

# Proste unikodne vektorske pisave

Primož Peterlin

Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Inštitut za biofiziko  
Lipičeva 2, 1000 Ljubljana  
primoz.peterlin@biofiz.mf.uni-lj.si

## Povzetek

Predstavljen je projekt prostih unikodnih vektorskih pisav. Uvodoma predstavimo stanje s pisavami v prostih programskih okoljih in motive za izdelavo prostih pisav. Osrednji del prispevka je namenjen opisu zasnove tipografije, ki vključuje pismenke iz različnih pisav. Sledi opis razlogov, zakaj je OpenType najboljša trenutno dostopna tehnologija. Zaključimo s pregledom stanja projekta in načrti za delo v prihodnje.

## 1. Uvod

Prosti operacijski sistemi, kot so GNU/Linux ter sistemi FreeBSD, OpenBSD in NetBSD, izhajajoči iz BSD Unixa, so od sistema Unix podedovali stihijsko obravnavanje pisav. Tako grafični sistem X Window System uporablja svojo obliko zapisa pisav, terminalski način svojo, stavni program  $\TeX$  pa spet svoje. Krajevna prilagoditev (lokalizacija) takih sistemov je zato po nepotrebnem bolj zapletena, kot bi bilo nujno potrebno, saj je treba poskrbeti za vsakega od ločenih podsistemov posebej.

Boljša rešitev je uporaba enotne oblike zapisa pisave, ki ga uporabljajo vsi programi za prikaz pismenk na zaslonu, pa tudi za namizno založništvo in natis na tiskalnik. Predvsem zadnji dve naštetni uporabi postavljata še dodatno zahtevo glede oblike zapisa – pismenke morajo biti uporabne tudi pri povečavi oziroma natisu v ločljivosti, večji od zaslonske. Namesto rastrske oblike zapisa zato večinoma uporabljajo vektorsko, pri kateri se lahko pismenke praktično poljubno povečuje. Navadno uporabljena oblika zapisa je TrueType (Apple Computer, Inc., 1999) (uporabljena v sistemih MS Windows in MacOS), redkeje PostScript Type 1 (Adobe Systems Incorporated, 1990) (uporabljena v zdaj že opuščnem sistemu NeXTSTEP). Družbi Apple in Microsoft, ki podpirata standard TrueType, sta združili moči z družbo Adobe v skupnem projektu OpenType (Microsoft Corporation, 2001).

Pisave TrueType so se v zadnjih treh ali štirih letih iz več razlogov dobro uveljavile tudi v prostih operacijskih sistemih. Po eni strani prosti rasterizator FreeType, ki je od 4. izdaje naprej tudi del strežnika XFree86, omogoča kakovosten izpis oz. izris teh pisav, po drugi pa je družba Microsoft vrsto let na svojih spletnih straneh brezplačno ponujala vrsto kakovostnih pisav, ki so bile kakovostne in obenem pokrivalo tudi dobršen del za zahodni svet zanimivih pisav.

Prav brezplačna dostopnost teh pisav je verjetno zavrnilo vplivala na razvoj pravih prostih pisav. Potreba po prostih pisavah je po eni strani politična – prosti operacijski sistemi zahtevajo proste pisave – po drugi pa praktična: dovoljenje za uporabo, ki omogoča razširjanje nabora pismenk z novimi pismenkami in razširjanje tako dopoljenih pisav, omogoča in spodbuja, da uporabniki sami dodajajo pismenke, katerih prvotni avtor ni vključil. Potrebe po novih pismenkah, predvsem pismenkah nelatiničnih pisav,

se porajajo tako v akademskih jezikoslovnih krogih kot tudi “na terenu”, torej v okoljih, kjer živijo govorniki jezikov, ki te pismenke uporabljajo.

### 1.1. Znaki in pismenke

Standard ISO10646/Unicode (Unicode Consortium, 2000) izrecno ločuje med “znaki” (angl. *character*) in “pismenkami” (angl. *glyph*): “*Characters reside only in the machine, as strings in memory or on disk, in the backing store. The Unicode standard deals only with character codes. In contrast to characters, glyphs appear on the screen or paper as particular representation of one or more backing store characters. A repertoire of glyphs comprises a font.*”<sup>1</sup>

### 1.2. Nabori znakov

Nabori znakov v zahodni tipografski tradiciji so doživeli zanimiv razvoj (Bigelow and Holmes, 1993). Tipografija *textura*, uporabljena v prvi v Evropi natisnjeni knjigi, Gutenbergovi 42-vrstični Bibliji (1455-56), je vsebovala več kot 250 pismenk (ob vseh črkah abecede še posebne začetne in zaključne izpeljanke ter ligature). Tudi *humanistica cursiva*, prva kurzivna pisava, ki jo je leta 1501 izdelal Francesco Griffo za Aldusa Manutiusa, je vsebovala prek 200 pismenk. V naslednjih stoletjih se je tipografija oddaljila od kaligrafije in nabori so zaradi nižjih stroškov reza, ulivanja, stavljenja in transporta postajali vse manjši.

Dodatno osiromašenje, poenostavitev in kanonizacija je naborom znakov prinesel izum pisalnega stroja konec 19. stoletja, ki je zapečatil razvoj za dolgo vrsto let. Nabor znakov s pisalnega stroja, ki je vseboval poleg 26 malih in velikih črk še številke in nekaj malega posebnih znakov, so podedovali teleprinterji, od teh pa računalniki. Leta 1968 je bil sprejet verjetno najbolj znan kodirani nabor znakov, ANSI X3.4, bolj znan kot ASCII (American Standard Code for Information Interchange, ameriški standardni kod za izmenjavo podatkov), ki kodira 95 pismenk (vključno s “prazno pismenko”, presledkom) in 33 krmilnih znakov.

<sup>1</sup>Znaki obstajajo le znotraj računalnika, kot nizi v pomnilniku ali na disku, v skladišču. Standard Unicode se ukvarja zgolj s kodami znakov. Za razliko od znakov se pismenke pojavljajo na papirju kot posamezne predstavitve enega ali več znakov iz skladišča. Nabor pismenk sestavlja pisavo.

V osemdesetih, še bolj pa v devetdesetih letih 20. stoletja se trend krčenja naborov znakov obrne, k čemer sta verjetno prispevala tudi internet in splošna globalizacija. Če so še dobrih deset let nazaj navidez čisto resna računalniška podjetja ukvarjala s tem, da so v tiskalnikih zamenjevala švedski nabor znakov SEN 850200 (Ann. B) z jugoslovanskim JUS I.B1.002, meneč da črk Ä, Ö in Å ne bo nihče pogrešal (to, da ne moremo imeti obenem naših črk in oglatih oklepajev, pa je bilo tako znano), pa v devetdesetih prevladajo osembitni kodni nabori, v naših krajih predvsem ISO 8859-2, Microsoft CP1250 ter IBM CP852.

Čeravno so osembitni nabori brez dvoma napredek glede na sedembitne, pa vseh težav ne rešujejo. Če smo konkretni: nobene standardne metode ni, kako s poštnim programom, ki obvlada samo osembitne nabore znakov, pošljemo elektronsko sporočilo, v katerem bi lahko slovensko besedilo (če ne drugega, naše ime) kombinirali s francoskim, ali, boggedaj, ruskim.

Da bi odpravili to težavo, sta bila konec osemdesetih let neodvisno ustanovljena konzorcij Unicode ter delovna skupina s spevnim imenom JTC1/SC2/WG2 pri mednarodni organizaciji za standarde ISO. Prvi je združil nekaj (pretežno ameriških) proizvajalcev računalniške opreme, med njimi Adobe, Apple, IBM, Microsoft, Oracle, Sun itd., drugi nacionalne organizacije za standarde, oba pa sta si zastavila isti cilj – enoten kodirani nabor znakov, ki bo zajel vse pisave sveta. Sredi devetdesetih let je postalo jasno, da bi bilo usklajeno delovanje koristno za obe strani. Prvi plod sodelovanja je bil standard ISO/IEC 10646-1:2000, ki je enak standardu Unicode v3.0 (Unicode Consortium, 2000). Skupni standard še naprej dopolnjujejo.

## 2. Zasnova

Cilj, ki si ga je zastavil projekt proste unikodne vektorske pisave, je ponuditi standardiziran nabor pismenk, ki deluje tipografsko usklajeno kljub temu, da združuje pismenke iz različnih pisav (latinica, cirilica, grška pisava, armenska pisava itd.). Jasno je, da vseh tipografskih fines (lep pregled za grško pisavo ponuja denimo (Haralambous, 1999)) pri tem ni mogoče upoštevati, vseeno pa mora biti končni izdelek sprejemljiv za splošno rabo, med katero sodi elektronska pošta, splet in urejevalniki besedil.

Poskus oblikovanja tipografije, ki bi poleg latiničnih črk zajemala še druge pismenke, nikakor ni prvi te vrste, vseeno pa so bili takšni poskusi redkejši, kot bi morda pričakovali. Bigelow (1993) navaja kot verjetno prvo tako tipografijo *Romulus* nizozemskega tipografa Jana van Krimptna iz leta 1931. Malo znana izven meja nekdanje Sovjetske zveze je tipografija *Encyclopedia* Nikolaja Kudrjašova, zasnovana za nekdanjo Sovjetsko enciklopedijo. Svetovno slavo pa so dosegle tipografske družine *Times Roman* Stanleja Morrisona, *Helvetica* Maxa Miedlingerja, *Univers* Adriana Frutigerja in *Gill Sans* Erica Gilla, ki so bile, čeravno prvotno zasnovane za latinico, uspešno razširjene tudi s ciriličnimi in grškimi črkami.

Tipografska družina, ki naj pokriva nabor Unicode, mora biti zasnovana dovolj fleksibilno, da poleg omenjenih dopušča harmonično dopolnjevanje tudi z drugimi svetovnimi pisavami. Naloga ni lahka, in ne čudi, da sta jo do zdaj zadovoljivo rešila, čeprav v omejenem obsegu, le Bigelow

in Holmesova s tipografijo *Lucida Sans Unicode* (Bigelow and Holmes, 1993) ter Haralambous in Plaice (Haralambous and Plaice, 1994). Druge, sicer obsežnejše tipografije (Microsoft Corporation, 2000; Kass, 1998) zaradi svoje heterogenosti niso tipografsko zadovoljive.

### 2.1. Berljivost

Vključitev nelatiničnih pisav ponuja možnost za raziskavo “univerzalnih” parametrov berljivosti. Raziskave ergonomije branja (Tinker, 1963; Zachrisson, 1965), ki jih je bilo v Evropi in Ameriki opravljenih kot nekaj, so se osredotočale izključno na latinico ter na parametre, kot so teža, serifi (zaključki tipografskih potez), višina malih črk glede na velike, razmerje med velikimi in malimi črkami ipd. Podobne raziskave, ki jih je opravil Emil Ruder v švicarskem večjezičnem okolju, lahko beremo tudi v slovenskem prevodu (Ruder, 1977).

Čeprav vprašanja, kot so berljivost črk s tipografskimi zaključki proti tistim brez njih in podobna občasno razvzemajo tipografske kroge, pa je jasno – glede na to, da so tudi hebrejska, arabska, armenska in indijske pisave, ki se v osnovi drastično razlikujejo od latinice, približno enako berljive kot latinica – da so tovrstne razlike malenkostne. Zares dobro oblikovanje tipografij za Unicode bo mogoče šele, ko bodo izvedene raziskave berljivosti za vse pisave, ki jih Unicode pokriva. Do tedaj bodo poskusi obsojeni na intuicijo tipografov.

### 2.2. Zgodovinski in kulturni kontekst

Hitro postane jasno, da si pri zasnovi unikodne tipografije ne moremo pomagati s historičnimi slogi (renesančni, baročni ipd.), ki jih poznamo iz latinične tipografije, saj večina sveta teh zgodovinskih slogov ne pozna, poskus njihove razširitve na nelatinične pisave pa je enako nasilen, kot bi bil denimo poskus prilagoditve latinice kufskemu slogu.

Tudi navidez očitna delitev na pisave z modulirano tipografsko potezo in zaključki tipografskih potez (npr. *Times*) ter pisave z enakomerno potezo in brez zaključkov (npr. *Helvetica*) je evrocentrična. Da vidimo, da je tako, se moramo spomniti le izvora latiničnih velikih črk. Tipografski zaključki so izum rimskih kamnosekov, ki so z manjšo potezo, prečno na glavno potezo, to zaključili. Vizualni vtis je tu sledil tehničnemu postopku. Obratno pa je modulacijo poteze – prav tako starorimskemu izumu – narekoval prav vizualni učinek (Jean, 1994). Ko so Rimljani začeli klesati monumentalne spomenike, pri katerih napisi niso bili več v višini oči, se je pojavila potreba, da poudarijo in odebelijo navpične poteze. Iz navpičnih potez je namreč dež močnejše izpiral barvo, na vodoravnih potezah pa se je nasprotno nabiral prah, zaradi česar so učinkovale vizualno močnejše. *Fizična* odebelitev navpičnih potez tako izvira iz želje starorimskih kamnosekov, da bi vodoravne in navpične poteze učinkovale *optično* enako. V deželah, kjer pismenk niso klesali v kamen, ampak so jih slikali s tušem na svilo ali praskali z iglo v palmov list, seveda do takega razvoja ni moglo priti.

Enako velja za razlikovanje med kurzivno in pokončno pisavo. Celo razlikovanje med pokončno in nagnjeno pisavo že vsebuje zametke evrocentrizma, saj ga vzhodnoa-

zijski načini pisave ne poznajo.

Ostane nam torej le delitev po tipografski teži pismenk (normalno, krepko ipd.), ki je videti univerzalna. Z nekaj siljenja lahko vpeljemo tudi delitev na pisave z enakomerno potezo ter pisave z modulirano potezo, čeravno slednjih zgodovinsko v nekaterih delih sveta, denimo v južni Indiji, niso poznali.

V projektu prostih unikodnih pisav smo se zato omejili na tri osnovne tipe pisav: eno enakokoračno, pri kateri so vse pismenke enako široke (latinični del je povzet po tipografiji Courier) in dve proporcionalni, od tega eno z enakomerno tipografsko potezo in eno z modulirano potezo, katerih latinična dela sta modelirana po tipografijah Helvetica in Times. Kjer je smiselno, so izdelane še polkrepke (angl. *bold*) ter kurzivne (angl. *italic*) oziroma nagnjene (angl. *slanted* oz. *oblique*) izpeljanke. Družine so poimenovalne Free Monospaced, Free Sans in Free Serif.

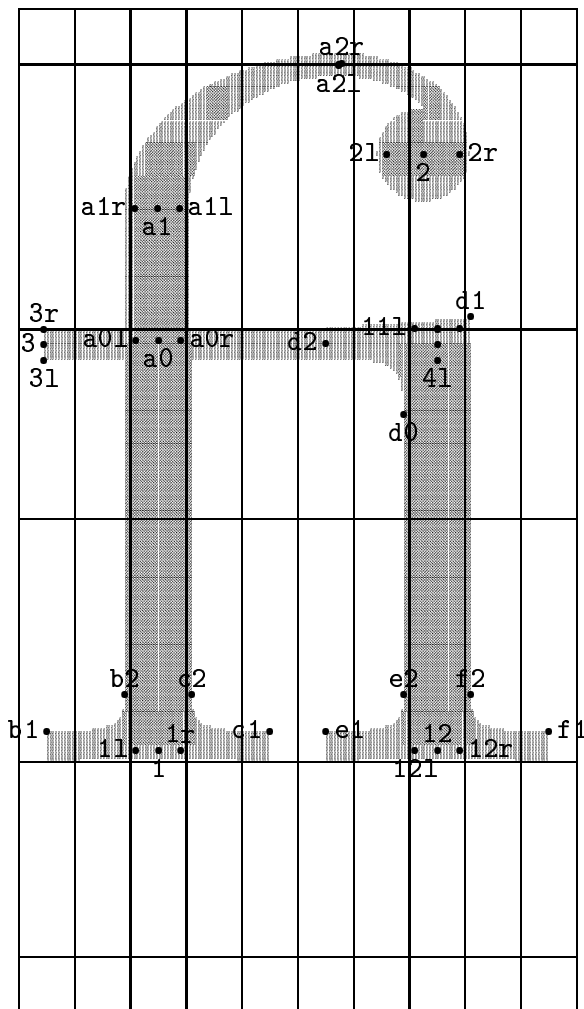
### 3. Tehnična izvedba

Osnovno vodilo pri tehnični izvedbi je seveda bilo, da morajo biti pisave zasnovane kot vektorske pisave. Te lahko po potrebi povečujemo ali na njih izvajamo druge geometrijske operacije. Pismenka v vektorskem zapisu je določena z nadzornimi točkami in krivuljami med njimi (slika 1). Natančno kakšna je tehnična izvedba (PostScript Type 1 denimo uporablja kubične Bézierove zlepke, TrueType pa kvadratne) je manj pomembna, saj se da z matematičnimi operacijami v dobršni meri zapise prevajati med seboj, čeprav se pri takšnih transformacijah resda navadno izgubijo finese, kot so "namigi" (angl. *hints*) pri pisavah.

#### 3.1. OpenType

Kot najprimernejši v tem trenutku se zdi zapis OpenType, ki v sebi združuje kar nekaj lepih lastnosti:

- Podpora za 16-bitne kodirane nabore znakov. To je za Unicode 2.0 v celoti zadoščalo, za novejša različica pa resda ne povsem, vendar je še vedno bistveno boljše od omejitve zapisa Type 1 na 256 pismenk.
- Podpora tako za zapis s kubičnimi kot s kvadratnimi zlepkami. OpenType je nekakšen krovni zapis, znotraj katerega lahko uporabimo obe obliki vektorskega zapisa, tistega iz zapisa TrueType in tistega iz PostScript Type 1. Glede na to, da je večina prostih pisav dostopnih v tej obliki, je podpora zanjo dragocena, saj pri tem ne izgubimo informacij o namigih.
- Tabele GSUB in GPOS. Tabela GSUB (Glyph Substitution) omogoča, da zaporedje znakov Unicode *znatraj pisave* nadomestimo s podano pismenko. V latinični tipografiji to omogoča tipografske finese, kot so *ligature*, denimo tista na sliki 1 (resnici na ljubo je treba priznati, da ravno ligatura fi ni najboljši zgled, saj ima v naboru Unicode svojo kodo, U+FB01). Pri nekaterih nelatiničnih pisavah – vse indijske pisave ter sirijska – pa je takšna podpora ne le lepote, temveč ključnega pomena. Brez ligatur si namreč indijske tipografije ni mogoče predstavljati. Nabor pismenk, potreben za stavljenje tradicionalne malajščine, obsega denimo prek 700 pismenk. Tabela



Slika 1: Zgled vektorskega zapisa pisave: ligatura fi z označenimi nadzornimi točkami (Knuth, 1986).

GPOS pa omogoča kontekstualno pozicioniranje pismenk, kar je pomembno denimo pri slogu *nastalik* arabske pisave.

- Programska podpora. Ne nazadnje pa je pomembno tudi, da zapis OpenType podpira tako prosti rasterizator FreeType kot prosti program za izdelavo pisav PfaEdit.

### 4. Rezultati

Projekt prostih unikodnih vektorskih pisav (angl. "Free UCS Outline Fonts") je konec leta 2001 sprožil pisec teh vrstic. Konec februarja 2002 je odbor skrbnikov strežnika savannah.gnu.org potrdil skladnost s cilji projekta GNU in delom fundacije za prosto programje in ocenil projekt kot primeren za gostovanje na strežniku. V teku je ocenjevanje primernosti projekta za sestavni del projekta GNU. Trenutno vsebujejo pisave delo okrog 25 različnih avtorjev, ki so pristali na vključitev njihovega dela v projekt. Sprotno obveščanje o delu na projektu poteka prek dveh dopisnih listov z nekaj deset naročniki iz različnih koncev sveta.

V prvi fazi izdelave pisav smo se osredotočili na zbiranje obstoječega materiala, dostopnega pod pogoji do-

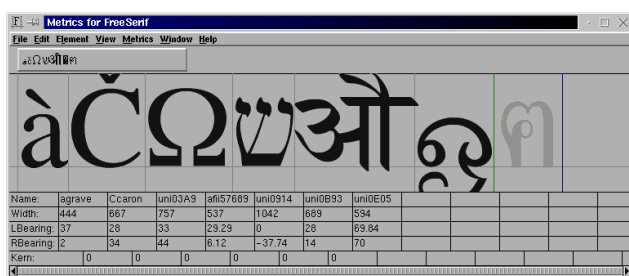




Tabela 3: Pregled pokritosti standarda ISO 10646/Unicode po tematskih blokih (nadaljevanje).

blok	Se	SeI	SeB	SeBI	Sa	SaO	SaB	SaBO	Mo	MoO	MoB	MoBO
CJK Compatibility Ideographs Supplement	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Tags	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Supplementary Private Use Area-A	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Supplementary Private Use Area-B	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

voljenja GNU GPL, in urejanje le-tega v kodni nabor Unicode. Med večjimi prispevki je treba omeniti podjetje (URW)++, ki je projektu GNU darovalo komplet 35 osnovnih PostScriptnih pisav; Valeka Filipova, ki omenjenim pisavam dodaja cirilične črke; Yannisa Haralambousa, ki je s pisavo Omega Serif, izdelano za projekt Ω, za pisave z modularno potezo že izdelal znaten del tega, kar si je projekt zastavil; ter Wadalab Kanji Committee, ki je v začetku devetdesetih let izdelal in izdal nabor japonskih pismenk. Natančnejši pregled zbranega gradiva je na voljo na spletni strani projekta, <http://www.freesoftware.fsf.org/freetype/resources.html>.



Slika 2: Zgled metričnih informacij o nekaterih znakih iz pisave Free Serif, kot jih dá program PfaEdit.

Trenutno stanje projekta je predstavljeno v preglednici 1. Če stanje na kratko povzamemo, je trenutno največ opravljenega v zahodnih alfabetskih pisavah – latinica, cirilica, grška in hebrejska pisava – pri čemer je podpora za koptske in starocerkvenoslovanske znake še pomankljiva, delno celo neobstoječa. Ob nejezikovnih pismenkah (matematični operatorji in drugi znaki) obstaja delna podpora za nekaj indijskih pisav, ki pa še ne zajema potrebnih ligatur.

#### 4.1. Dostopnost

Pisave, razvite pri projektu prostih unikodnih vektorskih pisav, so prosto dostopne na spletni strani strežnika Savannah, “valilnice projektov” projekta GNU, <http://savannah.gnu.org/projects/freetype/>.

Pisave, razvite v tem projektu, so dostopne skladno s pogoji splošnega dovoljenja za uporabo projekta GNU (GNU General Public License). Celotna pravna formulacija dovoljenja je dostopna na omenjeni strani, laično povedano pa to pomeni, da lahko pisave vsakdo brezplačno uporablja in razširja. Dovoljeno je tudi dopolnjevanje in spreminjanje pisav ter razširjanje le-teh, pod pogojem, da so tudi tako spremenjene različice dostopne pod enakimi pogoji.

#### 4.2. Načrti za prihodnost

Načrti za prihodnost so po eni strani usmerjeni v izboljševanje obstoječih pismenk, kot so denimo namigi (angl. *hints*) in spodsekavanje (*kerning*), po drugi pa v dopolnjevanje pokrivanja standarda ISO 10646. Kot kaže tabela 1, ostaja pri drugem še veliko dela. V oporo pri odločanju, kje se lotiti dopolnjevanja, so nam lahko mejniki “večjezične evropske podmnožice” (CEN, 2000), seveda pa so dobrodošli tudi prispevki avtorjev, ki lahko z reševanjem svojega specifičnega problema (npr. (Chastney, 1999)) pripomorejo k skupnemu projektu.

Zaradi svoje specifičnosti (ligature) so kot poseben izziv kažejo indijske pisave, ki jim bomo zato v prihodnjih letih verjetno namenili največ pozornosti. Iz več razlogov pa so razmeroma nizko na prioritetni lestvici vzhodnoazijske ideografske pisave: na voljo je že več pisav s kitajskimi oz. japonskimi pismenkami; standard ISO 10646/Unicode se zaradi obstoječih lokalnih standardov v tem delu sveta počasi uveljavlja, in ne nazadnje, dodajanje nekaj deset tisoč pismenk poveča datoteke s pisavami do mere, ko z današnjimi računalniškimi zmogljivostmi delo postane neudobno. Zadržna težava bo z naraščanjem računalniških zmogljivosti verjetno v nekaj letih odpravljena, in tedaj načrtujemo tudi vključitev teh znakov.

Projekt omogoča tudi raziskave tipografske narave. Skladno z zahodno tipografsko prakso<sup>2</sup> so pismenke pisav, ki ne razlikujejo med malimi in velikimi črkami (npr. hebrejska, tajska ali indijske pisave) zasnovane tako, da po višini niso enake ne malim, ne velikim latiničnim črkam, ampak so nekje vmes. Prvi rezultati kažejo, da lahko morebiti vse našteje pisave zasnujemo kot enako visoke (slika 2).

### 5. Zahvala

Zahvala gre seveda v prvi vrsti vsem avtorjem pismenk, ki so dovolili vključitev svojega dela v projekt prostih unikodnih vektorskih pisav. Našteti v abecednem vrstnem redu so to do zdaj: Berhanu Beyene, Prasad A. Chodavarapu, Valek Filippov, Shaheed R. Haque, Yannis Haralambous, Angelo Haritsis, Jeroen Hellingman, Maxim Iorsh, Mohamed Ishan, Manfred Kudlek, Harsh Kumar, Sushant Kumar Dash, Olaf Kummer, Jochen Metzinger, Anshuman Pandey, Hardip Singh Pannu, Thomas Ridgeway, Young U. Ryu, Virach Sornlertlamvanich, Sam Stepanyan, URW++

<sup>2</sup>Hebrejska tipografska praksa, po drugi strani, se loči od evropske in postavlja velike latinične črke enako velike kot hebrejske.

Design Development GmbH, Frans Velthuis in Wadalab Kanji Committee.

Projekt prostih unikodnih vektorskih pisav je s tem, da je omogočila gostovanje na “valilnici” prostih programskih projektov savannah.gnu.org, podprla Free Software Foundation iz Bostona, ZDA.

## 6. References

- Adobe Systems Incorporated. 1990. *Adobe Type 1 Font Format*. Addison-Wesley. Dosegljivo tudi na WWW: [http://partners.adobe.com/asn/developer/PDFS/TN/T1\\_SPEC.PDF](http://partners.adobe.com/asn/developer/PDFS/TN/T1_SPEC.PDF).
- Apple Computer, Inc. 1999. TrueType reference manual. Dosegljivo na WWW: <http://developer.apple.com/fonts/TTRefMan/>.
- Charles Bigelow in Kris Holmes. 1993. The design of a Unicode font. *Electronic Publishing*, 6(3):999–1015.
- CEN. 2000. Information technology – multilingual European subsets in ISO/IEC 10646-1. Tehnično poročilo CWA 13873:2000, Comité Européen de Normalisation, Technical Committee 304.
- Phil Chastney. 1999. An APL Unicode font. *Vector*, 16(1):75–85.
- Yannis Haralambous in John Plaice. 1994.  $\Omega$ , a  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  extension including Unicode and featuring Lex-like filtering processes. V: *EuroT<sub>E</sub>X Proceedings*, str. 154–167, Gdansk.
- Yannis Haralambous. 1999. From Unicode to typography, a case study: the Greek script. V: *Proceedings of 14th International Unicode Conference*, str. b.10.1–b.10.36, Boston.
- Georges Jean. 1994. *Pisava, spomin človeštva*. Mladinska knjiga, Ljubljana. Prevod Jožica Pirc.
- James Kass. 1998. Code2000. Dosegljivo na WWW: <http://home.att.net/~jameskass/>.
- Donald Erwin Knuth. 1986. *Computer modern typefaces*, zvezek E iz *Computers & Typesetting*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts.
- Microsoft Corporation. 2000. Arial Unicode MS. Dosegljivo na WWW: <http://office.microsoft.com/downloads/2000/aruniupd.aspx>.
- Microsoft Corporation. 2001. OpenType specification. Dosegljivo na WWW: <http://www.microsoft.com/typography/otspec/>.
- Emil Ruder. 1977. *Tipografija : priročnik tipografskega oblikovanja*. Partizanska knjiga, Ljubljana. Prevod Janez Suhadolc.
- Miles A. Tinker. 1963. *Legibility of Print*. Iowa State University Press, Ames.
- The Unicode Consortium. 2000. *The Unicode Standard Version 3.0*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts.
- Bror Zachrisson. 1965. *Studies in the legibility of printed text*. Almqvist & Wiksell, Stockholm.