

TARTU ÜLIKOOL
Arvutiteaduse instituut
Informaatika õppekava

Matias Jürgenson
Veebipõhine eestikeelne sõnamäng Scrabble
Bakalaureusetöö (9 EAP)

Juhendaja:
Sven Aller, MSc

Tartu 2025

Veebipõhine eestikeelne sõnamäng Scrabble

Lühikokkuvõte:

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk oli luua veebipõhine implementatsioon sõnamängust Scrabble, kus kasutaja saab anda programmile teema sõna kujul, mille põhjal sõnastik genereeritakse. Veebirakenduse jaoks seadistati koduserver, loodi programmiliides etteantud teemal sõnade genereerimiseks ja tehisintellektiga vastane, kelle vastu mängida. Samuti saab keele õppimise eesmärgil mängija vaadata mängulaual olevate sõnade tähendusi.

Võtmesõnad: EstNLTK, TI, eesliides, Svetle, GitHub Pages, Python

CERCS: P175 Informaatika, süsteemiteooria

A Web-Based Estonian Version of the Word Game Scrabble

Abstract:

The aim of this bachelor's thesis was to create a web-based implementation of the word game Scrabble where the user can either enter their own dictionary or let the program generate it by giving it a word. A home server was set up for the web application, a programming interface was created to generate wordlists, and an artificial intelligence opponent was made for the player to play against. Additionally for learning the language, the player can look up the meanings of the words on the game board.

Keywords: EstNLTK, AI, front-end, Svetle, GitHub Pages, Python

CERCS: P175 Informatics, systems theory

Sisukord

Sissejuhatus.....	5
Kasutatavad mõisted ja terminid.....	6
1. Sõnamängud keele õppimiseks	8
1.1 Sõnamängu liigid	8
1.2 Scrabble.....	8
1.2.1 Letter League	10
1.2.2 Eestikeelsed Scrabble mängud.....	10
2. Teema genereerimisega eestikeelne Scrabble mäng	12
2.1 Veebipõhise Scrabble sõnamängu nõuded.....	12
2.2 Eeltöötlus	13
2.3 Mängu alustamise töövoog	13
2.3.1 Teemade genereerimise algoritm.....	14
2.3.2 Tähekoti genereerimine	14
2.3.3 Mänguleht	15
2.3.4 Sõnade kontroll ja punktide arvutamine	16
2.3.5 DAWG ja tehisintellektse vastase algoritm	16
3. Tehnilised vahendeid ja lahendused	18
3.1 Svelte.....	18
3.2 TypeScript.....	19
3.3 EstNLTK ja Wordnet.....	19
3.4 Veebirakenduse majutamine	20
3.4.1 Cloudflare	22
3.4.2 Docker.....	22
3.4.3 Nginx veebiserver	22
4. Valminud veebirakendus	24
5. Tagasiside ja võimalikud edasiarendused	29
5.1 Tagasiside	29
5.1.1 Tehniline pool	29
5.1.2 Kasutamise mugavus	29
5.1.3 Disain	30
5.2 Edasiarendused	30
Kokkuvõte.....	31

Viidatud kirjandus.....	32
Lisad.....	35
Lisa I. Mängu alustamise töövoog	35
Lisa II. Sõnade kontroll.....	36
Lisa III. TI käik	37
Litsents.....	38

Sissejuhatus

Keel ei ole pelgalt suhtlusvahend, vaid üks alustaladest, millele tugineb kogu inimühiskond. Iga päev kasutavad inimesed keelt, et mõista maailma ja suhelda üksteisega. Keele õppimiseks on hea kasutada erinevaid sõnamänge, kuna need annavad sõnadele rohkem konteksti ning õppija on rohkem keskendunud õppimisele, kui tegemist on mänguga [1]. Kognitiivse koormuse teooria järgi on õppijatel lihtsam probleeme töödelda, kui need on jaotatud väiksemateks osadeks [2]. Seega, tehes keele väiksemateks osadeks või piirates kasutajalt oodatud sõnavara, näiteks sõnamängudes, on keele õppimine lihtsam. Sõnamängudes saab keelt piirata, luues spetsiaalse sõnastiku lubatud sõnadest.

Veebis leidub palju erinevaid sõnamänge, millest üks on Scrabble. Selles mängus peab mängija looma tema käes olevate tähtedega sõnu, asetades need mängulaua ruudustikule. Veebis eksisteerib mitmeid Scrabble implementatsioone, mille seas on ka üks eestikeelne versioon [3]. Kuigi selles versioonis saab kasutada oma sõnastikku, võib oma sõnastiku loomine olla keeruline. Samuti oleks hea teada sõna tähendust, mida mängija või vastane lauale asetab. Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk on luua eestikeelne sõnamäng Scrabble, kus kasutaja saaks automaatselt genereerida sõnastiku ja vaadata lauamängul esinevate sõnade tähendusi.

Töö koosneb viiest peatükist, mis on omakorda jaotatud alapeatükkideks. Esimeses peatükis tutvustatakse erinevaid sõnamängude liike ja nende kasulikkust keele õppimisel. Samuti tutvustatakse sõnamängu Scrabble ja räägitakse selle ajaloost. Teises peatükis antakse ülevaade loodava veebirakenduse nõuetest, eeltööstusest ja erinevatest töövoogudest. Kolmandas peatükis tutvustatakse erinevaid vahendeid ja lahendusi, mida veebirakenduse loomisel kasutati. Neljandas peatükis kirjeldatakse valminud veebirakendust. Viiendas peatükis antakse ülevaade saadud tagasisidest ja võimalikest edasiarendusest. Töö lisades on toodud välja veebirakenduse pikemad töövood.

Töö teksti silumiseks ja vigade parandamiseks on kasutatud OpenAI ChatGPT GPT-4 ja GPT-4o mudelit.

Kasutatavad mõisted ja terminid

Töö loetavuse parandamiseks on järgnevalt toodud terminid ja nende tähendused.

Erisus (ingl *feature*) on *eriomadus, erijoon, erivahend, erifunktsioon vms, mis eristab tüüpest või levinust ning toote või teenuse puhul on sihilik, mitte stiihiline*.¹

GitHub on *ühisarenduslike versioonihaldusega IT-projektide majutuse veebiteenus, "arendajate sotsialvõrk"*.¹

Teek (ingl *library*) on *infoobjektide kogu, üldiseks korduvaks kasutamiseks*.¹

Tarkvara pakett (ingl *software package*) on *täielik ja dokumenteeritud programmikomplekt, mis tarnitakse mitmele kasutajale mingi üldistatud rakenduse või funktsiooni tarbeks*.¹

Loomuliku keele töötlus (ingl *natural language processing*) on *loomulike keelte arvutipõhine analüüs ja kasutamise süntees, põhineb intellektitehnikal ja matemaatilisel lingvistikal*.¹

Mitmikmäng (ingl *multi-player game*) on mäng kus mängija saab teiste mängijate vastu mängida.

TI ehk **tehisintellekt** (ingl *artificial intelligence*) on *arvutiteaduse haru, mis püüab panna arvuteid töötama sarnaselt inimhõimusele, arvutimängude puhul nii, et see oleks suuteline mängima intellektuaalseid mänge*.²

Eessüsteem (ingl *front-end*) on *veebilehele ilmuv kasutajaliides, mis võimaldab veebisaidi külastajal kahepoolselt suhelda saidi dünaamiliste osadega nagu andmebaasid, ostukorviprogrammid ja onlain-ostutöötlustarkvara*.²

Raamistik (ingl *framework*) on *loodavat platvormi, tarkvara, riistvara, protokollid vms toetav struktuur*.²

Domeeninimi (ingl *domain name*) on *organisatsiooni või isiku unikaalne nimi Internetis. Domeeninime kujul "digibest.ee" nimetatakse teise astme domeeniks ehk juurdomeeniks, sest tiptaseme domeen (esimese astme domeen) on "ee". Domeeniomanik võib domeeninime ette veel midagi lisada, nt. "support.digibest.ee" ja siis on tegemist kolmanda astme domeeniga, s.t. domeeni "digibest.ee" alamdomeeniga*.²

¹ Andmekaitse ja infoturbe portaal. <https://akit.cyber.ee>

² E-teatmik: IT ja sidetehnika seletav sõnaraamat. <http://www.vallaste.ee/>

Tagasüsteemi (ingl *back-end application*) ülesandeks on kaudselt toetada eesteenusi ning nad on tavaliselt lähemal vajalikule ressursile ja/või suudavad sellega suhelda. Tagarakendus võib suhelda eesrakendusega vahetult, kuid sagedamini kujutab ta endast programmi, mille poole pöörduakse läbi ees- ja tagategevusi vahendava programmiliidesega.³

API ehk **programmiliides** (ingl *application programming interface*) on arvuti operatsioonisüsteemiga või rakendusprogrammiga määratud reeglistik, mille alusel rakendusprogramm kasutab operatsioonisüsteemi või teise rakendusprogrammi teenuseid.³

Marsruutimine (ingl *routing*) on liiklustee valimine (maantee-, tänava-, side-, arvuti- vm) võrgus, võrkude vahel või läbi mitme võrgu. **Reaktiivmarsruutimine** (ingl *reactive routing*) on marsruutimine marsruuditeabe päringute vajaduspõhise laialisaatmisega.⁴

Pöördproksi (ingl *reverse proxy*) on liik vaheservereid, vahendab välisklientide päringuid siseserveri(te)le, nii et kliendile tunduvad vastused tulevat pöördproksilt endalt.⁴

Sertifikaat (ingl *certificate*) on formaalne dokument sertifitseerimisorganilt, näiteks standardile, eeskirjale vms vastavuse tõend või teatav autentsuse tõend.⁴ Selles bakalaaurusetöös tegeletakse digitaalsertifikaadiga, täpsemalt **HTTPS sertifikaati**, mis seob kasutaja avaliku võtme kasutajat identifitseerivate andmetega, näiteks isiku või organisatsiooni nime ja/või aadressiga, ta väljaandja digitaalsignatuuriga. See tõendab saatja autentsust, tagab sõnumi terviklust ja salgamatust ja kinnitab sertifikaadi enda autentsust.⁴ Seda HTTPS sertifikaati kasutatakse, et tõestada töö jooksul loodud veebirakenduse autentsust ja, et krüpteerida andmed turvalisemaks kasutamiseks.

Otspunktkrüpteerimine (ingl *end-to-end encryption*) on andmete krüpteerimine nende edastamiseks nii, et nad läbivad võrku krüptogrammina, kuid marsruutimiseave jääb nähtavaks.⁴

Holonüüm tähistab osade suhtes tervikut, samal ajal kui **meronüüm** tähistab terviku osa [4]. Näiteks sõnal *uks* on holonüüm *maja* ja *majal* meronüüm *uks*.

Tähekott on objekt, kus asuvad sõnamängus Scrabble käimasolevas mängus olevad täheklotsid.

³ E-teatmik: IT ja sidetehnika seletav sõnaraamat. <http://www.vallaste.ee/>

⁴ Andmekaitse ja infoturbe portaal. <https://akit.cyber.ee>

1. Sõnamängud keele õppimiseks

Keele õppimise lihtsamaks ja huvitavamaks tegemiseks saab kasutada sõnamänge. Sõnamängud aitavad keeli paremini õppida, sest kui õppija on kaasatud mängu, siis on ta rohkem keskendunud õppimisele [1]. Samuti annavad mängud sõnadele rohkem konteksti [1]. Maailmas eksisteerib palju erinevaid sõnamängutüüpe ning mitmed on saadaval ka internetis.

1.1 Sõnamängu liigid

On olemas mitmeid erinevaid sõnamängu liike. Neid võib jagada mängudeks, kus mängitakse sõnade tähendustega, näiteks anagrammid ja mõistatused, ning mängudeks, kus kasutatakse sõnu, näiteks ristsõnad ja keeleväänajad⁵. Kuna mõlemad on seotud sõnade mängimisega, on neil tihti raske vahet teha. Need mängud on osa inimlikust tegevusest ja need aitavad paremini mõista nii iseennast kui ka ümbritsevat maailma. [5]

Anagrammides peavad mängijad moodustama sõnu segamini aetud tähtedest või lisama sinna ühe tähe juurde, et saada uusi sõnu [5]. Anagrammid arendavad loovust, kuna seal peab leidma uusi viise sõnade leidmiseks [6]. Samuti aitavad sellised sõnamängud uue sõnavara õppimisel ja selle meeldejätmisel [6]. Sarnaselt anagrammidele aitavad keele õppimise ajal ka ristsõnad. Ristsõnad on ruutudest koosnev ristkülik, kus mängija peab täitma ruudud, lahendades antud vihjeid [5]. Ristsõnad aitavad õppimisel, kuna need on lõbusad, mis suurendab motivatsiooni keeleõppeks [7]. Üheks keelemänguks ja selle liigiks on Scrabble [5], mida järgnevalt tutvustatakse põhjalikumalt.

1.2 Scrabble

Scrabble on 15x15 ruudustikul põhinev sõnamäng, kus mängijad kasutavad oma teadmisi ja oskusi, et üle kavaldada oma vastaseid, saades võimalikult suur punktisumma [8, 9]. Mängijad kasutavad erinevate punktiväärtustega täheklotse, et moodustada omavahel ristuvaid sõnu [8]. Joonis 1 on näha käimasolevat Scrabble mängu.

⁵ Näiteks: *Nari voodi moodi voodi viidi voodi poodi.* <https://meeldib.postimees.ee/8067462/meie-imeline-emakeel-ehk-parimad-keelevaanajad>



Joonis 1. Käimasolev Scrabble mäng [10].

Lauamängu Scrabble loomine algas 1938. aastal selle leiutaja, Alfred Mosher Buttsi, poolt, kui ta märkas, et rasketel aegadel otsivad inimesed reaalsusest põgenemiseks vabal ajal abi raamatutest ja mängudest [11]. Tähtedele määras ta punktide väärtused, kasutades The New York Times ajalehes ilmuvate tähtede sagedust [11]. Aastakümnete jooksul on sõnamängust Scrabble saanud üks populaarsemaid lauamänge, mis on mitmete inimeste lemmik vabaajaveetmisviis, olgu see pärast sööki või spetsiaalsetes klubiruumides [9, 11]. See on nii populaarne, et selle jaoks korraldatakse kaks korda aastas maailmameistrivõistlusi [11]. Sarnaselt eelmistele sõnamängudele, aitab Scrabble sõnavara õppimisel, selle meeldejätmisega ja motiveerib keelt rohkem õppima [12]. Scrabble sõnamäng on parim abivahend, tavalise keele õppimise kõrval, kuna lisaks eelmainitule annab see rohkem julgust keelt rääkida ja parandab ka rääkimis oskust [12].

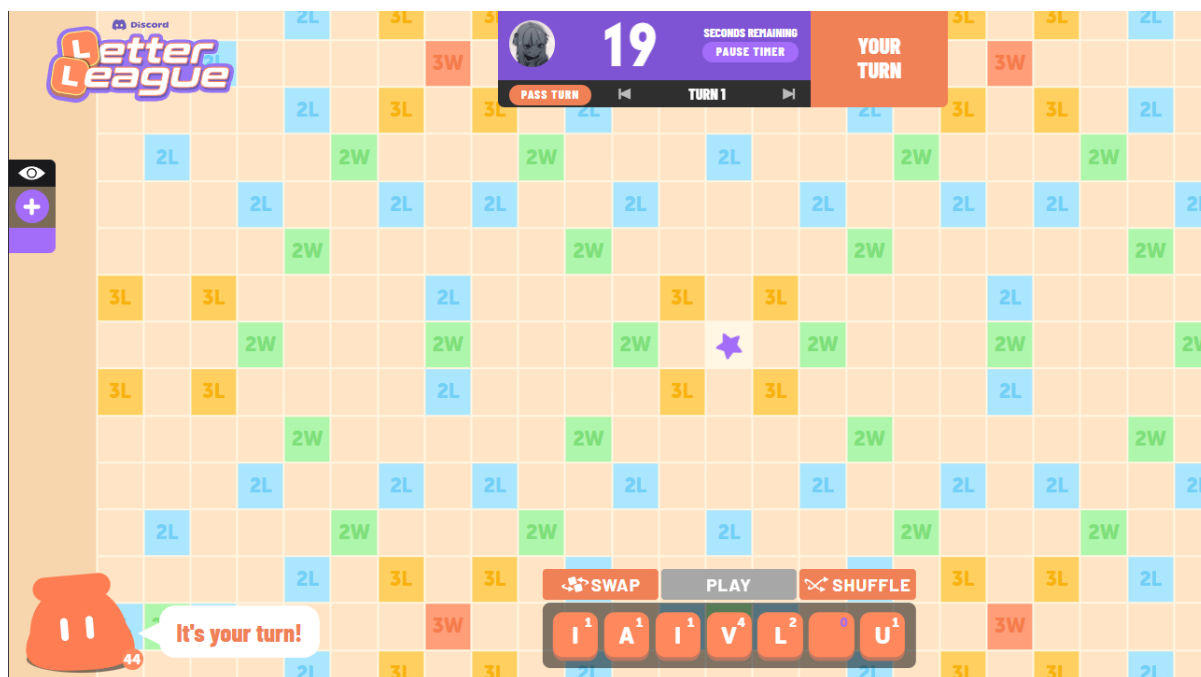
Scrabble jaoks on loodud ka erinevaid veebipõhiseid versioone. Neid leidub ka mitmes eri keeles, näiteks prantsuse⁶ ja saksa⁷ keeles.

⁶ <https://www.solitaireparadise.com/fr/jeu/scrabble.html>

⁷ <https://www.solitaireparadise.com/de/spiel/scrabble.html>

1.2.1 Letter League

Letter League on suhtlusrakenduse Discord⁸ poolt loodud Scrabble sõnamäng [13]. Letter League on mängitav nende rakenduses koos teiste inimestega [13]. Selle Scrabble mängu versioonil saab mängija valida kolme erineva mängupikkuse vahel, mis mõjutab tähekotis olevate täheklotside arvu. Samuti on võimalik vaadata mängu jooksul nii loodud sõnade tähendusi kui ka tähekoti hetkeseisu. Joonis 2 on näha Letter League mängust.



Joonis 2. Letter League mäng.

Võrreldes tavalise Scrabble sõnamängu mängulauaga, on Letter League mängulaua preemiaruudud teistes asukohtades. Samuti muudab mängulaud ka oma suurust, kui mängijad lähenevad selle äärele.

1.2.2 Eestikeelsed Scrabble mängud

2005. aastal valmis Andres Luuki versioon eestikeelsest Scrabble sõnamängust seoses tema lõputööga. Mängu saab mängida programmina lauarvuti peal kas TI vastu või teise inimesega. Mängul on ka “Soovita” nupp, mis teeb kasutaja eest ühe käigu. [14]

2024. aastal valmis Olga Puksbergi lõputöö raames järgmine eestikeelne versioon⁹ [3]. Puksbergi loodud mängus on võimalik mängijal enne mängu algust valida, kas ta soovib

⁸ <https://discord.com/>

⁹ <https://play-scrabblest.web.app/>

mängida kindla teemaga või mitte. Seal on ainult üks teemavalik, milleks on loomad. Ta mainis oma lõputöös, et üheks võimalikuks edasiarenduseks oleks automaatne teemade loomine [3]. Käesolevas bakalaureusetöös luuakse Scrabble, kus oma teemade loomine ja lisamine oleks võimalik koos ka muude erisustega nagu sõnade tähenduste selgitaja.

2. Teema genereerimisega eestikeelne Scrabble mäng

Käesolevas peatükis tuuakse välja loodava veebirakenduse nõuded, eeltöötlus ja mängu töövoog.

2.1 Veebipõhise Scrabble sõnamängu nõuded

Luues uut veebipõhist Scrabble sõnamängu on vaja kõigepealt otsustada, millistele nõuetele veebirakendus peab vastama. Järgnevalt on toodud funktsionaalsed nõuded:

1. Peab olema võimalik genereerida temaatiline sõnastik, kasutades mängija sisestatud sõna
2. Mängida peab ka saama siis, kui teemat ei soovita genereerida
3. Mängija peab saama lohistada täheklotse
4. Täheklotsid peavad asuma ruudustikul
5. Mängija peab saama valida '?' täheklotsiga lubatud tähe
6. Mängija peab saama soovi korral saama näha tähekoti seisu
7. Mängulaual loodavad sõnad peavad eksisteerima eesti keeles
8. Programm näitab mängija loodud sõnade punktisummat
9. Programm peab näitama loodud sõnade tähendusi
10. Mängija vastaseks on TI
11. TI-l on kolm raskusastet
12. Programm näitab TI loodud sõnade punktisummat

Veebirakendus peab vastama ka mittefunktsionaalsetele nõuetele:

1. TI peab tegema käigu alla 2 sekundi
2. Veebirakendus peab olema saadaval 99.99% ajast
3. Veebirakendus peaks olema majutatud võimalusel tasuta, vastasel juhul kõige odavamalt pikemas perspektiivis

Eelpool mainitud funktsionaalsed ja mittefunktsionaalsed nõuded on vajalikud, et tagada parim kasutajakogemus ja veebilehe pikaajaline kättesaadavus.

2.2 Eeltöötlus

Selleks, et programm teaks, kas sisestatud sõna on olemas või mitte, on vaja sõnastikku. Baassõnastikuks saab võtta ühe Eesti Keeleressursside Keskuses¹⁰ saadaval olevatest sõnastikest. Autor otsustas sealt võtta tasakaalus korpuse sagedusloend nimega “Tasakaalus korpuse lemmad tähestikulises järjekorras”, mis annab kõik saadaval olevad sõnad nende algvormis. Eesti Keele Instituudi arhiivist on leitav fail “vormid.txt”¹¹, mis sisaldab mitmeid sõnu, kaasa arvatud ka liitsõnu, erinevates käänetes.

Peale sõnastikkude saamist oli vaja neid töödelda, et saada suurem valik sõnu, mida kasutada. Kõik sõnatöötuse programmid ja sõnastikud asuvad kaustas “words”. Kuna “Tasakaalus korpuse lemmad tähestikulises järjekorras” fail sisaldab ka sõnade sagedust, siis on vaja need eemaldada. Samuti tuleb “vormid.txt” failis eemaldada püstkriipsud, mis on liitsõnade vahel. Peale seda on vaja leida kõik “vormid.txt” failis olevate sõnade algvormid, kuna see sisaldab nii sõnu kui ka nende erinevaid käändeid. Mängu huvitavaks tegemiseks saab ka luua sõnastiku, mis sisaldab mõlema sõnastiku sõnu. Selleks tuleb käia mõlemad läbi ja kontrollida, et sõnu ei korduks. Samuti saab moodustada sõnastiku, mis sisaldab kõiki käändeid. Olemasolev sõnastikus vaadatakse läbi kõik sõnad ja iga kord moodustatakse vaadeldava sõnaga selle kõikvõimalikud käänded.

2.3 Mängu alustamise töövoog

Loodavas mängus on mitu omavahel ühilduvat töövoogu. Lisas 1 on toodud mängu alustamise töövoog. Kasutaja alustab mängu pealehelt, kus tal on kolm valikut, kas “Klassikaline”, “Kohandatud” või “Juhend”. “Juhend” leht annab ülevaate, kuidas mängu mängida ja selle reeglitest. “Klassikaline” mäng toimub vaikesätetega, kus raskusaste on keskmine ja sõnastikuks on valitud Eesti Keeleressursside Keskuse töödeldud sõnastik. “Kohandatud” mängus saab kasutaja valida, mis seadistustega ta soovib mängida. Valikus on raskusastme ja sõnastiku valik. Sõnastiku valiku all on võimalik kasutajal ka valida teema genereerimine, mille puhul peab kasutaja sisestama oma soovitud teema sõnana. Kui teemat pole võimalik genereerida, antakse kasutajale sellest teada ja lastakse uus sõna sisestada. Kui teema genereerimine oli edukas või sellist valikut ei tehtud või valiti “Klassikaline” mäng, tuleb igal juhul genereerida ka täheklotsid, vastavalt sõnastikus olevatele sõnadele. Seejärel suunatakse

¹⁰ Eesti Keeleressursside Keskus. Sagedusloendid. <https://keeleressursid.ee/et/256-sagedusloendid>

¹¹ <https://arhiiv.eki.ee/tarkvara/wordlist/>

kasutaja üle mängulehele, kus on võimalik mängijal mängu mängida. Järgnevalt tutvustatakse täpsemalt erinevate töövoogude algoritme.

2.3.1 Teemade genereerimise algoritm

Loodava mängu peamiseks erisuseks on see, et mängija saab genereerida endale sõnastiku, millega mängida. Sõnastikku genereerides leitakse esiteks kõik selle sõna sünonüümid. Peale seda leitakse nende sõnade ülem- ja alammõisted kui ka holo- ja meronüümid. Järgnevalt on kirjeldatud teema genereerimise algoritm:

1. Võta sisestatud sõna
2. Leia sõna kõik sünonüümid
3. Leia sõna ja selle sünonüümide ülemmõisted
4. Otsi rekursiivselt ülemmõistete ülemmõisteid
5. Leia sõna ja selle sünonüümide alammõisted
6. Otsi rekursiivselt alammõistete alammõisteid
7. Leia sõna ja selle sünonüümide meronüümid
8. Otsi rekursiivselt meronüümide meronüümid
9. Leia sõna ja selle sünonüümide holonüümid
10. Otsi rekursiivselt ülemmõistete holonüümid
11. Eemalda korduvad sõnad
12. Lisa leitud sõnad sõnastikku

Vaadates läbi ainult sisestatud teema sõna ja selle sünonüümide ülem- ja alammõisted kui ka holo- ja meronüümid teeme kindlaks, et uue sõnastiku loomisel lisatakse sõnastikku võimalikult vähe korduvaid sõnu. Samuti teeb see teema genereerimise kiiremaks.

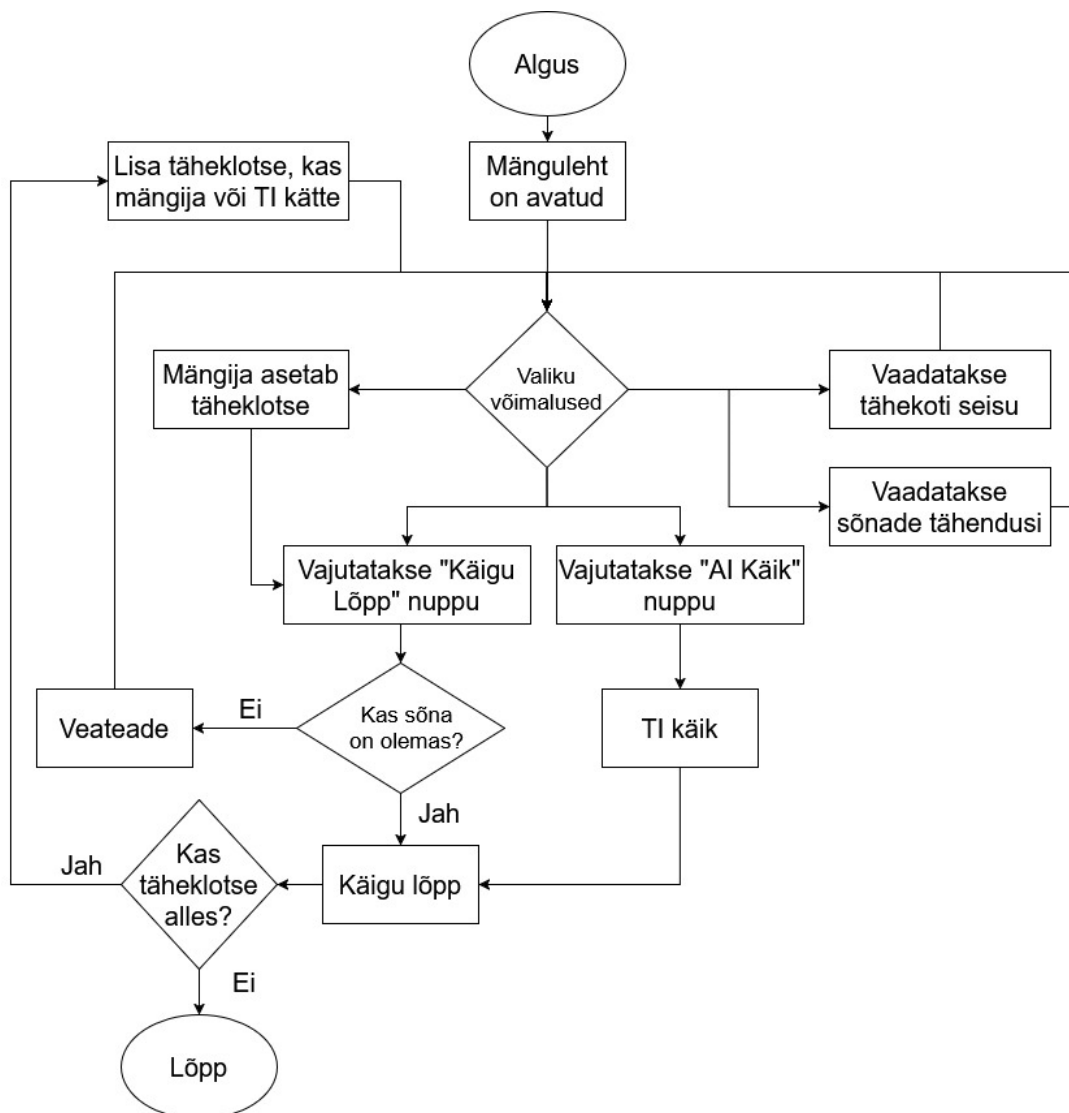
2.3.2 Tähekoti genereerimine

Tähekoti genereerimist on vaja teha, kuna iga sõnastik sisaldab erineval hulgal sõnu, mis mõjutab tähtede ilmumise statistikat. Seega kui kasutada lauamängu Scrabble täheklotside arvu, võib tekkida probleem, kus osasid tähti ei saa kasutada või neid on liiga vähe. Selle vältimiseks arvutatakse iga sõnastiku jaoks tähtede ilmumise protsent, mille järgi leitakse ka vajaminevate tähtede arv. Kasutades Scrabble lauamängu alusena, leiti, et ühe tähe täheklotside arv on seoses selle tähe täheklotside protsendiga tähekotis, näiteks üksteist "A" täheklotsi on umbes 11% kõikidest täheklotsidest. Kasutades seda seost arvutatakse tähtede täheklotside arv vastavalt tähe ilmumise protsendi järgi. Kui tegu on täisarvulise protsendiga, siis võetakse

kasutusele selle alla ümardatud väärtus, näiteks 11.6% puhul võetakse kasutusele üksteist tähte. Kui on aga alla ühe protsendi siis võetakse kasutusele vaid üks täht. Punktide summa jääb täheklotsidel samaks vastavalt lauamängu Scrabble reeglitele, kuna selle väljaarvutamine on keerulisem.

2.3.3 Mänguleht

Mängulehel saab kasutaja sõnamängu Scrabble mängida. Võimalikeks tegevusteks on täheklotside asetamine, “Käigu Lõpp” ja “AI Käik” nuppude vajutamine ning tähekoti sisu ja sõnade tähenduste vaatamine. Täpsem algoritm on Joonis 3.



Joonis 3. Mängulehe töövoog.

“Käigu Lõpp” nuppu vajutades, kontrollitakse kas sõna on olemas. Kui jah, siis saab kasutaja jätkata uue käiguga, vastasel juhul antakse veateade. Vajutades “AI Käik” nupule, teeb TI oma

käigu. Mängulehel on ka võimalik näha ka tähekotis olevaid täheklotse, mis pole mängulaual või mängija ja TI käes. Soovi korral saab ka vaadata loodud sõnade tähendusi.

2.3.4 Sõnade kontroll ja punktide arvutamine

Peale seda, kui mängija on mängulauale oma sõna asetanud, on vaja kontrollida selle korrektsust. Algoritmi on näha lisas 2. Esmalt on vaja vaadata, millised täheklotsid on kasutaja selle käigu puhul asetanud. Kui tegu on esimese käiguga, on teada, et kõik täheklotsid on uued, ning need lisatakse järjendisse. Samuti, kui tegu on esimese käiguga vaadatakse, kas on läbitud keskmist mängulaua ruutu. Kui on aga tegu järgmiste käikudega võrreldakse mängulaual olevaid täheklotse eelmainitud järjendiga, et leida, millised on uued lauale asetatud täheklotsid. Peale seda kontrollitakse, kas sõna on võimalik üldse luua. Selleks vaadatakse, kas kõik uued täheklotsid asuvad ühel teljel, ja et uuel sõnal ei oleks tühikut mängulaual.

Sõnade kontrolli alustatakse esimese uue täheklotsiga, kas kõige vasakpoolsem või kõige ülemine. Seejärel vaadatakse läbi paar varianti. Kui on lisatud vaid üks täheklots, siis tehakse esmalt horisontaalne kontroll, et leida kas sealt tekib mingi sõna ja sarnaselt kontrollitakse vertikaalselt. Kui tekib sõna, siis lisatakse see leitud sõnade järjendisse. Järgmine variant, mida läbi vaadatakse on, kui täheklotsid on asetatud x-teljele. Kui tegu on kõige vasakpoolsema tähega, siis leitakse x-teljel moodustatud sõna, horisontaalne kontrolliga, ning siis lisatakse see leitud sõnade järjendisse. Muidu tehakse iga uue täheklotsi puhul vertikaalne kontroll, uute sõnade jaoks. Sarnaselt käsitatakse ka y-teljega, aga tegevused on pööratud 90 kraadi.

Punkte arvutatakse samal ajal, kui vaadatakse, mis sõnu saab moodustada. Preemiad lisatakse vastavalt sellele, kas sõnale või ainult tähele. Kui on tekkinud uus sõna, lisatakse ka selle sõna punktid käigu punktikogu hulka.

Peale kõikide uute täheklotside läbivaatamist kontrollitakse sõnastikuga kõik uued sõnad läbi. Vale sõna puhul antakse sellest kasutajale teada. Kui aga sõnad on õiged, lisatakse need olemasolevate sõnade hulka, peale mida saadakse nende tähendused. Samuti lisatakse saadud punktid mängija kogupunktide hulka.

2.3.5 DAWG ja tehisintellektse vastase algoritm

Mängu huvitavamaks tegemiseks loodi TI. Kasutades DAWG ehk suunatud atsüklilist sõnagraafi (ingl *Directed Acyclic Word Graph*), leiab TI kõikvõimalikud sõnad, mida ta saab täheklotsidega moodustada. DAWG on prefiksipuu laadne objekt, kus selle alampuud on kokku liidetud [15]. Joonis 4 on näha DAWG näidet.

3. Tehnilised vahendeid ja lahendused

Veebipõhise Scrabble mängu loomiseks, kus kasutaja saaks ka ise oma teemat genereerida, on vaja kasutada mitmeid erinevaid ressursse. Selle alla kuuluvad programmi keele valik, veebirakenduse raamistiku valik, ning kus seda majutada.

3.1 Svelte

Kuna bakalaureusetöö raames valminud veebirakendus ei sisalda mitmikmängimise võimalust, siis otsustas autor luua tehisintellektiga vastase, kellega kasutaja saaks mängida. Vastane on loodud veebirakenduse eessüsteemis. Eessüsteemi loomise teeb lihtsamaks raamistiku kasutamine. Selleks on mitmeid erinevaid variante, näiteks Svelte¹², Angular¹³ ja Vue.js¹⁴. Autor otsustas Svelte kasuks, kuna seda on lihtne õppida ja see ei vaja lisateeke [16].

Veebipõhise Scrabble loomisel tuleb luua viis, kuidas kasutaja saaks täheklotse asetada mängulauale. Selle üheks lahenduseks on kasutada hiirega lohistamist (ingl *Drag and Drop*), mis võimaldab kasutajal liigutada ringi täheklotse ainult selleks sobivatel aladel, kasutaja käes ja mängulaual. Selle jaoks on võimalik luua kas täiesti uus lahendus nullist või kasutada olemasolevaid lahendusi.

Üks võimalikest tekidest selle lahendamiseks on Neodrag. Neodrag on kasutatav mitmel erineval raamistikul, millest üks on Svelte. See võimaldab objekti liigutada nii ruudustikul kui ka peatada seda, kui vajalik [17]. Mängu jaoks läbi proovides aga leiti, et loodud objektide paigutus ruudustikus polnud kõige täpsem, jäädes alati paar pikslit suvalises suunas nihkesse. Järgmine variant oleks luua lohistamine nullist, mis laseks muuta seda vastavalt vajadustele. Selle variandi aluseks sai võetud Antonio Sarcevic poolt loodud lihtne ülesannete nimekirja projekt, mida saab vastavalt vajadustele muuta [18]. Sellise lahenduse probleemiks on aga, kui on vähe varasemat kokkupuudet veebipõhise arendusega, siis on raske ise muuta lohistamist nõuetele vastavaks. On olemas ka spetsiaalselt Svelte jaoks loodud teeke, nagu svelte-dnd-action. Sellel on olemas pea kõik vajalikud lohistamise meetodid, võimalik muuta vastavalt vajadusele ja lihtne kasutada. Samuti on neil olemas näide, kuidas objektide lohistamine töötaks Scrabble laadsel laual [19]. Otsustati viimase variandi kasuks, kuna seda oli mugav kasutada ja olemasolevat näidet oli võimalik edasi arendada. Sellele lisaks oli vaja ka lisada

¹² <https://svelte.dev/>

¹³ <https://angular.dev/>

¹⁴ <https://vuejs.org/>

viis, kuidas eemaldada lohistamise võimalus peale käigu lõppu. Selleks kontrollitakse ja salvestatakse kuhu mingi konkreetne täheklots on laual liigutatud, mille põhjal hiljem muudetakse nende ruutude väärtus, et neid ei saaks enam liigutada.

3.2 TypeScript

Veebirakenduse loomiseks otsustati kasutada programmeerimiskeelt TypeScript, mis on tüübikontrolliga JavaScript¹⁵. Selle kasuks otsustati, kuna see leiab varakult koodi redaktoris vigu. [20]

Pärast lohistamislahenduse valimist oli vaja luua mängulaud, kus seda kasutada. Veebipõhise versiooni jaoks genereeritakse laud automaatselt koodi abil, mida on lihtne teha kuna mängulaud on sümmeetriline. Otsustati koodiga genereeritud mängulaua kasuks, selle asemel, et manuaalselt iga mängulaua ruut luua, kuna iga ruut on omaette objekt, mis sisaldab infot, mis tüüpi ruuduga on tegemist, näiteks, kas ruut on preemiaruut ja kui on, siis mis on selle kordaja ja kas see on mõeldud tähele või sõnale. Samuti sisaldab mängulaua ruut ka, mis värvi mingi ruut peab olema. Mängulaua aluseks võeti lauamängu Scrabble mängulaud. Nagu mängulaua ruudud on ka täheklotsid eraldi objektid, mille info sisaldab seda, mis tähega on tegemist ja mitu punkti see väärt on.

DAWGi loomiseks koodis kasutati Olga Puksberg loodud lahendust [3], kirjutades see ümber TypeScript keelde ja eemaldades koodi, mida ei kasutata käesolevas töös. Samuti võeti inspiratsiooni, kuidas rakendada seda algoritmi, tema koodist¹⁶.

3.3 EstNLTK ja Wordnet

Teema genereerimiseks otsustas autor kasutada programmeerimiskeelt Python¹⁷ ja selle teeki EstNLTK¹⁸. EstNLTK on loodud eestikeelsete tekstide loomuliku keele töötamise jaoks. Sellega on võimalik leida erinevate sõnade kõiki käändevorme. Sünonüümihulga Eesti Wordnet¹⁹ abil, mis on osa EstNLTK-st, saab ka erinevate sõnade tähendusi ning lähedust üksteisele [21]. Eesti Wordnetti kasutatakse nii mängulaual olevate sõnade tähenduste saamiseks kui ka teemade

¹⁵ <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript>

¹⁶ <https://github.com/OlgaP21/scrabble-like-game-est>

¹⁷ Python Software Foundation. <https://www.python.org/>

¹⁸ <https://github.com/estnltk/estnltk>

¹⁹ <https://www.cl.ut.ee/ressursid/teksaurus/>

järgi sõnastikkude genereerimiseks. Wordnet sisaldab sõnade vahel olevaid sünonüüme, ülem- ja alammõisteid ning holo- ja meronüüme. Valitud on just need seosed, kuna need sisaldavad

Kuna EstNLTK on ainult Python programmeerimiskeelega kasutatav, aga veebirakendus on kirjutatud programmeerimiskeeles TypeScript, peab veebirakendus tegema päringud Python programmile, kasutades API-t. API-ga tegelev Python programm on nimega “main.py”, ning see sisaldab kõiki päringud, mida on vaja teha mängu jooksul. Kasutades päringut “/api/tahendus?sone=poissid” tagastatakse kõikvõimalikud tähendused, mis on sõnal poiss, peale lemmatiseerimist. Kui tähendust pole, tagastatakse “Tähendust ei leitud”.

Peale tähenduste saamist on võimalik teha päringuid sõnastike saamiseks või genereerida sõnastik. Sõnastikena on võimalik saada nii Eesti Keele Instituudi ja Eesti Keeleressursside Keskuse töödeldud algfailid kui ka nende failide erinevused ja nende failide ühendus. Päringut saab teha kasutades näiteks “/api/sonastik?nr=3”, kus vastavalt numbrile antakse kindel sõnastik. Lisaks sõnastikule antakse “/teema” ja “/sonastik” päringutele kaasa ka sõnastikust sõltuv tähtede arv. Samuti on võimalik genereerida sõnastik kasutades näiteks “api/teema?sone=poiss”, mille puhul tagastatakse antud sõna järgi genereeritud sõnastik.

3.4 Veebirakenduse majutamine

Üks võimalikest valikutest, kus valminud veebirakendust majutada, on GitHub Pages, mis laseb kasutajatel tasuta oma veebilehte või veebirakendust jooksutada ja majutada. Üheks selle miinuseks on see, et GitHub Pages ei hoiusta andmebaase [22]. On olemas ka PythonAnywhere, mis laseb jooksutada Pythoni koodi nende veebilehel [23]. Samuti saab majutada veebirakendust kasutades Koyebi²⁰. PythonAnywhere ja Koyebi probleemiks on aga see, et nende tasuta versioonidel on vähe ruumi andmete salvestamiseks^{21,22}, mis saab kiiresti täis, kui kasutada nii EstNLTK-d kui ka Flaski²³. Flask on Pythoni teek, mis aitab luua veebirakendusi, kasutades Pythonit. Kui otsustada kasutada PythonAnywhere-il kuutasulist või Koyebi tunnitasantulist, vastavalt 5 eurot ja umbes 10 eurot kuus, varianti, siis üle pika aja teenuse eest makstud kogusumma läheb üpris kalliks. Samuti ei saa olla kindel, kas firma muudab oma hinnakirja, teenuse sisu või lõpetab selle pakkumise tulevikus.

²⁰ <https://www.koyeb.com/>

²¹ <https://www.pythonanywhere.com/pricing/>

²² <https://www.koyeb.com/pricing>

²³ <https://flask.palletsprojects.com/en/stable/>

Kui ei ole soovi kasutada majutamiseks mingit teenust, siis on veebirakenduse võimalik majutada koduserveril. Koduserverina saab kasutada ükskõik millist arvutit, olgu selleks vana lauaarvuti või spetsiaalne server. Üks variantidest on ka Raspberry Pi. Raspberry Pi on väike arvuti, mida võib kasutada oma isikliku arvutina või muudeks projektideks, näiteks kõlari süsteemi jaoks. Samuti on see ka energiasäästlikum kui tavaarvuti [24]. Koduserveri eelisteks on vabadus teha sellega kõike, mida tahad, näiteks failide varundamiseks ja nende jagamiseks. Seda võib nimetada ka koduserveri üheks miinuseks, kuna serveri hooldusega peab ise tegelema, näiteks tarkvara uuendused [25]. Tarkvara uuendusi on vaja teha, kuna need parandavad turvanõrkusi, vähendades küberrünnaku riski. Kui on soov ise majutada veebilehte või veebirakendust, siis on vaja selle jaoks osta ka domeeninimi. On mitmeid teenusepakkujaid, kelle käest saab osta domeeninime, näiteks veebimajutus.ee ja zone.ee, mille eest tuleb maksta iga-aastaselt. Domeeninime hinna üks peamisi mõjutajaid on tipptaseme domeen. Olenevalt domeenist võivad hinnad jaguneda vahemikus 5 kuni 22 000 eurot²⁴. “ee” domeeni hind on üldiselt umbes 10 euro ringis²⁵, sõltuvalt sellest, kust domeen osta.

Erinevate veebimajutuse viiside läbiproovimisel otsustas autor kasutada koduserverit, Raspberry Pi 5²⁶ ja veebilehelt zone.ee ostetud domeeninime, kuna võrreldes teenusepakkujate piirangutega on koduserveri omamine mugavam ja pikemas perspektiivis soodsam. Raspberry Pi 5-le osteti sellele juurde ka paar lisa moodulit, M.2 HAT+ ja passiivne jahutusplakk. Joonis 5 on näidatud Raspberry Pi 5 koos lisanditega.



Joonis 5. Raspberry Pi 5 koos lisanditega.

²⁴ <https://tld-list.com/>

²⁵ <https://www.zone.ee/et/>

²⁶ <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-5/>

Passiivne jahutusplokk osteti, kuna Raspberry Pi protsessor võib suure koormuse juures minna üpris kuumaks, siis on hea, kui oleks viis selle jahutamiseks. Kuna jahutusplokk on passiivne, ei tekitada selle kasutamisega müra. HAT ehk peale kinnitatud riistvara (ingl *Hardware Attached on Top*) on termin, mida kasutatakse Raspberry Pi lisaplaadina, mis on üldiselt, nagu nimi ütleb, selle peal [26]. Täpsemalt on tegu M.2 HAT+-iga, mis laseb kasutada pooljuhtketast andmekandjana. Võrreldes SD kaardiga, mis on vaikimisi Raspberry Pi-l kasutuses, on pooljuhtketas töökindlam ja suurema andmemahuga.

3.4.1 Cloudflare

Peale Raspberry Pi tööle saamist oli vaja siduda domeeninimi serveriga ning digitaalsertifikaadid saada. Selleks kasutatakse Cloudflare teenuseid, mis on üks maailma suurimatest sisu levitamise võrgustikest. Cloudflare omab arvutikeskuseid rohkem kui 335 linnas, mis pakub kiiremat ja töökindlamat info edastamist. Samuti annab Cloudflare turvalisust erinevate küberrünnakute eest. [27]

Kasutades Cloudflare teenuseid genereeriti esmalt vajalikud HTTPS sertifikaadid ja seejärel paigutati need ka serverisse. Järgmisena oli vaja lisada nimeserveri kirje, et seondada domeeninimi serveri IP aadressiga. Kuna mängu jaoks kasutatakse alamdomeeni, siis oli vaja ka selle jaoks teha kirje. Turvalisemaks suhtlemiseks lülitati sisse ka otspunktkrüpteerimine. Katsetamiseks, kas kõik eelnevalt tehtud töötab, loodi Docker konteinerid, mida hiljem kasutatakse ka mängu ja programmiliidese jaoks.

3.4.2 Docker

Kuna tagasüsteem ja eessüsteem on kirjutatud erinevates keeltes on kasulik kasutada Docker konteinerdamist. Docker on tarkvara, mis laseb eraldada programme üksteisest pannes need eraldi konteineritesse. Nendes konteinerites on vaid programmi jaoks vajalikud elemendi [28]. Tagasüsteem ja eessüsteem pannakse eraldi konteineritesse, et nende vahel, kui ka ülejäänud serveri vahel, ei tekiks konflikte programmidega.

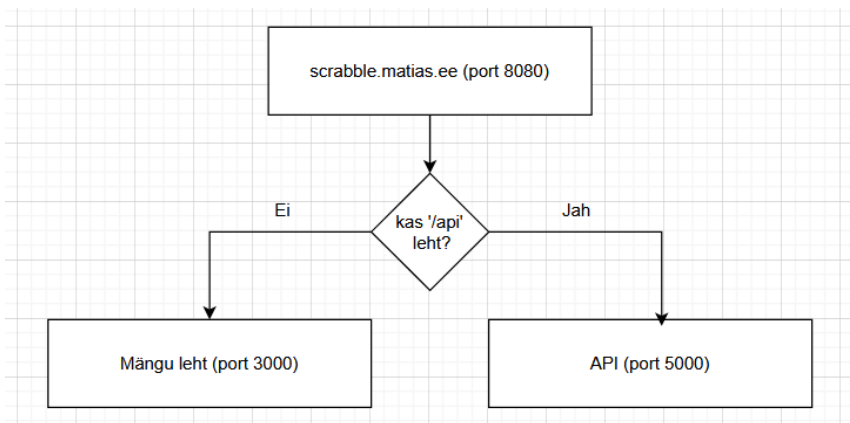
3.4.3 Nginx veebiserver

Kuna autoril on plaanis kasutada juurdomeeni muuks leheks, majutatakse programm selle alamdomeenil. Kuna tagasüsteem ja eessüsteem jooksevad erinevate Docker konteinerite sees, siis on nende jaoks vaja ka kahte erinevat porti. Seda on vaja, kuna üks konteiner saab olla ühendatud vaid ühe pordiga ja igasse porti saab ühendada vaid ühe konteineri. Üldiselt on tagasüsteemi programmiliides kas lehe alamdomeen või alamleht. Kuna programm on juba

alamdomeenil ja Cloudflare²⁷ teenuses on neljanda astme domeeni tegemine tasuline²⁸, siis tuleb võtta kasutusele alamleht. Aga kuna ühe lehe peal saab majutada vaid ühte porti, ehk ühte konteinerit, siis tuleb võtta kasutusele reaktiivmarsruutimine.

Reaktiivmarsruutimiseks kasutatakse Nginx ("*engine x*"), mis on HTTP veebiserver ja pöördproksi [29]. bakalaureusetöö raames kasutatakse ära selle pöördproksi omadusi, et marsruutada liiklust vastavalt, kas on päritud tagasüsteemi või eessüsteemi.

Reaktiivmarsruutimise tööle saamiseks oli vaja luua uus Nginx reegel. See reegel luuakse port 8080 peale, mis on ühendatud mängu domeeniga, kus vaadatakse, kas sisestatud aadress sisaldab “/api” alamlehte. Olenevalt kas “/api” on olemas, suunatakse liiklus ümber sobivasse porti. Joonis 6 on näha mängu reaktiivmarsruutimise diagrammi.



Joonis 6. Veebirakenduse reaktiivmarsruutimine.

Kui “/api” viidet päringus pole, siis suunatakse liiklus porti 3000, kus asub mängu veebirakendus, vastasel juhul port 5000-le, kus asub API.

²⁷ <https://www.cloudflare.com/>

²⁸ <https://developers.cloudflare.com/ssl/edge-certificates/advanced-certificate-manager/>

4. Valminud veebirakendus

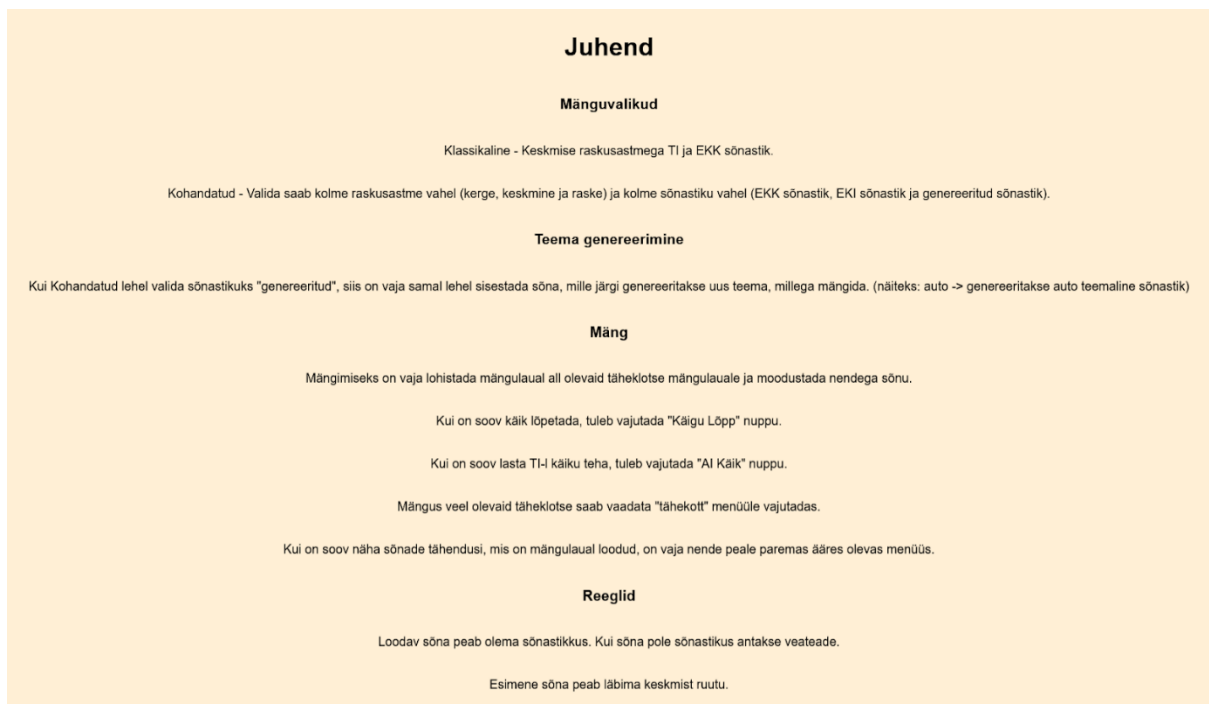
Järgnevalt tutvustatakse lähemalt valminud veebirakendust. Veebirakendus on saadaval aadressil <https://scrabble.matias.ee>, ning selle kood on saadaval Github repositooriumis <https://github.com/MatiasJurgenson/Scrabble>.

Esimene leht, mida mängija näeb, on pealeht, mis sisaldab mängu nime ja kolme nuppu, “Klassikaline”, “Kohandatud” ja “Juhend”. Joonis 7 on näha pealehe vaadet.



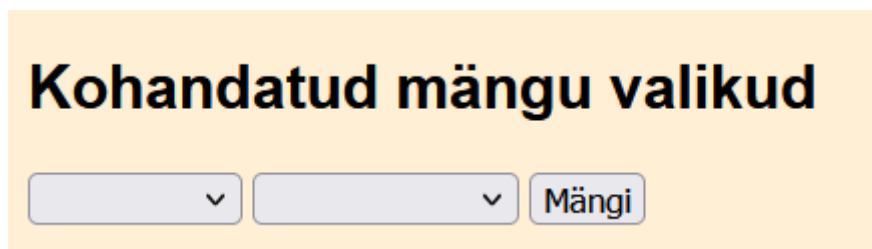
Joonis 7. Pealeht.

Vajutades nuppu “Juhend” suunatakse kasutaja juhendi lehele, mida on näha Joonis 8. Juhendi leht sisaldab kirjeldusi mängu valikute kohta, kuidas teemat genereerida, ülevaadet mängulehe võimalustest ning mängu reegleid.



Joonis 8. Juhendi leht.

Vajutades nuppu "Klassikaline", suunatakse mängija mängulauaga lehele, mille TI keerukus on keskmine ja sõnastikuks on valitud Eesti Keeleressursside Keskuse sõnastik. Vajutades "Kohandatud" nupule suunatakse mängija kohandatud mängu valiku lehele, mida on näha Joonis 9.



Joonis 9. Kohandatud mängu valiku leht.

Siin saab mängija valida esmalt kolme erineva raskuse vahel ja seejärel, millist sõnastikku ta soovib kasutada. Sõnastikud, mida mängida saab valida on Eesti Keeleressursside Keskuse sõnastik, Eesti Keele Instituudi sõnastik või ise genereerida sõnastik. Kui on valitud "Genereeritud", peab mängija kirjutama ilmunud tekstikasti sõna, millest ta soovib sõnastiku teema luua. Kui vajutada nuppu "Mängi", antakse mängijale teada, et sõnastikku genereeritakse, mida on näha Joonis 10.

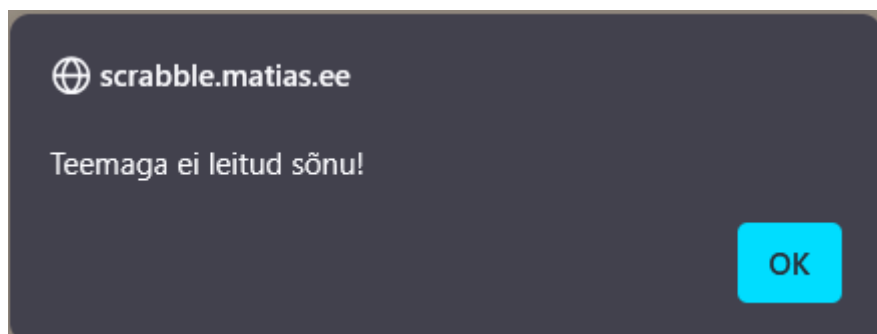
Kohandatud mängu valikud

Keskmine ▾ Genereeritud ▾ Tere :) Mängi

Genereerime sõnastikku. Palun oodake

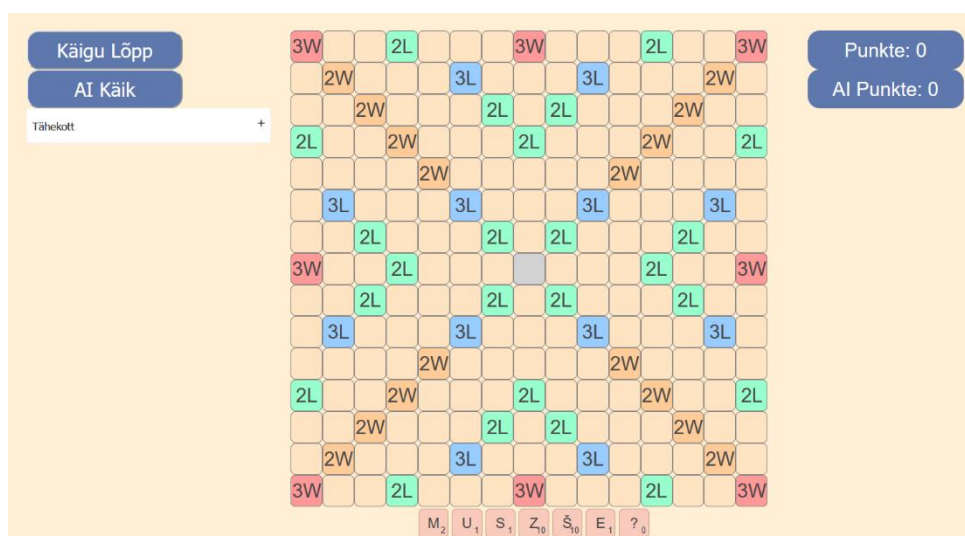
Joonis 10. Sõnastikku genereerimise märguanne.

Kui genereerimine on edukas, suunatakse mängija edasi mängulehele, koos tehtud valikutega. Juhul kui sõnastikku ei saa genereerida, antakse sellest märku teavitusega, mida on näha Joonis 11.



Joonis 11. Teemat ei saadud moodustada teadaanne.

Mängulaua lehel on mängijal võimalik mängida Scrabble mängu vastavalt tema valikutele. Joonis 12 on näha mängulaua lehe vaadet.



Joonis 12. Mängulaua lehe vaade.

Mängu jooksul on ka võimalik näha, millised tähed on veel saadaval, kui vajutada nupule “Tähekott”, mida on näha Joonis 13.



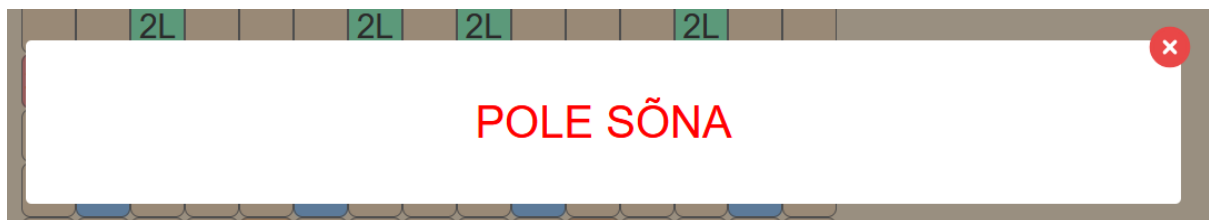
Joonis 13. Mängus olevad tähed tähekotis.

Tähekotis on ka tähis “?” täht ehk tühi täheklots, mille täheväärtus võib olla ükskõik milline mängus lubatud täht. Kui asetada tühi täheklots mängulauale ja selle peale vajutada, saab mängija valida soovitud tähe, mida on näha Joonis 14.



Joonis 14. Tühja täheklotsi valiku vaade.

Mängija saab sellest vaatest väljuda, valides tähe või valiku vaatest välja vajutades, mille järel jääb täheklots tühjaks. Kui mängija on tähe valinud, on seda võimalik muuta alles siis kui tühja täheklotsi on ringi liigutatud, peale mida täheklots muutub jälle tühjaks ja mängija saab uuesti tähe valida. Kui mängija on oma valitud tähed mängulauale asetanud, saab ta käigu lõpetada vajutades “Käigu Lõpp” nupule. Kui mingi sõna ei ole sõnastikkus või tähed on asetatud mängulaual valesti, antakse sellest ka mängijale teada. Joonis 15 on näha vea puhul tekkivat teadaannet.



Joonis 15. Vea teadaanne.

Korrektse sõna korral, saab mängija jätkata uute sõnade moodustamisega või lasta TI-l teha käik.

5. Tagasiside ja võimalikud edasiarendused

Pärast lehe valmimist anti see kümnele inimesele proovimiseks. Tagasiside lehe kohta saadeti hiljem autorile sõnumitena. Tagasiside andmine oli vabas vormis, kus autor soovis saada mängijate esmailmeid mängu kohta. Täpsemalt soovis autor saada tagasisidet esinevatest vigadest, mida inimesed leidsid. Samuti leidis ka autor ise, mida selle puhul saaks edasi arendada.

5.1 Tagasiside

Saadud tagasiside oli mitmekülgne ja kvalitatiivne ning leiti palju asju, mida saaks parandada. Tagasisidet saab jagada kaheks osaks, tehniline pool ja kasutaja mugavus.

5.1.1 Tehniline pool

Tehnilise poole tagasisides anti teada, et tähtede liigutamine on ebamugav. Siin ilmselt tegemist svelte-dnd-action omapäraga, seega ei saa olla kindel, kas seda on võimalik kuidagi parandada ilma raamistikku välja vahetamata. Tagasisides toodi ka välja, et oleks vaja nuppu, mis võimaldaks vahele jätta käigu või vahetaks mängija käes olevad täheklotsid ringi, et takistada mängu varajast lõppu. Leiti ka, et “Käigu lõpp” nuppu vajutusala on suurem kui napp ise. Samuti märgati, et vahepeal ei suuda TI moodustada käiku.

5.1.2 Kasutamise mugavus

Tähtede liigutamise poole pealt anti ka teada, et lohistamise asemel võiks saada hiire vajutustega klotse ringi liigutada. See oleks võimalik teha, lastes näiteks kasutajal valida, millist mänguviisi ta soovib kasutada. Hiirega vajutamise ringi liigutamine nõuaks päris palju veebirakenduse ümberkirjutamist, kuid oleks ilmselt tehtav. Samuti soovitati kasutamise mugavuse jaoks nuppu, mis tooks käigu jooksul asetatud täheklotsid tagasi mängija kätte, või kui klots lohistada laualt ära, asetada see mängija kätte. Esimene variant tundub lihtsam implementeerida kui teine, seega kui autor tulevikus plaanib mängu edasi arendada, implementeeritakse pigem napp klotside tagastuse jaoks. Tagasisidest oli ka aru saada, et veateateid oleks vaja täpsustada, kuna polnud selge, kas viga tekkis sellest, et polnud õigesti asetatud täheklotsid või sõna üldse ei eksisteeri. Samuti oleks vaja kasutajale teada anda, kui nende käik oli edukas.

5.1.3 Disain

Üks esimesi märkusi disaini poolest oli, et lehe värvid olid liiga eredad ja et need võiks muuta pastellvärvideks. See tagasiside on praeguseks juba ka implementeeritud. Järgmine disainiaspekt, millele anti tagasisidet oli, et tähtedel võiks olla vari, et anda ruumilist sügavust. Samuti leiti, et kui preemiaruudu peal hoida täheklotsi, siis selle all olev tekst kaob ära. Siinkohal on tegemist sellega, kuidas svelte-dnd-action arvestab, kas ruut on asetatud lauale või mitte, seega ei saa olla kindel, kas seda on võimalik kuidagi parandada ilma raamistikku välja vahetamata.

5.2 Edasiarendused

Mängul on mitmeid võimalusi, mille lisamine muudaks selle mängija jaoks põnevamaks. Esimene oleks vastavalt preemiale muuta täheklotside värvi ja nende punktiväärtust mängulaual. Näiteks, kolmekordse tähepreemia puhul võiks täheklotsi muuta siniseks ja kolmekordistada klotsil olev punktiarv. See aitaks kasutajal paremini aru saada, kuidas punktid kokku tulevad ja oleks visuaalselt ka palju huvitavam. Järgmine võimalik edasiarendus oleks lõpmatu mängu loomine. Lõpmatus mängus oleks mängulaud piiramatu ning täheklotse antakse mängijale vastavalt nende esinemissagedusele tähekotis. Selline versioon võimaldaks mängijatel moodustada ka pikemaid sõnu kui 15 tähte. Samuti annaks lõpmatu versioon võimaluse mängida seda nii kaua, kui on kasutajal selleks soov.

Mängu teeks paremaks ka võimalus mängida seda koos teiste inimestega. See suurendaks osade mängijate võistlus tahet. Samuti võimaldaks Scrabble sõnamängu mängimist ka siis, kui füüsiline lauamäng puudub või pole võimalik teistega kokku saada. Mängule võiks lisada ka juurde rohkem sõnastikke, mille vahel saab valida. Üks nendest oleks kõikide käänete sõnastik, mida ei saadud lisada loodud mängule. See sõnastik loodi eeltöötamise ajal, aga kuna kasutatav riistvara polnud küllalt võimas suuremahulise sõnastiku töötlemiseks jäeti see implementeerimata.

Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk oli luua veebis mängitav sõnamäng Scrabble, kus kasutaja saaks genereerida endale sõnastiku ja saada mängulaual olevate sõnade tähendusi. Töö käigus loodi mängu jaoks veebirakendus ning seadistati koduserver, kus mängu majutatakse. Veebirakendus saab mängida tehisintellektiga vastase vastu. Mängijal on valik mängida kas klassikalises või kohandatud versioonis, kus on võimalik valida nii vastase keerukus kui ka kasutatav sõnastik, mis sisaldab teema genereerimist.

Rakenduse jaoks loodi ka programmiliides, kuhu kasutajaliides teeb päringuid mitmete mängu funktsioonide jaoks. Esimene nendest on teema genereerimine. Teema genereeritakse, kasutades Eesti Wordnetti, leides esmalt mängija antud sõna kõik sünonüümid ja peale seda leitakse nende nii sõnade ülem- ja alammõisted kui ka holo- ja meronüümid. Kuna teema genereerides muutuvad ka tähtede esinemissagedused, arvutatakse iga sõnastiku jaoks vajalikud täheklotside arvud eraldi. Samuti saab pärida erinevate sõnade tähendusi. Kasutades jälle Eesti Wordnetti omadusi, saab kasutaja mängu jooksul uurida, mida erinevad sõnad mängulaual tähendavad.

Mängu loomisel ja saadud tagasisides leiti mitmeid võimalusi, mida mängu puhul parandada ja paremaks teha. Kui oli võimalik, tehti tagasiside põhjal parandusi. Mängul on ka mitmeid edasiarenduse võimalusi. Näiteks mitmikmängu ja lõpmatu mängu võimalus.

Viidatud kirjandus

- [1] EnglishCentral, Inc. The Importance of Games in Language Learning. 2024. <https://www.englishcentral.com/blog/en/the-importance-of-games-in-language-learning/> (06.04.2025)
- [2] Cognitive Load Theory. Medical College of Wisconsin. 2022. <https://www.mcw.edu/-/media/MCW/Education/Academic-Affairs/OEI/Faculty-Quick-Guides/Cognitive-Load-Theory.pdf> (26.04.2025)
- [3] Puksberg O. Eestikeelne veebipõhine Scrabble taoline mäng. Tartu Ülikooli arvutiteaduse instituudi bakalaureusetöö. 2024. https://comserv.cs.ut.ee/ati_thesis/datasheet.php?id=79385 (07.01.2025).
- [4] Rist K. Holonüümia ja meronüümia suhe Eesti Wordnetis. Tartu Ülikooli Eesti ja üldkeeleteaduse instituudi bakalaureusetöö. 2019. <https://dspace.ut.ee/items/c44459ef-ae00-418c-881c-24d096e2eb5a> (14.05.2025)
- [5] Augarde, T. The Oxford guide to word games. Oxford [England] ; New York : Oxford University Press. 2003. https://archive.org/details/oxfordguidetowor0000auga_w8i0/page/n9/mode/2up (12.05.2025)
- [6] Nurwulandari A. I, Asnawi. The Effect of Using Anagram Games of Students' English Vocabulary Mastery. *Indonesian Journal of ELT and Applied Linguistics (IJEAL)*. 2022, Vol. 1, No. 2, pp 77-83. <https://jurnal-lp2m.umnaw.ac.id/index.php/IJEAL/article/view/1321> (12.05.2025)
- [7] Orawiwatnakul W. Crossword Puzzles as a Learning Tool For Vocabulary Development. *Electronic Journal of Research in Education Psychology*. 2013, Vol. 11, Núm. 30, pp. 413-428. <https://ojs.ual.es/ojs/index.php/EJREP/article/view/1574> (12.05.2025)
- [8] Mattel, Inc. Kuidas mängida?, 2009. <https://www.meelelahutus.eu/mangulaud/pildid/scrabble.pdf> (05.12.2024)
- [9] Gahlot A. S, Vyas R. Game Theory and Deep Learning Approach to Implement Scrabble, *2023 IEEE International Conference on Paradigm Shift in Information Technologies with Innovative Applications in Global Scenario (ICPSITIAGS)*, Indore, India, 2023. <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.utlib.ut.ee/document/10527530> (17.11.2024)

- [10] Lauamäng Mattel Games Scrabble Original Y9592, EN. www.1a.ee/p/lauamang-mattel-games-scrabble-original-y9592-en/16u3 (26.04.2025)
- [11] Stilling, G. E. S. Scrabble. *Salem Press Encyclopedia, Research Starters*. 2021. <https://research-ebsco-com.ezproxy.utlib.ut.ee/c/qlurcm/viewer/html/vtrfuwfpk5> (14.05.2025)
- [12] Chairani S. USING SCRABBLE FOR LEARNING ENGLISH VOCABULARY AT MAN 2 KUANTAN SINGINGI. *Language Literacy: Journal of Linguistics, Literature and Language Teaching*. 2021, Vol. 5, No. 1, pp. 205-212. <https://pdfs.semanticscholar.org/7be7/30902cf87654548c70c90d1f391bf3c4e01f.pdf> (12.05.2025)
- [13] kynthia. Letter League FAQ. Discord. 2024. <https://support-apps.discord.com/hc/en-us/articles/26502196674583-Letter-League-FAQ> (12.05.2025)
- [14] Luuk A. Eestikeelne ristsõnamäng Scrabble'i eeskujul. Tartu Ülikooli arvutiteaduse instituudi bakalaureusetöö. 2005. <https://gitlab.keeleressursid.ee/liin/ristsonamang> (12.05.2025)
- [15] Appel A. W., Jacobson G. J. The World's Fastest Scrabble Program. *Communications of the ACM*, 1988, 31(5), p.572-578. <https://doi.org/10.1145/42411.42420> (19.04.2025)
- [16] Bhardwaz S, Godha R. Svelte.js: The Most Loved Framework Today. *IEEE 2023 2nd International Conference for Innovation in Technology (INOCON)*. Bangalore, India, 2023 <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.utlib.ut.ee/document/10101104/authors#authors> (06.04.2025)
- [17] Neodrag. <https://www.neodrag.dev/> (16.04.2025)
- [18] Sarcevic A. Svelte makes Drag And Drop API easy! Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=ITDKhj83tec> (16.04.2025)
- [19] Hagoel I. SVELTE DND ACTION. <https://www.npmjs.com/package/svelte-dnd-action> (18.04.2025)
- [20] What is TypeScript? Microsoft. <https://www.typescriptlang.org/> (11.05.2025)
- [21] Laur S, Orasmaa S, Särg D, Tammo P. EstNLTK 1.6: Remastered Estonian NLP Pipeline. *Proceedings of The 12th Language Resources and Evaluation Conference*. Marseille, France:

European Language Resources Association. 2020, 5. pp 7154--7162.
<https://www.aclweb.org/anthology/2020.lrec-1.884> (07.12.2024)

[22] Visconti A. Building a static website with Jekyll and GitHub Pages. Programming Historian. 2016 <http://programminghistorian.org/en/lessons/building-static-sites-with-jekyll-github-pages> (07.12.2024)

[23] PythonAnywhere LLP. Host, run, and code Python in the cloud!
<https://www.pythonanywhere.com/> (04.02.2025)

[24] Raspberry Pi Foundation. Raspberry Pi for home. <https://www.raspberrypi.com/for-home/>
(04.02.2025)

[25] Robinson M. Disadvantages of Home Server Web Hosting.
<https://websitehosting.com/guide/disadvantages-of-home-server-web-hosting/> (06.04.2025)

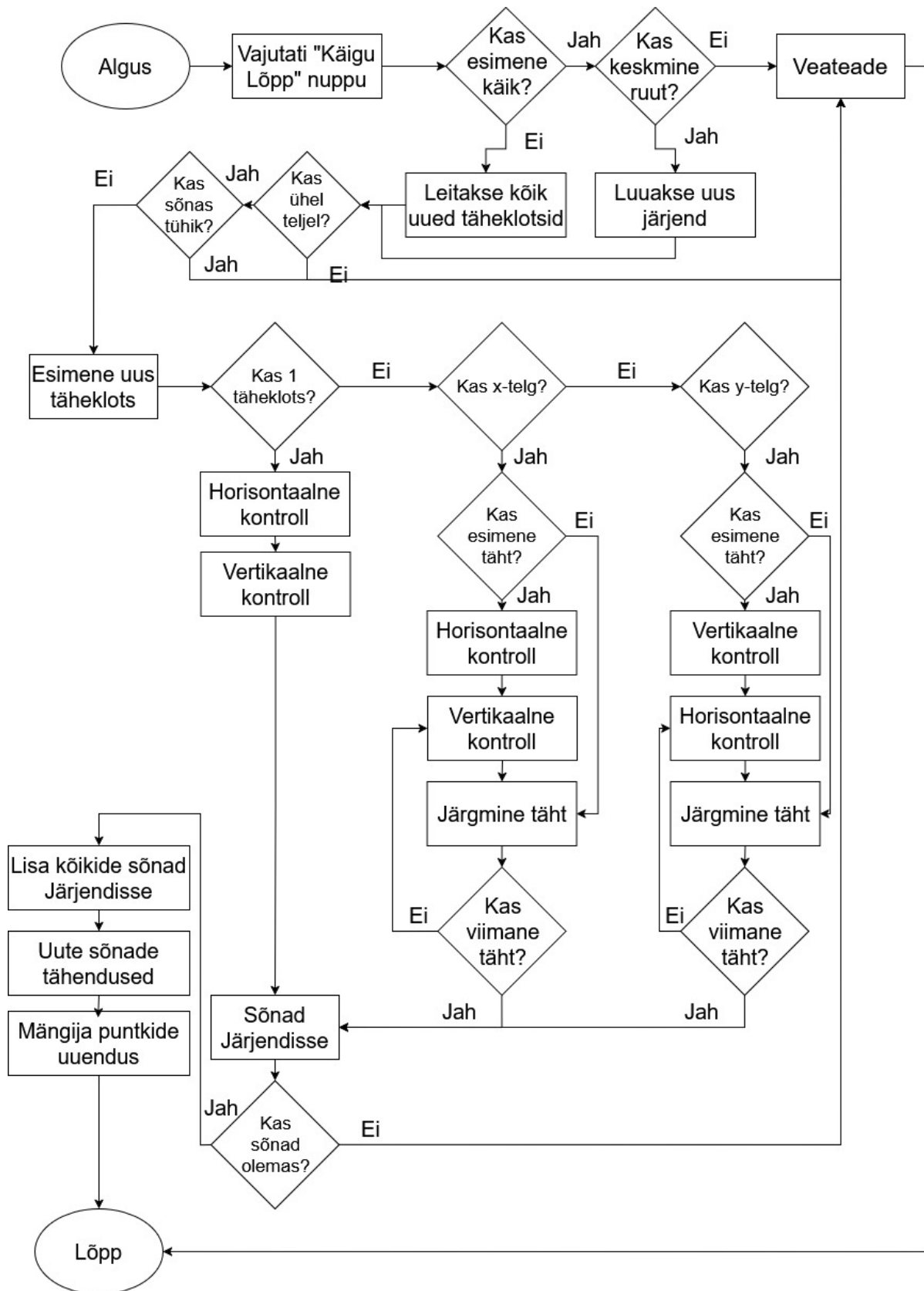
[26] What is a Raspberry Pi HAT? Cool Components.
<https://coolcomponents.co.uk/blogs/news/what-is-a-raspberry-pi-hat> (09.04.2025)

[27] So what is Cloudflare? Cloudflare, Inc. <https://www.cloudflare.com/learning/what-is-cloudflare/> (10.04.2025)

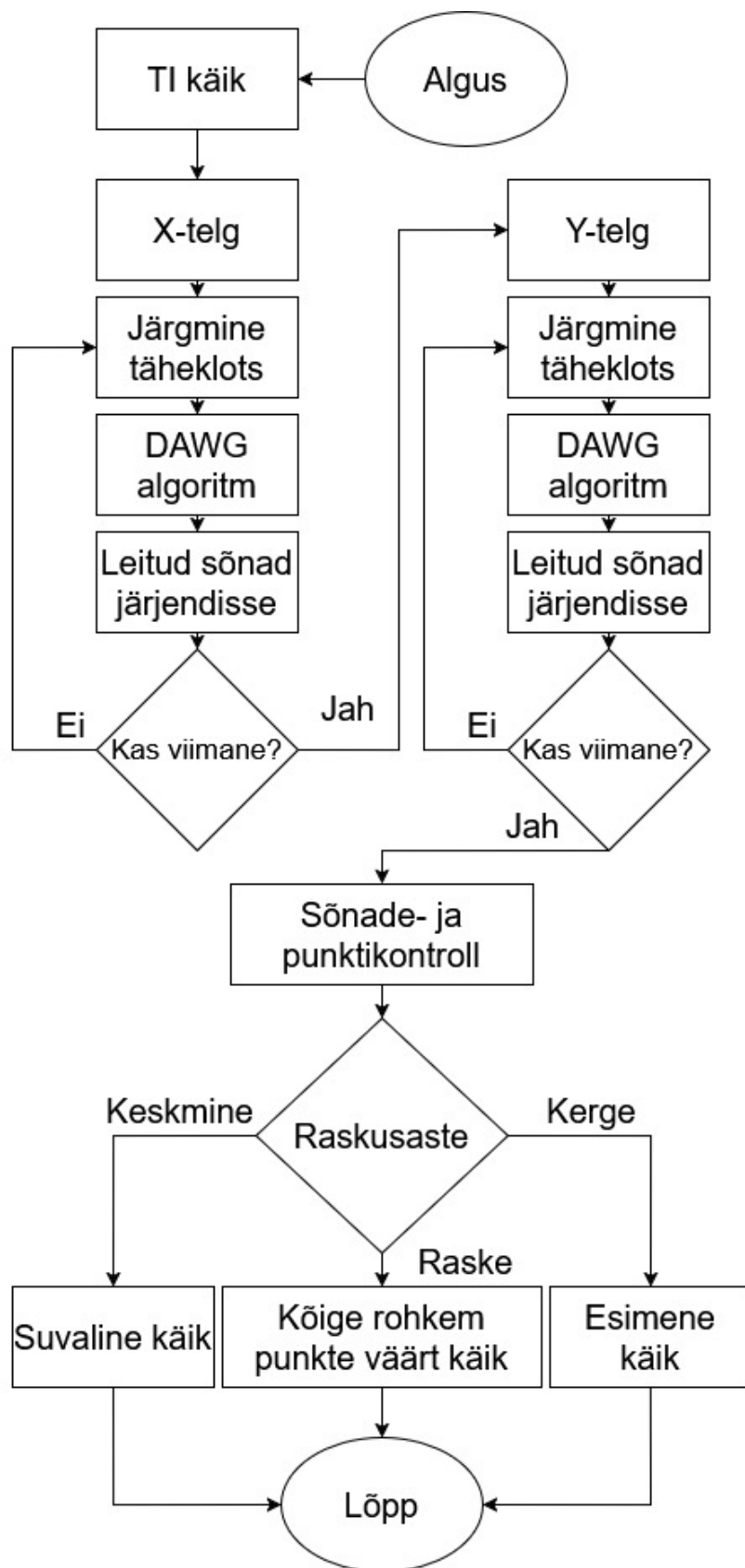
[28] What is Docker? Docker Inc. <https://docs.docker.com/get-started/docker-overview/>
(07.04.2025)

[29] nginx. <https://nginx.org/> (07.04.2025)

Lisa II. Sõnade kontroll



Lisa III. TI käik



Litsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Matias Jürgenson,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „**Veebipõhine eestikeelne sõnamäng Scrabble**“, mille juhendaja on Sven Aller, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada Tartu Ülikooli digitaalarhiivi kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni;
2. annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi kaudu Creative Commons litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni;
3. olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
4. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Matias Jürgenson

15.05.2025