

TARTU ÜLIKOOL  
Loodus- ja täppisteaduste valdkond  
Arvutiteaduse instituut  
Informaatika õppekava

**Mari-Liis Oruste**  
**Noodikirja teisendamine punktkirja**

**Bakalaureusetöö (9 EAP)**

Juhendaja: Sven Aller

Tartu 2017

## **Noodikirja teisendamine punktkirja**

### **Lühikokkuvõte:**

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on luua veebipõhine programm, mis teisendab noodikirja MusicXML-formaadist punktkirja. Lisaks antakse ülevaade sarnastest programmidest, veebikujunduse soovitudest, arvestades nägemispuutega inimeste vajadustega, ja reeglitest, mida rakendatakse noodikirja teisendamisel punktkirja.

### **Võtmesõnad:**

Punktkiri, noodikiri, kirjasüsteemide teisendus, nägemispuue

**CERCS:** P175 Informaatika, süsteemiteooria

## **Translating musical notation to braille**

### **Abstract:**

The goal of this Bachelor's thesis is to create a web-based application that translates musical notation in MusicXML format to braille. This thesis gives an overview of similar applications, recommendations to design websites for the visually impaired and rules of translating musical notation to braille.

### **Keywords:**

Braille, musical notation, converting writing systems, visual impairment

**CERCS:** P175 Informatics, systems theory

## Sisukord

Sissejuhatus .....	4
1. Noodikiri punktkirjas .....	5
1.1 Nägemispuudega inimesed .....	5
1.2 Punktkiri .....	5
1.3 Noodikiri.....	6
1.4 Noodigraafikaprogrammid ja MusicXML .....	6
1.5 Noodikirja teisendusprogrammid .....	6
GOODFEEL.....	6
Toccatà .....	9
MusicXML to Braille converter .....	10
2. Veebilehe kujundus .....	12
3. Programmi MusicDots kirjeldus .....	13
3.1 Programmi MusicDots kasutamine .....	13
3.2 Programmi MusicDots veebilehe kujundus.....	15
4. Programmi MusicDots tehniline lahendus .....	16
4.1 Noodikirja teisendusreeglid.....	16
Noodid ja pausid .....	16
Alteratsiooni- ja võtmemärgid .....	17
Taktimõõt, taktijooned ja lõpujoon .....	18
Dünaamika .....	18
Artikulatsioonimärgid .....	19
4.2 Duxbury teisendus .....	19
5. Edasised arendamisvõimalused.....	21
5.1 Punktkirja väljund paberil .....	21
5.2 Noodikirja teisenduste lisamine .....	21
Kokkuvõte .....	22
Viidatud kirjandus .....	23
Lisad .....	25
1. Duxbury teisenduse reeglid programmis MusicDots .....	25
2. Litsents .....	26

## Sissejuhatus

Maailma Terviseorganisatsiooni andmetel on maailmas üle 285 miljoni nägemispuudega inimest, nendest üle 39 miljoni on pimedad [1]. Braille' kiri ehk pimedate punktkiri on nende viis informatsiooni lugemiseks ja ülesmärkimiseks. See on rahvusvaheline reljeefne punktidest koosnev kiri, kus iga sümbol võib märkida tähte, numbrit, kirjavahemärki või ka tervet sõna.

Punktkirja oskus aitab kaasa pimedate iseseisvusele tänu kirjaoskuse suurenemisele. Braille' kirja abil saavad pimedad arendada oma kirjaoskust. Edward C. Bell ja Natalia M. Mino kirjutasid oma uurimustöös, et täiskasvanute seas, kes oskasid punktkirja, on tööhõive määra märgatavalt kõrgem [2]. Seetõttu on oluline alustada pimedate õpilaste haridust punktkirjas noores eas.

Üks suurematest takistustest Braille' kirja õppimisel on vähene ligipääs sobivale õppematerjalile punktkirjas [3]. Eriti keeruline on leida Braille' noodikirja muusikaõpetuse tarbeks, mistõttu parim viis saada muusikat punktkirjas on seda ise luua. Vastava punktkirja oskaja saab Braille' noodikirja luua vastava tark- ja riistvara abil, kuid punktkirja mitteoskaja vajab selleks translaatorprogrammi, mis teisendab tavalise noodikirja Braille' noodikirja.

Tavalist noodikirja teisendavad rakendused on saadaval, kuid neil on puudused, mis takistavad nende laialdast kasutamist. Sellest tekkis vajadus uue programmi järele, mis antud lõputöö raames ka loodi.

Töö esimeses peatükis uuritakse täpsemalt probleemi tausta. Seal seletatakse kasutatavaid mõisteid ja antakse ülevaate olemasolevatest teisendusprogrammidest koos nende eeliste ja puudustega. Teises peatükis kirjeldatakse antud lõputöö raames loodud programmi MusicDots kasutamist. Kolmandas peatükis seletatakse, milliste vahendite abil MusicDots programmi implementeeriti, kasutatud algoritmi ja teisendusreegleid. Neljandas peatükis kirjeldatakse nägemispuudega kasutajatele mugavate veebilehtede kujundamist ning viiendas programmi MusicDots edasistest arendusvõimalustest.

# 1. Noodikiri punktkirjas

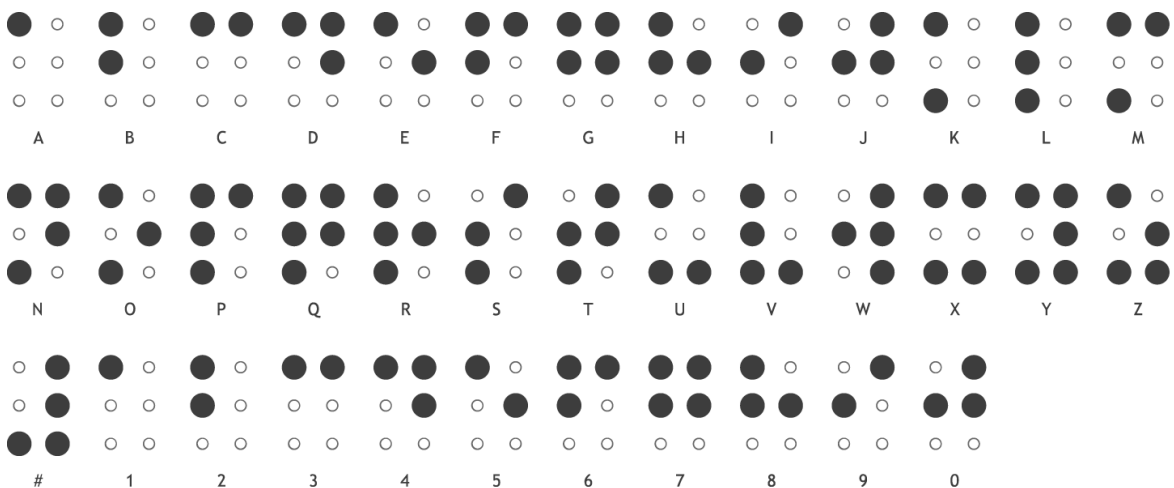
## 1.1 Nägemispuudega inimesed

Nägemispuue on inimese nägemisvõime osaline või täielik kadu. Üldiselt jagunevad nägemispuudega inimesed kahte rühma: vaegnägijad ja pimedad. Vaegnägijad on inimesed, kelle vaateväli on alla 60 kraadi ja nägemisteravus alla 0,3 [4]. Pimedad inimesed ei erista valgust. Mõlemad grupid kasutavad punktkirja.

## 1.2 Punktkiri

Punktkiri ehk Braille' kiri on rahvusvaheline reljeefne punktidest koosnev kiri nägemispuuetega inimestele. Sellise süsteemi aluseks on kuuspunkt, mille arendas välja Louis Braille aastatel 1825-1829. Kuuspunkt koosneb kolmest reast ja kahest veerust ehk kuuest lahtrist, kus igäühes neist võib esineda üks reljeefne punkt. Neid nummerdatakse vasakult alla 1, 2, 3 ja seejärel paremalt alla 4, 5, 6. Kokku on võimalik nende punktide abil moodustada 64 kombinatsiooni, kus iga moodustatud sümbol võib märkida tähte, numbrit, kirjavahemärki või ka tervet sõna. Saadud ühekohalisi sümboleid kombineeritakse omakorda, et kahe või kolme märgi abil oleks võimalik tähistada keerukamaid nägijate sümboleid.

Peamiselt kasutatava Braille' tähestiku süsteem rahvusvaheline ja võtab aluseks ladina tähestiku (joonis 1). Sellele lisanduvad sümبولid vastavalt keelele, näiteks Eesti tähestikus š, ž, õ, ä, ö, ü ja Inglise keeles lühendid [5].



Joonis 1. Punktkirja sümبولid [6].

Kuuspunkti kõrval on ka teine punktkirja süsteem, mis kasutab kaheksat punkti. Seda kutsutakse ka Gardner-Salinas Braille' kirjaks, kus 8-punktilise süsteemi abil on võimalik kirja

panna 256 sümbolit, mistõttu kasutatakse seda rohkem akadeemilistes tekstides. Antud töö käsitleb punktikirja kuuspunktsüsteemis.

### 1.3 Noodikiri

Noodikiri on sümbolite süsteem, mida kasutatakse muusika kirjapanekuks. Tänapäeval on üks peamisi meetodeid muusika ülesmärkimiseks partituur, mis kasutab viiejoonelist noodidjoonestikku. Selles on võimalik märkida noodivõtmeid, alteratsioonimärke, taktimõõtu, taktijooni, noote, pause, tempot, dünaamikat, artikulatsiooni, agoogikat ja palju muud. Antud töös kasutatakse mõistet “noodikiri” just partituuri formaadis noodikirja kohta.

Braille’ noodikiri on noodikirja märkimine punktikirjas. See kasutab samuti kuuepunktisüsteemi, kus pea kõik sümbolid omandavad tavalise punktikirjaga võrreldes teise tähenduse. Tavanoodikirjas märgitud muusikat on võimalik täielikult kirjutada ka punktikirjas [7], kuid enamasti ei teisendata tavalist noodikirja Braille’ noodikirja üksühese vastavusega. Täpsemad teisendusreeglid on välja toodud peatükis 4.1.

### 1.4 Noodigraafikaprogrammid ja MusicXML

Heliteoste kirjutamiseks arvutis kasutatakse peamiselt noodigraafikaprogramme ehk muusika notatsiooni programme. Nende rakenduste abil saab luua, muuta ja printida noodikirja. Uuemate noodigraafikaprogrammide abil on võimalik ka loodud muusikat kuulata. Mõned sellised programmid on Finale, Sibelius, Forte ja MuseScore.

Paljud muusika notatsiooni programmid kasutavad enda tarkvarale vastavat failiformaati, mis teeb muusika jagamise erinevate rakenduste kasutajate vahel keeruliseks. Selleks arendati välja failiformaat nagu NIFF (*Notation Interchange File Format*) ja samal otstarbel kasutati ka MIDI-formaati (*Musical Instrument Digital Interface*).

Tänapäeval kasutatakse muusika notatsiooni jagamiseks pigem MusicXML-formaati. See on XML-põhine failiformaat, mille esimene versioon tuli välja aastal 2014 ja mida kasutatakse nüüd üle 230 programmis [8, 9]. Kuna MusicXML on XML-põhine, on seda ka kerge osadeks jaotada, analüüsida ja muuta, mistõttu on seda hea kasutada parsimisprogrammides.

### 1.5 Noodikirja teisendusprogrammid

#### GOODFEEL

GOODFEEL on Dancing Dots firma pool loodud Braille’ noodikirja translaator, mille esimene versioon avaldati aastal 1997 [10, 11]. See on saadaval nii inglise, hispaania kui ka

saksa keeles. Programmi kasutamiseks on vajalik kasutada arvutit, mille operatsioonisüsteem on Windows. Sobivateks versioonideks on XP, Vista, 7 ja 10 (nii 32 kui ka 64-bitised versioonid).



Joonis 2. GOODFEEL rakendus [10].

Rakenduse töö sõltub ka teistest programmidest. GOODFEEL soovib kasutada ka Lime ja Cakewalk muusika notatsiooni programme, millest esimese abil on võimalik kirja panna tavalist noodikirja ja teise puhul Braille' noodikirja. Samuti soovib GOODFEEL kasutada ka optilise märgituvastuse programmi SharpEye [12].

Programmi GOODFEEL abil noodikirja teisendamiseks kolm peamist sammu.

1. Esimene samm on valikuline: skanneerida noodikiri rakendusega SharpEye
2. Noodikirja lisamine ja muutmine
  - a. Kui kasutaja on pime, soovib Dancing Dots kasutada programmi Cakewalk koos ekraanilugeri JAWS rakendusega, mis kasutab CakeTalking skripte, ja salvestada fail MIDI-formaadis.
  - b. Kui kasutaja on nägija, on soovitatav kasutada Lime notatsiooni programmi ja salvestada fail NIFF-failina.

3. Noodikirja teisendus: GOODFEEL rakenduse tööd on võimalik muuta isiklike eelistuste järgi, näiteks muutes tulemuse formaadi sätteid. Peale seda on vaja avada eelnevalt valminud noodikirja fail ja anda programmile käsk seda teisendada. Kui GOODFEEL leiab noodikirjas vigu, hoiatab rakendus kasutajat ning vajadusel peab kasutaja minema tagasi 2. sammu juurde ja noodikirja faili muutma programmis Cakewalk. Kui vigu ei leidu, on võimalik tulemust näha Braille' noodikirjas ekraanil või Braille' kuvaril. Tulemust on võimalik punktikirja printeri abil välja trükkida (joonis 2).

Dancing Dots tunnistab, et see GOODFEEL ei teisenda muusikat professionaali tasemel ja on mõeldud pigem nägijatest õpetajatele ja vanematele, kes soovivad vaegnägijale punktikirjas noodilehti valmistada [13]. Hetkel ei teisenda GOODFEEL veel:

- 1) laulusõnu;
- 2) akordide lühendeid;
- 3) noodipäid;
- 4) enam kui kahehäälsel pala;
- 5) muusikainstrumentidele spetsiifilisi märgistusi.

GOODFEEL rakendusel on lisaks tavalise noodikirja teisendamisele punktikirja ka järgnevad võimalused, mis annavad rakendusele eelised teiste programmide ees:

1. Pimedad kasutajad saavad saavad Braille' noodikirja luua ja analüüsida märksõnade ja helide abil [11].
2. GOODFEEL teisendab MIDI-, NIFF-, Lime- ja MusicXML-formaadis noodikirja.

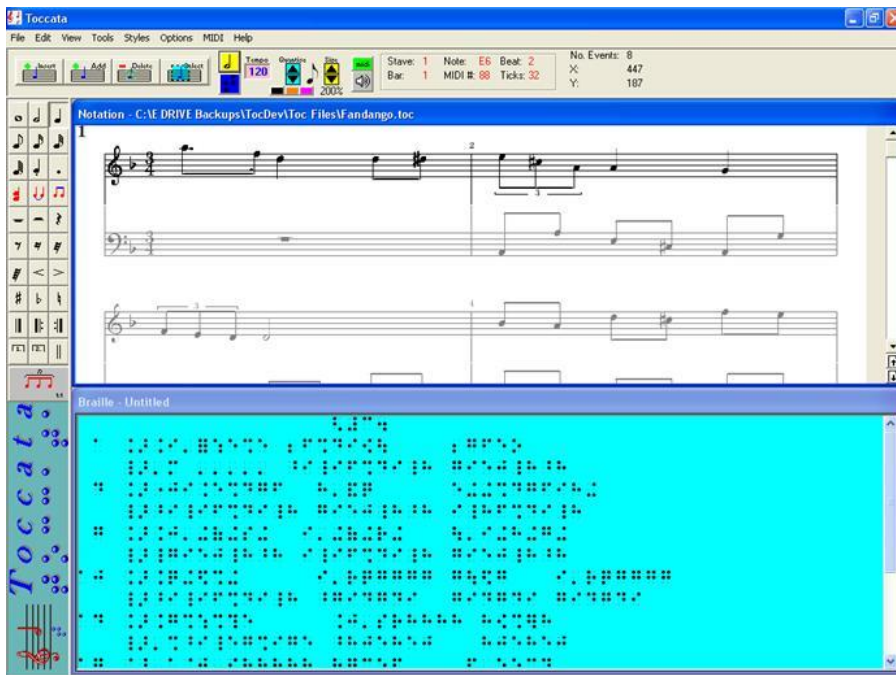
GOODFEEL programmil on ka olulised puudused. Üks suurim neist on sõltuvus teistest Dancing Dots firma poolt loodud programmidest. Neid saab osta GOODFEEL Standard paketti ostes, mis sisaldab endas programme GOODFEEL, Lime, Lime Aloud ja SharpEye 2. Antud paketi hind on üle \$1000 [14].

Pimedate kasutajate jaoks on oluliseks puuduseks see, et GOODFEEL ei toeta populaarseimat ekraanilugerit JAWS [15] alates versioonist 17 ühelgi Windowsi arvutil [16]. Dancing Dots kinnitab, et soovivad varsti lisada JAWS 17 toetuse, kuid see tuli välja aastal 2015 [17] ja hetkel on uusim versioon JAWS 18, mis tuli välja aastal 2016 [18]. See võib tähendada, et GOODFEEL programmi arendamist pole viimastel aastatel jätkatud.



## Toccata

Toccata Braille' muusika teisendusprogrammi arendas Austraalia firma Optek [19]. Selle rakenduse tööks on vaja arvutit, mille operatsioonisüsteem on Windows 98 või vanem. Uue-  
mate operatsioonisüsteemide kohta andmed puuduvad ning programmist puudub Mac OS X versioon. Toccata eeldab ka, et kasutajal on olemas optiline märgituvastusprogramm SharpEye 2 [19].



Joonis 3. Toccata programmi vaade [19].

Toccata abil noodikirja teisendamise protsess on järgnev:

1. Esimene samm on valikuline: skanneerida noodikiri rakendusega SharpEye
2. Noodikirja lisamine ja muutmine:
  - a. Kui kasutaja on pime, saab ta noote sisestada punktikirja klaviatuuri abil.
  - b. Kui kasutaja on nägija, saab ta noote sisestada vastavatele notatsiooniikoonidele vajutades.
3. Tavalise noodikirja teisendus punktikirja: Toccata teisendab Braille' noodikirja MIDI- ja NIFF-faile. Programmil on kaks viisi noodikirja teisendamiseks. Esimene neist, täistõlge (ingl *Full Translation*) teisendab kogu noodikirja korraga (joonis 3) ja teine, vahetu tõlge (ingl *Immediate Translation*) teisendab nägijate noodikirja punktikirja kohe, kui see Toccata noodilehele lisatakse. Tulemust on võimalik Toccata programmi abil Braille' printeri abil paberil väljastada.

Toccata programmil on palju eeliseid võrreldes sarnaste rakendustega.

1. Toccata on sõltumatu teistest programmidest, sest tavalise noodikirja loomiseks, muutmiseks ja teisendamiseks punktkirja on vaja vaid ühte rakendust.
2. Teisenduse protsessi saab vajadusel jälgida iga sümboli sisestamisel vahetu tõlke funktsiooni abil ning teisendusi saab võrrelda takthaaval.
3. Toccata võimaldab kuni 16-häälse muusika taasesitust.

Toccata rakenduse peamine puudus on see, et antud programm üsna vana. Viimati uuendati seda programmi aastal 2002, mis tähendab, et see projekt on arvatavasti lõppenud [20]. See tähendab, et suure tõenäosusega ei tule juurde toetust Mac OS X operatsioonisüsteemidele ega ka MusicXML-failide teisendust. Toccata programm on ka tasuline, makstes vähem kui \$1000, kuid ostule lisatakse kaasa SharpEye noodituvastusprogramm [21].

### MusicXML to Braille converter

MusicXML to Braille converter on tasuta veebipõhine programm (joonis 4), mida arendas muusika notatsiooni rakenduse MuseScore kaasasutaja Nicolas Froment [22].

### MusicXML to Braille converter

Pick a MusicXML file on your disk and press "Convert to Braille", you'll be prompted to download a text file if the conversion is successful.

No file chosen  
Columns per line (page width):   
Lines per page:   
 ▾

Powered by [Freedots](#) by Mario Lang  
Edit your MusicXML with [MuseScore](#), the free score editor.  
Contact me :  or [@lasconic](#)

Joonis 4. MusicXML to Braille converter.

Konverter eeldab, et kasutajal on teisendamist vajav noodikiri MusicXML-failina olemas.

1. Kasutaja peab arvutist valima sobiva XML-faili ja esitama selle programmile.
2. Vajadusel on võimalik muuta väljundi formaati, muutes väljastatava tekstifaili laiust ja ridade arvu lehel, ning failitüüpi järgmiste võimalustega:
  - a. Unicode braille (txt),

- b. Braille ASCII (brf),
  - c. Annotated braille (html).
3. Kasutaja annab käsu programmil noodikiri teisendada ja selle õnnestumise korral saab tulemuse veebilehelt alla laadida.

Antud konverteri eelisteks on peamiselt selle lihtsus ja kättesaadavus. Programm asub veebilehel [22] ning selle kasutamine ei ole tasuline ega sõltu teiste rakenduste arendusjärgust seniks, kuni kasutajal on olemas korrektne XML-fail.

Selle projekti üks suurimaid puuduseid on korrektsete kasutajasõbralike veateadete puudumine. Kui programmile esitada vale failitüübiga fail, ei tee programm midagi. Kui aga esitada liiga suur või keerukas fail, näeb kasutaja tulemusena veateadet uuel lehel, kus on kirjas, et serveris esines viga, mistõttu ei suudetud täita kasutaja päringut, kuid ei anna teada, kus tekkis probleem faili teisendamisel. Samuti on programmil probleeme teisendusreeglitega; antud programm ei teisenda dünaamikat ja märgib täispausi vale punktkirja sümboliga.

## 2. Veebilehe kujundus

Veebilehe loomisel, mis arvestaks nägemispuudega inimeste vajadustega, tuleb lähtuda mitmetest kujundusreeglitest.

Pimedad kasutavad tihti peale veebileheküljel orienteerumiseks hiire asemel klaviatuuri ja ekraanilugerit. Ekraaniluger on tarkvara, mis võimaldab kasutajal teada, mis on ekraanil kirjas kõnesüntesaatori või Braille' kuvari abil. See tähendab, et pimedad sõltuvad lehekülje uurimisel peamiselt tekstist, mistõttu on oluline, et lehe mitte-tekstilise sisu puhul on pimedatele kasutajatele pakutud ka alternatiiv sisu mõistmiseks ja kasutamiseks. Web content accessibility guidelines [23] pakub välja lahendusi, kuidas seda teha. Lehel oleva video puhul on soovitatav lisada seda kirjeldav tekst või audiofail ja nupul peab olema täpne nimi, millel on kirjas selle funktsioon. Pildi puhul on sellele võimalik lisada selle alla pealkiri ja ekraanilugeri jaoks kirjeldus, mis jääb nägijatele nähtamatuks, kuid seda pole vaja teha elementide puhul, mille eesmärk on vaid lehekülge kaunistada.

Nii pimedatele kui ka vaegnägijatele on oluline veebilehel oleva teksti pikkus ja asetus. Hoiduma peaks liiga suure hulga teksti elemendi panemisest ühele lehele, sest ekraanilugeri, mida võivad kasutada ka vaegnägijad, loevad seal olevat teksti kogu pikkuses. Parem on pikkade artiklite puhul kasutada eraldi lehekülge. Samuti on soovitatav tõsta olulisem tekst lehe algusesse ja vähemolulisem lehe lõppu.

Vaegnägijate puhul on oluline ka veebilehe visuaalne kujundus. Lehekülje nägemist võivad kahjustada tegurid nagu värvipimedus, katarakt, glaukoom ja vanusest tingitud nägemishäired. Seetõttu on AFB (Ameerika pimedate ühing, inglise keeles *American Foundation for the Blind*) välja toonud soovitusi, kuidas parandada kirja loetavust [24]. Teksti soovitatavas vormistuses on kirja suurus minimaalselt 16 punkti ja font, milles on kergesti äratuntavad tähed. Hoiduma peab kaldkirjast või ainult suurtähtede kasutamisest, mis võib teksti lugemise teha keerulisemaks. Tekstis kasutatavad värvid peavad olema võimalikult suure kontrastis lehekülje taustavärviga. Üldjuhul kasutatakse selleks valget või helekollast tausta ja musta kirja, kuid parem on kasutada tumedat tausta ja heledat kirja. Eelnevalt ülesloetletud omadusi on soovitatav kasutada kõikidel veebilehtedel, mis on mõeldud nägemispuuetega kasutajatele.

### 3. Programmi MusicDots kirjeldus

Käesolev peatükk annab ülevaate antud bakalaureusetöö raames loodud teisendusprogrammi MusicDots kasutamisest ja nõuetest [25, 26]. Selle konverteri töö jaoks on vaja vaid veebibrauserit ega eelda rakenduse installeerimist. Küll aga eeldab programmi kasutamine, et kasutajal on MusicXML-fail, mille saab luua noodigraafikaprogrammi abil.



Joonis 5. Programmi MusicDots veebilehe vaade enne sisendit.

#### 3.1 Programmi MusicDots kasutamine

Esmalt tuleb programm avada veebibrauseris. Antud projekt asub üheleheküljelisel veebisaidil, millel on kaks nuppu (joonis 5). Vasakpoolse nupu abil on võimalik valida lokaalne fail, mida saab üles laadida parempoolse nupuga. Esitatav XML-fail peab olema kuni 1 MB suurune ja selles kirjas olev noodikiri peab olema ühehäälnene. Programmi nõuetele vastava fail teisendatakse Braille' noodikirja peale sisendi esitamist (joonis 6). Juhul kui esitatakse

fail, mille suurus on üle 1 MB suurune või vale failitüübiga, ilmub lehekülje ülaossa veateade, mis seletab, miks antud fail teisenduseks ei sobi.



Joonis 6. Programmi MusicDots veebilehe vaade peale korrektse sisendfaili esitamist.

Juhul kui programm on sisendiks saanud korrektse faili, ilmub teisendatud Braille' noodikiri lehekülje ülaossa. Kui teisendusprogramm leiab MusicXML-failis vigu või probleemseid sümboleid, on veateade kirjas punktkirja tulemuse sees. See annab kasutajale parema võimaluse leida vea asukoht kui eraldiseisev veateade. Veaks võib lugeda:

1. nooti või pausi, mille pikkus ei vasta ühelegi teisendusreeglile;
2. oktaavi tähistamist ebakorrektse numbriga;
3. taktimõõtu, mille ülemine või alumine osa ei vasta ühelegi teisendusreeglile.

Braille' noodikirja väljundi alla ilmub ka järgmine rida Duxbury teisendusega, mida saab kasutada Braille' noodikirja paberile trükkimiseks. Duxbury teisenduse reas on MusicDots programm punktkirja sümbolid teisendanud tavalisteks tähtedeks ja teisteks sümboliteks, mida saab esitada rakendusele Duxbury DBT [27]. Duxbury programm teisendab antud rea omakorda tagasi punktkirjaks ja võimaldab seda ka Braille' printeril välja trükkida. Lähemalt on Duxbury programmi tööd ja teisendusi kirjeldatud peatükis 4.2.

## 3.2 Programmi MusicDots veebilehe kujundus

Programmi MusicDots veebilehe disainimisel on arvestatud vaegnägijate vajadustega. Leheküljel olev tekst on tähtsuse järjekorras. Enne faili programmi sisestamist on veebilehe alguses kirjas programmi nimi ja juhised, millele järgneb sisendi esitamise vorm ja viimasena lühike seletus väljundist ja MusicXML-failiformaadist. Peale faili üleslaadimist ilmub teisenduse tulemus akna ülaossa, mille abil on võimalik paremeni eristada väljundit ülejäänud lehe sisust nii pimedatel ekraanilugeri abil kui ka vaegnägijatel.

Teisendusprogrammi on võimalik kasutada ka vaid klaviatuuri abil, mis teeb veebilehe kasutamise kergemaks pimedatel. Vaegnägijate jaoks on kasutatava tavateksti suurus kuni 30 punkti ja nuppudel 35 punkti, et seda oleks kergem näha. Samuti on selleks kasutatud musta tausta ja helekollast kirja teksti suurema kontrastuse lisamiseks ja Arial fonti tähtede kergeks eristamiseks.

## 4. Programmi MusicDots tehniline lahendus

Programm on loodud veebilehena, et see oleks kergesti ligipääsetav kõikidele, kes seda soovivad. Programmi loomisel on kasutatud programmeerimiskeelt PHP, märgenduskeelt HTML ja laadilehti CSS. HTML-i abil on programmi lisatud failide üleslaadimine ja PHP-s on realiseeritud algoritm, mille abil töödeldakse esitatud faile. Iga teisendatava faili korral kontrollib programm esimesena, kas tegu on õige failitüübiga, ja seejärel teeb kindlaks faili suuruse. Kui fail on programmi jaoks korrektne, algab faili teisendamine, mis toimub ridahaaval algusest lõpuni. Programm otsib failist MusicXML-failile omaseid märgendeid, mille leidmisel rakendatakse sellele vastavat teisendusreeglit. Kõik reeglid ja vastavused põhinevad punktikirja käsiraamatu [5] õpetustel, kui ei ole kirjas teisiti.

### 4.1 Noodikirja teisendusreeglid

#### Noodid ja pausid

Noot on noodikirja sümbol, mis tähistab heli kõrgust ja vältust. MusicXML-failis on noodi juurde märgitud (joonis 7):

1. aste (*step*);
2. alteratsioonimärk (*alter ja accidental selle olemasolul*);
3. oktav (*octave*);
4. pikkus (*duration*).

```
<note default-x="135.71" default-y="-35.00">
  <pitch>
    <step>F</step>
    <alter>1</alter>
    <octave>4</octave>
  </pitch>
  <duration>1</duration>
  <voice>1</voice>
  <type>16th</type>
  <accidental>sharp</accidental>
  <stem>up</stem>
  <beam number="1">end</beam>
  <beam number="2">end</beam>
</note>
```

Joonis 7. Noodi märgendamine MusicXML-failis.

Paus on noodikirjas märk, mis tähistab vaikust. Erinevalt noodist märgitakse pausi juures MusicXML-s lisaks asukohale vaid selle pikkus.



Eesti Braille' muusikas on noodi omaduste tähistamise järjekorras esimesena oktav, seejärel alteratsioonimärk, noodi aste koos pikkusega ja lõpuks noodi esitusviis. Nendest on alati vaja märkida vaid noodi aste ja pikkus. Noodiga ei pruugi alati kaasas käia alteratsioonimärki ega tähistatud esitusviisi. Oktavit tuleb märkida vaid kahel juhul: teose esimese noodi alguses ning olukorras, kus käesoleva ja eelneva noodi vahe on üle kvindi [5]. Eelnevat on vaja nootide meloodia arvestuseks. Kui kahe noodi vahele jääb paus, tuleb endiselt võrrelda kahe noodi intervalli, sest pausi ei loeta meloodia katkestuseks.

Antud teisendusprogramm teisendab noote ja pause pikkustega veerand, pool, täis, kaheksandik, kuueteistkümnendik. Nii nootide kui ka pauside puhul kasutatakse kuueteistkümnendikpikkust tähistavaid sümboleid ka täispikkuse tähistamiseks [5]. Samuti on programmis olemas teisendusreeglid kõikidele oktavitele ja nootide heliastmetele.

### Alteratsiooni- ja võtmemärgid

Nii alternatsiooni- kui ka võtmemärk tähistab noodikirjas märki, mis muudab noodi kõrgust poole või rohkema tooni võrra. Tuntuimad neist on diees, bemoll ja bekarr. Nende erinevus seisneb nende asukohas noodikirjas: alteratsioonimärgid esinevad noodi ees, võtmemärk noodivõtme järel. Noodi ees olevaid märke teisendab konverter noodi omaduse *accidental* abil (joonis 7).

```
<attributes>
  <divisions>4</divisions>
  <key>
    <fifths>6</fifths>
  </key>
  <time>
    <beats>3</beats>
    <beat-type>8</beat-type>
  </time>
  <clef>
    <sign>G</sign>
    <line>2</line>
  </clef>
</attributes>
```

Joonis 8. Noodikirja üldiste omaduste märgendamine MusicXML-failis.

Võtmemärke tähistatakse MusicXML-s märgendiga *fifths* (joonis 8), kus positiivne arv tähistab dieeside ja negatiivne arv bemollide arvu. Kui muusikateos kasutab võtmemärke, on need Braille' noodikirjas märgitud esimesena. Selliseid märke on võimalik teisendada kahel viisil. Esimese juhul märgitakse iga võtmemärgile vastav punktkirja märk. Näiteks kahe

dieesi puhul kirjutatakse kaks dieesi märki. Teisel juhul märgitakse kuni kahe võtmemärgi puhul nagu esimeses meetodis. Kui aga võtmemärkide arv on üle kahe, tähistatakse seda kahe sümboli abil, millest esimene on võtmemärkide arv ja teine võtmemärgi tüüp. Näiteks viie bemolli puhul kasutatakse märke „viis“ ja „bemoll“. Lõputöös valminud programm kasutab nendest teist meetodit.

### **Taktimõõt, taktijooned ja lõpujoon**

Heliteost jagatakse osadeks, mida nimetatakse taktideks. Viimane taktijoon on märgitud punktikirjas alati lõpujoonega. Taktide pikkuse määramiseks kasutatakse taktimõõtu. Taktimõõt kirjutatakse Braille' noodikirjas peale võtmemärke ja kui neid ei esine, siis esimesena [5]. Lõputöö programm kasutab taktide arvestuseks ka MusicXML-formaadis heliteose *divisions* omadust. See atribuut määrab teose aluseks võetava neljandiknoodi jagamiste arvu sarnaselt MIDI-failidele [28]. Saadud jagamiste arvu kasutatakse hiljem nootide ja pauside pikkuste arvutamisel. Ühe takti pikkust saab avaldada valemiga

$$takti\ pikkus = \frac{löökide\ arv * divisions * 4}{löögi\ vältus},$$

kus löökide arv taktis on märgitud taktimõõdu ülemise numbri abil ja alumine osa arv tähistab, milline vältus vastab ühele löögile. Kuna taktide arvestamiseks on programmis vaja taktimõõtu, ei tähistata taktijooni teosel, millel puudub taktimõõt. Antud juhul on erandiks lõputaktijoon, mis esineb iga noodikirja lõpus.

### **Dünaamika**

Muusikateostes tähistatakse heli tugevust dünaamikamärkide abil. Nendes levinumad on:

- pp – *pianissimo* ehk väga vaikselt
- p – *piano* ehk vaikselt
- mp – *mezzo piano* ehk poolvaikselt
- mf – *mezzo forte* ehk poolvaljult
- f – *forte* ehk valjult
- ff – *fortissimo* ehk väga valjult

Samu märke kasutab ka MusicXML-formaat, kus näiteks *piano* on kirjas viisil, mis on näha joonisel 8.

```

<dynamics>
... <pp/>
</dynamics>

```

Joonis 8. Dünaamika märgendamine XML-failis.

Ülesloetletud dünaamika tähistusi teisendab ka antud programm MusicDots.

### Artikulatsioonimärgid

Teisendusprogramm teisendab ka kahte tuntud artikulatsioonimärki. Üks neist on *staccato*, mille abil tähistatakse, et noot on teistest nootidest teravalt eraldatud. Teine muusika esituse viis on *legato* ehk mitme noodi mängimine seotult. Selle algust ja lõppu märgitakse vastavate nootide lõpus. Sümbolite kasutus Braille' noodikirjas oleneb *legatoga* ühendatud nootide arvust: kuni kolme noodi vahelist ühendust märgitakse kolme sümboli abil [16] ning nelja ja enama noodi ühendust märgitakse nelja sümboli abil (tabel 1).

Tabel 1. Legato märkimine punktikirjas [5].

kahe noodi vahelise legato algus		14	
kahe noodi vahelise legato lõpp		14, 14	
nelja ja enama noodi (akordi) legato algus		56, 12	
nelja ja enama noodi (akordi) legato lõpp		45, 23	

## 4.2 Duxbury teisendus

Kui programm MusicDots suutis teisendada MusicXML-faile Braille' noodikirja, üritati seda tulemust trükkida paberile. Selgus, et peamiselt kasutatav punktikirja trükkimist võimaldav rakendus Duxbury DBT: Braille Translation Software programm (edaspidi Duxbury programm) [27] ei ühildu MusicDots programmiga. Selle tarkvara abil on võimalik teisendada tavakiri punktikirja ning tulemus spetsiaalse Braille' printeriga välja trükkida. See on ka ainus viis TEK-s punktikirja trükkimiseks. Probleem seisneb selles, et Duxbury programm ootab sisendiks alati kas tavateksti või punktikirja, millest vaid esimest on võimalik

kopeerida ja kleepida rakenduse aknasse. Seetõttu ei olnud võimalik kopeerida translaatori punktkirjalist väljundit Duxbury programmi.

Probleemi lahendusena on programmi lisatud Duxbury teisendus, mis teisendab Braille' noodikirja tavakirjaks. Duxbury teisenduse abil on võimalik antud väljund sisestada Duxbury programmi, see taaskord punktkirja teisendada ning tulemus seejärel paberil välja trükkida. Duxbury teisenduse reeglid on kirjeldatud lisa 1, kuid need pole täielikud. Kolmel sümbolil vasted puuduvad, sest tavakirjas ei leidu sümboleid nende tähenduste märkimiseks. Näiteks sümbol „ :“ tähistab punktkirjas kaldkirja.

Peale programmile Duxbury teisenduse lisamist selgus, et Duxbury programmi teisendusreeglid erinevad reeglitest, mis on kirjas „Eesti punktkirja käsiraamatus“. Mõne teisenduse puhul asendati üks tavakirja sümbol mitme punktkirja märgiga. Eelnevate põhjuste tõttu peab kasutaja alati Duxbury programmi teisenduse tulemust ise kontrollima ja kohandama enne selle välja trükkimist.

## 5. Edasised arendamisvõimalused

### 5.1 Punktkirja väljund paberil

Kõige suurem probleem, mis vajab antud programmi MusicDots töö juures lahendamist, on punktkirja väljundi trükkimine paberile.

Üks võimalikest lahendustest võib olla eestikeelse Duxbury teisenduse asendamine muukeelse teisendusega, mille abil võivad kõik Braille' sümbolid omandada ühe tähenduse, kus ka Duxbury programm teisendab ühe nägija kirja sümboli täpselt ühe punktkirja sümboliga. See tähendab, et lõplik väljund Duxbury rakenduse aknas on korrektne ning saadud punktkirja on võimalik Duxbury programmi abil paberile trükkida.

Alternatiivne lahendus saab olla MusicDots programmi muutmine veebõhisest programmist allalaetavaks tarkvaraks ja sellele lisada Braille' printeri trükkimise käsklus.

### 5.2 Noodikirja teisenduste lisamine

Teisendusprogrammi on võimalik lisada palju teisendusreegleid. Nende hulka kuuluvad keerulisemad ja vähemkasutatavad märgistused, mis antud rakendustes ei kasutata, kuna neid on projekti sihtgrupile liiga vara õpetada. Nendeks märkideks on näiteks *segno* ja (*agogic*) *accent*. Lisaks on oluline, et teisendusprogramm toetaks tulevikus edasijõudnud õpilaste jaoks mitmehäälsust ja akorde.

Samuti on võimalik lisada dünaamika märgistused *ppp* (*piano pianissimo* ehk võimalikult vaikselt) ja *fff* (*forte fortissimo* ehk võimalikult valjult), mille teisendusreeglid punktkirja käsiraamatus [5] puuduvad.

Programmis puuduvad noodivõtmete teisendused, mis on vähemtähtsad. Nägijatest muusikutel aitavad viuli- ja bassivõti määrata nootide astet, kuid Braille' muusikas kasutatakse selleks oktavite ja noodiastmete süsteemi. Noodivõtmeid teisendatakse siis, kui tulemuses on oluline võimalikult tavanoodikirjaga sarnane teos.

## **Kokkuvõte**

Töös uuriti nägemispuuetega inimeste kohta, nende kasutatavast punktkirjast ja noodikirjast. Samuti kirjutati noodigraafikaprogrammidest ja neis kasutatavate failitüüpide kohta. Lisaks kirjeldati olemasolevat tarkvara, mis teisendab tavalise noodikirja Braille' noodikirja. Programmide juures kirjeldati nende kasutamist ning toodi välja nende eelised ja puudused. Tulimusena leiti, et on vajadus luua uus noodikirja teisendav programm.

Selle bakalaureusetöö raames loodud uue programmi arendamisel üritati hoiduda sarnaste programmide vigade kordamisest. Programmi noodikirja teisendusreeglite lisamisel järgiti punktkirja käsiraamatut. Veebilehe kujundamisel arvestati vaegnägijate ja pimedate vajadustega. Töö käigus valmis veebipõhine programm MusicDots.

## Viidatud kirjandus

- [1] Global data on visual impairments 2010. <http://www.who.int/blindness/GLOBALDATA-FINALforweb.pdf> (11.05.2017)
- [2] Bell E., Mino N. Employment Outcomes for Blind and Visually Impaired Adults. <https://nfb.org/images/nfb/publications/jbir/jbir15/jbir050202.html> (11.05.2017)
- [3] Punktkiri – Eesti Pimedate Liit. <http://www.epr.ee/sisu/index.php?id=60> (11.05.2017)
- [4] Nägemispuue – Eesti Pimedate Liit. <http://pimedateliit.ee/info/nagemispuue/> (11.05.2016)
- [5] Nellis A., Tars I., Kutsar K., Lõvi M., Trofimova J. Eesti punktkirja käsiraamat. (Tartu: Eesti Keele Sihtasutus. 2012.)
- [6] The Braille Alphabet – PharmaBraille. <https://www.pharmabraille.com/pharmaceutical-braille/the-braille-alphabet/> (11.05.2017)
- [7] Nellis A., Tars I., Kutsar K., Lõvi M., Trofimova J. Braille noodikiri – Eesti punktkirja käsiraamat. <http://www.tek.tartu.ee/punktkiri/index.html#!brailleNoodikiri> (11.05.2017)
- [8] Version History – MusicXML. <http://www.musicxml.com/dolet-plugin/dolet-6-plugin-for-sibelius-5-1-and-later/version-history/> (11.05.2017)
- [9] Software – MusicXML. <http://www.musicxml.com/software/> (11.05.2017)
- [10] GOODFEEL Braille Music Translator: Braille Music Converter – Dancing dots. <http://www.dancingdots.com/main/goodfeel.htm> (11.05.2017)
- [11] Making Music Accessible. <http://sunriseresearch.org/WebContentAccessibility/AccessibleContentDevelopment/music.html> (11.05.2017)
- [12] Creating Braille Music with GOODFEEL. <http://www.dancingdots.com/main/gfblindproc.htm> (11.05.2017)
- [13] GOODFEEL's Capabilities. <http://www.dancingdots.com/main/goodfeelcap.htm> (11.05.2017)
- [14] GOODFEEL configuration for sighted users. <http://dancingdots.com/main/sighted-sample.htm> (11.05.2017)
- [15] WebAIM: Screen Reader User Survey #6 Results. <http://webaim.org/projects/screen-readersurvey6/> (11.05.2017)

- [16] Isiklik vestlus Vello Vardiga (10.04.2017)
- [17] Enhancements and Improvements in JAWS 17. <http://www.freedomscientific.com/Downloads/JAWS/Jaws17Features> (11.05.2017)
- [18] Freedom Scientific Releases JAWS 18. <https://www.freedomscientific.com/About/News/Article/173> (11.05.2017)
- [19] Toccata. <http://www.opteksystems.com.au/toccata.htm> (11.05.2017)
- [20] Toccata Braille Music Transcription Program. <http://www.music-notation.info/en/software/Toccata.html> (11.05.2017)
- [21] PRESS RELEASE 6: Toccata Braille Music Translator Now Available from Opus Technologies. <http://www.opustec.com/press/press6.html> (11.05.2017)
- [22] MusicXML to Braille <http://musicxml2braille.appspot.com/> (11.05.2017)
- [23] Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0. <https://www.w3.org/TR/WCAG20/> (11.05.2017)
- [24] Tips for Making Print More Readable – American Foundation for the Blind. <http://www.afb.org/info/reading-and-writing/making-print-more-readable/35> (11.05.2017)
- [25] MusicDots. <http://prog.keeleressursid.ee/musicdots/> (11.05.2017)
- [26] MusicDots lähtekood <https://github.com/mariliisoruste/MusicDots/> (11.05.2017)
- [27] Braille Translation Software from Duxbury Systems. <http://www.duxburysystems.com/> (11.05.2017)
- [28] Attributes – MusicXML. <http://www.musicxml.com/tutorial/the-midi-compatible-part/attributes/> (11.05.2016)



## Lisad

### 1. Duxbury teisenduse reeglid programmis MusicDots

Unicode	Vaste	Uniceode	Vaste	Unicode	Vaste
&#x2800;		&#x2816;	!	&#x282c;	§
&#x2801;	a	&#x2817;	r	&#x282d;	x
&#x2802;	;	&#x2818;	~	&#x282e;	ž
&#x2803;	b	&#x2819;	d	&#x282f;	&
&#x2804;	.	&#x281a;	j	&#x2830;	
&#x2805;	k	&#x281b;	g	&#x2831;	š
&#x2806;	:	&#x281c;	ä	&#x2832;	
&#x2807;	l	&#x281d;	n	&#x2833;	ü
&#x2808;	@	&#x281e;	t	&#x2834;	)
&#x2809;	c	&#x281f;	q	&#x2835;	z
&#x280a;	i	&#x2820;	'	&#x2836;	=
&#x280b;	f	&#x2821;	\\	&#x2837;	[
&#x280c;	/	&#x2822;	?	&#x2838;	
&#x280d;	m	&#x2823;	õ	&#x2839;	%
&#x280e;	s	&#x2824;	-	&#x283a;	w
&#x280f;	p	&#x2825;	u	&#x283b;	ï
&#x2810;	'	&#x2826;	(	&#x283c;	#
&#x2811;	e	&#x2827;	v	&#x283d;	y
&#x2812;	:	&#x2828;		&#x283e;	]
&#x2813;	h	&#x2829;	√	&#x283f;	∞.
&#x2814;	*	&#x282a;	ö		
&#x2815;	o	&#x282b;	\$		

## 2. Litsents

### **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, **Mari-Liis Oruste**,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose **Noodikirja teisendamine punktkirja**, mille juhendaja on Sven Aller,
  - 1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
  - 1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **17.05.2017**