

Tallinna Pedagoogikaülikool

Matemaatika-Loodusteaduskond

Informaatika osakond

Loodusteaduslike protsesside
modelleerimisvahendid

Bakalaureusetöö

Karl-Kristjan Koit

Juhendaja: Jaagup Kippar

Autor: "....." 2004
Juhendaja: "....." 2004
Osakonna juhataja: "....." 2004

TALLINN 2004

Sisukord

Sisukord	2
Sissejuhatus.....	3
1. Erinevate loodusteaduslike modelleerimisvahendite analüüs.....	4
1.1 Biokeemia rakendus "RasMol"	4
1.2 Astronoomia programm "Stellarium"	7
1.3 Füüsika-alane õpitarkvara "Model bridge"	9
1.4 Anatoomia alane õppeotstarbeline veebirakendus "The Virtual Body"	11
1.5 Metsasimulaator "SimForest"	13
1.6 Geoloogia programm "C-Tech EVS Pro"	15
1.7 Keemia õppevahend "ChemLab"	18
1.8 Epidemioloogia veebirakendus "Java Epidemiology v1.0"	20
1.9 Bioloogia-alane rakendus "Populus"	22
1.10 Füüsika õpitarkvara "Equipotential for high school"	24
1.11 Analüüsitud rakenduste kasutusvõimalused ning plussid ja miinused	26
2 Eestis tehtud loodusteaduslike vahendite analüüs	28
2.1 Veebirakendus "Keemiliste elementide elektronskeemide koostamine"	28
2.2 Veebirakendus "Eesti taimed"	30
2.3 Veebirakendus "Kõrv loodusesse"	32
3 Geneetika	34
3.1 Pärilikkuse teooriast.....	34
3.2 Veebirakendus "Basic genetics"	38
3.3 Rakendus "MendelSim"	40
3.4 Lisas toodud rakendusest	42
Kokkuvõte.....	44
Summary	45
Kasutatud kirjandus	46
Lisa 1 – Rakenduse kood	47

Sissejuhatus

Käesoleval bakalaureusetööl on kolm peamist eesmärki – tutvustada mõningaid olemasolevaid loodusteaduslike protsesside modelleerimisvahendeid nii välismaalt kui Eestist, tutvustada pärilikkusega ja geneetikaga seotut ning luua pärilikkust, täpsemalt Mendeli kolme seadust modelleeriv õppevahend.

Valisin sellise teema peamiselt seetõttu, et mind ennast huvitab geneetika, aga ka seetõttu, et minu teada pole veel vastavat eestikeelset tarkvara loodud, millega saaks näitlikustada pärilikkusega seotud skeeme, mis põhinevad Mendeli kolmel seadusel. Olemas on küll mõningaid inglisekeelseid modelleerimisvahendeid, aga suurem osa neist on tasulised ning sugugi mitte odavad, kusjuures enamusel puudub ka tasuta demoversioon. Ka on mõningatel juhtudel tegemist mõne suurema programmi osaga.

Eestikeelset, internetist kättesaadavat modelleerimistarkvara, eriti loodusteaduse vallas, praktiliselt pole. Need mõningad, millest osa on ka käesolevas töös vaatluse all, on tõenäoliselt suurem osa Eestis loodud rakendustest, kusjuures peamiselt on tegemist õpiotstarbeliste veebirakendustega, nt. Eesti selgroogsete välimääraja. Võimalik, et mõningate ülikoolide loodusteaduse osakonnad on loonud rakendusi või modelleerimisvahendeid, kuid need pole üle interneti kättesaadavad, mistõttu neid selles töös ka ei käsitleta.

Mis puudutab loodusteaduslike protsesse modelleerivaid vahendeid üleüldse, siis jagunevad need oma olemuselt kaheks – veebipõhised rakendused ja tarkvarapaketid, viimased on tavaliselt multifunktsionaalsed ja üpris kallid, tasuta jagatakse parimal juhul demo- või beta-versioone. Käesolevas töös on vaatluse all eelkõige vabavarapaketid ja veebirakendused, kuid ka mõningad demoversioonid omapärasematest või lihtsalt huvitavatest programmidest, kusjuures valik on üpris subjektiivne.

1. Erinevate loodusteaduslike modelleerimisvahendite analüüs

Selle peatüki eesmärk on tutvustada võimalikult mitmekesist valikut erinevaid modelleerimisvahendeid. Valikusse mahtusid nii veebipõhised modelleerimisvahendid kui ka tarkvarapaketid, mis reeglina on demoversioonid, kuna tasuta loodusteaduslikku tarkvara on toodetud suhteliselt vähe, olemasolevad täisversioonid on reeglina vabavara ning tihti on sel puhul tegemist väikeste väheste funktsioonidega rakendustega.

Valitud teemade hulk on võimalikult lai – muuhulgas võtan vaatluse alla geoloogia, biokeemia, astronoomia jpt. valdkondi modelleerivad rakendused. Ainult geneetika-alaste programmide ja rakenduste analüüs on paigutatud kolmandasse peatükki, kuhu olen paigutanud kõik teemad, mis on seotud lisas oleva rakendusega.

Programme ja rakendusi olen vaadelnud eelkõige n.ö. tavakasutaja seisukohalt, kuna oleks olnud üpris ebareaalne ennast kõikide loodusteadustega niivõrd põhjalikult kurssi viia, nagu eeldaks nende programmide tippasemel kasutamine. Tõsi – mõned geoloogia-alased modelleerimisvahendid lausa eeldavad kasutajalt oma ala üpris põhjalikku tundmist, mistõttu nende vahenditega eksperimenteerimine on tavakasutajale suhteliselt raskendatud. Väiksemad programmid on aga ilmselt just tavakasutajale loodud, kuna tegu on väga lihtsate ning kergesti kasutatavate modelleerimisvahenditega.

1.1 Biokeemia rakendus "RasMol"

Tegemist on rakendusega, mis simuleerib molekulide ehitust. Tarkvara loojate sõnul on RasMol "vabavara, mis kuvab molekulaarstruktuuri"[1]. Programm on saadaval väga paljudele erinevatele operatsioonisüsteemidele ja platvormidele, sealhulgas PC-le (nii erinevatele Windows'i kui Linux'i versioonidele), Mac-ile, jne. Tegemist on üpris kaua toodangus olnud rakendusega, kuna "RasMol-i" esimene versioon tuli välja juba 1993.-ndal aastal, mina uurisin versiooni 2.7.1.1, mis peaks eeldatavasti olema selle vahendi värskem versioon. Sama meeskonna poolt on välja antud veel paar samateemalist rakendust – "Chime" ja "Protein Explorer".

Programm on oma olemuselt ainult visualiseerimisvahend, mingeid erilisi lisafunktsioone peale mitmete erinevate molekulide, DNA-struktuuride, jms. kuvamise ei paistnud olevat –

isegi väljapakutud funktsioon nimega "Information" ei pakkunud sisuliselt mingit informatsiooni, peale aatomite, gruppide ja seoste arvu. Käesoleva molekuli nimi tuuakse ära vaid mõnel juhul – selline valikulisus jäi küll suhteliselt arusaamatuks, kuna eeldaks, et kui programm teatab ühe molekuli nime, teeb ta seda ka teiste molekulide puhul.

Samas on olemas eraldi aknas asuv käsurida, mis toimib lisaks tavapärasele ka sel moel, et kui vajutada parema hiireklahviga mõne kuvatud molekuli aatomi peal, kuvatakse käsuraale – tõsi küll üpris minimalistlik – informatsioon antud aatomi kohta – aatomi nimi (õigemini küll tähistus perioodilisussüsteemi tabelis), asukoht käesolevas struktuuris jms., samuti tuuakse ära, millises grupis antud aatom asub, mis võib olla kasulik, juhul kui struktuuris juhtub olema rohkem kui üks aatomite grupp.

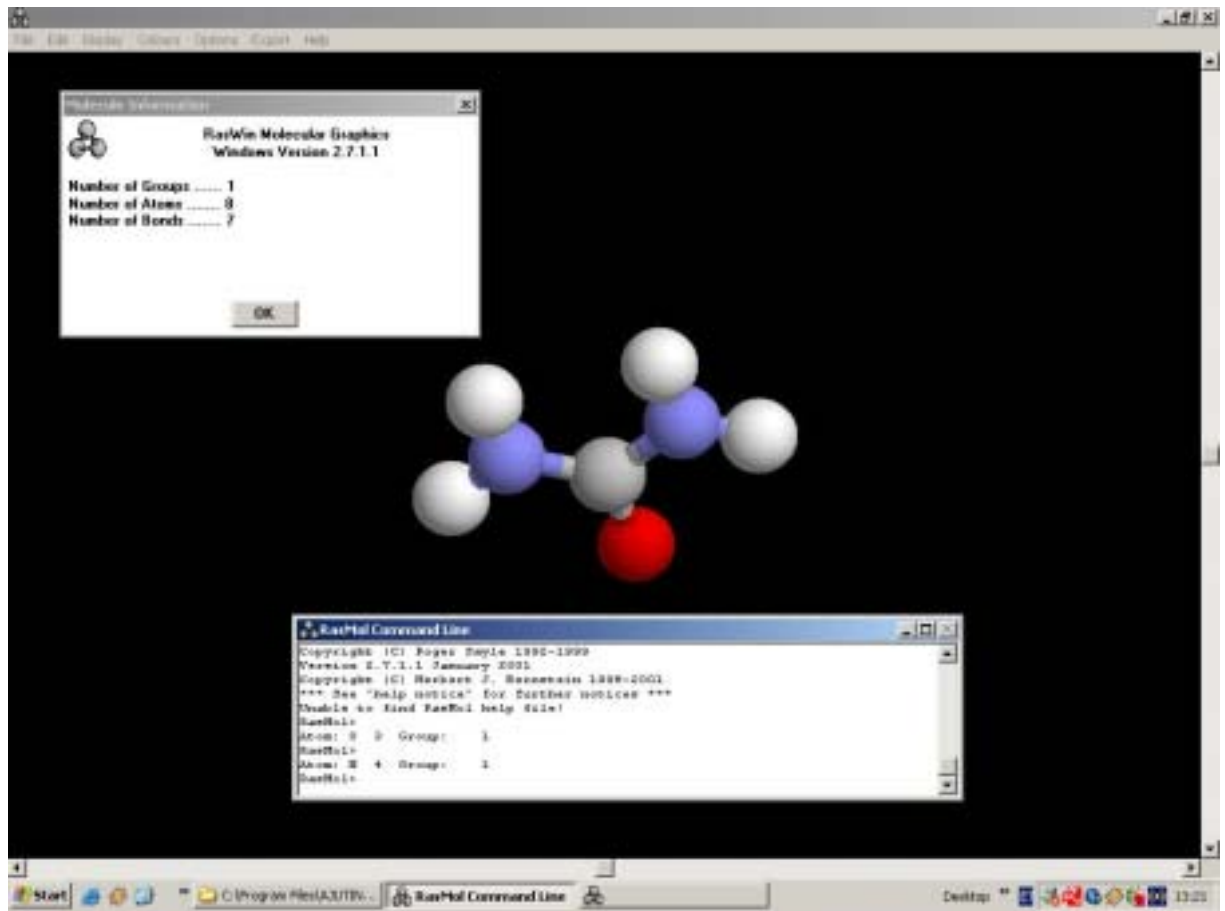
Programmi menüüdes leiduvast ka natuke – võimalik on erinevaid molekule mitmetel erinevatel viisidel kujutada, siinkohal tooks paar näidet:

- värvid – värvide menüü (*Colours*) all on võimalik kuvada molekuli nii must-valgelt, värviliselt erinevate gruppide kaupa kuni temperatuuriliste erinevusteni välja – erinevatel molekulidel on muidugi vastavad erinevused – nt. vee molekulil on temperatuuri erinevuste võimalus menüüs olemas, ent kuvamisel on kogu molekul ühte värvi, samas näiteks DNA temperatuuride erinevuse puhul on pilt väga mitmevärviline;
- struktuuri kuvamine – võimalik on kuvada nii nn. "*Wireframe*", kus kuvatakse kogu molekul kriipsude jadana, "*Ball & Sticks*", kus aatomid on kujutatud keradena ja seosed pulkadena nende vahel kui ka "*Spacefill*", kus kõik aatomid on üksteise küljes mullidena, DNA puhul on võimalik kujutada ka lindikesi jne.
- eksportimine – võimalikud variandid, kuidas saab molekulide ekraanipilte eksportida on *.bmp ja *.gif failist Sun'i rasterfailitüübini *.rast välja.

Mis puutub rakenduse abisse ehk siis help-faili, siis siin pole küll midagi ette heita, kuna kõik funktsioonid, mida saab programmis kasutada, samuti kogu käsura kohta käiv informatsioon on kompaktselt (mis antud juhul tähendab üpris lühidalt, ilma koormava lisainformatsioonita) ja ka vähikule arusaadavas (inglise) keeles ära seletatud, koguni programmi enese sisemise failiformaadi *.pdb tutvustamiseni välja.

Minu meelest on see programm küll teadusliku vahendina üpris mõttetu, kuid kuna selle vahendi eesmärk pole ilmselgelt anda mingit ülitäpset informatsiooni, vaid pigem tekitada erinevatest molekulidest n.ö. pilt silme ette, on see programm väga kasulik nt. keemia, aga miks mitte ka bioloogia või koguni meditsiini õppevahendite koostajale pildimaterjali hankimiseks, samuti saaks seda programmi edukalt kasutada koolis õpilastele molekuli

ehituse visualiseerimiseks, mis lihtsustaks tõenäoliselt ka erinevate keemia-alaste mehhanismide mõistmist.



Joonis 1 – Rakenduse "Rasmol 2.7.1.1" ekraanipilt

1.2 Astronoomia programm "Stellarium"

Tegemist on programmiga, mis simuleerib vastavalt kasutaja poolt valitud parameetritele, s.h. vaatleja asukoha pikkus- ja laiuskraad, atmosfääri tingimused jne. taevasfääri, mida saab antud tingimustel vaadelda. Programmi on loonud, nagu väidetakse ametlikul kodulehel, üks isik, kes tegeleb ka pidevalt selle tarkvara arendamisega ja samuti tehnilise toena.

Taaskord on tegu vabavaraga, mida on võimalik hankida väga paljude erinevate platvormide jaoks. Programmi ametlikul kodulehel on välja toodud muuhulgas ka Mandrake, Debian jm. Samuti on kodulehelt võimalik saada informatsiooni viimaste uuenduste osas.

Nüüd kõigest lähemalt. Tegude on siis, nagu eespool mainitud, astronoomia-alase simulaatoriga, mis programmi autori sõnade kohaselt "renderdab foto-realistlikke 3D taevakujutisi reaalsajas".[2]. Nagu selgub autori CV-d sisaldavalt veebilehelt, alustas ta Stellariumi loomist 2000. aasta suvel. Tegelikult on välja ka juba versioon 0.5.2 versioon, seda küll vaid MacOSX ja mõnele Linuxi distributsioonile. Minu kasutuses oli kõige värskem Windowsi versioon 0.5.1.

Kuna ma olen ka ise astronoomiast suhteliselt huvitatud, kuigi minu võimalused amatöör-astronoomia harrastamiseks on üpris piiratud, siis pakuvad taolised programmid mulle päris suurt huvi. Stellarium on võrreldes paljude teiste samalaadsete vahenditega visuaalselt muljetavaldavaim, kuid siiski on mõningaid puudujääke, eelkõige objektide kohta informatsiooni saamise osas. Samas – tegu ongi rohkem programmiga, mis peaks hõlbustama taeva vaatlemist, mitte jagama detailset informatsiooni taevakehade kohta ning selle ülesande täidab Stellarium suurepäraselt.

Tegelikult ei saa väita, nagu ei pakuks see programm üldse mitte mingisugust informatsiooni taevakehade kohta – kui vajutada mingil tähel, planeedi või mõnel suuremal süsteemil nt. keraparvel, avaneb väike aknake, kus mainitakse ära objekti nimi, tähistus erinevates tähekataloogides ja objekti näiv heledus, samuti absoluutne asukoht taevavõlvil. Põhimõtteliselt on see kogu informatsioon, mida keskmine amatöörastronoom vajab.

Mis aga puutub objektide visualiseerimisse, siis see on lahendatud suurepäraselt – võimalik on koguni Kuu kraatreid vaadata (tänu zoomile) ja seda vastavalt vaatleja asukohale. Samas on võimalik n.ö. "segav" maapind eemaldada ja vaadata objekte, mis jääksid muidu vaatleja asukohas realselt horisondi taha. Samuti on võimalik kõrvaldada atmosfäär, et saada aimu, millised taevakehad on parajasti horisondi kohal, ent mida realselt vaadelda ei saa, kuna hele taevast seda lihtsalt ei võimalda. Detailid on viidud kusjuures koguni nii kaugemale, et

tähti on võimalik panna ka plinkima (*star twinkling*), et tõsta taevakujutiste realistlikkust, samuti pöörleb taevafäär vastavalt reaalaajale.

Asjaolu, et programm on suunatud amatöörastronoomile, näitab kasvõi fakt, et programm kuvab objekte ainult kuni teatud tähesuuruseni, milleks on 7.0 (olgu siinkohal mainitud, et ideaalsete vaatlustingimuste juures eristab terava silmaga inimene ilma abivahenditeta kuni tähesuurust 5.0) – seega põhimõtteliselt kuvatakse väga suurt osa taevakehasid, mida on võimalik vaadelda binokli või väikese (nt. koolis kasutatava) teleskoobiga. Ära on toodud u. 120000 tähte ja üle 40 erineva nn. Messier objekti (need on erinevad suuremad objektid, mille katalogiseeris prantsuse astronoom C. Messier aastail 1758 - 1782)[3].

Kokkuvõtteks võib öelda, et Stellarium on väga hea tähevaatlust abistav tarkvara, mida soovitaks kõigile amatöörastronoomidele, aga ka koolidele astronoomia õpitarkvarana.



Joonis 2 – Astronoomia simulaatori "Stellarium" ekraanipilt

1.3 Füüsika-alane õpitarkvara "Model bridge"

Tegemist on programmiga, mille abil saab koolilastele, aga miks mitte ka täiskasvanutele, näidete abil selgitada sildadega seotud füüsikalisi jõude jms., kusjuures programmi kasutajal on võimalik ise sild "ehitada" – ehk siis graafiline sild luua. Paraku on tegu jällegi tasulise programmiga, ent ka demoversioon annab rakendusest päris korraliku ülevaate.

Programmi loonud ettevõtte "Software Inventions" kodulehelt saab selle programmi süsteemi nõuete kohta teada, et antud rakendus töötab vaid erinevatel Windowsi versioonidel, muud nõudmised eriti karmid ei olnud (2 MB kõvaketta-ruumi, 8 MB RAM ja 386 protsessorit). Huvitav oli sealjuures tootjate väide, et "Model bridge" ei toeta Windows XP-d [4], kuigi tegelikkuses ei tekkinud selle rakendusega Windows XP keskkonnas absoluutselt mitte mingisuguseid probleeme.

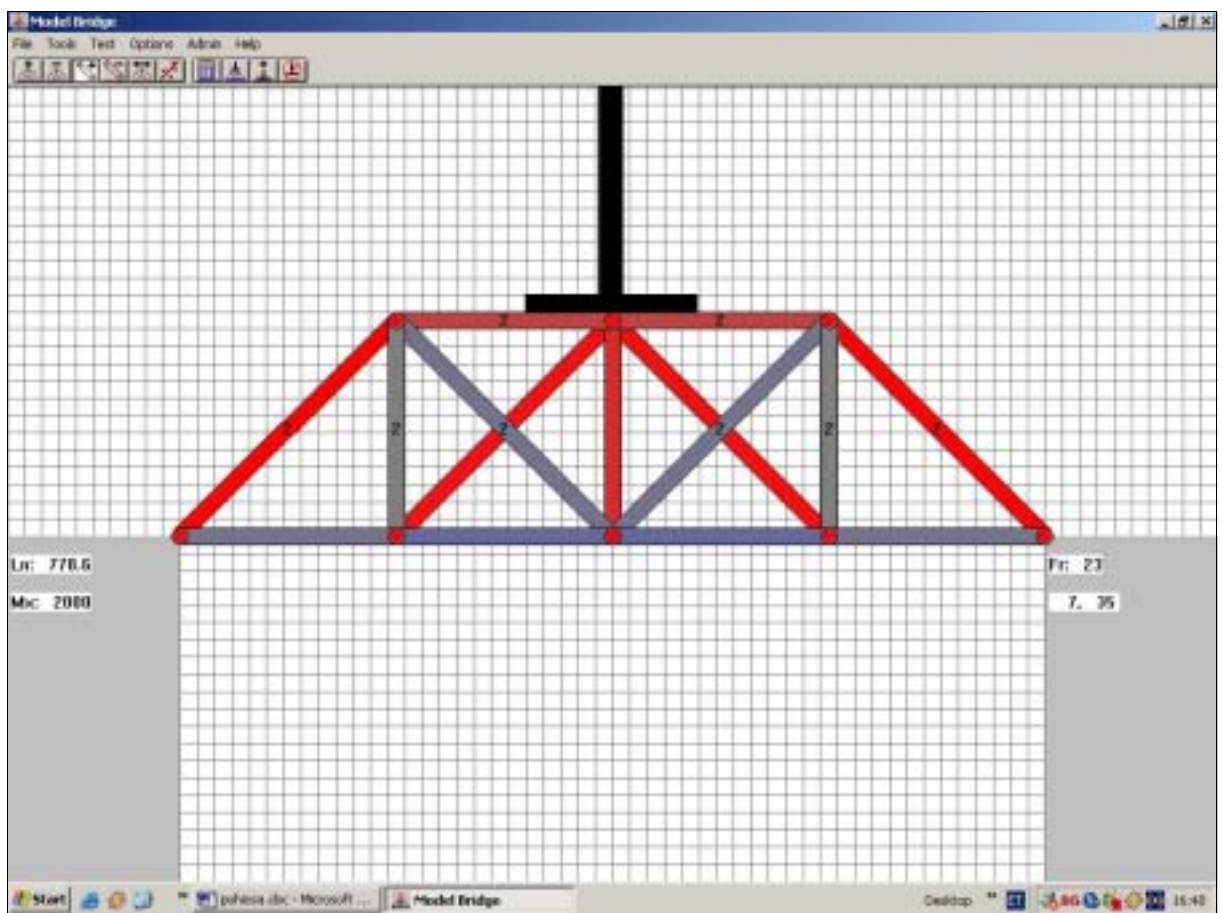
Katsetatud demoversioon pakkus võimalust ehitada silda kolmest erinevast kategooriast: standardne (*standard*), pingeline (*tension*), surve (*compression*). Erinevus nende vahel seisnes selles, et esimesel puhul olid nii pingeline kui surve võrdsed, teisel puhul surve 10x väiksem pingest ja kolmandal puhul vastupidi. See mängib programmis olulist rolli silla testimisel. Kõik see kehtib küll demo kohta, täisversioonis peaks olema võimalik ka oma tüüpe luua.

Programmi põhimõte on lihtne – kõigepealt tuleb luua ühenduskohad, need omavahel ühendada ja siis vastavalt soovile, kas ülalt või alt jõudu rakendada, kusjuures näitaja "Fr:" suureneb vastavalt rakendatud jõule ja seda seni, kuniks ükski silla element pole jõule järgi andnud (ehk siis ekraanilt kustutatud). Mida tumedamaks värvub mingi osa sillast, seda tõenäolisemalt see konkreetne osa jõule järele annab. Jõudu rakendatakse sealjuures kandvale ühenduslülile (*pin*). Programmi idee on koolilastele mängu vormis selgitada sillale mõjuvaid jõudusid – mängu vorm seisneb selles, et see, kellel on jõu arv kõige suurem, on võitja, samuti peetakse meeles rekordeid. Programmi loojate arvates peaks see lapsi innustama võimalikult heatasemelisi sildu konstrueerima, mis eeldab muidugi teooria tundmist.

Programmi vaieldamatult nõrgim külge on abi. Otsisin sealt tükk aega mitmeid programmi kasutamisel ette tulnud lühendeid, ent nendest abifailis juttu polnud ning see võib osutuda probleemiks, kuna neid on suhteliselt keeruline ka inglise keelest tuletada. On muidugi võimalik, et tegu on mingisuguste inglise keelt emakeelena kõnelevatele inimestele arusaadavate lühenditena, ent siiski peaks minu meelest abifailides sellised asjad lahti seletama.

Huvitav lisafunktsioon, mis demoversioonis on praktiliselt olematu, ent täisversiooniga kaasas, on administreerimise võimalus. Tähendab see seda, et on võimalik mingi silla ehitusele kaasata uusi kasutajaid, luua uusi võimalusi sillale jõudude rakendamiseks (nn. uusi tüüpe) ning võrrelda, ilmselt mingi andmebaasina, erinevate kasutajate tulemusi reaal-ajas. Demoversioonis oli välja pakutud vaid üks kasutaja, uute registreerimine polnud võimalik, samuti polnud võimalik uute tüüpide loomine, mistõttu jäi mul see funktsioon põhjalikumalt uurimata, ülevaatlik informatsioon selle kohta oli kirjas abifailis.

Kokkuvõtteks võib öelda, et tegu on üpris omapärase õppevahendina, mida võiks soovitada põhikooli füüsika-kursuse visuaalse abimaterjalina, kuna erinevaid silde on täiskasvanutelgi huvitav katsetada, lastele annab see aga lisaks veel mängulise elemendi – võistlemise, kes suudab ehitada vastupidavaima silla. Kui veel ära parandada pisivead (abifail ja pisut parem informatsiooni jagamine sillas toimivate jõudude kohta), saaks täiesti korraliku abivahendi põhikooli füüsikaõpetajatele.



Joonis 3 – Rakenduse "Model Bridge" ekraanipilt

1.4 Anatoomia alane õppeotstarbeline veebirakendus "The Virtual Body"

The Virtual Body on eelkõige kooliealistele, aga ka noorematele lastele suunatud veebileht, kus saab lisaks teadmistele inimkehast ka näiteks inimese skeletti n.ö. "jupphaaval" kokku panna, samuti on olemas audiolisandiga "ringkäigud" inimkeha erinevates osades, nt. ajus või seedetraktis. Tegemist on ühe osaga suuremast süsteemist, mis on koondatud MEDtropolise portaali-laadsesse veebikeskkonda – sellelt lehelt on võimalik teha ka päringuid erinevate haiguste kohta jm.

Virtual Body on huvitav veebirakendus, kuid tootsin esmalt siiski välja selle peamise puuduse – kuna rakenduse teostajad on üritanud anda võimalikult täpset informatsiooni, on mindud seda teed, et nt. seedetrakti osadel või erinevatel luudel on välja toodud ladinakeelsed nimetused (tõenäoliselt need küll kattuvad inglisekeelsetega), ent kuna audioga on toetatud küll osa, kuid mitte kogu süsteem, võib lastel tekkida probleeme raskemate nimetuste lugemisel ja välja hääldamisel.

Informatsioon, mida saab erinevate kehaosade kohta on praktiliselt olematu. Teada saab ainult erinevate kehaosade nimed ja audio-jutustustest ka kogu elundkonna kohta üldinformatsiooni. Ma ei tea, kas see oli taotluslik, kuid ainult teadmine, et peensool koosneb *Duodenum*'ist, *Jejunum*'ist ja *Ileum*'ist, ei anna lapsele suurt midagi – seda enam, et need nimetused ei jääks vist täiskasvanulegi meelde. Siiski – nooremad lapsed (näiteks kuni põhikoolini välja) saavad mingisuguse algelise informatsiooni inimkeha kohta võib-olla kätte.

Samas on tegu muudes osades väga lastesõbraliku veebirakendusega – eriti, mis puudutab eespool mainitud skeleti kokku panemise võimalust, samuti on võimalik seedeelundkonda ise kokku panna. Kõik kehaosad, mille kohta on võimalik selle veebilehe abil informatsiooni saada on üksipulgi lahti seletatud, kusjuures hiire abil saab ka näiteks aju erinevateks osadeks "lammutada" – tõsi, seal erilistesse detailidesse ei laskuta. Huvitav lisa on ka inimsüdame animatsioon, mida saab vastavalt soovile ka kiiremaks või aeglasemaks muuta.

Viimane asi, mille ma antud veebirakenduse puhul välja tootsin, on asjaolu, et ühena vähestest siin vaadeldud modelleerimisvahenditest on tegemist kahes keeles toimiva rakendusega – nimelt on võimalik inimese virtuaalset keha vaadelda nii inglise kui ka hispaania keelsena, mis ootamatult avab täiesti uue perspektiivi – nimelt saaks seda programmi kasutada mingil määral ka keeleõppeks näiteks meditsiinikoolides, kas siis inglise keelt kõnelevates riikides (nt. USA-s) meditsiini-alase hispaania keele algkursuses või siis vastupidi – mõnes hispaaniakeelses riigis inglisekeelsete anatoomia-terminite õppimiseks.

Kokkuvõtteks võib öelda, et kuigi Virtual Body veebirakendus võib lastele olla pisut üle jõu käiv, on seal siiski olemas mõningad lastele väga hästi sobivad funktsioonid (inimkeha erinevate osade ise kokkupanemise võimalus, südame animatsioon jne.), laste jaoks on jagatav informatsiooni hulk võib-olla isegi piisav (sõltuvalt vanusest ja teadmishimust), sest lastele arusaadav minimaalne informatsioon on audio-jutustustest kätte saadav, samas on ta noorematele keeleliselt võib-olla pisut raske. Vanematele õpilastele (nt. keskaste) on see rakendus vähe informatsiooni pakkuv, mistõttu saaks seda küll kasutada visualiseerimisvahendina, ent kindlasti mitte ammendava informatsiooniallikana. Ning koguni üllatav võimalus kasutada Virtual Body rakendust keeleõppeks on tegelikult algtaseme määral olemas.



Joonis 4 – Veebirakenduse "The Virtual Body" ekraanipilt

1.5 Metsasimulaator "SimForest"

Selle programmi abil saab kasutaja valitud parameetrite abil nii tabelites, graafikutel kui ka animatsiooni abil näha metsa arengut – programm simuleerib nimelt puude hulka, liigirohkust jms. Samuti on võimalik saada iga valitava puu kohta lisa informatsiooni, teha "pildistusi" jne.

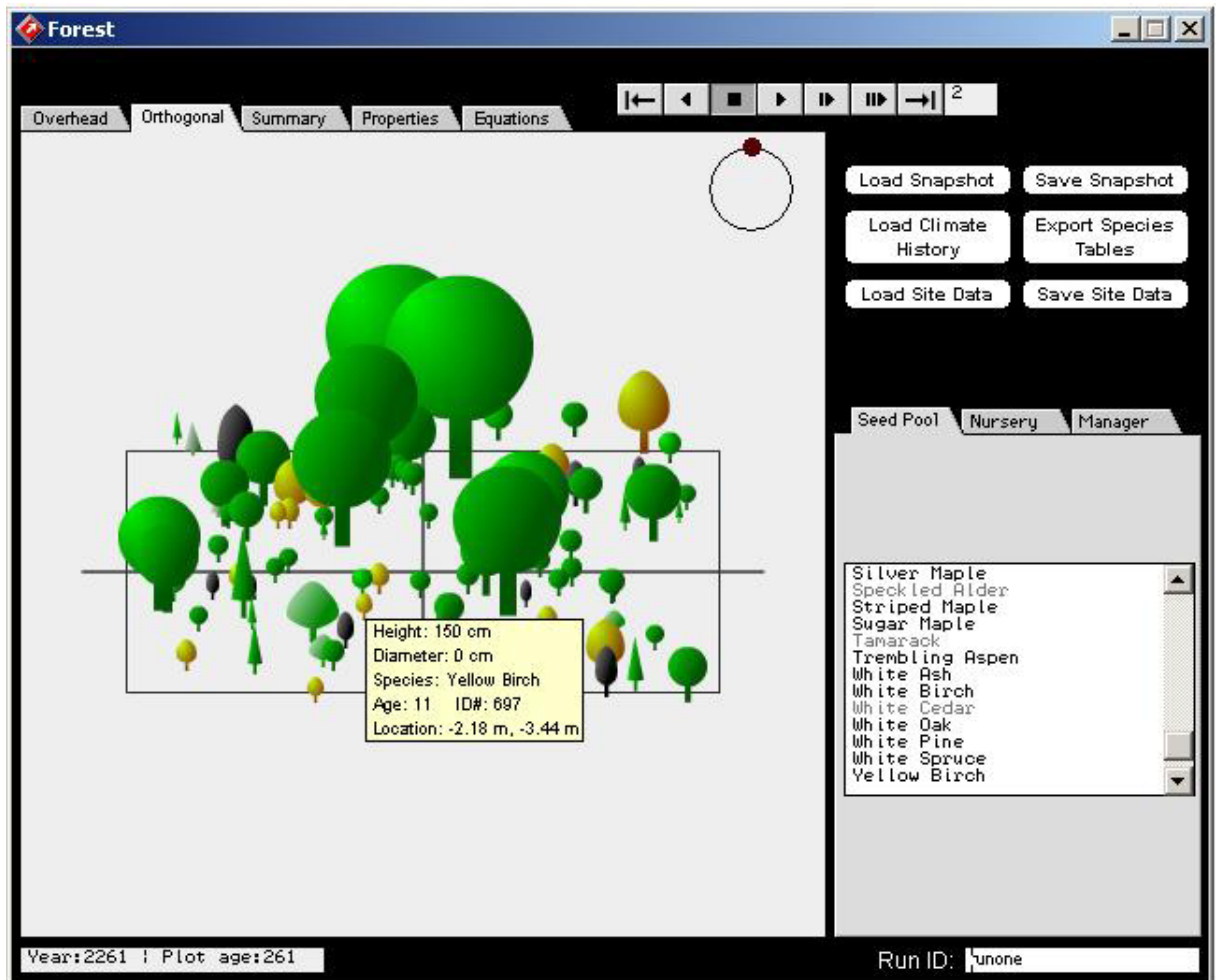
Kõigepealt siis mainiksingi ära selle programmi peamised funktsioonid, mis silma jäid. Kuna metsa kasvu simuleerimine on selle programmi põhifunktsioon, alustan sellest. Kasutajal tuleb esmalt valida seemned, mida istutada, seejärel vajutada ülal servas olevale "play" nupule, mis käivitab aastate liikumise. Seda võib ka aeglustada ja meelepärasel hetkel katkestada. Kasvanud metsa vaatlemiseks on kolm erinevat võimalust – ülaltvaade, kus puud on tähistatud erinevat tooni kollaste, roheliste või pruuni värvi eri suurustes ringidena, vastavalt liigile ja puu vanusele. Ruumiline vaade on põhimõtteliselt sama, ent puusid tähistavad 3D kujutised, samuti saab vaatekohta mingil määral muuta. Kolmandaks väljastatakse andmetabel, kus on kirjas lisaks puude arvule liigiti ja kokkuvõtlikult, ka kasvu tihedus (seda ainult liikide lõikes), aga ka näiteks puude mass. Idee poolest peaks saama andmetabelit ka *.xls failina eksportida, ent realselt see ei toimunud, küll aga sai andmetabeli eksportida lihtsalt *.dat failina ja seda hiljem ka importida, sama kehtis ka pildistuste ehk *snapshot*'ide kohta. Lisaks on võimalik näha milline on hetkel puudele kättesaadav valgus ja vastavalt nende kõrgus meetrites.

Teine funktsioon, oli erinevate puude kohta informatsiooni jagamine. Tõsi – kuna tegu oli ilmselt täiendava võimalusena, oli jagatav teave äärmiselt minimalistlik – näidatakse valitud puu äärmiselt tillukest pilti, lisaks veel nimi, maksimaalne läbimõõt ja kõrgus ning kasvutempo (pole küll mainitud, mis ühikutes, ent ma oletan, et aastates). Informatsiooni on võimalik saada nii kindla liigi kohta (selleks on ette nähtud leht nimega "nursery") kui ka simulatsiooni käigus kasvatatud üksikute puude kohta, kusjuures sel puhul jagatav informatsioon on loomulikult täpsem – alates kõrgusest kuni asukohani kaardil, samuti vaikimisi antud id-kood. Huvitava lisavõimalusena saab vaadata mõningaid algoritme, näiteks puude kasvu algoritmi.

Programmi kasutusvõimalused pole küll eriti laialdased, ent siiski saaks seda arvatavasti üpris edukalt kasutada nt. põhikooli bioloogia tunnis näitlikustava abivahendina. Kuigi programm on inglisekeelne, ei ole see antud juhul probleemiks, kuna rakenduse kasutamine on imelihtne. Küll aga saaks kooliealistele või koguni noorematele lastele silme ette manada

metsa kasvamise ning anda inglise keelest arusaavatele lastele – aga võib ju ka tõlkida – mõningast informatsiooni erinevate puuliikide kohta.

Kokkuvõtteks võib öelda, et tegu on pisikese rakendusega, mis võetud ülesande – simuleerida metsa arengut – täidab täiesti korralikult, omapärasel minimalistlikul viisil ning oleks minu meelest huvitav täiendus põhikooli bioloogia tundides metsa kasvamise visualiseerimiseks, samuti erinevate liikide kohta lühida informatsiooni jagamiseks.



Joonis 5 – Rakenduse "SimForest" ekraanipilt

1.6 Geoloogia programm "C-Tech EVS Pro"

Tegemist on peamiselt spetsialistile suunatud programmiga, mille abil saab muuhulgas luua puurauke ja simuleerida pinnaseehitust. Mulle, kui võhikule geoloogia valdkonnas, oli see programm üpris raskesti mõistetav, kuid spetsialistid on sellele tarkvarale andnud ohtralt kiidusõnu. Tegelikult on see tarkvara üpris kallid (üle \$4000, näiteks EVS Pro hind on \$9995), kuid võimalik on hankida tasuta demoversioon. Riistvara nõudmised on ära toodud järgnevas tabelis:

	Demo Minimum	Installation Minimum	Ideal Configuration
CPU	Pentium 120	Pentium 200	AMD Athlon, Pentium III or IV at 800Mhz or higher
RAM	48 Mb	64 Mb (128 Mb recommended)	256 Mb (or more)
Hard Disk	120 Mb swap 85 Mb installation 300 Mb free	200 Mb swap 85 Mb installation 500 Mb free	400-800 Mb swap 85 Mb installation 1 Gb free
Graphics Card	1024x768 64k colors	1024x768 64k colors	1280x1024 or 1600x1200 16 million colors GeForce3 Ti500
Monitor	15 inch color	17 inch color	20 to 21 inch color
CD ROM Drive	Required	Required	Required
e-mail, web & ftp access	Recommended	Required	Required

Tabel 1 – Nõudmised tarkvarale

See tabel on pärit tootjafirma kodulehelt.[5] Nagu näha, on tegemist mahuka tarkvarapaketi, kuid siiski on nõudmised (eriti demoversioonile) üllatavalt väikesed. Küll tuleb aga välja tuua omapärane fakt, et isegi miinimumnõudeid mitmekordselt ületaval arvutil võttis mitu minutit, et näidismudel läbi töötada ja tulemused ekraanile kuvada.

Seda programmi olen ma sunnitud üpris ettevaatlikult analüüsima, kuna ma olen täielik võhik geoloogias, kuid mingi ettekujutuse ma siiski "C-Tech EVS Pro" funktsionaalsusest sain. Tänu ulatuslikule abile ning rohkem, kui paarikümnele näidisele, sain ma tarkvarapaketi tööpõhimõttest aru, kuigi ise tehtud katsetused ei tahtnud tööle minna, kuid see on tõenäoliselt tingitud minu praktiliselt olematust geoloogia-alasest taustast.

See tarkvarapakett oli käesolevas bakalaureusetöös vaatluse all olevatest kahtlemata suurim – seda nii mahu kui funktsionaalsuse mõttes. Ma ei hakkaks kõiki selle paketi võimalusi välja tooma, kuna see oleks piisavalt mahukas teema omaette lõputöö jaoks. Tooksin välja vaid olulisimad asjad, mis mulle silma jäid.

Selle paketi n.ö. tuum seisneb selles, et rakendusse tuleb kokku panna erinevaid komponente ja nende vahelisi seoseid. Kõik erinevad komponendid on eraldi tööriista ribal välja toodud ning parema hiirekliki abil saab iga komponendi kohta ka täpsemat informatsiooni nii sisu kui ka kasutusvõimaluste osas. Iga komponendi servadel on värvikoodid, kusjuures erinevate osad sarnased värvid saab ainult omavahel seostega ühendada, põhimõttel punane ühildub punasega.

Igal komponendil ehk moodulil on oma unikaalne omaduste pakett, mille modifitseerimine eeldab nii programmi kui ka geoloogia head tundmist, mistõttu ma ei hakka kõiki erinevaid moduleid siin kommenteerima, seda enam, et neid on üpris palju. Tooksin vaid ühe näite – komponent "geoloogiline pind (*geologic surface*)" koosneb 8-st alamkomponendist, millest kõigil omakorda on vastavalt paarist paarikümne omaduseni, millest mõningatel omakorda mitmeid alamomadusi jne., mistõttu korralikult töötava pinnase simulatsiooni nullist loomine võib võtta tõenäoliselt päevi.

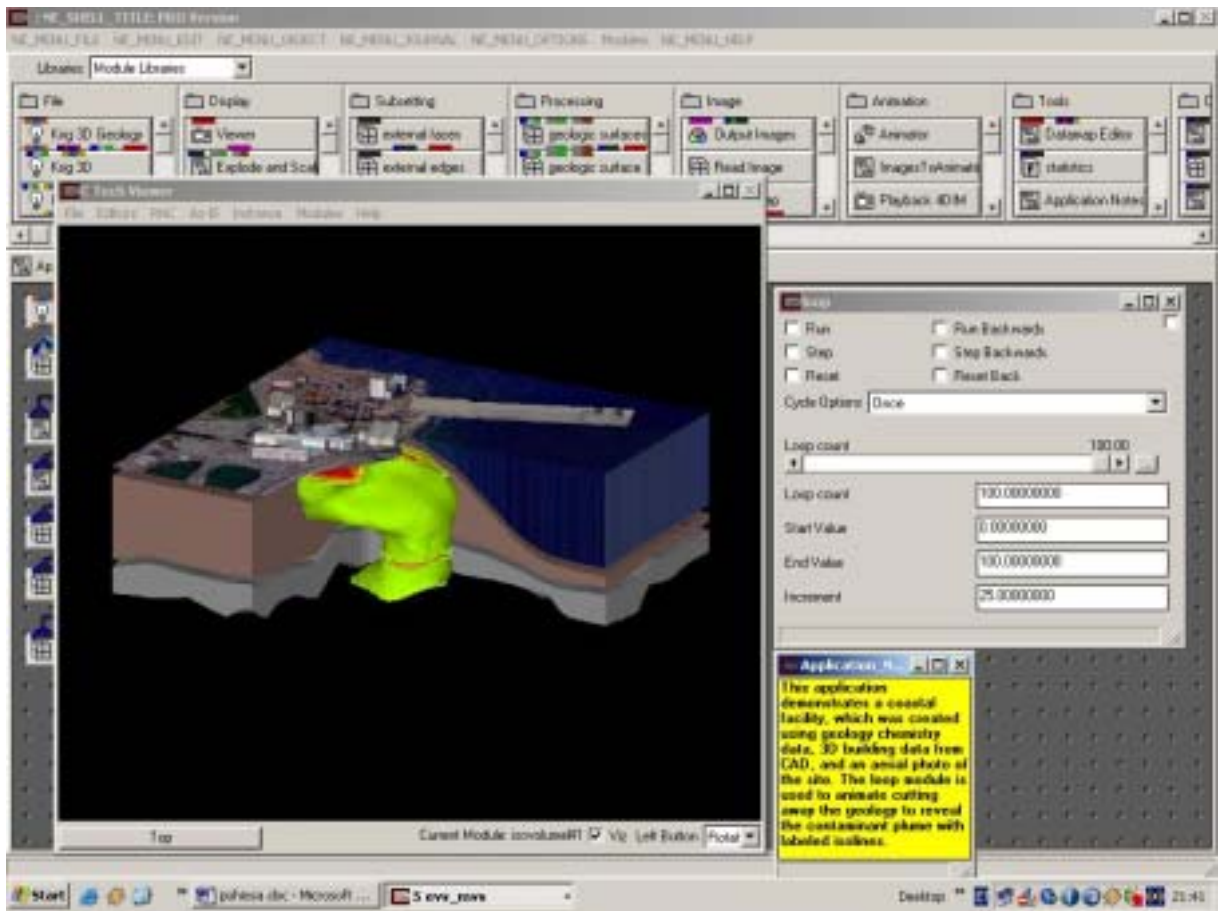
Programm on ilmselgelt mõõdapääsmatu abivahend selle ala spetsialistidele, kuna võimalused on äärmiselt laialdased, ka informatsioon, mida on võimalik erinevate komponentide kohta saada abi kaudu on põhjalik. Samuti võiks väga hea sihtgrupp olla erinevate ülikoolide geoloogia tudengid. Kuigi mina selle programmi kõiki võimalusi ei adu, on neid, mida mina võhikuna suutsin sealt välja lugeda, väga palju – ametlikul kodulehel välja toodud funktsioonid ja võimalused on muuhulgas:

- vaatlusaluse koha (*site*) geoloogilised tähelepanekud;
- vaatlusaluse koha hoonestus (ka 3D modelleerituna);
- aerofotode töötlus;
- pinnasevee vool ja saastatus;
- jne.[6]

Andmeid, mille alusel simulatsioone luua, on võimalik lisaks käsitsi sisestamisele ka importida erinevatest andmebaasidest, s.h. Accessi andmebaasist, mis teeb selle tarkvarapaketi dünaamilisemaks ning võimalusterohkemaks. Sisendfailideks võivad olla (tõenäoliselt puutuvad geoloogid seda tüüpi failidega tihedamalt kokku) mitmed erinevad, tooks mõned näited - *.geo; *.csv; *.gmf. Väljundfailideks on muuhulgas *.bmp; *.jpg ning AutoCADi failid. Samuti on võimalik selle paketiga teha VRML-mudeleid.[7]

Kokkuvõtteks võib öelda, et tegemist on isegi demoversiooni puhul äärmiselt mahuka ja laialdaste võimalustega simulaatoriga, millega tutvumine oleks kasulik kõigile geoloogiaga kokkupuudet omavatele inimestele, samas jääb ta võhikutele raskeks ning arusaamatuks, ent

visuaalselt muljetavaldav on ta igal juhul. Kasutajate sihtgruppideks pakuks välja nii avaliku sektori kui ka akadeemilised ringkonnad.



Joonis 6 – Geoloogia tarkvarapaketi "C-Tech EVS Pro" ekraanipilt

1.7 Keemia õppevahend "ChemLab"

Tegu on programmiga, mis aitab virtuaalselt läbi viia tavalisemaid keemilisi katseid (nt. hapete segamist jms.), kusjuures lisavahendina on kaasas ka perioodilisussüsteemi tabel. Huvitaval kombel on ka eespool vaatluse all olnud biokeemia simulaator "RasMol" antud rakendusega seotud – nimelt antakse "ChemLab'i" täisversiooni ostjale kaasa ka "RasMol". Vaatluse all olev versioon numbriga 2.3 on aga demo. Programm on saadaval Windowsile alates versioonist 95 ja MacOS-i versioonile 7.0. [8]

Minu isiklikult tundub see programm äärmiselt kasuliku vahendina põhi- ja keskkooli keemiatundide laborikatsete simuleerimiseks – esiteks elimineerib see riski, et mõni õpilane endale hapet peale ajab, samas saab kõik põhikoolis vajalikud keemilised katsed lihtsalt sooritatud. Mõningate katsete kohta on olemas ka samm-sammult õpetused koos protsessi kirjelduste ning tähelepanekutega – viimaseid saab ise lisada. Näiteks tegin mina läbi paar-kolm erinevat protsessi, s.h. vesinikkloriidhappe ja naatriumhüdroksiidi reaktsiooni, mis oli väga põhjalikult läbi seletatud. Ära oli toodud nii teaduslik taust, kaasa arvatud reaktsioonide valemid, samuti samm-sammult õpetus katse läbi viimiseks. Põhimõtteliselt saaks katseid nende õpetuste järgi läbi viia ka päris laboris.

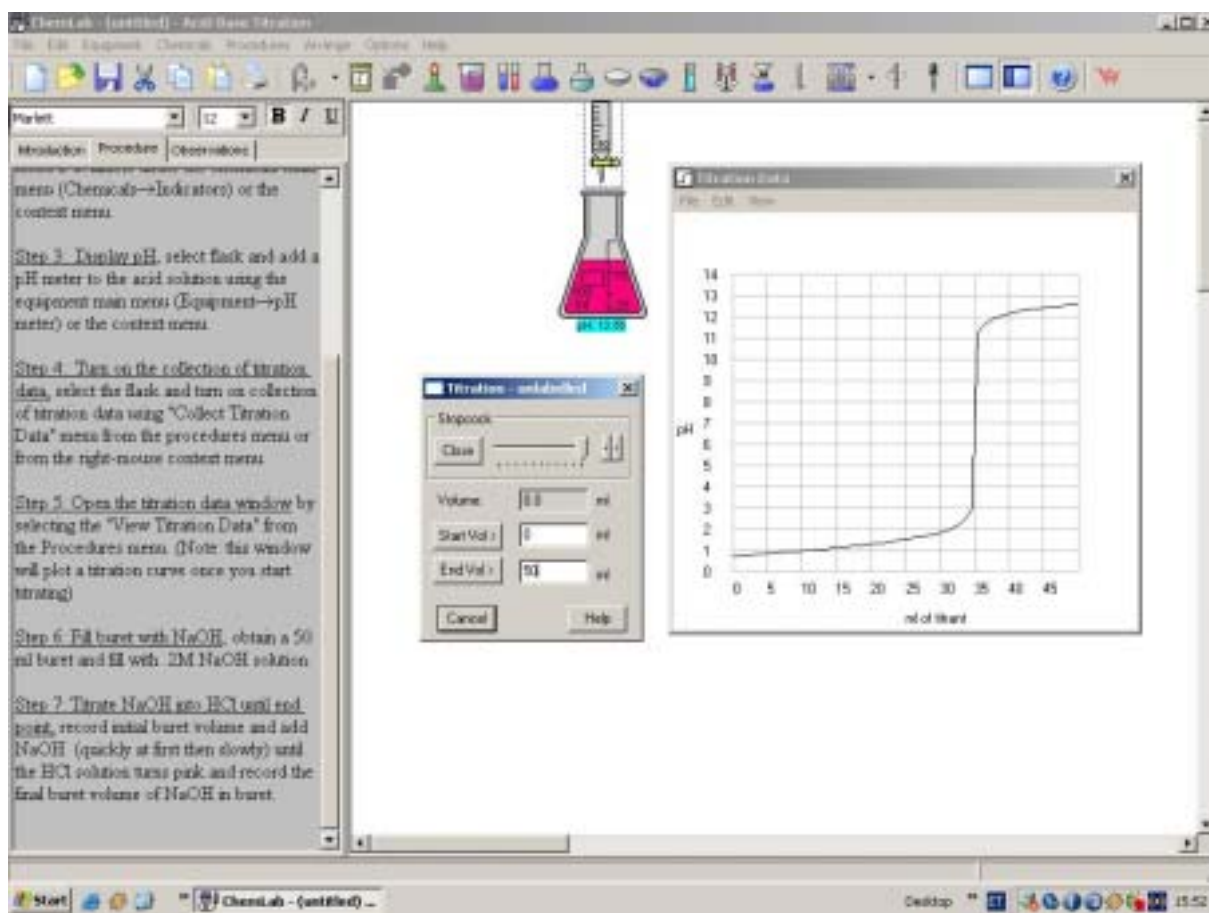
Lisaks on olemas täiesti korralik informatsioon erinevate "ChemLab'is" kasutusel olevate kemikaalide kohta, nt. HCl kohta on informatsioon aine välimuse, oleku ning mõningate füüsiliste näitajate osas, samuti on olemas informatsioon keemiliste protsesside kohta, mis parasjagu käsilolevas katses aset leiavad. Reaktsioon on sellisel puhul ioonideni laiali lammutatud.

Kasutuses olevate vahendite loetelu on päris pikk – võimalik on katsetes kasutada erinevaid vahendeid alates erinevatest katseklaasidest Bunseni lambini ja gaasipõletiteni, samuti on olemas nii elektrooniline kui käsikaal. Võimalik, et täisversioonis on nii vahendite kui ka kemikaalide hulk suurem, ka on tõenäoline, et põhjalikult lahtiseletatud protsesse on täisversioonis tunduvalt rohkem, kui demoversioonis pakutud seitse protsessi. Samas on võimalik kasutada ka nn. "viisardit" (*wizard*), kus on muuhulgas võimalik ka ise kemikaale ning uusi protsesse luua. See eeldab teatavaid keemia-alaseid eelteadmisi, sest n.ö. "vigast protsessi" keeldub programm loomast.

Huvitav ja kasulik lisand "ChemLab'i" juures on Mendelejevi perioodilisustabel. Ma pole küll väga täpselt kursis perioodilisussüsteemi viimaste uuendustega, ent käesolev rakendus tunneb elementi 118, mille nimetus on *Ununoctium*. Iga elemendi kohta on ka siin toodud

üpris korralik informatsioon – välja on toodud kõik vajalikud andmed alates aine kirjeldusest valentsuseni välja. Huvitav lisainformatsioon on elemendi olek 25°C juures. Samuti on tehiselementide puhul mainitud, et seda ainet looduses ei esine.

Kokkuvõtteks võib öelda, et tegu on huvitava vahendiga, mille abil saab ka korralikku keemialaborit mitte omav kool luua virtuaalse labori, mille abil on lihtsam õpilastele näitlikustada erinevaid keemilisi protsesse, samuti on "ChemLab" lihtsalt heaks õppevahendiks õpilastele endile, mille abil saab ka informatsiooni erinevate reaktsioonide, elementide ja protsesside kohta.



Joonis 7 – Rakenduse "ChemLab" ekraanipilt

1.8 Epidemioloogia veebirakendus "Java Epidemiology v1.0"

Tegu on õppeotstarbelise rakendusega, kus simuleeritakse epideemia levikut, vastavalt erinevatele kasutaja poolt määratud parameetritele. Paraku ei leidnud ma küll võimalust simuleerida mõnda reaalselt eksisteerivat viirust, ent loodetavasti tekib tulevikus ka see variant – tegu on ju alles versiooniga 1.0. Rakendus on suunatud eelkõige kooliealistele lastele, ent samas saab seda kasutada ka uute viiruste poolt põhjustatud võimaliku epideemia ulatuse, leviku jms. välja arvutamiseks. Kahtlemata on selleks olemas palju tõhusamaid rakendusi, ent ka käesolev veebileht ajaks asja mingil määral ära. Programmi autorid Oregoni ülikoolist on aga suunanud selle rakenduse bioloogia tudengitele.[9]

Taaskord on tegemist pisikese rakendusega, mis eriti palju informatsiooni ei jaga, abi on eraldiseisval veebilehel küll olemas, ent siiski üpris minimaalne. Huvitav on näiteks sõnastik, mis on abilehele riputatud ning kus seletatakse lahti rakenduses esinevad terminid. Lühidalt on ära toodud ka programmi kasutamise juhend.

Rakenduse põhimõte on lihtne. Tuleb luua populatsioon, määrata selle erinevad karakteristikud ning lasta rakendusel simuleerida nii suremust, nakatumist kui populatsiooni kasvu aja jooksul. Seda informatsiooni kujutatakse nii graafiliselt kui ka tabelina, kust saab välja lugeda täpsemad arvulised näitajad.

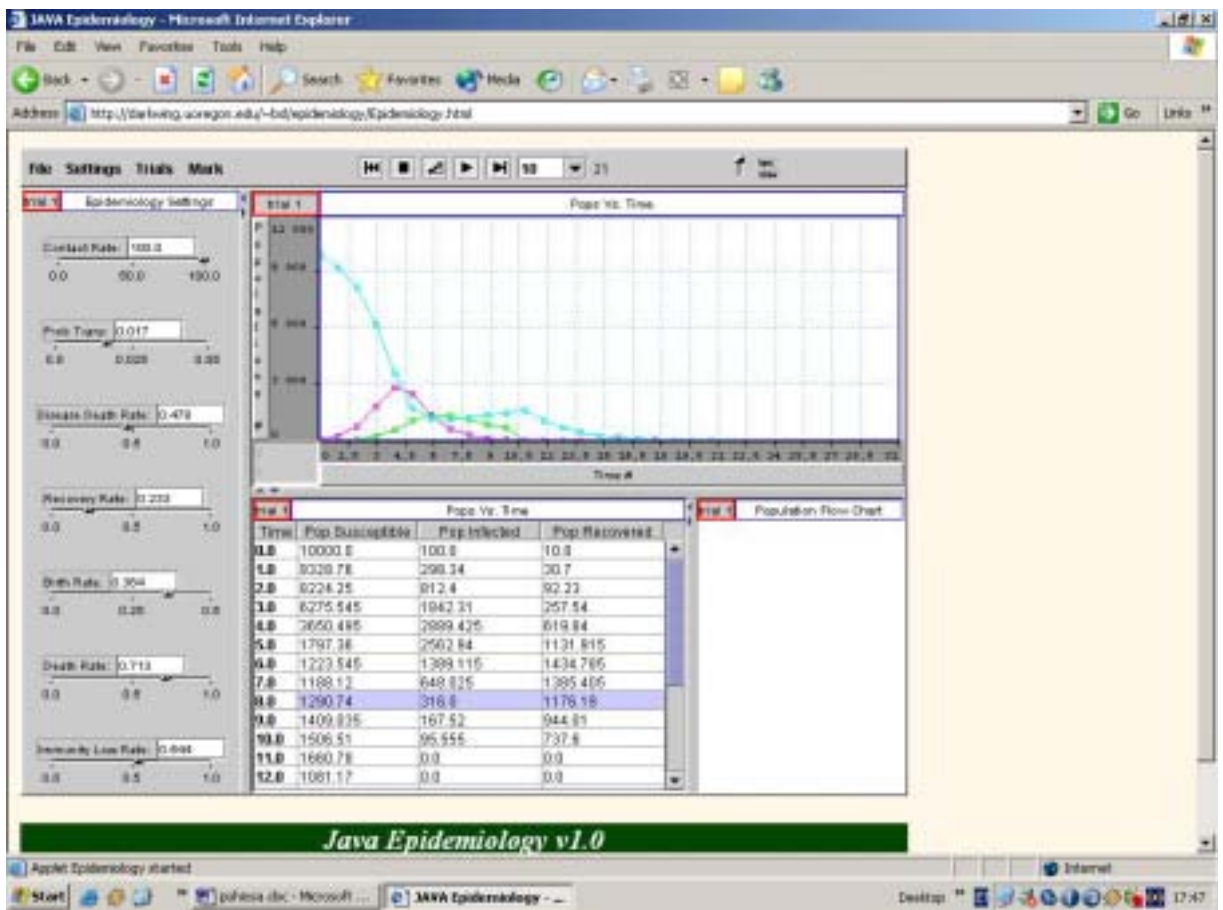
Erinevad näitajad, mida saab määrata on nii aega, haigust kui ka populatsiooni kirjeldavad – perioodi karakteristikud on uuritava perioodi pikkus, algus-aasta; populatsiooni koha pealt saab määrata iga inimese kontaktide arvu, sündivus, suremus ning immuunsuse kadu; haigestumise näitajad on haigestumise ja tervenemise tõenäosus ning surmavus.

Graafiku teljed kujutavad möödunud aega ja populatsiooni suurust. Väärtused, mida on kujutatud, on kolm erinevat näitajat – populatsiooni koguarv (kujutatud sinakasroheline joonena), haigestunute hulk (kujutatud lilla joonena) ning terveksaanute hulk (kujutatud roheline joonena).

Aja kulgu saab määrata ka kiiremaks ja aeglasemaks, selleks on ette nähtud väike hoovake – aeglaseim tähendab seda, et graafik muutub aasta korraga, kiireima puhul on muutus iga 5 aasta järel. Võimalik on ka teatud ajahetked märgistada, et hiljem tagasi pöörduda ning märgitud kohta omaette vaadelda või koguni sellest hetkest alates näitajaid muuta.

Kokkuvõtteks ütleksin, et "Java Epidemiology", mis siin vaadeldud programmidest on kahtlemata üks väiksemaid, sobib kõigile, kes huvituvad epideemiade leviku lihtsustatud

simuleerimisest, mistõttu seda saaks kasutada kooliealistele lastele bioloogia tundides näitlikustava abivahendina, samuti saaks seda teoreetiliselt kasutada ka uute, tundmatute viiruste leviku simuleerimiseks, kuigi viimati mainitud kasutusvaldkonna jaoks on see rakendus küll võib-olla liiga väike, ent samas tasuta kättesaadav ning kiiresti omandatav ja tulemused saab samuti ruttu teada.



Joonis 8 – "Java Epidemiology" ekraanipilt

1.9 Bioloogia-alane rakendus "Populus"

Tegemist on Javas loodud rakendusega, mis simuleerib erinevaid koosluseid. Aluseks võetakse mitmesugused bioloogilisi mudeleid ning kasutaja poolt määratud andmete põhjal luuakse erinevaid statistilisi tulemeid. Rakendus on ilmselt suunatud eelkõige bioloogia tudengitele, ent kuna "Populus'e" abifail on on väga hea, on ka teoreetilise bioloogiaga, eelkõige koosluste teooriaga vähem kokkupuutunud inimestel üpris lihtne simuleeritud mudelitest aru saada. Kuna ma ise pole bioloogiliste koosluste-alase eestikeelse terminoloogiaga väga hästi kursis, loodan, et mulle andestatakse, kui ma olen vastavad terminid lihtsalt inglise keelest tõlkinud.

Erinevaid mudeleid on rohkem kui paarkümmend. Need on jaotatud mitmeteks alamgruppideks, nt. üksikute liikide dünaamika grupp koosneb neljast erinevast mudelist, loodusliku valiku grupp kolmeteistkümnest jne. Mõnedel gruppidel on ka alamgrupid, nt. mitmeliigi dünaamika grupi alt võime muuhulgas leida peremees-parasiit ja diskreetse kiskja-saakloom alamgrupid. Kuna käesoleva töö teemaks ei ole nende protsesside lahtiseletamine, jätan selle igale lugejale endale avastamisrõõmuks. Ise sain ma bioloogilistest kooslustest ohtralt uusi teadmisi.

Kuna suuremal osal kooslustest on erinevad parameetrid, mida valida, ei hakka ma siinkohal kõiki eraldi välja tooma, ma loodan, et piisab kui ma toon ühe näite. Esimeseks näiteks on kõige lihtsam mudel – iseseisvate liikide tihedusest sõltumatu kasv. Antud mudelit võib rakendada korraga kuni neljale erinevale iseseisvale liigile. Valitavad parameetrid on populatsiooni suurus, uuritava perioodi pikkus ning eksponentsiaalne kasvutempo. Parameetreid on võimalik ka ekspordida, importimise võimalus on samuti olemas, kuid failitüübiks siinjuures on ainult "Populus'e" enda failiformaat *.po.

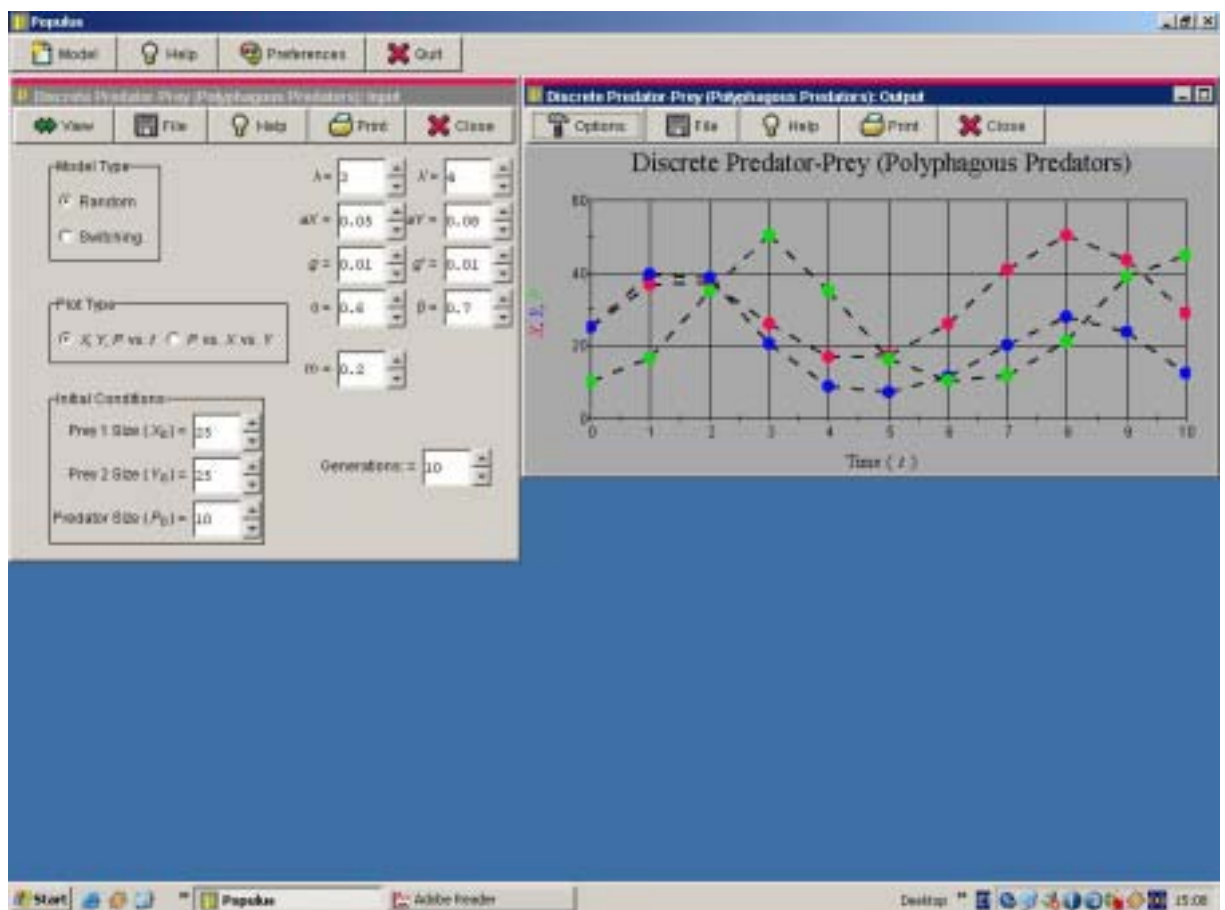
Kui parameetrid on määratud, on järgmise sammuna võimalik määrata graafiku omadused – mudeli tüüp (järjepidev või diskreetne) ning joonise tüüp (valikuid oli neli, neist kõige lihtsam oli arvukuse sõltuvus ajast ning kõige keerukam vastavalt valemile dN/Ndt sõltuvus populatsiooni suuruselt, kus d – suremus emaslooma kohta, t – aeg ning N – arvukus). Samas on ka mittevalitav suurus λ , mis tähistab liigi elujõulisust ja muutub seoses parameetrite muutumisega. Kui $\lambda > 1$ siis on liik kasvav, vastasel juhul sureb liik välja.

Mõningaid graafikuid on võimalik esitada ka kolmemõõtmelistena, ent need on reeglina mitmeliigilisi koosluseid modelleerivad graafikud. Samas on võimalik kõikide graafikute

väljanägemist muuta – näiteks suurendada/vähendada arvnäitajaid telgedel, et saada graafikult täpsemate numbriliste näitajatega informatsiooni.

Informatsiooni eksportimine, mis sai eespool põgusalt ära mainitud, sisaldab nelja erinevat võimalust – "Populus'e" enda sisemine failitüüp *.po (kust saab siis hiljem andmeid taas importida), tavaline *.txt tekstifail, graafiku saab salvestada *.jpg faili ja sisendandmete aknakese samuti *.jpg faili.

Kokkuvõtteks võib öelda, et "Populus" on minu meelest väga hea abivahend matemaatika- ja bioloogiatudengitele bioloogiliste koosluste statistiliseks simuleerimiseks, ent seda programmi saavad kasutada ka lihtsalt asjast huvitatud inimesed, kellel ei pruugi olla isegi vajalikke eelteadmisi, kuna abifail selgitab suhteliselt lihtsalt kõikide programmis esinevate koosluste mehhanismid ja teooriad lahti, samuti on lühike õpetus programmi kasutamise kohta, kus on ära toodud koguni veateadete seletused.



Joonis 9 – Rakenduse "Populus" ekraanipilt

1.10 Füüsika õpitarkvara "Equipotential for high school"

Tegemist on elektrostaatikat simuleeriva tarkvaraga, mille sihtgrupiks on keskkooliõpilased. Samas on tarkvarast saadaval ka füüsika eriala üliõpilastele mõeldud versioon "Equipotential for college". Kuna tegemist on füüsikat vähemal määral tundvatele inimestele suunatud versiooniga, siis on siit puudu mõningad variandid, mis üliõpilastele määratud versioonis on olemas. Rakendus on saadaval ainult Windowsile alates versioonist 95. Alla laadida saab tarkvara tasuta, ent ainult kümnepäevaseks tutvumisperiodiks.

Nüüd mõne sõnaga programmi tööst. Esmalt tuleb kasutajal, kes ei taha kasutada mõnda olemasolevat näidet, paika panna laeng. Laeng saab olla üks kahest – punktlaeng või horisontaalne lineaarne laeng. Abifailis tuuakse välja küll veel ka vertikaalseid laenguid jms., ent reaalselt neid selles rakenduses küll paika panna ei saanud. Samuti tuleb ära määrata, vastavalt valitud laengutüübile, mõningad parameetrid, nt. punktlaengul saab ära määrata mitmelaengulisuse (*poly charge*), sel juhul ka ringjoonel asuvate laengute arvu, laengu tüübi (planaarne või ruumiline) ja väärtuse.

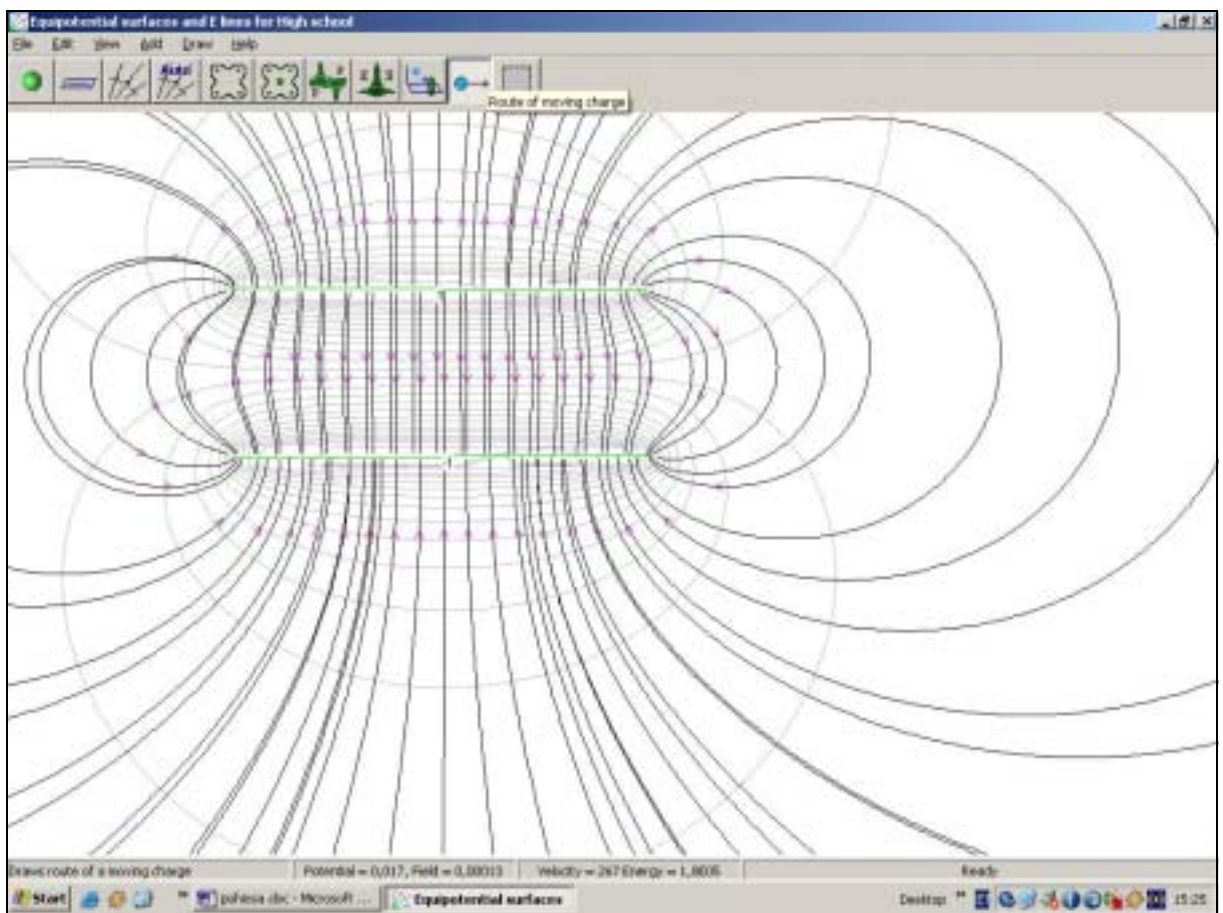
Kui laengu(te) parameetrid on paigas, tuleb see või need asetada pinnale, mispeale programm arvutab välja elektrivälja jooned ning kuvab saadud tulemused graafiliselt ekraanile. Seejärel on võimalik lisada ka nii tavalisi suletud kui ka ühe konkreetse laengu ümber koonduvaid ekvipotentsiaalpinde (potentsiaalses jõuväljas asuv pind, mille kõigis punktides on potentsiaal ühesugune)[10]. Samuti on võimalik lisada liikuvaid laenguid, mille puhul kasutaja poolt määratavad parameetrid on lisaks laengu suurusele ka mass ja kiirus.

Kui kõik soovitud detailid on paigas, on kasutajal võimalik ka omaloodud väljade erinevaid vaateid uurida. Selleks on olemas nii 2D kui 3D vaated. 2D vaadete hulka kuuluvad nii lihtsad värvilised kui ka perioodilised värvilised potentsiaalid, värvilised elektriväljad jms. 3D vaated sisaldavad endas kolmemõõtmelisi laengute kujutisi ning taolises vaates saab ka väljuvate elektrivoogude suundasid ruumiliselt vaadata.

Mis puutub antud programmi abisse, siis olemas on nii abifail kui ka mõningad näidisväljad. Näidisväljasid on keskkoolile mõeldud versioonis kaheksa, neist neli on 3D vaated. Kõik näited on aga üles ehitatud ühele ja samale olukorrale – kahe punktlaengu omavahelistele mõjudele. Abifail kui selline on samuti olemas, nagu ka eespool mainitud sai, kuid peale mõningate programmi kasutamist õpetavate animatsioonide, sellest midagi erilist välja tuua ei ole. Teooria selgeks saamine on iga kasutaja isiklik probleem, kuna sel teemal on abifailis informatsioon väga lakooniline. Näiteks punktlaengu kohta käiv informatsioon oli

selline – mainiti ära, et olemas on nii planaarne kui ruumiline punktlaeng, nende erinevusena mainiti, et planaarse laengu korral z-koordinaat on 0, mis ei tohiks küll kellelegi erilise üllatusena mõjuda. Seega on programm mõeldud kas ainult piisava füüsika-alase pädevusega inimestele või siis pidevate kommentaaride saatel kasutamiseks. Vastasel juhul on küll tore luua erinevaid elektrivälju, ent nende sisu jääb suhteliselt mõistetamatuks.

Kokkuvõtteks võibki öelda, et tegelikult ei saagi keskkoolile mõeldud programmi sihtgrupile eriti soovitada, välja arvatud juhul, kui füüsikaõpetaja pidevalt ekraanil toimuvat lahti seletab. Samas on see rakendus ilmselt üpris sobiv modelleerimisvahend füüsikatudengitele, kes on ka taustainformatsiooniga rohkem kursis.



Joonis 10 - Rakenduse "Equipotential for high school" ekraanipilt

1.11 Analüüsitud rakenduste kasutusvõimalused ning plussid ja miinused

Esimese peatüki lõpetuseks tooksin välja kõik käsitletud programmid ja minu arvamust mööda nende potentsiaalsed kasutusvaldkonnad. Loomulikult ei ole see absoluutne, kuna kahtlemata on neid rakendusi võimalik kasutada veel mingites situatsioonides või sihtgruppide poolt, kelle või mille peale ma pole lihtsalt tulnud, seega on alljärgnev tabel äärmiselt subjektiivne. Samuti olen ma ära toonud oma arvamuse nende rakenduste positiivsetest ja negatiivsetest omadustest.

Rakenduse nimi	Kasutusvaldkond	Plussid/miinused
"RasMol"	Õppevahendite koostajatele pildimaterjali saamiseks, põhi- ja keskkooli õpilastele molekulide ehituse visualiseerimiseks	+ hea visualiseerimisvahend + hea vahend pildimaterjali loomiseks - liialt vähe informatsiooni
"Stellarium"	Amatöörastronoomidele, keskkooli füüsikatundide (astronoomia) abivahendina	+ lihtne kasutada + asendab väga hästi kooli- teleskoopi - kogenud astronoomile võib-olla liialt lihtsakoeline
"Model bridge"	Füüsikatundide näitliku õppevahendina	+ lihtne kasutada - liialt vähe teoreetilist tausta
"The Virtual Body"	Eelkõige põhikooli õpilastele näitliku õppevahendina, miks mitte ka keeleõppevahendina	+ lihtne, kergesti kasutatav visualiseerimisvahend - vähe informatsiooni
"SimForest"	Bioloogiatundide näitliku õppevahendina	+ huvitav ja kaasakiskuv rakendus - võiks olla rohkem informatiivne
"C-Tech Pro"	EVS Geoloogiatudengitele ning erasektorile suunatud simulatsioonitarkvara	+ isegi demoversioonil väga suur funktsionaalsus - tavakasutajale praktiliselt

		<p>arusaamatu</p> <p>- täisversioon on väga kallis</p>
"ChemLab"	<p>Põhi- ja keskkooli keemiatundide õppevahendina, eelkõige sobib koolidele, kus puudub keemialabor</p>	<p>+ asendab täiesti korralikult kooli keemialabori</p> <p>+ informatiivne</p> <p>- demoversioonil võiks olla rohkem võimalusi</p>
"Java Epidemiology"	<p>Kooliealistele lastele epideemiate levimise protsesse näitlikustava õppevahendina, võimalik kasutada ka uute viiruste põhjustatud epideemiate simuleerimiseks</p>	<p>+ hea visualiseerimisvahend</p> <p>- pakub liiga vähest informatsiooni</p> <p>- võiks olla ka võimalus modelleerida eksisteerivaid epideemiaid</p>
"Populus"	<p>Bioloogia, aga miks mitte ka (bio)matemaatika tudengitele näitlikustav koosluste õppevahend</p>	<p>+ hea vahend, mis võimaldab koosluste lihtsamat simuleerimist</p> <p>- võiks olla pisut informatiivsem</p>
"Equioptential for high school"	<p>Keskkooli füüsikatundide näitlikustav õppevahend elektriväljade simuleerimiseks õpetaja-poolsete kommentaaride saatel, füüsikatudengitele modelleerimisvahendiks</p>	<p>+ hea visualiseerimisvahend</p> <p>- suhteliselt vähe-informatiivne</p> <p>- Keskkooliõpilase jaoks ilma õpetaja juhendamiseta võib-olla pisut keeruline</p>

Tabel 2 – Uuritud programmide võimalikke kasutusvaldkondi ning positiivsed/negatiivsed küljed

2 Eestis tehtud loodusteaduslike vahendite analüüs

Eestis toodetud tarkvara küll praktiliselt puudub, ent on siiski loodud mõningad veebipõhised rakendused. Eestis on peamine rõhk läinud lihtsale kirjeldamisele ning loodud on ka mõningad veebipõhised õppematerjalid või õpikeskkonnad. Samas on olemas ka mõningad korralikud andmebaasid, mis tihti eeldavad küll mingi seltsi vms. liikmestaatust – nt. linnuvaatluste andmebaas, millel on vägagi korralik veebipõhine kasutajaliides. Kahjuks eeldab see leht ornitoloogiaseltsi liikmelisust.

Siiski on, tõenäoliselt hobikorras, loodud ka kõigile vabalt kättesaadavaid väikeseid, nt. ülesannete lahendamiseks mõeldud veebilehti. Käesolevas peatükis võtan põgusa vaatluse alla kolm erinevat rakendust – ühe keemia ning kaks bioloogia valdkonnast.

2.1 Veebirakendus "Keemiliste elementide elektronskeemide koostamine"

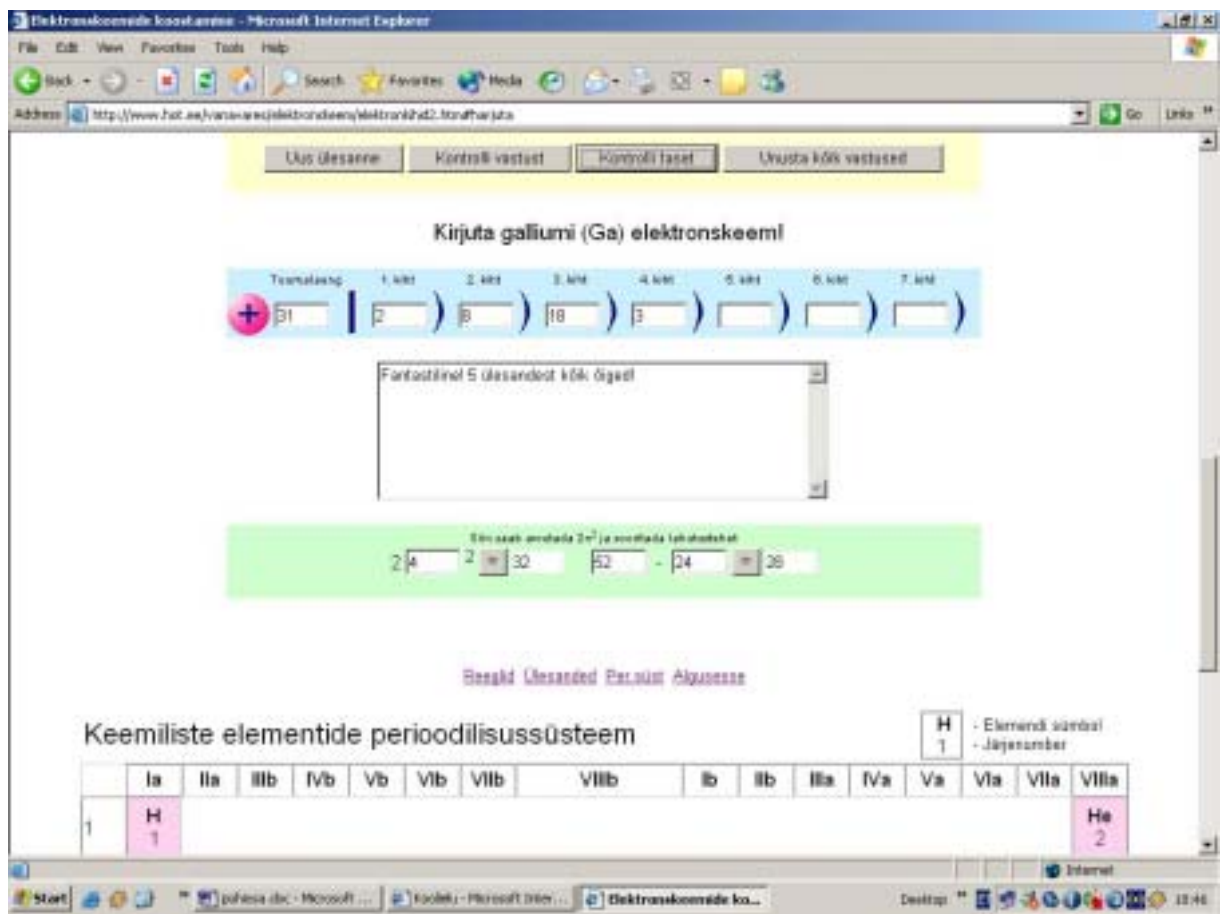
Tegemist on väikese, ent nutika veebirakendusega, kus kasutaja peab lahendama ülesandeid, kus on vaja õigesti leida erinevate keemiliste elementide elektronskeemid. Rakendus on küll väike, ent mitmes mõttes hea – kuna see on ilmselt suunatud eelkõige kaheksanda klassi lastele, on tehtud lisaks kasutamissoodustusele ka kerge teoreetiline abi – välja on toodud vajalikud reeglid, samuti kalkulaator, et arvutada maksimaalset võimalikku elektronide arvu antud kihis ja lahutada paika pandud elektronide arv elektronide koguarvust, et saaks kontrollida järelejäänud "vabade" elektronide hulka.

Kui ülesanne tundub liiga raske olevat, siis saa kas võtta uus ülesanne või kontrollida oma vastust. Vale vastuse korral antakse vastavasse tekstivälja teade, mis oli lahendatud ülesandes viga. Samasse välja antakse ka teada, kui ülesanne oli õigesti lahendatud või kui vajutada nuppu "kontrolli taset", saab teada, mitu ülesannet mitmest on esimesel katsel täppi läinud, ühtlasi ka kasutaja taset hinnates. Soovi korral saab ka senise skoori nullida ja lasta rakendusel saadud tulemused "unustada".

Ülesandeid lahendades torkas silma küll ka üks näpuviga – joodi keemiline tähis on I mitte J. Seetõttu oleks võinud lehel paikneval perioodilisussüsteemis olla ka iga elemendi nimetused, aga see on vaid üks pisike iluviga.

Kokkuvõtteks ütleksin, et "Keemiliste elementide elektronskeemide koostamine" on igati hea veebirakendus kõigile neile, kes soovivad mingil põhjusel harjutada elementide

elektronskeemide koostamist, eriti soovitaksin seda rakendust põhikooliõpilastele, aga miks mitte ka õpetajatele õppevahendiks.



Joonis 11 – Veebirakenduse "Keemiliste elementide elektronskeemide koostamine" ekraanipilt

2.2 Veebirakendus "Eesti taimed"

Tegemist on veebipõhise andmebaasiga, mida tutvustatakse kui "õppematerjal põhikooli- ja gümnaasiumiõpilastele".[11] Paraku on lehe uuendamine lõpetatud (viimased täiendused 10.01.2000). Põhimõtteliselt saab antud veebirakenduse jaotada kaheks – esiteks on antud korralik ülevaade Eestis esinevast floorast, põhimõtteliselt on selles osas tegu veebipõhise entsüklopeediaga. Teiseks on olemas ülesannete kogu. Huvitaval kombel on pandud väike Java *applet* "Taimede määramine" ülesannete alla. Lisaks on olemas ka kasutajainfo ja veebilehe kasutamise abileht. Olemas on ka sarnane veebikeskkond "Eesti loomad", mis käesolevas töös vaatluse alla ei tule.

Esmalt vaatleks andmebaasi. Veebilehe ülesehitus on omapärane, kuna lehe ülaservas on menüüriba, kus saab valida konkreetseid sugukondi (nt. vetikad), samas keset lehte on rida linke, mille abil saab otsida taimi vastavalt mingile ühisele nimetajale (nt. söödavaid taimi või mürgitaimi) või valiku nimega "Taimekooslused" järgi või hoopis avada taimemääraja. Otsing ei toiminud küll päris nii, nagu oleks oodanud. Kui vastavasse lahtrisse kirjutada märksõnaks nt. "sinilill", siis tulemuseks on ainult teade, et otsiti sõna sinilill. Samas on sinilill taimede nimekirjas S-tähe all täiesti olemas. Kui aga otsitavale taimele on lõpuks ligi pääsetud, on olukord juba märksa parem. Lisaks üldisele informatsioonile (liigikirjeldus ja pildimaterjal), on võimalik valida ka täiendav info, mis kuvatakse tabelina ning kus saab igasugust huvitavat teavet ladinakeelsest nimest kasutusvaldkondadeni.

Lisaks taimede nimistule on andmebaasis ka informatsiooni Eestis esinevate taimekoosluste kohta. Selles osas tuuakse ära kogu vajalik teave, mida võiks teada valitud koosluse kohta. Näiteks koosluse "sood" alt klass "rabad" annab lühikirjelduse rabadest, samuti tavalisemad taimed ning alamklassid (ehk siis antud juhul nõmmerabad ning lage- ja puisrabad). Samas pikemad kirjeldused on siiski taolisi klasse koondavatel lehtedel, antud juhul "sood". Sellel lehel saab teada, lisaks koosluse kirjeldusele, kujunemisele ning kooslusele omaste taimede lühikommentaari, ka antud koosluse tähtsust ning inimtegevuse mõju.

Teiseks suuremaks alamjaotuseks on ülesanded. Ülesannete lehel on peamiselt kahte tüüpi ülesandeid. Esiteks on toodud erinevate koolide bioloogiaõpetajate loodud peamiselt *.rtf formaadis ülesannetelehed. Iga taolise lehe ülesanded puudutavad vaid ühte konkreetset valdkonda, nt. õistaimede ehitust või Eesti metsakoosluseid. Neid lehti on minu arust hea kasutada väljaprintidult bioloogiaturunnis või õpilastele iseseisva tööna lahendamiseks.

2.3 Veebirakendus "Kõrv loodusesse"

Tegemist on huvitava veebirakendusega, mis sarnaneb pisut oma olemuselt eelnevalt kirjeldatud "Eesti taimed" veebikeskkonnaga. Samas on ka erinevusi, näiteks on seletatud lahti ka taustainformatsioon helide kohta. Lehe autorite sõnutsi: "'Kõrv loodusesse" on abivahend gümnaasiumi ja põhikooli loodusõppe programmi omandamisel, illustreerides seda helindite varal." [12]

Käesolev veebikeskkond on jaotatud peamiselt kolmeks – esiteks jagatakse teoreetilist taustainformatsiooni, teiseks on olemas üpris korraliku mahuga helikliippide andmebaas ning ei puudu ka õpiülesanded. Lisaks on olemas abiinfo lehe kasutusjuhendiga ning autoreid tutvustav lehekülg.

Teoreetiline taustainformatsioon on mahu poolest suhteliselt napp, ent jagatav informatsioon on täiesti piisav (eriti põhikooliõpilasele), mõistmaks heli tekkimise ning vastuvõtmise peamiseid printsiipe. Jaguneb see teave neljaks alampeatükiks – esmalt seletatakse lahti heli olemus, seejärel räägitakse sellest, kuidas loomad heli tekitavad, kolmandaks teemaks on loomade kuulmine ning neljas alampeatükk käsitleb helisid, mida inimene võib looduses kuulda. Kogu teave on antud edasi üpris lihtsas keeles, mistõttu selle omandamine ei tohiks ühelegi lugejale raskusi tekitada. Huvitava lisavõimalusena saab igaüks testida oma ülemist kuulmispääri.

Helikliippide andmebaas jaguneb kolmeks – liigid, loomade käitumine ja looduse helimaastikud. Need alamjaotused jagunevad omakorda, nt. liikide all on alamjaotused selgrootud, kahepaiksed, linnud, roomajad, imetajad ja varia (viimane kujutab endast valikut koduloomade hääliitsuste klippe, s.h. kanaarilinnu laulu). Otsing on võrreldes eelmisena vaatluse all olnud veebikeskkonnaga märkimisväärselt parem. Sisestatud märksõna järgi tehtud päring annab nimistu kõigist seda sõna sisaldavatest klippidest, nt. märksõna "hunt" annab tulemuseks nii hundi ulgumise kui ka huntämbliku trummeldamise. Samuti on võimalik teha kompleksotsinguid, kus saab määrata täpsema otsingu jaoks vajalikud täpsemad parameetrid.

Helikliippe on võimalik kuulda kahes formaadis – *.mp3 ning *.wav. Samuti on olemas viited klippide kuulamiseks vajalike programmide (WinAmp ja RealPlayer) allalaadimiseks, juhul kui kuulata soovijal ei juhtu neid programme olema. Ainus asi, mille üle võiks helikliippide andmebaasi juures kurta, on see, et kuigi baas on üpris mahukas, puuduvad sealt mitmed linnainimeselegi tuttavad loomad, nt. rebane ja jänes. Samas kiiduväärt on see, et iga

liigi kohta, kes on heliklipiga esindatud, saab ka lühidat informatsiooni – eesti- ja ladinakeelse nimetuse kõrval on pilt ning lühidalt olevuse elukohast jne.

Õpiülesanded jagunevad kaheks – esiteks on lihtsalt terve rida küsimusi, mis on jaotatud alamhulkadeks, nt. linnulaulutunnid. Need on lihtsalt mõningad nimistud küsimusi, millele saab antud veebikeskkonnas vastuse leida. Teiseks ülesannete liigiks on interaktiivsed õpiülesanded, kus kasutaja valib endale meelepärase teema ning peab seejärel ära arvama, mis liigi või liikidega antud ülesande juures oleva heliklipi puhul tegu on. Vale vastuse korral antakse sellest ka teada.

Kokkuvõtteks võib öelda, et tegemist on huvitava veebikeskkonnaga, mis minu arvates oleks igati tänuväärt lisa nii põhikooli kui ka gümnaasiumi bioloogia tundides õpilastes eluslooduse vastu huvi tekitamiseks, samuti saab seda rakendust kasutada ka iga loodusest enam või vähem huvitatud inimene, kes soovib teada, mis häält teeb näiteks hallhüljes. Ainus asi, mida saab sellele veebikeskkonnale ette heita, on heliklippide valiku suhteline piiratus, ent siiski on ka praeguses versioonis neid piisavalt palju, et nii mõnigi (bioloogia)tund sisustada huvitavate loodushelidega.

3 Geneetika

Käesoleva peatüki eesmärk on anda diplomitöö lisas olevale modelleerimisvahendile teoreetiline taust ning ühtlasi välja tuua kaks antud valdkonda käsitlevat – ehk siis Mendeli seaduseid modelleerivat – rakendust, analüüsida neid ja võrrelda minu poolt loodava modelleerimisvahendiga. Peatüki lõpetuseks aga ka paar sõna lisas oleva rakenduse tutvustamiseks.

3.1 Pärilikkuse teooriast

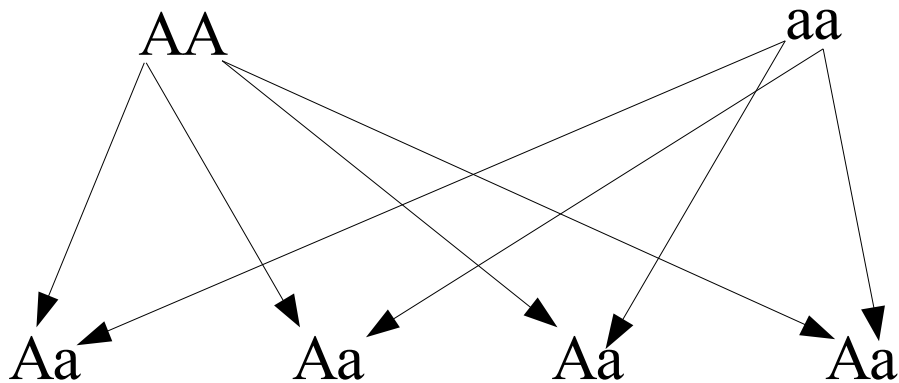
Pärilikkus, kui teadus sai alguse aastal 1865, kui Gregor Mendel, tšehhi vaimulik, avaldas oma tähelepanekute põhjal tehtud uuringud aedherneste kohta. Nimelt oli ta täheldanud, et herneste ristamisel kehtivad kindlad seaduspärasused – näiteks kollaste ja roheliste herneste ristamisel olid esimeses põlvkonnas tulemuseks vaid kollased hernerid. Mendel katsetas ka muude ühe tunnuse poolest erinevate hernesortidega ja märkas, et tulemused olid sisuliselt samad. Sellist ühe tunnuse poolest erinevate liikide ristamist nimetatakse monohübriidseks. Mendeli katsetuses erinesid hernerid üksteisest muuhulgas kaunade kuju ja värvuse, varre pikkuse jm. üksiktunnuste poolest.

Kuna tollal ei teatud midagi kromosoomidest ega geenidest, arvas Mendel, et keharakud kannavad endas iga tunnuse jaoks kahte pärilikkuse alget, mis jagunevad dominantseks (tugevamaks) ja retsessiivseks (nõrgemaks), kusjuures tugevam surub nõrgema alla. See pani alguse nii Mendeli kolmele seadusele, mis on pärilikkuse alustalaks tänapäevani kui ka sugurakkude puhtuse hüpoteesile, mis Mendeli sõnastuses kõlab: "Sugurakkudes sisaldub iga tunnuse kohta ainult üks pärilikkuse alge."

Need pärilikkuse alged ehk alleelid, on kromosoomides paiknevad geenid, õigemini ühe geeni kaks erivormi. Iga üksiktunnuse moodustab alleelipaar. Kui tunnused moodustavad ühesugused alleelid (mõlemad dominantseid või retsessiivseid), nimetatakse taolist geenipaari seisundit homosügootseks, juhul kui üks alleel tunnusepaaris on dominantne, teine retsessiivne, on geenipaar heterosügootne.

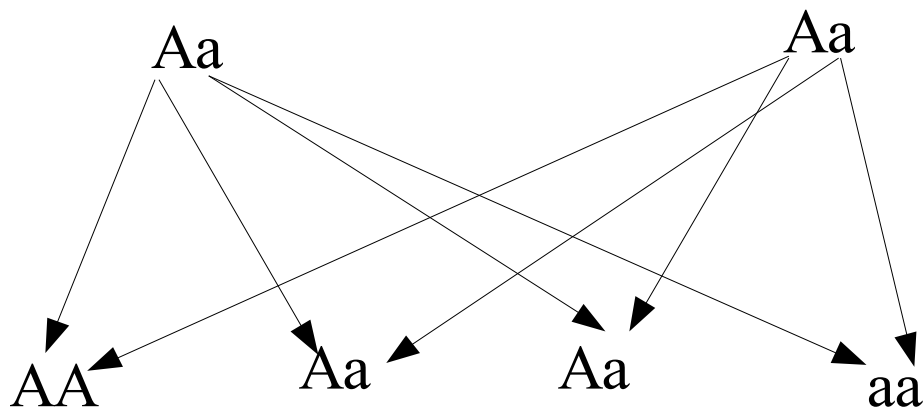
Mendeli esimene seadus (tuntud ka kui ühetaolisuse seadus) käsitleb homosügootsete vanemate järglaseid ning seadus kõlab nii – homosügootsete vanemate ristamisel saadakse

esimeses põlvkonnas genotüübilt identsed ja fenotüübilt sarnased järglased. Genotüüp on isendi kromosoomistikus paiknevate geenide kogum, mis määravad ära organismi tunnused ehk fenotüübi. Samas mängivad fenotüübi kujunemisel olulist rolli ka keskkonnategurid. Skemaatiliselt näeb Mendeli esimene seadus välja järgnevalt:



Joonis 13 – Mendeli esimest seadust kirjeldav joonis

Pärast seda, kui Mendel oli esimese seaduse paika pannud, asus ta oma tööd täiendama – ta külvas esimese põlvkonna järglased mulda ja lasi neil omavahel tolmelda. Tulemuseks oli kolm osa kollaseid ja üks osa rohelisti seemneid. Mendeli teine seadus võtab antud olukorra kokku järgnevalt: homosügootsete vanemate monohübriidsel ristamisel saadakse teises hübriidpõlvkonnas genotüüpide lahknemise suhtes 1:2:1 ja fenotüüpide lahknemise kas suhtes 1:2:1 või 3:1. Seda seadust tuntakse ka lahknemisseaduse nime all. Skemaatiliselt näeb lahknemisseadus välja alljärgnevalt:



Joonis 14 – Mendeli lahknemisseadust kirjeldav joonis

Lahknemisseadusel on ka paar täiendust. Neist ühte nimetatakse intermediaarsuseks ehk olukorraks, kus domineeriv tunnus puudub. Selline olukord kehtib näiteks lõvilõua õievärvuse puhul (valge- ja punaseõielise lõvilõua ristamisel saadakse roosaõielised hübriidid) või inimeste juuste puhul (vanemate sirgete ja lokkis juuste korral on tulemuseks laineliste juustega lapsed). Teine täiendus on polüalleelsus. Polüalleelsus on olukord, kus ühte fenotüüpi määrab rohkem kui kaks alleeli. Tunnused on endiselt kahest alleelist koosnevad, ent nt. vererühmade määramises esineb kahte erinevat tüüpi dominantset ja üks retsessiivne alleel.

Olemas on ka polügeenne fenotüübiline tunnus, kus päriliku tunnuse määrab mitte üks geen ja tema alleelid, vaid mitu geeni üheaegselt, ent selliste juhtudega Mendeli lahknemisseadus ei tegele.

Mendeli kolmas seadus tegeleb kahe erineva tunnuse samaaegse pärandumisega. Taolist ristamist, kus tegemist on tunnusepaaride poolst erinevate vanematega, nimetatakse dihhübriidseks. Mendel võttis vanemateks hernetaimed, mis olid mõlema tunnuse (nii seemne värvi kui pinna) suhtes homosügootsed. Nende omavahelisel ristamisel sai ta küll esialgu vaid kinnitust oma esimesele seadusele, ent esimese põlvkonna järglasi ristates, oli tulemuseks lahknevus skeemi 9:3:3:1 järgi. Mendeli kolmas seadus kõlab järgnevalt: homosügootsete vanemate dihhübriidisel ristamisel lahknevad mõlemad tunnusepaarid teises põlvkonnas teineteisest sõltumatult ja kombineeruvad omavahel vabalt. Suhe 9:3:3:1 on seletatav järgmiselt – kuna nii kollaste seemnete suhe rohelistesse kui ka siledade seemnete arvu suhe krobelistesse on vastavalt Mendeli teisele ehk lahknemisseadusele 3:1, siis tunnusepaari fenotüübilise lahknemissuhe on $(3:1)^2$ ehk 9:3:3:1. Tabelina kujutatult toimub lahknemine nõnda:

	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Tabel 3 – Mendeli kolmandat seadust kirjeldav tabel

Mendeli kolmandal seadusel on üks oluline kitsendus, mille likvideeris USA teadlane T.H.Morgan, nimelt lahknevad tunnused üksteisest sõltumatult vaid juhul, kui neid määravad

geenid asuvad erinevates kromosoomides, ent Morgani seadust käesolevas bakalaureusetöös ei käsitleta. [13]

3.2 Veebirakendus "Basic genetics"

Tegemist on lihtsa õppevahendiga, mis tutvustab Mendeli seaduste kohta käivat teooriat. Sisuliselt on tegu ühe osaga väikesemahulises teatmeteoses, mis annab piisava ülevaate pärilikkusest Mendeli seadustest alates ja sugupuudega lõpetades. Üks peatükk on pühendatud ka Morgani seadusele. Teksti stiili järgi on see veebileht suunatud eelkõige põhikooli- või gümnaasiumiõpilastele, ent seda võib huviga lugeda põhimõtteliselt igaüks, kes Mendeli seaduseid põhjalikult ei tunne. Bioloogiatudengile ei annaks see veebileht tõenäoliselt mingit uut informatsiooni.

Õppevahend – idee poolest see veebirakendus seda ju on, kui välja arvata asjaolu, et puuduvad ülesanded – on üles ehitatud peatükkide kaupa. Peatükke on viis, kusjuures kahel peatükil on ka alamjaotused. Esimene peatükk on hernetaimedest, kuna nende taimede ristamise põhjal Mendel oma seadused välja töötas. Selles peatükis kirjeldatakse, kuidas Mendel hernetaimi ristas, milliseid tunnuseid ta silmas pidas jne. Põhimõtteliselt antakse selles peatükis taust Mendeli seadustele.

Teises peatükis võetaksegi vaatluse alla Mendeli seadused, kuigi millegipärast on välja jäetud kolmas seadus. See-eest seletatakse esimene ja teine seadus päris korralikult ja lihtsasti mõistetavalt lahti. Lisaks dubleeritakse mingil põhjusel esimeses peatükis toodud infot, tõsi küll pisut teises sõnastuses.

Kolmas peatükk on pühendatud geenidele ning alleelidele. Selles peatükis antakse lühiülevaade geenidest kui sellistest, samuti seletatakse lahti vajalik terminoloogia (dominantsus, retsessiivsus jne.). Ühtlasi on geene käsitlev peatükk ka esimene kahest alaosadeks jaotatud peatükkidest. Alampeatükke on siin viis, nende hulgas ka intermediaarsus ja polüalleelsus. Erinevad lahknemised on ka graafiliselt kujutatud, nt. intermediaarsusest on kena värviline pilt.

Neljas peatükk keskendub Morgani seadusele, mistõttu ma seda siin vaatluse alla ei võta, viies peatükk aga õpetab sugupuud ehitama. Selles peatükis rõhutakse rohkem juba asja visuaalsele küljele, kuna eeldatakse, et lugeja on kas siis eelnevate peatükkide abil või mingist muust allikast omandanud piisava taustainformatsiooni, et vastavalt näpunäidetele oma sugupuuga loomisega hakkama saada.

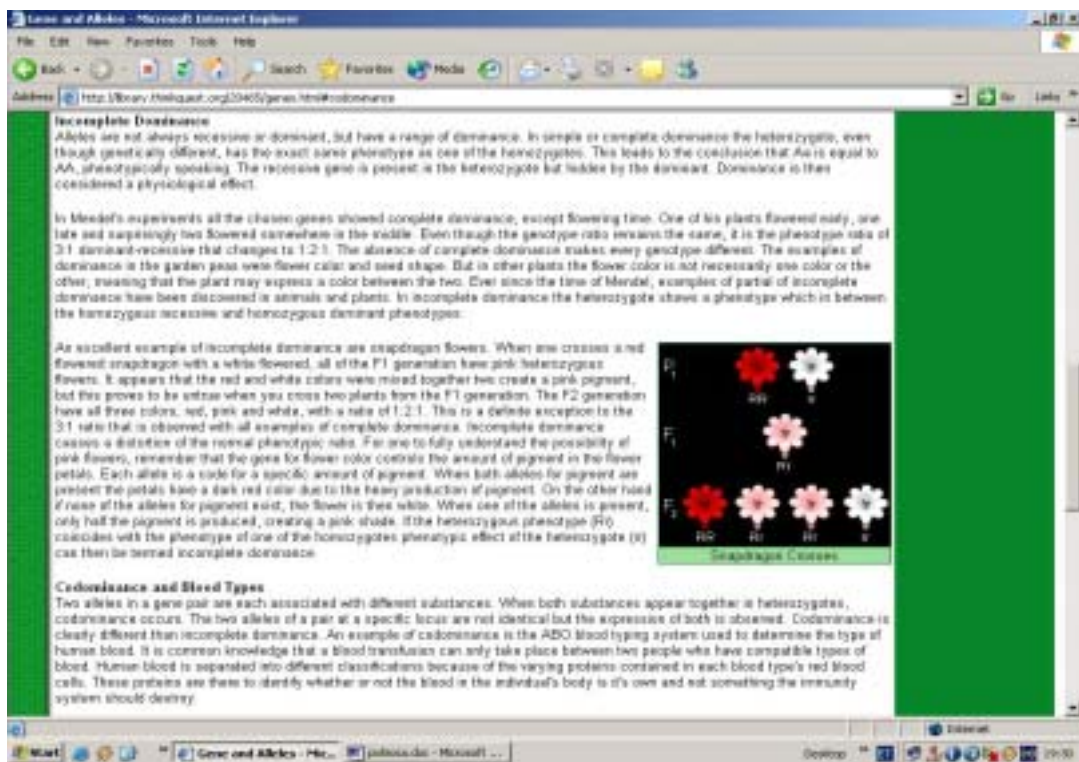
Kui võrrelda seda veebilehte käesoleva diplomitöö lisas oleva rakendusega, siis erinevusi on mitmeid – alates esitamise vormist kuni funktsionaalsuseni. Tooksin välja minu meelest olulisimad erinevused. Esiteks – lisas oleva rakenduse peamine eesmärk on võimaldada n.ö.

oma käega tekitada nii iga seaduse kui ka lahknevusseaduse erandite kohta erinevaid võimalikke olukordi, nt. vaadata, millised järglased võivad olla sirgete ja laineliste juustega vanematel, samas on teooria-osa küll abifailis olemas, ent siiski teisejärguline. Antud veebilehel on aga teoreetiline informatsioon esmatähtis, samas n.ö. interaktiivset väljundit pole.

Teine erinevus, mida välja tooksin, on keeleline. Inglise keel on küll rahvusvaheline ja paljudele mõistetav, ent kas Eestis keskmised gümnaasiumiõpilased saavad aru biologia-spetsiifilisest inglise keelest on küsitav. Samas – eestikeelsed terminid, eriti abifaili juuresolekul, peaksid küll kõigile eestlastele arusaadavad olema.

Sarnasus nende kahe rakenduse puhul on võib-olla see, et mõlemate sihtgrupp on eelkõige bioloogiaga vähem kursis olevad õpilased. Käesolevas peatükis kirjeldatavat veebirakendust pole ilmselt bioloogiastuudentele eriti vaja, samas on see täiesti arvestatav teooria-allikas gümnaasiumiõpilasele.

Kokkuvõtteks võikski öelda, et veebirakendus on ülesehituselt lihtsasti jälgitav, piisavalt informatiivne väike populaarteaduslik teatmik, mille abil saab informatsiooni muuhulgas Mendeli kolme seaduse kohta ning soovitaksin seda eelkõige inglise keelest piisavalt hästi arusaavatele gümnaasiumiõpilastele.



Joonis 15 – Veebirakenduse "Basic Genetics" ekraanipilt

3.3 Rakendus "MendelSim"

"MendelSim" on tasuline tarkvara, mistõttu sain testida ainult demoversiooni, kuid ametlikult kodulehelt ja abifailist kogutud informatsiooni põhjal sain suhteliselt korraliku ülevaate selle rakenduse funktsioonalsusest.

Tegemist on tarkvaraga, mis simuleerib visuaalsete näidete varal Mendeli seaduseid. Seda tehakse harjutuste varal. Harjutusi on kokku kakskümmend, paraku on demoversioonis kättesaadav vaid üks. Samuti on kättesaadav vaid üks organism neljast – mis kõik on väljamõeldud liigid, nt. munkkaru või taim nimega *Arabidopsis imaginera* ning ainult üks võimalik fenotüüp, mis demoversioonis on näorasv (*facial grease*).

Ainuke kättesaadav harjutus oli algharjutus. Minu meelest on tegemist äärmiselt ebaõnnestunud tarkvaraga, kuna on palju häirivaid tegureid, mis ei aita just pärilikkuse vastu huvi tekitada. Esiteks avanevad vahetpidamata mingisugused abiaknakesed (*message-box*), mis tihtipeale vajavad vähemalt kahte klikki, et sulguda, mispeale avaneb kohe uus. Need on küll abiaknakesed, mis õpetavad kuidas harjutust läbi viia, ent selle oleks saanud ka tunduvalt paremini lahendada, kasvõi niimoodi, et külgspaneelil oleks tekstivormis samm-sammult õpetus.

Teiseks jääb mulle arusaamatuks, miks ma peaksin tahtma tekitatud elukaid mingitesse kastidesse pista, mis on selle harjutuse peamine ülesanne – võta üks loom ja pista kasti. Abifail praktiliselt puudub, see mis olemas on, selgitab küll programmi koostisosi, ent vaikib maha kogu teoreetilise tausta. Kaste, nagu selgus abifailist, läheb vaja selleks, et loomi organiseerida. Kuidas see Mendeli seadustega seotud on selgub alles pärast veerandtunnist piinlemist abiakende sulgemisel, nimelt on soovitatav panna ühesugused loomad ühte kasti. See on aga vajalik vaid juhul, kui kasutaja on loonud endale terve karja järeltulijaid.

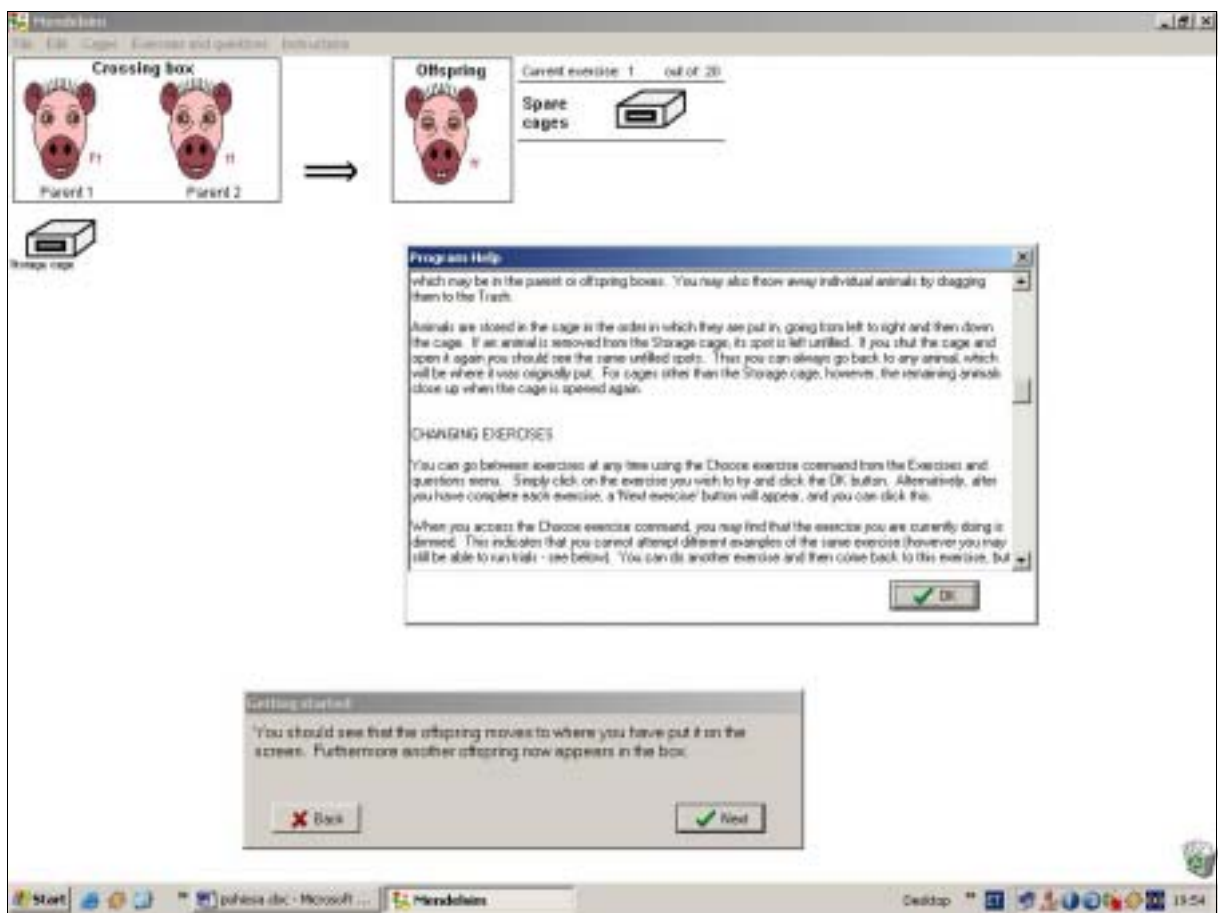
Head selle programmi demoversiooni juures ma ei täheldanud. Täisversiooni positiivne külg on erinevate ülesannete rohkus, samuti võimalus valida mitmete erinevate fenotüüpide vahel, sõltuvalt ülesandest.

Millised on siis erinevused "MendelSim'i" ja lisas toodud rakenduste vahel? Esmalt see, et käesoleva lõputöö raames loodav programm on küll mahuliselt väiksem, kui "MendelSim'i" täisversioon, samas on see puudujääk korvatud võimalusega tutvuda Mendeli kolme seaduse teoreetilise taustaga.

Harjutuste ülesehitus on suhteliselt sarnane – mõlemal puhul saab valida vanemate fenotüübi ning selle põhjal luuakse järglased, kusjuures nii vanemate kui ka järglaste puhul on

võimalik vaadelda nii geno- kui fenotüüpe. "MendelSim'is" on fenotüübid kujutatud pildikestena, lisas oleva rakenduse puhul vaid tekstina, seega pole see võib-olla visuaalselt nii mõjuv, ent samas ei tule seal pead vaevata mingisuguste müstiliste kastidega.

Kokkuvõtteks võib öelda, et "MendelSim'i" demoversiooni ei julge küll kellelegi soovitada, samas täisversioon tänu ülesannete suurele hulgale võib osutada piisavalt huvitavaks lisandiks bioloogiatundides, visualiseerimaks Mendeli seaduseid. Kui kasutajat ei heiduta pidevalt abiaknakeste kinni vajutamine (ära keelata ei saanud seda kusagilt), siis võib ta sellest rakendusest isegi midagi õppida.



Joonis 16 – Rakenduse "MendelSim" ekraanipilt

3.4 Lisas toodud rakendusest

Lisas toodud rakenduse näol on tegemist väikese ning lihtsa programmiga, mis lahendab Mendeli kolme seaduse kohta käivaid standardseid ülesandeid. Rakenduse eesmärk on visualiseerida vastavaid skeeme ning anda teoreetilist informatsiooni pärilikkuse kohta. Samas ei pretendeeri see programm olema saja-protsendiline pärilikkuse õppevahend, kuigi ta on loodud eesmärgiga, et seda saaks täiendada.

Rakenduse tegemisel kaalusin kahe vahendi vahel – Java või Visual Basic (siinkohal ei pea ma silmas VBA-d, mis on MSOffice'i makrode loomise vahend). Langetasin otsuse Visual Basicu kasuks, kuna selle abil on vormide loomine tunduvalt mugavam.

Rakendus on üles ehitatud põhimõtteliselt neljale vormile – lisaks nn. avalehele on kolm vormi Mendeli seaduste jaoks – iga seaduse kohta üks. Iga vorm on üles ehitatud nii, et olulised Mendeli seaduste kohta käivad sammud saab ükshaaval läbi vaadata, mistõttu on vormid võib-olla pisut kirjud, kuid igal nupul ja tekstiväljal on oma eesmärk. Kasutaja jaoks on programmi kasutamise hõlbustamiseks abi-fail ning samuti olen üritanud ette näha kõikvõimalikke kasutajapoolseid vigasid (võib-olla on mõni jäänud märkamata), mis läbi saab kasutaja vajadusel avanevate teateaknakeste (*messagebox*) näol teada, millise vea ta on programmi kasutamisel teinud ja siis selle vea parandada.

Programm on esialgu küll üsna väike, ent ta on valmistatud perspektiiviga, et saaks seda laiendada. Idee seisneb selles, et huvi korral saaks lisada alljärgnevat täiendusi:

- uued fenotüüpsed tunnused, näiteks hemofiilia, lühinägelikkus jne., samuti näiteid mujalt elusloodusest, nt. rotid, merisead, erinevad lilled jne.;
- lisada saab ka Morgani seaduse, mis annab Mendeli 3. seadusele uusi dimensioone;
- ülesannete generaator, mis looks Mendeli seaduste põhjal ülesandeid nt. tekstifaili, mis läbi saaks seda rakendust kasutada ka veebipõhistes õpikeskkondades nt. IVA-s;
- keerukamate pärilikkuse-teemaliste protsesside visualiseerimine, mis teeks rakenduse kasutamise otstarbekaks ka bioloogiatudengitele;
- võimalik pildimaterjalide lisamine, mis teeks rakenduse võib-olla huvitavamaks ka noorematele lastele (nt. põhikool), kuna praegune rakendus on suunatud eelkõige gümnaasiumiõpilastele, kuna pärilikkust õpitakse lõpuklassides.

Kui rakendus, mis praegu on rohkem lihtne visualiseerimisvahend, leiab piisavalt sooja vastuvõtu või vähemalt tekitab huvi, on eespool mainitud lisandusi tehes võimalik luua igati

arvestatav pärilikkuse-, kuid miks mitte geneetika-alane õpitarkvara, samuti saaks seda kasutada mõne bioloogia-alase tarkvara moodulina.

Rakenduse sihtgrupp on esialgu peamiselt gümnaasiumiõpilased, õigupoolest ongi tegu gümnaasiumi bioloogiainete silmas pidades loodud visualiseerimisvahendina. Idee poolest saab seda rakendust kasutada ka põhikoolis, kuigi antud rakendus oleks võib-olla liialt kiiv, aga kui lisada mõningat pildimaterjali, siis miks mitte anda noorematele bioloogia-huvilistele väike pärilikkuse-teemaline abivahend. Samuti saab seda mingil määral kasutada ülikoolides, kuigi sel puhul võib rakendus jääda pisut liiga lihtsakoeliseks.

Kokkuvõtteks võib öelda, et lisas toodud rakendus on esialgu mõeldud peamiselt vaid gümnaasiumi bioloogiainete pärilikkuse-alase visualiseerimisvahendina, ent seda programmi on võimalik laiendada ja täiendada nii, et seda saaks kasutada ka õpitarkvarana.

PÄRILIKKUSE NÄITLIKUSTAMISE ÕPPEVAHEND

MENDELI 2. SEADUS

ABINUPP

Vali tunnus: silmad [▼] [Vajuta]

Vali vanemate fenotüüp: [] [] [Leia genotüüp]

Vanemate genotüüp: [] []

[Lahenda]

Järglaste genotüüp: [] [] [] []

Järglaste fenotüüp: [] [] [] []

[TAGASI VALIKUTE JUURDE]

Joonis 17 – Lisas toodud rakenduse ekraanipilt

Kokkuvõte

Kokkuvõtteks võib öelda, et loodusteaduslikke protsesse modelleerivaid vahendeid nii tarkvarana kui ka veebirakendustena on loodud väga palju. Suurem osa tarkvarast on küll tasuta, ent paljude rakenduste puhul on ka demoversioonid täiesti asjalikud. Kahjuks pole küll väga palju eestikeelseid vahendeid, ent üks on seoses selle lõputööga jälle juures.

Käesolevat lõputööd saab edasi arendada mitmel viisil – teksti poolelt on võimalik teha konkreetsemaid uurimusi, näiteks võttes aluseks kas ühe kindla teaduse (nt. keemia, füüsika vms.), uurida konkreetsemalt kas õppevahendeid või abivahendeid koolitundides antava teooria visualiseerimiseks, samuti saaks mõningatest käesolevas töös vaatluse all olnud rakendustest (nt. geoloogia tarkvarast "C-Tech EVS Pro") kirjutada kasvõi mitu erinevat proseminari- või lõputööd.

Ka käesoleva bakalaureusetöö lisas toodud rakendust saab mitmeti edasi arendada – võimalik on lisada uusi tunnuseid, luua võimalus ülesannete genereerimiseks, mis läbi saaks seda rakendust kasutada ka IVA-s või mõnes muus veebipõhises õpikeskkonnas, samuti saab luua võimaluse andmeid salvestada/üles laadida või miks mitte pildimaterjaliga täiendada.

Samuti on võimalik rakendust kohaldada ülikooli jaoks sobivamaks, luues sinna keerukamaid pärilikkusega seotud struktuure, lisades muid geneetikaga seotud probleeme visualiseerivaid vorme jne.

Lõputöö ja selle lisas oleva rakenduse loomise käigus, sain lisaks ohtratele uutele faktiteadmistele ning erinevate programmide kasutamisoskusele ka mõningaid uusi teadmisi Visual Basicu arendusvahendist. Peale mitmete erinevate uute käskude ning sisseehitatud protseduuride tundmaõppimisele sain teada, et Visual Basic on üpris ebakindel vahend, mis võib tekitada hulganisti pisiprobleeme, nt. vahetevahel nõuab loodud rakendus, et nuppu tuleb vajutada kaks korda (muudel puhkudel vaid üks), mistõttu soovitan inimestel, kes seisavad sarnase valiku ees, kas kasutada Javat või Visual Basicut eelistada esimest.

Summary

The Bachelor's Thesis "Modelling software of natural scientific processes" has mainly three aims:

- to introduce and analyze approximately ten different modelling software-applications from different fields of natural science;
- to introduce and analyze as many Estonian modeling software-applications as possible;
- to create a new Estonian application, which visualizes the Mendelian Laws of heredity.

Most of the applications analyzed in this thesis are either demo-versions or web applications, thus they are available to anyone, who is interested in testing or using the program themselves. Most of them are also quite good visualisation aids for high-school or college lessons.

Unfortunately there are not very many Estonian applications, and those which are analyzed in this thesis, are mainly web-applications, usually in the form of web-based encyclopedias.

The program, that was created and is added in the appendix, was made so, that it would be easy to add new modules, functions etc. if necessary. Currently the program is just a small visualisation application that could be used in high-school biology lessons. But it is possible by adding new features, to append this application into a proper studying software suitable even for college biology students.

Kasutatud kirjandus

1. Eric Martz, Introduction to RasMol, <http://www.umass.edu/microbio/rasmol/rasintro.htm>, 15.04.2004
2. Fabien Chéreau, Stellarium, <http://stellarium.free.fr/>, 25.04.2004
3. SEDS, The Messier Catalog, <http://www.seds.org/messier/>, 25.04.2004
4. Software Inventions, Inc., Model Bridge Software, <http://www.softwareinventions.com/modbrg/default.htm>, 28.04.2004
5. C Tech Development Corporation, EVS/MVS Main Help, http://www.ctech.com/evs_help/dr.htm#main_index.htm, 01.05.2004
6. C Tech Development Corporation, EVS-PRO <http://www.ctech.com/products/evs-pro.htm>, 01.05.2004
7. C Tech Development Corporation, EVS Data Input & Output Formats, http://www.ctech.com/evs_help/evs_data_input_output_formats.htm, 20.04.2004
8. Model Science Software, Model Chemlab Introduction <http://www.modelscience.com/products.html?ref=home&link=chemlab>, 23.04.2004
9. University of Oregon, A Brief Overview of Java Epidemiology, <http://darkwing.uoregon.edu/~bsl/epidemiology/index.html>, 25.04.2004
10. ENE 2, lk.501, 1987, Tallinn
11. MRI Loodusteaduste Didaktika Lektoraat, Tartu Ülikool, Eesti Taimed, <http://sunsite.ee/taimed/general/parem.htm> 01.05.2004
12. Eestimaa Looduse Fond, Kõrv Loodusesse, <http://www.loodusheli.ee/ainf.php>, 01.05.2004
13. T. Sarapuu, H. Kallak. "Bioloogia õpik XII klassile" lk. 124-139, 1993, Tallinn

Lisa 1 – Rakenduse kood

```
'AVAVORM

Private Sub Button1_Click()
    If nuppl = True Then
        Unload avavorm
        Set avavorm = Nothing
        mendel1.Show
    ElseIf nuppl2 Then
        Unload avavorm
        Set avavorm = Nothing
        mendel2.Show
    ElseIf nuppl3 Then
        Unload avavorm
        Set avavorm = Nothing
        mendel3.Show
    End If
End Sub

'KINNIPANEKU VORM

Private Sub Command1_Click()
    Unload mendel1
    Set mendel1 = Nothing
    Unload mendel2
    Set mendel2 = Nothing
    Unload mendel3
    Set mendel3 = Nothing
    Unload kinnivorm
    Set kinnivorm = Nothing
    avavorm.Show
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    Unload kinnivorm
    Set kinnivorm = Nothing
End Sub

'ESIMENE SEADUS

Private Sub Command1_Click()
    Dim tekstid, tekstid1, tekstid2, kombod, i, j As Integer
    tekstid = Array(Text1, Text2)
    tekstid1 = Array(Text3, Text4, Text5, Text6)
    tekstid2 = Array(Text7, Text8, Text9, Text10)
    kombod = Array(Combo2, Combo3)

    If LCase(Combo1) = "herned" Then
        For i = 0 To 1
            kombod(i).Clear
            kombod(i).AddItem "rohelist"
            kombod(i).AddItem "kollased"
            kombod(i).Text = kombod(i).List(0)
            tekstid(i).Text = ""
        Next i
    ElseIf LCase(Combo1) = "rotid" Then
        For i = 0 To 1
            kombod(i).Clear
            kombod(i).AddItem "pruunid"
            kombod(i).AddItem "mustad"
            kombod(i).Text = kombod(i).List(0)
            tekstid(i).Text = ""
        Next i
    Else
        For i = 0 To 1
            MsgBox ("Valitud tunnus puudub!!")
            Combo1.Clear
            Combo1.AddItem "herned"
            Combo1.AddItem "rotid"
            Combo1.Text = Combo1.List(0)
            kombod(i).Clear
            kombod(i).Text = kombod(i).List(0)
        Next i
    End If
End Sub
```

```

        tekstid(i).Text = ""
    Next i
End If

For j = 0 To 3
    tekstid1(j).Text = ""
    tekstid2(j).Text = ""
Next j
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    Dim tekstid1, tekstid2
    tekstid1 = Array(Text3, Text4, Text5, Text6)
    tekstid2 = Array(Text7, Text8, Text9, Text10)
    Dim i As Integer

    If LCase(Combo3) = "mustad" Or LCase(Combo3) = "kollased" Then
        Text1 = "AA"
    ElseIf LCase(Combo3) = "pruunid" Or LCase(Combo3) = "rohelist" Then
        Text1 = "aa"
    Else
        MsgBox ("Ühele vanemale valitud tunnused puuduvad!")
        Text1 = ""
        Text2 = ""
        For i = 0 To 3
            tekstid1(i).Text = ""
            tekstid2(i).Text = ""
        Next i
    End If

    If LCase(Combo2) = "mustad" Or LCase(Combo2) = "kollased" Then
        Text2 = "AA"
    ElseIf LCase(Combo2) = "pruunid" Or LCase(Combo2) = "rohelist" Then
        Text2 = "aa"
    Else
        MsgBox ("Teisele vanemale valitud tunnused puuduvad!")
        Text1 = ""
        Text2 = ""
        For i = 0 To 3
            tekstid1(i).Text = ""
            tekstid2(i).Text = ""
        Next i
    End If
End Sub

Private Sub Command3_Click()
    MsgBox ("Tehnilistel põhjustel tuleb abi.hlp fail avada käsitsi")
End Sub

Private Sub Command4_Click()
    Dim tekstid1, tekstid2, i As Integer
    tekstid1 = Array(Text3, Text4, Text5, Text6)
    tekstid2 = Array(Text7, Text8, Text9, Text10)

    If Text1 = "" Or Text2 = "" Then
        MsgBox ("Proovi uuesti, vanematest vähemalt ühel genotüüp märkimata!")
        For i = 0 To 3
            tekstid1(i) = ""
        Next i
    Else
        Text3.Text = Mid(Text1, 1, 1) + Mid(Text2, 1, 1)
        Text4.Text = Mid(Text1, 1, 1) + Mid(Text2, 2, 1)
        Text5.Text = Mid(Text1, 2, 1) + Mid(Text2, 1, 1)
        Text6.Text = Mid(Text1, 2, 1) + Mid(Text2, 2, 1)

        For i = 0 To 3
            If tekstid1(i).Text = "aA" Then
                tekstid1(i).Text = "Aa"
            End If
        Next i
        For i = 0 To 3
            If tekstid1(i) = "aa" And LCase(Combo1) = "hervised" Then
                tekstid2(i).Text = "rohelist"
            ElseIf tekstid1(i) = "aa" Then
                tekstid2(i).Text = "pruunid"
            ElseIf tekstid1(i) = "Aa" And LCase(Combo1) = "hervised" Then
                tekstid2(i).Text = "kollased"
            End If
        Next i
    End If
End Sub

```

```

        ElseIf tekstid1(i) = "Aa" Then
            tekstid2(i).Text = "mustad"
        ElseIf tekstid1(i) = "AA" And LCase(Combo1) = "herned" Then
            tekstid2(i).Text = "kollased"
        ElseIf tekstid1(i) = "AA" Then
            tekstid2(i).Text = "mustad"
        Else
            MsgBox ("Valitud tunnus ;) puudub")
            tekstid1(i).Text = ""
            tekstid2(i).Text = ""
        End If
    Next i
End If
End Sub

Private Sub Command5_Click()
    kinnivorm.Show
End Sub

Private Sub Command6_Click()
    Unload mendell
    Set mendell = Nothing
End Sub

'TEINE SEADUS

Private Sub Command1_Click()
    Dim tekstid, tekstid1, tekstid2, kombod
    tekstid = Array(Text1, Text2)
    tekstid1 = Array(Text3, Text4, Text5, Text6)
    tekstid2 = Array(Text7, Text8, Text9, Text10)
    kombod = Array(Combo2, Combo3)
    Dim i, j As Integer

    If LCase(Combo1) = "silmad" Then
        For i = 0 To 1
            kombod(i).Clear
            kombod(i).AddItem "sinised"
            kombod(i).AddItem "pruunid heterosüg."
            kombod(i).AddItem "pruunid homosüg."
            kombod(i).Text = kombod(i).List(0)
            tekstid(i) = ""
        Next i
    ElseIf LCase(Combo1) = "juuksed" Then
        For i = 0 To 1
            kombod(i).Clear
            kombod(i).AddItem "sirged"
            kombod(i).AddItem "lainelised"
            kombod(i).AddItem "krässus"
            kombod(i).Text = kombod(i).List(0)
            tekstid(i).Text = ""
        Next i
    ElseIf LCase(Combo1) = "veregrupp" Then
        For i = 0 To 1
            kombod(i).Clear
            kombod(i).AddItem "A homosüg."
            kombod(i).AddItem "B homosüg."
            kombod(i).AddItem "A heterosüg."
            kombod(i).AddItem "B heterosüg."
            kombod(i).AddItem "AB"
            kombod(i).AddItem "0"
            kombod(i).Text = kombod(i).List(0)
            tekstid(i).Text = ""
        Next i
    Else
        MsgBox ("Valitud tunnus puudub!!")
        Combo1.Clear
        Combo1.AddItem "juuksed"
        Combo1.AddItem "veregrupp"
        Combo1.AddItem "silmad"
        Combo1.Text = Combo1.List(0)
        Combo2.Clear
        Combo2.Text = Combo2.List(0)
        Combo3.Clear
        Combo3.Text = Combo3.List(0)
    End If
    For j = 0 To 3

```

```

        tekstid1(j).Text = ""
        tekstid2(j).Text = ""
    Next j
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    Dim tekstid, tekstid2
    tekstid = Array(Text3, Text4, Text5, Text6)
    tekstid2 = Array(Text7, Text8, Text9, Text10)
    Dim i As Integer

    If LCase(Combo3) = "pruunid homosüg." Or LCase(Combo3) = "krässus" Then
        Text1 = "AA"
    ElseIf LCase(Combo3) = "pruunid heterosüg." Or LCase(Combo3) = "lainelised" Then
        Text1 = "Aa"
    ElseIf LCase(Combo3) = "sinised" Or Combo3 = "sirged" Then
        Text1 = "aa"
    ElseIf Combo3 = "A homosüg." Then
        Text1 = "IAIA"
    ElseIf Combo3 = "B homosüg." Then
        Text1 = "IBIB"
    ElseIf Combo3 = "A heterosüg." Then
        Text1 = "IAi"
    ElseIf Combo3 = "B heterosüg." Then
        Text1 = "IBi"
    ElseIf Combo3 = "AB" Then
        Text1 = "IAIB"
    ElseIf Combo3 = "0" Then
        Text1 = "ii"
    Else
        MsgBox ("Ühele vanemale valitud tunnus puudub!")
        Text1 = ""
        Text2 = ""
        For i = 0 To 3
            tekstid(i).Text = ""
            tekstid2(i).Text = ""
        Next i
    End If

    If LCase(Combo2) = "pruunid homosüg." Or LCase(Combo2) = "krässus" Then
        Text2 = "AA"
    ElseIf LCase(Combo2) = "pruunid heterosüg." Or LCase(Combo2) = "lainelised" Then
        Text2 = "Aa"
    ElseIf LCase(Combo2) = "sinised" Or LCase(Combo2) = "sirged" Then
        Text2 = "aa"
    ElseIf Combo2 = "A homosüg." Then
        Text2 = "IAIA"
    ElseIf Combo2 = "B homosüg." Then
        Text2 = "IBIB"
    ElseIf Combo2 = "A heterosüg." Then
        Text2 = "IAi"
    ElseIf Combo2 = "B heterosüg." Then
        Text2 = "IBi"
    ElseIf Combo2 = "AB" Then
        Text2 = "IAIB"
    ElseIf Combo2 = "0" Then
        Text2 = "ii"
    Else
        MsgBox ("Teisele vanemale valitud tunnus puudub!")
        Text1 = ""
        Text2 = ""
        For i = 0 To 3
            tekstid(i).Text = ""
            tekstid2(i).Text = ""
        Next i
    End If
End Sub

Private Sub Command3_Click()
    MsgBox ("Tehnilistel põhjustel tuleb abi.hlp fail avada käsitsi")
End Sub

Private Sub Command4_Click()
    Dim tekstid, tekstid2
    tekstid = Array(Text3, Text4, Text5, Text6)
    tekstid2 = Array(Text7, Text8, Text9, Text10)
    Dim i As Integer

```

```

Dim pikkus1, pikkus2 As String
pikkus1 = Len(Text1.Text)
pikkus2 = Len(Text2.Text)

If Text1 = "" Or Text2 = "" Then
MsgBox ("Proovi uuesti, vanematest vähemalt ühel genotüüp märkimata!")
For i = 0 To 3
Text1 = ""
Text2 = ""
tekstid(i) = ""
Next i
ElseIf LCase(Combo1) = "veregrupp" Then
If pikkus1 = 4 Then
If pikkus2 = 4 Then
Text3.Text = Mid(Text1, 1, 2) + Mid(Text2, 1, 2)
Text4.Text = Mid(Text1, 1, 2) + Mid(Text2, 3, 2)
Text5.Text = Mid(Text1, 3, 2) + Mid(Text2, 1, 2)
Text6.Text = Mid(Text1, 3, 2) + Mid(Text2, 3, 2)
ElseIf pikkus2 = 3 Then
Text3.Text = Mid(Text1, 1, 2) + Mid(Text2, 1, 2)
Text4.Text = Mid(Text1, 1, 2) + Mid(Text2, 3, 1)
Text5.Text = Mid(Text1, 3, 2) + Mid(Text2, 1, 2)
Text6.Text = Mid(Text1, 3, 2) + Mid(Text2, 3, 1)
Else
Text3.Text = Mid(Text1, 1, 2) + Mid(Text2, 1, 1)
Text4.Text = Mid(Text1, 1, 2) + Mid(Text2, 2, 1)
Text5.Text = Mid(Text1, 3, 2) + Mid(Text2, 1, 1)
Text6.Text = Mid(Text1, 3, 2) + Mid(Text2, 2, 1)
End If
ElseIf pikkus1 = 3 Then
If pikkus2 = 4 Then
Text3.Text = Mid(Text1, 1, 2) + Mid(Text2, 1, 2)
Text4.Text = Mid(Text1, 1, 2) + Mid(Text2, 3, 2)
Text5.Text = Mid(Text1, 3, 1) + Mid(Text2, 1, 2)
Text6.Text = Mid(Text1, 3, 1) + Mid(Text2, 3, 2)
ElseIf pikkus2 = 3 Then
Text3.Text = Mid(Text1, 1, 2) + Mid(Text2, 1, 2)
Text4.Text = Mid(Text1, 1, 2) + Mid(Text2, 3, 1)
Text5.Text = Mid(Text1, 3, 1) + Mid(Text2, 1, 2)
Text6.Text = Mid(Text1, 3, 1) + Mid(Text2, 3, 1)
Else
Text3.Text = Mid(Text1, 1, 2) + Mid(Text2, 1, 1)
Text4.Text = Mid(Text1, 1, 2) + Mid(Text2, 2, 1)
Text5.Text = Mid(Text1, 3, 1) + Mid(Text2, 1, 1)
Text6.Text = Mid(Text1, 3, 1) + Mid(Text2, 2, 1)
End If
ElseIf pikkus1 = 2 Then
If pikkus2 = 4 Then
Text3.Text = Mid(Text1, 1, 1) + Mid(Text2, 1, 2)
Text4.Text = Mid(Text1, 1, 1) + Mid(Text2, 3, 2)
Text5.Text = Mid(Text1, 2, 1) + Mid(Text2, 1, 2)
Text6.Text = Mid(Text1, 2, 1) + Mid(Text2, 3, 2)
ElseIf pikkus2 = 3 Then
Text3.Text = Mid(Text1, 1, 1) + Mid(Text2, 1, 2)
Text4.Text = Mid(Text1, 1, 1) + Mid(Text2, 1, 2)
Text5.Text = Mid(Text1, 2, 1) + Mid(Text2, 3, 1)
Text6.Text = Mid(Text1, 2, 1) + Mid(Text2, 3, 1)
Else
Text3.Text = Mid(Text1, 1, 1) + Mid(Text2, 1, 1)
Text4.Text = Mid(Text1, 1, 1) + Mid(Text2, 2, 1)
Text5.Text = Mid(Text1, 2, 1) + Mid(Text2, 1, 1)
Text6.Text = Mid(Text1, 2, 1) + Mid(Text2, 2, 1)
End If
End If
Else
Text3.Text = Mid(Text1, 1, 1) + Mid(Text2, 1, 1)
Text4.Text = Mid(Text1, 1, 1) + Mid(Text2, 2, 1)
Text5.Text = Mid(Text1, 2, 1) + Mid(Text2, 1, 1)
Text6.Text = Mid(Text1, 2, 1) + Mid(Text2, 2, 1)
End If
For i = 0 To 3
If tekstid(i).Text = "aA" Then
tekstid(i).Text = "Aa"
ElseIf tekstid(i).Text = "iIA" Then
tekstid(i).Text = "IAi"
ElseIf tekstid(i).Text = "iIB" Then
tekstid(i).Text = "IBi"

```

```

ElseIf tekstid(i).Text = "IBIA" Then
    tekstid(i).Text = "IAIB"
End If

If tekstid(i) = "aa" And LCase(Combo1) = "silmad" Then
    tekstid2(i).Text = "sinised"
ElseIf tekstid(i) = "aa" And LCase(Combo1) = "juuksed" Then
    tekstid2(i).Text = "sirged"
ElseIf tekstid(i) = "Aa" And LCase(Combo1) = "silmad" Then
    tekstid2(i).Text = "pruunid heterosüg."
ElseIf tekstid(i) = "Aa" And LCase(Combo1) = "juuksed" Then
    tekstid2(i).Text = "lainelised"
ElseIf tekstid(i) = "AA" And LCase(Combo1) = "silmad" Then
    tekstid2(i).Text = "pruunid homosüg."
ElseIf tekstid(i) = "AA" And LCase(Combo1) = "juuksed" Then
    tekstid2(i).Text = "krässus"
End If

If tekstid(i) = "IAIA" And LCase(Combo1) = "veregrupp" Then
    tekstid2(i).Text = "A homosüg."
ElseIf tekstid(i) = "IAi" And LCase(Combo1) = "veregrupp" Then
    tekstid2(i).Text = "A heterosüg."
ElseIf tekstid(i) = "IBIB" And LCase(Combo1) = "veregrupp" Then
    tekstid2(i).Text = "B homosüg."
ElseIf tekstid(i) = "IBi" And LCase(Combo1) = "veregrupp" Then
    tekstid2(i).Text = "B Heterosüg."
ElseIf tekstid(i) = "IAIB" And LCase(Combo1) = "veregrupp" Then
    tekstid2(i).Text = "AB"
ElseIf tekstid(i) = "ii" And LCase(Combo1) = "veregrupp" Then
    tekstid2(i).Text = "0"
End If
Next i
End Sub

Private Sub Command5_Click()
    kinnivorm.Show
End Sub

'KOLMAS SEADUS

Private Sub Command1_Click()
    Dim tekstid, tekstid1, tekstid2, kombod
    tekstid = Array(Text1, Text2)
    tekstid1 = Array(Text3, Text4, Text5, Text6, Text7, _
        Text8, Text9, Text10, Text11, Text12, _
        Text13, Text14, Text15, Text16, Text17, Text18, _
        Text19, Text20, Text21, Text22, Text23, _
        Text24, Text25, Text26, Text27, Text28, _
        Text29, Text30)
    kombod = Array(Combo2, Combo3)
    Dim i, j As Integer

    If LCase(Combo1) = "herned" Then
        Combo2().AddItem "kollased siledad"
        Combo3().AddItem "rohelised krobelised"

    Else
        MsgBox ("Valitud tunnus puudub!!")
        Combo1.Clear
        Combo1.AddItem "herned"
        Combo1.Text = Combo1.List(0)
        Combo2.Clear
        Combo2.Text = Combo2.List(0)
        Combo3.Clear
        Combo3.Text = Combo3.List(0)
        For j = 0 To 27
            tekstid1(j).Text = ""
        Next j
    End If
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    Dim tekstid, tekstid2, tekstid3, tekstid4
    tekstid1 = Array(Text3, Text4, Text5, Text6, Text7, _
        Text8, Text9, Text10, Text11, Text12, _
        Text13, Text14, Text15, Text16, Text17, Text18, _
        Text19, Text20, Text21, Text22, Text23, _

```

```

        Text24, Text25, Text26, Text27, Text28, _
        Text29, Text30)

Dim i As Integer

If LCase(Combo2) = "kollased siledad" Then
    Text1 = "AABB"
Else
    MsgBox ("Ühele vanemale valitud tunnus puudub!")
    Text1 = ""
    Text2 = ""
    For i = 0 To 27
        tekstid1(i).Text = ""
    Next i
End If

If LCase(Combo3) = "rohelistes krobelistes" Then
    Text2 = "aabb"
Else
    MsgBox ("Teisele vanemale valitud tunnus puudub!")
    Text1 = ""
    Text2 = ""
    For i = 0 To 27
        tekstid1(i).Text = ""
    Next i
End If

End Sub

Private Sub Command4_Click()
    Dim tekstid, tekstid2
    tekstid = Array(Text3, Text4, Text5, Text6)
    tekstid2 = Array(Text7, Text8, Text9, Text10)
    Dim i As Integer
    Dim t1a, t2a, t3a, t4a, t1b, t2b, t3b, t4b, f1, f2 As String

    If Text1 = "" Or Text2 = "" Then
        MsgBox ("Proovi uuesti, vanematest vähemalt ühel genotüüp märkimata!")
        For i = 0 To 3
            Text1 = ""
            Text2 = ""
            tekstid(i) = ""
            tekstid2(i) = ""
        Next i
    Else
        t1a = Mid(Text1, 1, 1) + Mid(Text2, 1, 1)
        t2a = Mid(Text1, 1, 1) + Mid(Text2, 1, 1)
        t3a = Mid(Text1, 2, 1) + Mid(Text2, 2, 1)
        t4a = Mid(Text1, 2, 1) + Mid(Text2, 2, 1)

        t1b = Mid(Text1, 3, 1) + Mid(Text2, 3, 1)
        t2b = Mid(Text1, 4, 1) + Mid(Text2, 4, 1)
        t3b = Mid(Text1, 3, 1) + Mid(Text2, 3, 1)
        t4b = Mid(Text1, 4, 1) + Mid(Text2, 4, 1)

        If Mid(t1a, 1, 2) = "aA" Then
            t1a = "Aa"
        End If
        If Mid(t2a, 1, 2) = "aA" Then
            t2a = "Aa"
        End If
        If Mid(t3a, 1, 2) = "aA" Then
            t3a = "Aa"
        End If
        If Mid(t4a, 1, 2) = "aA" Then
            t4a = "Aa"
        End If

        If Mid(t1b, 1, 2) = "bB" Then
            t1b = "Bb"
        End If
        If Mid(t2b, 1, 2) = "bB" Then
            t2b = "Bb"
        End If
        If Mid(t3b, 1, 2) = "bB" Then
            t3b = "Bb"
        End If
        If Mid(t4b, 1, 2) = "bB" Then

```

```

        t4b = "Bb"
    End If

End If

Text3.Text = t1a + t1b
Text4.Text = t2a + t2b
Text5.Text = t3a + t3b
Text6.Text = t4a + t4b

Dim ta, tb
ta = Array(t1a, t2a, t3a, t4a)
tb = Array(t1b, t2b, t3b, t4b)

For i = 0 To 3
    If ta(i) = "" Then
        f1 = " "
    ElseIf ta(i) = "aa" Then
        f1 = "roheline"
    Else
        f1 = "kollane"
    End If

    If tb(i) = "" Then
        f2 = " "
    ElseIf tb(i) = "bb" Then
        f2 = "krobeline"
    Else
        f2 = "sile"
    End If

    If f1 = "" Then
        MsgBox ("Katse vigane")
    ElseIf f2 = "" Then
        MsgBox ("Katse ikka vigane")
    Else
        tekstid2(i).Text = f1 + " " + f2
    End If
Next i
End Sub

Private Sub Command5_Click()
    kinnivorm.Show
End Sub

Private Sub Command3_Click()
    MsgBox ("Tehnilistel põhjustel tuleb abi.hlp fail avada käsitsi")
End Sub

Private Sub Command6_Click()
    Dim tekstidf, tekstidg
    tekstidf = Array(Text11, Text12, Text13, Text14, _
                    Text15, Text16, Text17, Text18, _
                    Text19, Text20, Text21, Text22, _
                    Text23, Text24, Text25, Text26)
    tekstidg = Array(Text27, Text28, Text29, Text30)
    Dim ta, tb As String
    Dim i, j As Integer

    Label19.Caption = "AB"
    Label17.Caption = "AB"
    Label111.Caption = "Ab"
    Label118.Caption = "Ab"
    Label113.Caption = "aB"
    Label119.Caption = "aB"
    Label115.Caption = "ab"
    Label120.Caption = "ab"

    Text11.Text = "AABB"
    Text12.Text = "AABb"
    Text13.Text = "AaBB"
    Text14.Text = "AaBb"

    Text15.Text = "AABb"
    Text16.Text = "AAbb"
    Text17.Text = "AaBb"
    Text18.Text = "Aabb"

    Text19.Text = "AaBB"

```

```
Text20.Text = "AaBb"  
Text21.Text = "aaBB"  
Text22.Text = "aaBb"  
  
Text23.Text = "AaBb"  
Text24.Text = "Aabb"  
Text25.Text = "aaBb"  
Text26.Text = "aabb"  
  
Text27.Text = "kollased siledad"  
Text28.Text = "kollased krobelsed"  
Text29.Text = "rohelsed siledad"  
Text30.Text = "rohelsed krobelsed"  
End Sub
```