

Klemen MOŽINA

Univerza v Ljubljani

Naravoslovnotehniška fakulteta

Oddelek za tekstilstvo

Snežniška ulica 5, 1000 Ljubljana

tel.: +386 (0)1 200 32 00

faks: +386 (0)1 200 32 70

http://www.ntf.uni-lj.si/

# E-PAPIR

*Elektronski papir ali krajše e-papir je medij, ki omogoča prepis vsebine, zapisane na »papirju«. E-papir je iz organske elektronike, ki za svoje delovanje uporablja prevodni polimerni material z mikrokapsulami, odzivnimi na električni naboj. Elektronski papir so iznašli za premagovanje določenih ovir klasičnih računalniških zaslonov. Ti povzročajo težave pri branju besedil, saj človeško oko laže zajema sliko pod različnimi koti kot s ploskih, navpičnih zaslonov. Iznajditelj e-papirja je Američan Nicholas K. Sheridon, ki je leta 1974 podal prek razvojnega oddelka Xerox Palo Alto prvo izvedenko e-papirja z imenom Gyricon, kar v grščini pomeni menjajoča se slika. V osnovi je bil Gyricon razvit za zaslone osebnih računalnikov Alto. Leta 1990 je Joseph Jacobson razvil naslednjo generacijo elektronskega papirja, ki je deloval na osnovi Gyricona, le da so bile v njegovi različici mikrokapsule razporejene v oljnem mediju. Nato je Joseph Jacobson leta 1997 zasnoval e-črnilo in s tem komercialno približal e-papir. Prva prava trgovska uporaba e-papirja se je pojavila šele leta 1999, in sicer kot zaslon v trgovskem središču, na katerem so se izmenjevala oglasna sporočila prodajal.*

## Tehnologija

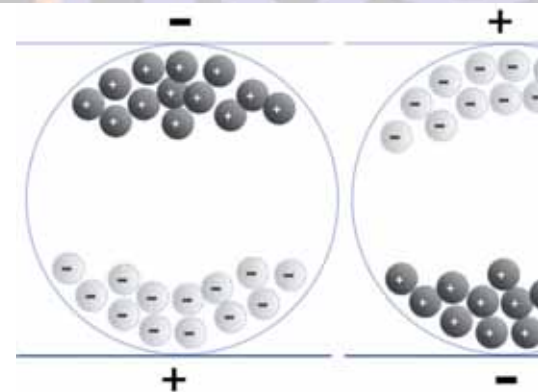
Poraba konvencionalnega papirja se z uvedbo novih tehnologij vedno poveča. Razlika med računalniškim izpisom in izpisom na papirju je predvsem v udobju branja, ki ga ponuja zadnji. Dokument, daljši kot pol strani, se po vsej verjetnosti izpiše na konvencionalni papir, vsebina se prebere in nato papir odvrže. To je privedlo znanstvenike k razmišljanju o papirju, ki bi bil čim bolj podoben materialu, na katerem bi se informacija lahko izmenjevala zvezno, ne da bi bilo treba odvreči osnovo, na kateri se izpisuje. Zapis s črnilom na konvencionalnem papirju je še vedno popoln izpis, ki ga danes znane tehnologije ne zmorejo reproducirati.

## Delovanje e-papirja

E-papir združuje dva različna dela, in sicer elektronsko črnilo in elektroniko, ki ustvarja zahtevano podobo izpisa na e-papirju. Gyrikonovo e-črnilo je zasnovano na tankem listu upogljivega polimera, z majhnimi ležišči, vgrajenimi v oljni medij, ki zagotavljajo prosto vrtenje mikro-

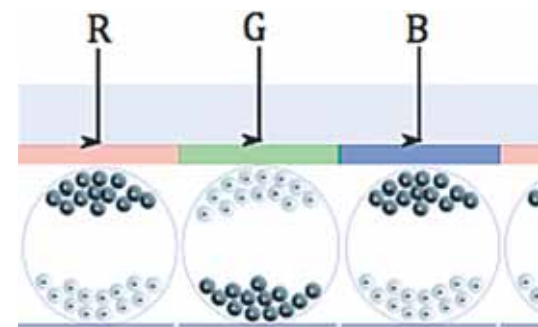
kapsul. Vsaka od hemisfer vgrajenih ležišč ima svojo barvo in ustrezen električni naboj. Tovrstni način zapisovanja je znan kot bikromatsko ospredje (ang. bichromal frontplane). Podjetje e-Ink je razvilo svojevrstno različico elektronskega črnila, tj. elektroforezno ospredje (ang. electrophoretic frontplane). Črnilo vsebuje tisoče mikrokapsul, ki imajo v svoji zgradbi vgrajene pozitivno nabite bele in negativno nabite črne delce (slika 1).

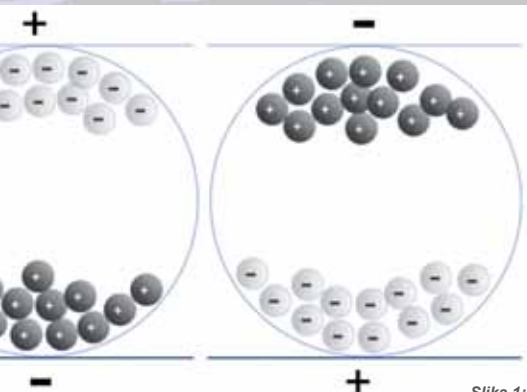
Svetlost in resolucija elektroforeznega e-črnila je res boljša od bikromatskega, a še vedno ostaja osnovna težava, da so izpisi zgolj monokromatske narave. Slaba stran e-črnila je tudi nizka hitrost osveževanja izpisa (premik delca z zgornje na spodnjo stran mikrokapsule), kar povzroča nezmožnost upodabljanja gibajočih se slik in videoposnetkov. Za barvni izpis je kar nekaj podjetij, kot so Fujitsu, IBM, Philips in HP, uporabilo tehnologijo t. i. kolesteričnih tekočih kristalov (ang. cholesteric liquid crystal - ChLCD). ChLCD



deluje po načelu široko uporabne tehnologije klasičnih LCD. Deluje tako, da se sistemu dovede električna napetost, ki povzroči usmeritev delcev ne zgolj v ravnini, temveč tudi horizontalno. Na trgu je kot konkurenčni proizvod za barvni izpis vsebine na e-papirju znan pod imenom fotonski kristali (ang. photonic crystal) oz. krajše p-črnilo. Kljub temu je večina analitikov bolj naklonjena ChLCD-tehnologiji, za katero napovedujejo, da bo postala prevladujoča tehnologija v razvoju e-papirja. Največja prednost ChLCD je v njihovi prožnosti, upogljivosti, prepogljivosti, tankosti (pribl. 0,8 mm), lahkosti, nezahtevnosti po električni energiji za vzdrževanje izpisa, zelo nizki porabi energije, zadovoljivi svetlosti, kontrastu in resoluciji ter intenzivnosti barv.

Raziskovalna skupina Philipsa s Karsom Michielom Lenssenom na čelu je razvila t. i. ravninsko elektroforetično tehnologijo (ang. in-plane electrophoretic). Tovrstno tehnologijo uporablja e-črnilo, kot je Amazon Kindle. Deluje na principu delcev titanovega dioksida, razporejenih v mikrokapsulah. Z dovajanjem električnega toka se delce prisili, da preidejo v skrajno zgornji položaj mikrokapsule. V tem stanju je zaslon videti povsem bel,



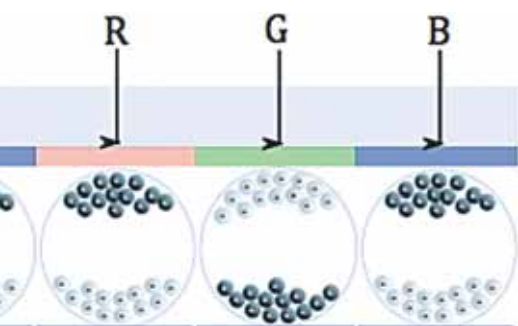


Slika 1: Shematski prikaz delovanja monokromatskega e-papirja.

saj se vpadna svetloba v celoti odbije oz. razprši v prostor in nasprotno. Ko so delci v najnižji točki, se vpadna svetloba vpije in zaslon je videti črn. S selektivnim določevanjem temnih in svetlih območij se omogoča monokromatsko izpisovanje besedila in slik na zaslonu (slika 1), medtem ko se z uporabo barvnih filtrov RGB omogoči tudi barvni izpis (slika 2).

### Uporabnost

Veliko je raziskav in poskusov vpeljave e-papirja ter po raznih medijih (internet, TV, radio, časopis) napovedi o izumrtju klasičnega papirja. Kljub vsemu konvencionalna oblika papirja, ki jo je leta 105 n. št. razvil kitajski minister Tsai Lun, ohranja svojo vodilno vlogo ne zgolj v komunikacijskih tehnikah, temveč v celotnem spektru uporabnosti (grafični, pisarniški, higienski, embalažni). Papirničarji si težko priznamo, da vzporedno nastajajo tehnologije, ki bodo nadomestile določene konvencionalne tehnike sporočanja, tj. časopisi, knjige, plakati, pisarniški papir ipd. Pričujoči članek je vpogled papirniškega privrženca v področje, ki bi ga najraje prezrl in ne omenjal. Za čim bolj objektivno sliko o pisani problematiki navajam nekaj področij uporabnosti t. i. e-papirja.



Slika 2: Shema delovanja »barvnega« e-papirja.



Slika 3: Amazon Kindle.

### ➤ E-knjige

Leto 2006 je bilo prelomno na področju e-knjig. Sony je izdal PRS-500, iRex pa iLiad. Nato so leta 2007 sledile nadgradnje omenjenih dveh verzij, in sicer je Sony izdal PRS-505 in na trg je prišla zelo priljubljena oblika Mobipocket PRC ter na našem trgu bolj znan Amazon Kindle na sliki 3 (prvi z dejanskim zaslonom, ki je dajal občutek e-papirja), ki je leta 2009 doživel prenovno z uvedbo Amazona Kindle 2.

### ➤ E-časopisi

Flamski dnevni časopis De Tijd je bil prvi, ki je leta 2006 izdal elektronsko verzijo oz. e-časopis. Kot osnovo so uporabili iRex iLiad. Obenem je bila to tudi prva aplikacija e-črnila v časopisne namene. Leta 2007 je podobno storil še francoski dnevnik Les Échos, ki je ponudil e-časopis izključno naročnikom. Ti so poleg dnevnih informacij prejeli v uporabo še napravo, na kateri so lahko prebirali novice. Naročnikom je Les Échos ponudil dve verziji bralnih naprav, in sicer lažjo (180 g), proizvod Genaxa, in težjo (250 g) proizvajalca iRex iLiad (slika 4). Po dostopnih virih je zaslediti, da so podobnemu izdajanju e-časopisov leta 2008 sledili tudi Nizozemci z izdajo NRC Handelsblad in danes zagotovo že tudi veliko drugih, vendar v Sloveniji še nihče.



Slika 4: iRex iLiad.

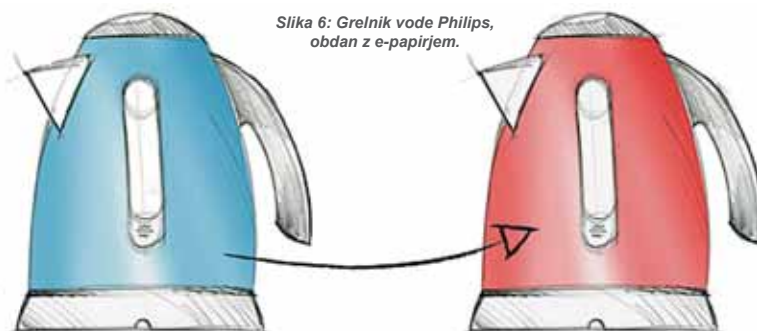
### ➤ Oglasni panoji

Sporočanje širši javnosti prek zaslonov ni novost. Medij, na katerem se sporočilo izpisuje, je edino, kar se posodablja. Sodobni oglasni panoji na osnovi e-papirja so cenejši, prožnejši, tanjši, zahtevajo manj energije za obratovanje, medtem ko je še vedno glavna razlika med računalniškim zaslonom in e-papirjem v barvnem obsegu, ločljivosti in kontrastu, ki je pri e-papirju opazno manjši.

### ➤ Embalaža

Siemens ponuja z uporabo e-papirja rešitev dinamičnega izpisa, in sicer zaradi cene proizvoda, grafičnega prikaza roka uporabe, vsebnosti energijske vrednosti in tudi večjega oglasnega prostora (slika 5).

Slika 5: Siemensova uporabnost e-papirja na embalaži.



Slika 6: Grelnik vode Philips, obdan z e-papirjem.



## ➤ Elektronske naprave in dekorativni elementi

Philips je z iznajdbo barvnega e-papirja razširil možnosti uporabe. Npr. grelec vode, ki je hladen modre barve, ko pa je v njem voda segreta na 70 °C, postane rdeč (slika 6). Podobne aplikacije uporabe so možne tudi na prenosnih predvajalnikih glasbe, ohišjih osebnih računalnikov in mobilnih telefonov, notranjosti in zunanosti osebnih vozil. Vendar je vozilo zakonsko lahko obarvano zgolj v eno ali največ dve barvi, zato v tem primeru ne vidim dejanske uporabnosti možnosti spreminjanja zunanje barve/ vzorca osebnega vozila.

E-papir bi bil lahko uporabljen tudi v notranjem oblikovanju, saj bi se lahko ozadje zaščitnega stekla v kuhinji spreminjalo na ukaz ali željo uporabnika oziroma naključno. Tudi ponovna ožvitev tapet ni povsem izključena. Na mestih, kjer so zdaj polimerne folije z enim vzorcem, bi se lahko z uporabo e-papirja vzorci spreminjali dinamično ali na podlagi našega razpoloženja.

Možnosti uporabe e-papirja je še precej, a večinoma so to področja, na katera že zdaj konvencionalne oblike celuloznega papirja niso posegale, in zato ne moremo neposredno enačiti vpeljave e-papirja z izumrtjem konvencionalne oblike papirja iz celuloznih vlaken. Zgodovina je zapisana na papirju. Prihodnost bo tudi.

## Sklep

Kljub želji po brezpapirnih pisarnah se to vse do danes še ni zgodilo. Še vedno ni razvite tehnologije e-papirja, ki bi povsem nadomestila uporabo klasičnega, tj. iz celuloznih vlaken izdelanega papirja. Potrebni bo več iznajdb in izboljšav obstoječih tehnologij e-papirja. Glavne pomanjkljivosti e-papirja so: nizka belina, kar pomeni nezadosten kontrast izpisa, nizka ločljivost zaslona, nezmožnost branja v okoljski osvetlitvi, prevelika poraba energije, omejen barvni obseg in predvsem tržno gledano še vedno previsoka cena medija, ki pa v vseh pogledih, na kar se nanaša tudi predpona »e«, potrebuje za svoje delovanje električno energijo. Navedenim težavam konvencionalna oblika papirja zelo uspešno kljubuje že vrsto let. Še bolje, izjemno dobro se obnese pri ponovni uporabi, tj. recikliranju. Vsi avtorji in promotorji e-papirja opisujejo zgolj uporabnost. V nobenem primeru pa nisem zasledil, da bi kdo med njimi kaj omenil, kako ravnati z odsluženimi napravami oz. predmeti. Kakšna je lahko nadaljnja uporabnost teh naprav? Okoljska problematika je že precej ukoreninjena v našem razumevanju razvoja novih proizvodov, saj je nujno vzporedno razmišljati tudi, kaj se bo z odsluženim izdelkom zgodilo. Razvoju in udobju se človek enostavno ne more upreti. Konvencionalni papirji tako, kljub negativni publiciteti, ostajajo primarni medij z najširšim možnim razponom uporabnosti.

## Literatura:

1. Clements, I. P. How Fabric PCs Will Work <<http://computer.howstuffworks.com/fabric-pc2.htm>>, 2. 8. 2010
2. Communication of the Association for Computing Machinery <<http://cacm.acm.org/magazines/2009/11/48442-electronic-papers-next-chapter/fulltext>>, 9. 8. 2010
3. Digital Trends <<http://www.digitaltrends.com/features/the-future-of-electronic-paper>>, 4. 8. 2010
4. FactIndex <[http://www.fact-index.com/e/el/electronic\\_paper.html](http://www.fact-index.com/e/el/electronic_paper.html)>, 2. 8. 2010
5. Kroeker, K. L. Electronic paper's Next Chapter. Communications of the ACM, 2009, izd. 52, št. 11, str. 15-17.
6. Novak, G. Papir, karton, lepenka. Ljubljana, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, 1998, str. 21.
7. NXP Semiconductors <[http://www.nxp.com/news/content/file\\_1054.html](http://www.nxp.com/news/content/file_1054.html)>, 2. 8. 2010
8. Philips <<http://www.research.philips.com/newscenter/topics/20091209-eskin.html>>, 10. 8. 2010
9. The Future of Things (TFOT) <<http://thefutureofthings.com/articles/1000/the-future-of-electronic-paper.html>>, 5. 8. 2010
10. Wikipedia - Electronic paper <[http://en.wikipedia.org/wiki/Electronic\\_paper](http://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_paper)>, 11. 8. 2010



Perfecta 92 TS z ASE.



Perfecta 132 S-TS kot del dodelavne linije.



Dodatna možnost pomoči.