenuo 2002 godine projekt u kojem su na dva kolegija studentima ponudili praćenje kolegija na džepnim kompjutorima (pocket pc-s) koji su sadržavali potrebne materijale u elektronskom formatu. Velika većina studenata koji su sudjelovali u ovom projektu složili su se da je bilo lakše pratiti i učiti za kolegije preko elektronskih uređaja unatoč nekim tehnološkim i funkcionalnim ograničenjima. Još jedan znak koji je pridonio razvoju izdavačke industrije e-čitača „*Culturecom holdings*“, e-izdavač iz Hong Konga, osmislio je projekt u kojem bi lansirali elektroničke udžbenike (e-udžbenike) za deset škola.

### 4.3. PREDNOSTI ELEKTRONIČKIH KNJIGA

Iako je razvoj elektronskih knjiga tek započeo, postoje mnoge prednosti s kojima može konkurirati tiskanim knjigama. Generalne prednosti koje se povezuju sa e-knjigama su [2.]:

1. Troškovi proizvodnje za e-knjige su znatno manji naspram tiskovina jer nema tiska, otpremanja i troškova pohranjivanja i pakiranja
2. Fizički prostor koji zauzimaju tiskovine je veći naspram e-knjiga koje se nalaze u digitalnom obliku. Također knjižnice/baze mogu ponuditi korisniku e-knjigu bez potrebe za fizičkim održavanjem, skladištenjem i distribucijom. To je specijalno korisno u mjestima gdje ne postoje knjižnice ili se ne mogu izgraditi.
3. E-knjige se mogu ponovno koristiti i biti skladištene u internet bazama sve dok korisnik posjeduje e-čitače.
4. E-knjige također eliminiraju svaku potrebu za otpremanjem i prijevozom jer se nalaze u digitalnom obliku i svaki korisnik ih može kupiti preko interneta. Ovo puno pridonosi cijeni e-knjiga jer svaki prijevoz tiskovine može jako puno koštati zbog prijevoza, pakiranja i skladištenja.
5. E-knjiga se mogu koristiti bezbroj puta što znači da imaju duži životni vijek.
6. Razvojem e-knjiga omogućeno je svakome pojedincu besplatno objavljivanje radova bez da plaća troškove tiska i naknade izdavačima.

7. E-knjige su dostupne svugdje dok god na tom području ima interneta. Ovo je najveća prednost kod mnogih ljudi jer ne trebaju ići do obližnje knjižnice ili trgovine da kupe knjigu već ju samostalno od kuće mogu nabaviti putem interneta.
8. Mnoge se sada knjige mogu objavljivati i natrag vraćati na prepravljjanje jer objava e-knjiga nije skupa.
9. Elektronički sadržaj lako se obnavlja i nadograđuje, tako da korisnik ima pristup većini najnovijih izdanja.
10. Elektroničko izdanje knjige prije će biti dostupno korisnicima nego tiskani primjerak.
11. Korisnik može označavati knjigu bez da dođe do njezinog oštećenja.
12. E-knjige imaju potencijalne ekološke prednosti.

#### 4.4. UREĐAJI ZA ČITANJE ELEKTRONIČKIH KNJIGA

Čitač e-knjiga (eng: „e-book reader“) je prijenosni elektronički uređaj koji je namijenjen prvenstveno za potrebe čitanja knjiga i časopisa u digitalnom obliku (slika 7). Glavne



*Slika 7: Prikaz e-uređaja branda „Sony“*



prednosti kod e-čitača su te što čitatelji imaju bolju preglednost i čitljivost ekrana (pogotovo kada je uređaj izložen suncu) i duži vijek trajanja baterije. Tu se koristi tehnologije e-papira (eng: „e-paper“). Mnogo je proizvođača danas koji u svojoj ponudi nude čitače raznih oblika, veličina i dostupni su u svim bojama (slika6).

#### 4.4.1. E-PAPIR TEHNOLOGIJA

E-papir ili elektronički papir je jedinstveni naziv za zaslonsku tehnologiju koja je dizajnirana da oponaša izgled običnog papira i tinte. Konvencionalni ravni zasloni koriste pozadinsko osvjetljenje da bi se osvijetlili pixeli, dok elektronički papir reflektira svjetlo kao i običan papir. Za razliku od konvencionalnog zaslona, elektronički papir se smatra ugodnijim za čitanje jer je slika stabilna, ne treba se konstantno osvježavati, ima široki kut gledanja i odražava svjetlost koja se nalazi u okolini. Osnovne prednosti e-papira:

1. Jako mala potrošnja energije
2. Nema pozadinskog osvjetljenja, visoki kontrast boja, korisnik vidi što čita kod izlaganja sunčevoj svjetlosti
3. Fleksibilan je i tanak

#### 4.5. PREDNOSTI ELEKTRONIČKIH ČITAČA

Osim općih prednosti koje su prije navedene, kod elektroničkih čitača također postoje prednosti:

1. Najvažnija prednost odnosi se na podatak da e-čitači mogu pohraniti i u sebi sadržavati veliki broj knjiga.
2. Kompaktan je i lakši naspram tiskanih knjiga.
3. Također je prikladan za nošenje, jednostavan za naučiti, neki imaju dobro razrađeno pozadinsko osvjetljenje ekrana što pospješuje bolju preglednost dok čitamo po mraku ili suncu.
4. Sam uređaj je jako dobro osmišljen i opremljen, pa nudi veliki izbor opcija kao npr. označavanje stranica i opcije za traženje riječi ili fraza.

## 4.6. OGRANIČENJA ELEKTRIČNIH ČITAČA I KNJIGA

Navika većine ljudi je da u rukama drže tiskanu knjigu i da ju listaju, za razliku od uređaja koji u sebi ima pospremljene knjige u elektroničkome obliku. E-knjige ne mogu ponuditi isto zadovoljstvo kod kupaca kao tiskovine koje kupe u dućanu. Čak se većina autora rađe drži tradicionalnom objavljivanju svojih radova jer lakše osjećaju zadovoljstvo preko tiskovine nego preko e-knjiga. Većina se kritičara složilo i izdvojilo ove nedostatke kao najbitnije:

1. Računala nisu pogodna za duže čitanje knjiga
2. Ograničenje broja naslova knjiga na raspolaganju
3. Razmatranje sigurnosti i autorskih prava

Jedan od razloga je taj što su radovi i romani objavljeni kao e-knjige puno kraći od tiskovina, s toga se preporuča objavljivanje informativnih knjiga kao što su enciklopedije ili vodiči u digitalnim oblicima. Većina se informativnih knjiga izdaje u različitim oblicima i veličinama što otežava lako kontroliranje pri čitanju, zato se preporuča određivanje jednog univerzalnog formata koji bi bili isto prikazani na e-čitačima. Kako vrijeme prolazi, e-knjige se trebaju razviti i pripremiti za budućnost tako da sa sigurnošću korisnici mogu znati da će njihova zbirka na e-čitaču trajati i do sto godina kako neke knjige u današnje vrijeme.

Mnoge se e-knjige proizvode tako da su kompaktne za određeni softver koji s druge strane nisu dostupni svima. Nedostatak i pad sistema određenih hardvera ili softvera mogu biti ključni za e-knjige jer one ovise o ovakvoj vrsti opremljenosti. Znači, ako uređaj ne posjeduje određene hardvere, priključak za internet i električnu energiju, njegova funkcija postaje beskorisna. Općenito, zbog ovih nabrojanih pojedinosti o kojima ovise e-knjige i čitači može lako i brzo doći do oštećenja knjiga za razliku od tiskanih koje su pohranjene u kućama. Najvažniji nedostaci e-čitača su:

1. Korisnicima se nudi novi uređaju koji nije cjenovno prihvatljiv svima i iziskuje učenje o korištenju
2. Standardi za e-knjige su još uvijek u razvoju

3. Zastarjelost uređaja i e-knjiga
4. Potreba za tehničkom podrškom
5. Ako uređaj prestane raditi mora se kupiti novi
6. Pitanje vijeka trajanja baterije i njezin trošak
7. Utjecaj na okoliš povezan sa korištenjem čitača
8. Nespretno osmišljeno i razvijeno listanje knjiga preko e-čitača jer je većina korisnika naučena listati knjigu lijevo na desno, a ne gore i dolje

Činjenica koja zabrinjava svakog korisnika je ta što još nitko sa sigurnošću ne može dati informaciju o vijeku trajanja e-knjige. [2.]

## 4.7. PROIZVODNJA UREĐAJA ZA ČITANJE ELEKTRONIČKIH KNJIGA

Da bi korisnik koristio e-knjigu mora nabaviti e-čitač kao podsredstvo da mu se omogući ta opcija. Nedostaci naspram obične knjige su ti što korisnik mora uložiti pozamašnu svotu novaca da nabavi svoj e-čitač.

### 4.7.1. SUSTAV UREĐAJA

E-uređaji koriste tehnologiju zaslona od tekućih kristala i oslanjaju se na „touch screen“ tehnologiju, odnosno zaslon reagira na dodir, zaslon omogućuje korisniku da s vrškom prsta kontrolira rad čitača. Svi čitači, bez obzira od kojeg proizvođača potječu, imaju sljedeće komponente:

1. Mikroprocesor
2. Operativni sustav
3. Memorija
4. Baterija
5. LCD tehnologija
6. Ulazni uređaj
7. Ulazni i izlazni portovi
8. Računalni softver

Zbog originalnosti izvedbe e-uređaja i njegovih komponenti uređaj je jako lagan i tanak što pospješuje prodaju. Njegova masa je trostruko manja od tiskane knjige što omogućava korisnicima lakši prijenos i upotrebu (slika 8).



*Slika 8: Unutrašnjost e-uređaja „Epson“*

#### 4.7.1.1. MIKROPROCESOR

Mikroprocesor koordinira sve funkcije e-čitača prema već programiranim uputama. Za razliku od stolnih i prijenosnih računala, e-čitači koriste manje i jeftinije mikroprocesore koji su sporiji. Stolna računala imaju oko 1.000 MHz, dok jedan e-čitač raspolaže sa 17-80 MHz.

#### 4.7.1.2. OPERATIVNI SUSTAV

Operativni sustav sadrži programirane upute koje govori mikroprocesoru kako da radi. Operativni susatv kod e-čitača je manje kompleksniji i jednostavniji za korištenje nego kod stolnih računala, generalno, sadrži manje uputa i koristi manje memorije.

#### 4.7.1.3. MEMORIJA

Svaki e-čitač posjeduje svoju memoriju. Jedina razlika naspram stolnih računala je ta što e-čitači nemaju hard disk. E-čitači pohranjuju samo osnovne programe u svoj memorijski čip (ROM), koji ostaju netaknuti bez obzira isključi li se uređaj. Svi kasnije dodani podaci i programi spremaju se u privremenu memoriju (RAM).

#### 4.7.1.4. BATERIJA

Da bi radili, svi e-čitači imaju baterije. Neki modeli koriste alkalne (AAA) baterije, dok drugi koriste punjive baterije. Pri kupnji čitača, svaki korisnik dobiva AC adapter. Mnoge danas baterije konstruirane su tako da se nanovo mogu napuniti preko aparata napravljenog za određenu vrstu baterija i jako je dobro razgrađen sustav recikliranja baterija što uvelike pridonosi zaštiti okoliša.

#### 4.7.1.5. TEHNOLOGIJA LCD ZASLONA

Potrošačima na tržištu je dostupno nekoliko vrsta ravnih zaslona, no najčešći su LCD zasloni koji obuhvaćaju oko 87% tržišta. LCD zaslon se sastoji od dvije staklene ploče koje su omeđene materijalom od tekućih kristala koji filtrira vanjsko svjetlo. Zaslone na stolnim i prijenosnim računalima koriste se isključivo kao izlazni uređaji, dok e-čitači koriste svoje za ulaz i izlaz.

#### 4.7.1.6. ULAZNI UREĐAJI

E-čitači pružaju mogućnost korisnicima da si nadgrade uređaj sa podacima i naredbama. Većina korisnika najčešće samo upotrebljavaju olovku koja omogućuje kontrolu nad uređajem ili zaslon osjetljiv na dodir. Kao što je već navedeno, informacije se prikazuju preko LCD zaslona koji dopušta korisnicima pokretanje programa olovkom koja je određena za ove uređaje ili vrhom prsta.

#### 4.7.1.7. ULAZNI I IZLAZNI PORTOVI

Većina e-čitača opremljena je za rad sa stolnim ili prijenosnim računalima. Komunikacijska veza između stolnog računala i e-čitača naziva se sinkronizacija podataka i provodi se putem serijskih i univerzalnih priključaka (USB-a) za e-čitač uređaje. Da bi se olakšala i unaprijedila veza sa računalom, neki e-čitači, osim preko kabela, uspostavljaju vezu i preko infracrvene svjetlosti (IC). Većina današnjih e-čitača nude tehnologiju bežičnih veza za prijenos podatak na uređaj preko interneta.

#### 4.7.1.8. RAČUNALNI SOFTVER

Iako su e-čitači osposobljeni da rade bez posredstva računala, mnogi korisnici žele preuzeti svoje e-knjige ovim posredstvom. Ovo se postiže instaliranjem sinkronizacijskog softvera, koji omogućava komunikaciju između e-čitača i stolnog ili prijenosnog računala.

### 4.8. PROIZVODNJA KOMPONENTI

Osnovne komponente e-čitača proizvedene su od minerala, prirodnih plinova i naftnih zaliha. Obrada materijala podrazumijeva obradu prirodnih resursa sakupljanjem, odvajanjem i pročišćavanjem. Kod obrade materijala također svrstavamo prijenos obrađenih materijala za proizvod u proizvodne pogone.

#### 4.8.1. FAZE PROIZVODNJE

Fazu proizvodnje e-čitača odnosi se na izradu osnovnih komponenti bez kojih e-čitač nebi mogao raditi i zato ih dijelimo na tri zasebne cjeline:

1. Izrada e-čitača
2. Proizvodnja baterija za e-čitače (litij-ionske baterije)
3. Izrada kablova i ostalih uređaja vezane za uređaj

#### 4.8.1.1. IZRADA ELEKTRONIČKIH UREĐAJA

Aktivnosti u fazi proizvodnje modela e-čitača uključuje daljnju obradu različitih komponenti, te montažu i sastavljanje samog uređaja koji je nakon toga spreman za isporuku. Faza proizvodnje e-čitača uključuje sljedeće proizvodne procese:

1. Proizvodnja katodnih i fluorescentnih lampa (CCFL)
2. Proizvodnja stražnjeg svijetla
3. Proizvodnja polarizatora
4. Proizvodnja tekućih kristala
5. Proizvodnja LCD stakla
6. Proizvodnja prednjeg filtera od stakla za nijanse boja
7. Proizvodnja LCA zaslona
8. Proizvodnja programskih ploča
9. Sastavljanje e-čitača

#### 4.8.1.2. PROIZVODNJA BATERIJE

Faze povezane sa proizvodnjom baterije su proizvodnju materijala što uključuje obradu i montažu interne baterije za e-čitač. Faze za proizvodnju baterije su:

1. Nabava sirovina
2. Lijevanje cilindra od olova
3. Proizvodnja mreže
4. Lijevanje TTW konektora od mesinga
5. Lijepljenje i stvrdnjivanje rešetke
6. Formiranje, pranje i sušenje ploče
7. Partitioniranje ploče
8. Sakupljanje
9. Zavarivanje elemenata
10. Zavarivanje TTW konektora
11. Zavarivanje poklopca
12. Lijepljenje pokriva

13. Testiranje
14. Punjenje
15. Daljnje ispitivanje
16. Spremanje i otprema

Prema studiji „Andrae 2003“ za proizvodnju jedne baterije potrebno je 10,59 kWh po paru baterija (struje). Par 2V baterija ima ukupnu težinu od otprilike 6 kg. Za proizvodnju baterije pretpostavlja se da je potrebno 1.77 kWh/kg. Rezultati LCI analize pokazuju da je u fazi proizvodnje baterija najviše potrebno jako malo materijala, emisije zraka i potrošnja vode iznose mali postotak kao i nastajanje otpada od proizvodnje. [2.]

#### 4.8.1.3. IZRADA KABLOVA

Faza proizvodnje kablova za e-čitače odnosi se na obradu i montažu elementa za uređaj kao što su AC adapter za e-čitač, telefonski i USB kablovi. Proizvodnja kablova za e-čitače uključuje sljedeće korake:

1. Nabava sirovina
2. Nabava, izvlačenje i provjera žica
3. Elektrolitičko kalajisanje
4. Izolacija
5. Nasukavanje
6. Obložavanje
7. Provjera i ispitivanje
8. Inspekcija kontrole kvalitete
9. Obilježavanje, pakiranje i distribucija

Nakon svih procesa vezani za proizvodnju kablova, oni se zatim obilježavaju i odvoze na dogovorene lokacije. Obično se radi o industrijskim postrojenjima za proizvodnju mobilnih i računalnih uređaja. Kod proizvodnje kablova (tablica7) rezultati LCI analize pokazuju da je isto tako mala količina materijala i energije potrebna za proizvodnju, ali još uvijek se javlja problem emisije zraka i vode kao i krutog otpada.



## 4.9. FAZA DISTRIBUCIJE

Tablica 2: Komponente e-uređaja REB 1100

Komponente	Materijal	Masa (g)
Kutija	Valovita ljepenka	292.51
Unutarnje pakiranje	Valovita ljepenka	259.08
Presvlaka za CD-ROM	Običan papir	4.07
Krpa za čišćenje zaslona	Običan papir	1.4
REB 1100 upute	Običan papir	38.28
Futrola od sintetičke kože za uređaj	Kalandrirani PVC	52.6
Unutarnje pakiranje	Polietilenm	14.03
Ukupno		661.97

Nakon što se proizvod sastavi spreman je za distribuciju. Uređaj REB 1100 (tablica 2) smješten je u kutiji dimenzija 13 x 8,25 x 4,25 cm, koja sadrži zasebne odjeljke za pojedinačne komponente uređaja. Kutija isto tako sadrži nekoliko dodataka osim ovih navedenih, kao što je unutarnje pakiranje i uputstva za korištenje. Pojedinačne komponente npr. AC adapter i kabel, pohranjeni su u plastične vrećice radi dodatne zaštite. [2.]

### 4.9.1. ODLAGANJE AMBALAŽE

Sljedeća faza u distribuciji je zbrinjavanje otpada od ambalaže e-čitača. Sva ambalaža nakon što se uređaj počne koristiti eventualno završi na odlagalištima. Utjecaji na okoliš povezani sa prikupljanjem i aktivnostima obrade na odlagalištu ne pokazuju veliki postotak štetnosti jer je veliki dio ambalaže proizveden od papira, te se može reciklirati.

## 4.9.2. DOSTAVA

Zadnja faza distribucije odnosi se na dostavu uređaja korisniku. Pretpostavlja se da će uređaj biti dostavljen osobno kod korisnika doma i u trgovine. Ukupna konzumirana količina energije i emisija tijekom dostave uređaja veća za razliku od otpremanja ambalaže na otpad i njeno recikliranje.

## 4.9.3. UPOTREBA I KRAJ ŽIVOTNOG CIKLUSA UREĐAJA

Nakon što e-uređaj dođe u trgovine dostupan je kupcima. Kupac kupi elektronički uređaj i koristi ga maksimalno do 5 godina ili dok se uređaj ne pokvari. Nakon duljeg korištenja svakoj osobi koja posjeduje e-uređaj pružaju se dvije mogućnosti. Prva mogućnost je da



Slika 8: Prikaz Internet stranice Ecosquid.com

uređaj pošalje ili odnese na mjesta za recikliranje jer se velika većina dijelova e-uređaja može nanovo reciklirati i upotrijebiti kao sirovina za izradu novih uređaja. Baterije e-uređaja mogu se reciklirati. Bitno je istaknuti recikliranje baterija jer sadrže veći broj

teških metala i kemikalija koje izazivaju razvijanje onečišćenja tla i vode. Druga je mogućnost koju nude mnoge internet stranice, kao što je stranica „Ecosquid.com“, koja nudi potrošačima da recikliraju svoje elektronske uređaje putem interneta (slika 8). Potrošač se učlani na stranicu, pod ponuđenom elektronikom odabere što želi reciklirati i dostavi svoj uređaj na sjedište djelovanja stranice. Ovakav pristup recikliranju je jedan od boljih rješenja jer svaka osoba može reciklirati elektroniku od kuće putem interneta.

Svi dijelovi elektroničkog uređaja mogu se reciklirati i ponovno upotrijebiti, kao što su baterije, zasloni, matične ploče i dr. Kada električni uređaj završi na otpadu jako mala količina energije je potrebna za njegovu obradu, te se javlja i mali postotak zagađivanja okoliša njegovom preradom.

#### 4.9.4. KREIRANJE, NABAVA I POHRANJIVANJE ELEKTRONIČKE KNJIGE

Faza kreiranja elektroničke knjige ista je kao i kod obične knjige. Tekst se mora pretipkati na kompjutor, digitalno pohraniti, urediti i objaviti. Da bi knjiga bila dostupna, treba se objaviti na neke od ponuđenih internet servera. Serveri imaju ogroman kapacitet pohranjivanja podataka i mogućnost komunikacije putem Interneta sa korisnicima. Pohranjivanje podataka i korištenje servera najviše zahtjeva korištenje električne energije jer se sve provodi putem računala.

## **5. REZULTATI LCA**

### **5.1. CILJ, DEFINICIJA I OPSEG**

U diplomskom radu cilj je prikazati životni ciklus dvije knjige u različitim medijima. Jedna knjiga je proizvedena konvencionalnim putem, a druga se nalazi u digitalnom obliku. U prvim stranicama diplomskog rada definirani i opisani su procesi za ova dva proizvoda i objašnjene su sve faze životnog ciklusa od nabave sirovina pa do kraja životnog vijeka proizvoda. Opseg istraživanja baziran je na dvije knjige, njihovu proizvodnju i kasniju uporabu.

### **5.2. KNJIGA**

U fazama izrade knjige, pomoću analize inventara, dobivamo rezultate u kojoj fazi proizvodnje dolazi do izgaranja emisija zraka i vode i najvećih negativnih utjecaja na okoliš. Životni ciklus knjige analiziran je kroz tri najbitnije faze proizvodnje: izrada papira, proces tiska i dostava. U ovim fazama izrade knjige javlja se najveći postotak korištene energije i vode, kao i izgaranje emisija povezanih sa ovim proizvodnim procesom.

#### **5.2.1. REZULTATI ANALIZE INVENTARA (LCI)**

Rezultati analize pokazuju konkretan uvid koliko je bilo potrebno sirovina i vode za proizvodnju knjige, te kolika se emisija zraka i vode razvila tijekom cijelog proces (tablica 3). U fazi proizvodnje papira je najveći postotak potrošnje vode i energije, te se u ovoj fazi javlja postotak emisije zraka. U drugoj fazi najveći broj ima kruti otpad što se odnosi na proces pripreme ofsetnog stroja i kasnije faze u izrade knjige. Zadnja faza ima najveći postotak izgaranja emisija. Ova izgaranja odnose se na osobni transport knjige, kao i potrošnju vode i korištenje energije u fazi korištenja.

Tablica 3: LCI analiza za proces izrade knjige

LCI analiza	Komponente	Ulazni materijali (kg)	Potrošnja Vode (l)	Emisija zraka (kg)	Primarna energija (MJ)	Emisija vode (g)	Kruti otpad (kg)
Izrada papira							
	Proizvodnja papira	10	3,071	87	1,342	374	2
	Proizvodnja kartona	12	86	8	240	155	2
	Dostava papira	1	17	3	71	32	0
Proces tiska							
	El. energija/ Tisak	16	6	37	464	10	74
	Teška ulja/ gorivo	2	20	7	99	77	0
Dostava							
	Dostava knjige	1	55	5	112	57	0
	Osobni transport	12	486	42	1,012	514	4

### 5.3. ELEKTRONIČKI UREĐAJ

Izrada elektroničkog uređaja podijeljena je u sedam cjelina i odnosi se na: proizvodnju električnog uređaja, proizvodnju baterije i kablova kao i njihovo dostavljanje industrijskom postrojenju za proizvodnju uređaja, zbrinjavanje ambalaže u kojoj je bio uređaj, dostava uređaja, recikliranje i obrada uređaja na odlagalištu i faza objave električne knjige na Internet.

#### 5.3.1. REZULTATI ANALIZE INVENTARA (LCI)

Prema rezultatima LCI analize za elektronički uređaj, najveći postotak je redu primarne energije što se odnosi na korištenje električne energije bez koja je najvažniji obnovljiv izvor energije za električne čitače i knjige. Količina emisije vode i krutog otpada nastaje u fazi korištenja uređaja i objavljivanja knjige u digitalnom obliku putem interneta (tablica 4 i 5).

Tablica 4: LCI analiza za proces izrade električnog čitača

LCI analiza	Komponente	Ulazni materijali (kg)	Potrošnja Vode (l)	Emisija zraka (kg)	Primarna energija (MJ)	Emisija vode (g)	Kruti otpad (kg)
Elektronički čitač							
	Proizvodnja uređaja	21	0	5	203	122	1
Baterija							
	Proizvodnja baterije	0,08	0	0,57	2,63	0,05	0,39
	Dostava	0	0,10	0,68	0,16	0,08	0
Dostava							
	Proizvodnja kablova	0,23	0,09	0,92	6,89	0,15	1,11
	Dostava	0,01	0,41	0,71	0,85	0,43	1,11
Ambalaža							
	Otpad	0	0	0,15	0,40	0,12	0,66

Tablica 5: LCI analiza za proces izrade električnog čitača i knjige

LCI analiza	Komponente	Ulazni materijali (kg)	Potrošnja Vode (l)	Emisija zraka (kg)	Primarna energija (MJ)	Emisija vode (g)	Kruti otpad (kg)
Dostava							
	Elektronički uređaj	0,04	1,46	0,79	2,99	1,51	0,01
Otpad							
	Obrada uređaja	0	0	0,22	0,62	0,17	1,01
Digitalni mediji							
	Pohranjivanje podataka	6,89	2,52	16,40	204,21	4,44	32,79
	Proizvodnja servera	1,43	0	0,18	3,68	0,18	1,42
	Isključivanje servera	0,03	0	0	0	0,03	0,04

## 6. ANALIZA PODATAKA I TUMAČENJE REZULTATA

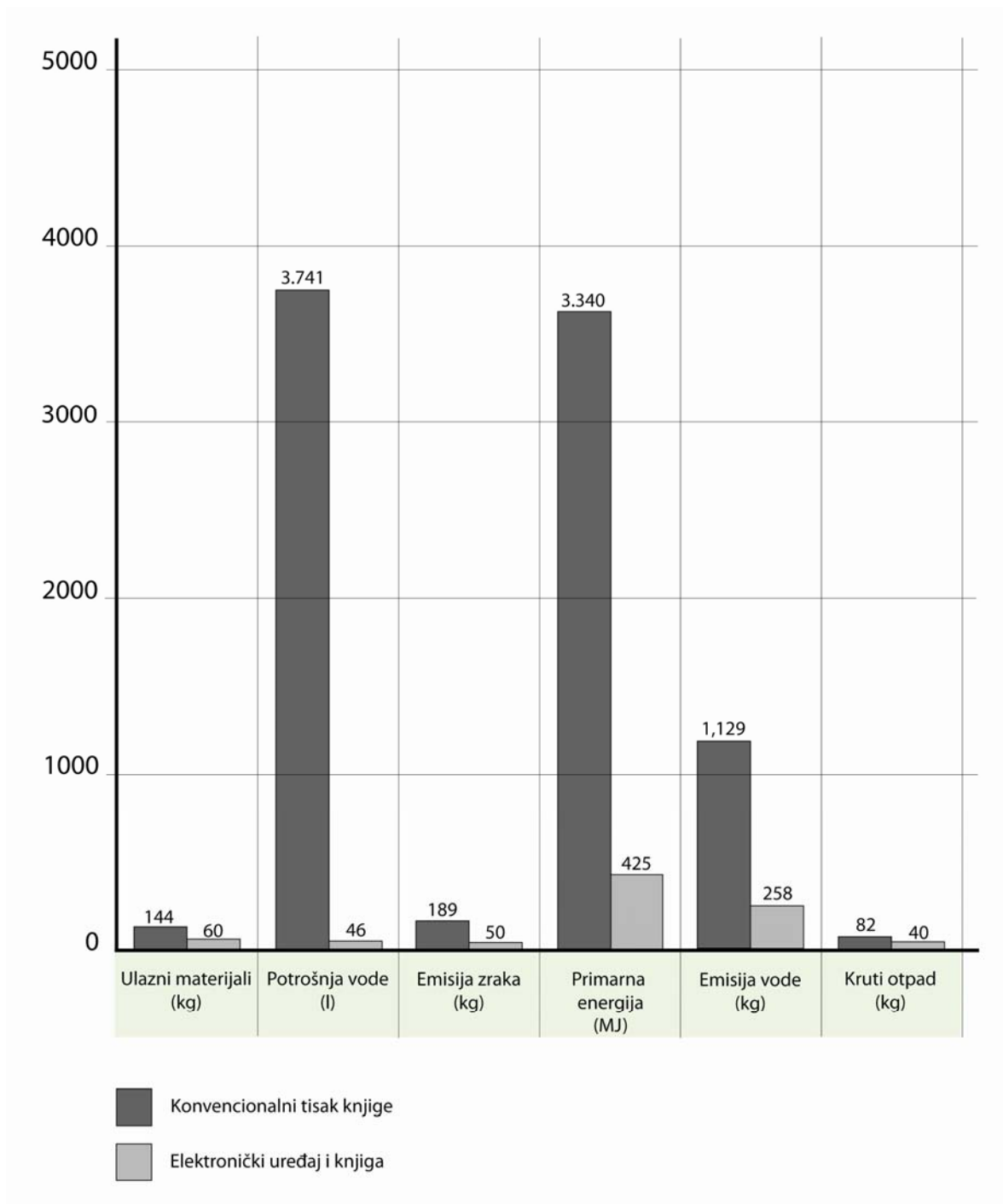
Nakon zasebnog objašnjavanja svake knjige jasno se može prikazati i usporediti životni ciklusi ova dva proizvoda. U točkama 2. i 3. diplomskog rada pomoću tablica prikazan je utjecaj izrade različitih komponenti na okoliš, odnosno, koliko se proizvede emisije i krutog otpada. Prema ukupnom zbroju rezultata (tablica 6) za svaku fazu i prikaz utjecaja na okoliš rezultati (dijagram 1) za knjigu koja je proizvedena putem tiska i elektroničku knjigu jako se razlikuju u nekim odstupanjima.

*Tablica 6: Ukupna LCI analiza knjige i elektroničkog uređaja*

LCI analiza	Ulazni materijali (kg)	Potrošnja Vode (l)	Emisija zraka (kg)	Primarna energija (MJ)	Emisija vode (g)	Kruti otpad (kg)
Knjiga	144	3.741	189	3,340	1.219	82
Elektronički uređaj	59,42	45,8	50	425,43	258,32	39,63

Najveća razlika između ova dva proizvoda je ta što ako korisnik posjeduje čitač treba najmanje 2 minute da pohrani željenu knjigu na uređaj putem interneta, dok obična tiskovina mora prijeći cijeli proces tiska da dođe na tržište. Po pitanju negativnih utjecaja na okoliš prednjači izrada tiskovine jer se već u početnoj fazi nabave sirovina može uvidjeti emisija i velika količina otpada. Najduži i najpovoljniji ciklus ima elektronička knjiga zbog lakšeg dolaženja do nje i potrebna je, u većini, samo električna energija kao osnovna sirovina. U fazi izrade veću prednost ima tiskana knjiga jer se cijeli proces izrade tiska odvija samo na jednom području, odnosno u jednom grafičkom postrojenju. Za korištenje elektroničke knjige prvo se mora proizvesti elektronički uređaj. Za njegovu proizvodnju poduzeće mora iz više industrijskih postrojenja naručivati dijelove potrebne da se spoji uređaj, što po pitanju okoliša za svaki dio, da se transportira do određene lokacije, ispušta se pozamašna količina plinova i emisija u fazi transporta. Dostavljanje obične tiskovine je lakši proces od elektroničkog uređaja jer pakiranje u ambalažne kutije se

uvelike razlikuje po pitanju ova dva proizvoda. Dijelovi elektroničkog uređaja moraju se zasebno i dodatno zaštititi različitim plastičnim folijama da se omogući siguran transport,



*Dijagram 1: Usporedba podataka analize životnih ciklusa*

te ih se dodatno zaštićuje u preklopnj ambalaži. Tiskana knjiga se može, ali i ne mora, dodatno zaštititi, zavisno o kakvim se knjigama radi. Naprimjer, enciklopedije i leksikoni



zbog svoje vrijednosti i težine se dodatno zaštićuju tankim i prozirnim omotima, dok romani i knjige mekog uveza slažu se u veće kutije. Transport je isti za ova dva proizvoda jer u većini slučajeva se prevoze cestovnim ili željezničkim prometom. Faza upotrebe se razlikuje u tome što korisnik odmah može kupiti tiskanu knjigu, dok da bi došao do elektroničke knjige mora prvo kupiti uređaj. Da bi elektronička knjiga bila spremna za upotrebu potrebna je električna energija za razliku od tiskovine koja se može čitati pod dnevnim svjetlom ili nekim drugim izvorom svjetlosti. Nakon određenog vijeka upotrebe korisnik može reciklirati knjigu. Recikliranje se provodi tako, ako osoba želi biti ekološki osviještena, da se u određene kontejnere i mjesta odnosi proizvod koji se želi reciklirati. Kod konvencionalne proizvodnje stranice knjige se recikliraju jer su od papira, dok se stranice, ako se radi o tvrdim koricama, posebno recikliraju zbog toksičnosti ljepila koje sadrže. Kod elektroničke knjige dovoljno je samo ukloniti određeni sadržaj sa uređaja. Kod elektroničke knjige najveći fokus je na uređaju čiji se dijelovi mogu isto tako reciklirati kao što su baterije, kablovi, itd. Baterije imaju posebna odlagališta na kojima se obrađuju za ponovnu upotrebu, no danas se sve više koriste baterije koje se nanovo mogu puniti preko električne energije i tako pomažu u zaštiti okoliša jer ih nije potrebno reciklirati i zamjenjivati novima.

Najveći negativni utjecaj na okoliš okoliš kroz ima ciklus izrade knjige konvencionalnim putem. Najveći postotak u odstupanju kod rezultata vidi se kod količine emisija vode i zraka i korištenje primarne energije. Prema rezultatima jasno se može zaključiti da je proces izrade knjige konvencionalnim putem štetniji za okoliš i treba pravovremeno reagirati na ovakav postotak. Da bi se korigirali štetni utjecaji, u prvoj fazi nabave sirovine preporuča se korištenje bojila na bazi prirodnih sastava koja izlučuju manje emisija tokom tiska i preporuča se korištenje recikliranog papira. Ofsetni strojevi obloženi su metalnim pločama da se pridonese smanjenje štetnosti i izgaranje određenih plinova u okolinu. Najveći postotak izgaranja plinova i emisija događa se u fazi proizvodnje knjige zbog cijelog procesa i svih komponenti koje su potrebne da se formira konačni grafički proizvod.

## 7. ZAKLJUČAK

Praćenje životnog ciklusa proizvoda pridonosi se većoj svijesti o zaštiti okoliša i osoba koja se nalaze u okolini. Postavkama analize životnog ciklusa lako je odrediti u kojem stupnju proizvodnje dolazi do izgaranja negativnih utjecaja, te se onda mogu upotrijebiti svi prikupljeni podaci da bi se smanjile posljedice. Metoda analize životnog ciklusa smatra se jednim od najboljih alata u prevenciji negativnih utjecaja, jer je laka za korištenje, dovoljno pouzdana i svako poduzeće na temelju dobivenih rezultata može odmah upotrijebiti važne korake u zaštitu okoliša.

Konvencionalni ofsetni tisak knjige najrasprostranjenija je tehnika tiska i većina današnjih tiskovina proizvedena je putem ovog procesa. Glavni problem koji se javlja je štetnost na okoliš kroz faze proizvodnje jer se u toku tiska i nabave sirovine razvijaju velike količine emisija i krutog otpada. Za prevenciju ovih negativnih posljedica vlasnici grafičkih postrojenja trebaju se ekološki osvijestiti i okrenuti novijim proizvodima i tehnologija, kao što su bojila na bazi prirodnih supstanci.

Masovan razvoj digitalnih medija pridonio je razvoju uređaja koji omogućuju korisnicima čitanje željenog štiva bilo kada i bilo gdje. Da bi se knjiga u digitalnom obliku mogla koristiti potreban je uređaj zvan električni čitač koji je danas najrasprostranjenije sredstvo za čitanje knjiga. Proizvodnja čitača provodi se na više zasebnih lokacija i svaki se dio izrađuje u određenom postrojenju. Elektronički čitači smatraju se jednim od najboljih i ekološki najprihvatljivijih uređaja zbog svoje građe što se prvenstveno odnosi na zaslon koji emitira danje svjetlo što pridonosi zaštiti korisnika pri upotrebi uređaja.

Krajnja usporedba dva zasebna proizvoda pokazuje na njihovu različitost i štetnost na okoliš u fazama proizvodnje, upotrebe i odvoza na odlagalište otpada. Konvencionalni tisak zbog svoje dugotrajne pripreme, materijala i sirovine koje proces zahtjeva pridonosi velikom razvoju štetnih učinaka na okoliš, naspram digitalne knjige kojoj je potreban minimum električne energije da bi se našla na elektroničkom čitaču. Po pitanju ekološke prihvatljivosti zasigurno je električna knjiga prihvatljivija od one tiskane konvencionalnim

putem zbog najmanjih negativnih utjecaja na okoliš. S vremenom kako se industrija i tehnologija razvijaju, zasigurno će se mnogi znanstvenici baviti problemom zaštite okoliša što će u krajnjem rezultatu pridonijeti potpunoj osviještenosti građana i industrijskih postrojenja na važno pitanje o zaštiti okoliša.

## 8. LITERATURA

1. Arnold Tukker, Life cycle assessment as a tool in environmental impact assessment, Review 20 (2000), dostupno na: <http://media.leidenuniv.nl/legacy/chainet%20abs%20tuk2.pdf>, 06.07.2011.
2. Greg Kozak, Printed Scholarly Books and E-book Reading Devices: A Comparative Life Cycle Assessment of Two Book Options, dostupno na: [http://css.snre.umich.edu/css\\_doc/CSS03-04.pdf](http://css.snre.umich.edu/css_doc/CSS03-04.pdf), 09.07.2011.
3. Phillip Schepelmann, Life cycle assesment (LCA), dostupno na: [http://www.ivm.vu.nl/en/Images/AT9\\_tcm53-161581.pdf](http://www.ivm.vu.nl/en/Images/AT9_tcm53-161581.pdf), 03.11. 2011.
4. Tooraj Arvajeh, Digital invoicing & the environment A Comparative Life Cycle Assessment (LCA), dostupno na: <http://www.converga.com.au/downloads/Digital%20invoicing%20and%20the%20environment%20FULL%20REPORT.pdf>, 13.11.2011.
5. Jan Erik Mattsson, Introduction to Life Cycle Assessment (LCA), dostupno na: [http://www.sik.se/archive/pdf-filer-katalog/SR728\(1\).pdf](http://www.sik.se/archive/pdf-filer-katalog/SR728(1).pdf), 14.04.2011.
6. Aida Sefic Williams, Books vs. eBooks – A life cycle comparison, dostupno na: <http://wp.istc.illinois.edu/sei/2009/11/05/books-vs-ebooks-a-life-cycle-comparison/>, 18.11.2011.
7. Raz Godelnik, Are e-books greener than paper books?, dostupno na: <http://ecolibris.blogspot.com/2010/01/are-ebooks-greener-than-paper-books.html>, 18.11.2011.
8. Joe Romm, How to be a greener reader, dostupno na: <http://thinkprogress.org/romm/2009/02/26/203743/greener-reader-amazon-kindle/?mobile=nc>, 21.11.2011.
9. Åsa Moberg, Clara Borggren, Göran Finnveden and Sara Tyskeng, Effects of a total change from paper invoicing to electronic invoicing in Sweden, dostupno na: <http://www.infra.kth.se/fms/pdf/Moberg%20et%20al%202008.pdf>, 25.11.2011.
10. Tomas Ekvall, Limitations of Consequential LCA, dostupno na: <http://www.lcacenter.org/lca-lcm/pdf/Consequential-LCA.pdf>, 25.11.2011.

11. D. Elcock, Life-cycle thinking for the oil and gas exploration and production industry, dostupno na: [http://www.evs.anl.gov/pub/doc/LCA\\_final\\_report.pdf](http://www.evs.anl.gov/pub/doc/LCA_final_report.pdf), 26.11.2011.
12. Mirjam Visser, LCA e-reader vs. Printed books, dostupno na: [http://www.design-4-sustainability.com/case\\_studies/57-lca-e-reader-vs-printed-books](http://www.design-4-sustainability.com/case_studies/57-lca-e-reader-vs-printed-books), 26.11.2011
13. Hanna Pihkola, Minna Nors, Marjukka Kujanpää, Tuomas Helin, Merja Kariniemi, Tiina Pajula, Helena Dahlbo & Sirkka Koskela, Carbon footprint and environment impacts of print products from cradle to grave, dostupno na: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2560.pdf>, 12.11.2011.
14. Martin La Monica, Study paints Kindle e-reader a dark shade of green, dostupno na: [http://news.cnet.com/8301-11128\\_3-10320334-54.html](http://news.cnet.com/8301-11128_3-10320334-54.html), 29.12.2011.
15. Ellen, Technology Trade off-s, Part 3: E-Readers, dostupno na: <http://www.bodyearth.net/environment/how-green-are-e-readers/>, 29.11.2011.
16. Jack Thorndike, Are E-Readers Green Readers?, dostupno na: <http://www.keenforgreen.com/b/are-e-readers-green-readers>, 25.11.2011.
17. Anne Behler, E-Book Tip Sheets, dostupno na: <http://www.keenforgreen.com/b/are-e-readers-green-readers>, 25.11.2011.
18. Charlies Stross, CMAP #2: How Books Are Made, dostupno na: <http://www.antipope.org/charlie/blog-static/2010/02/cmap-2-how-books-are-made.html>, 12.12.2011.
19. Justin Taylor, How Books Are Made, dostupno na: <http://thegospelcoalition.org/blogs/justintaylor/2011/08/20/how-books-are-made/>, 05.12.2011.
20. Sara Peters, Universities Turn to Kindle-Sometimes to Save Paper, dostupno na: <http://green.blogs.nytimes.com/tag/electronic-reading-device/>, 14.12.2011.
21. Akhila Vijayaraghavan, Amazons Kindle Reports Biggest Sale sEver, But How Green is it?, dostupno na: <http://www.triplepundit.com/2012/01/amazons-kindle-reports-biggest-sales-green/>, 14.12.2011.
22. Julia Silverman, Reader`s Choice: Books vs. E-books, dostupno na: [http://www.portlandtribune.com/sustainable/story.php?story\\_id=131343716079514100](http://www.portlandtribune.com/sustainable/story.php?story_id=131343716079514100), 25.12.2011.

23. Denisse Leon, Printed books vs. eReaders: which will have the last word?, dostupno na: <http://www.kippkingroar.com/opinion/2012/01/03/printed-books-vs-ereaders-which-will-have-the-last-word/>, 18.12.2011.
24. Sandra Langdon, Print books vs. e-books, dostupno na: <http://www.gmagazine.com.au/features/2186/print-books-vs-e-books>, 18.12.2011.